

Heizlast optimieren.

Studie: Strategien zur Vermeidung von
Überdimensionierung bei
Wärmepumpen.

Erstellt im Auftrag der Energieplanung der Stadt Wien.

Wien, Februar 2021

Magistratsabteilung 20 Energieplanung

Rathausstraße 14-16, 1010 Wien

E-Mail: post@ma20.wien.gv.at

Web: www.energieplanung.wien.gv.at



Optimierte Dimensionierung von Wärmepumpen

Strategien zur Vermeidung von Überdimensionierungen

Funktion: Studie

November 2020

Erstellt im Auftrag von Stadt Wien - Energieplanung

post@ma20.wien.gv.at

<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/>

AutorInnen

Margot Grim-Schlink (Projektleiterin)

Anita Preisler

Alina Stipsits

Impressum

e7 energy innovation & engineering

Ingenieurbüro für Energie- und Umwelttechnik

Telefon +43-1-907 80 26

Fax +43-1-907 80 26-10

office@e-sieben.at

www.e-sieben.at

Haftungsausschluss:

Die e7 Energie Markt Analyse GmbH übernimmt keine Haftung für den Inhalt dieses Dokuments. Irrtümer, Unvollständigkeit und Änderungen sind nicht ausgeschlossen.

INHALTSVERZEICHNIS

Strategien zur Vermeidung von Überdimensionierungen	1
Inhaltsverzeichnis.....	1
1 Hintergrund und Problemlage	3
2 Ziel und Abgrenzung	4
3 Erfahrungen mit überdimensionierten Wärmepumpen.....	5
4 Ausgangslage bei der üblichen Dimensionierung von Wärmeerzeugern	10
4.1 Normberechnung	10
4.2 Definition ungünstige Rahmenbedingungen	11
5 Rolle einzelner Beteiligter	13
5.1 AuftraggeberInnen	13
5.2 NutzerInnen	14
5.3 HaustechnikplanerInnen	15
5.4 Kommunikation als zentrales Element.....	16
6 Empfehlungen für die Herangehensweise von Planungen.....	16
6.1 Vorbereitung für die Planung	16
6.1.1 Festschreiben der Zieldefinition	16
6.1.2 Vorgaben bei Normberechnung.....	18
6.1.3 Vorgaben für die Gebäudesimulation	19
6.2 Planungsphase	20
6.2.1 Auslegung von Wärmeerzeugern nach Norm.....	20
6.2.2 Auslegung mittels dynamischer Gebäude- und Anlagensimulation.....	22
6.2.3 Optimierung Dimensionierung mit Haustechnikkomponenten	25
6.2.4 Auslegung von Anlagen abhängig vorhandener Betriebsfälle	26
6.3 Betrieb – Anpassung des Regelungsverhalten.....	28
7 Wirtschaftlichkeit.....	29

8	Sicherstellung der Rechtssicherheit.....	34
8.1	Dimensionierung weiterhin im Rahmen der gültigen Normen.....	34
8.2	Dimensionierung mittels Simulation.....	34
9	Erfolgreiche Beispiele	36
10	Zusammenfassung der Empfehlungen.....	39
10.1	Gute Vorbereitung auf AuftraggeberInnenseite	39
10.2	Wichtige Schritte im Zuge der Planung.....	40
11	Literaturverzeichnis.....	42

1 HINTERGRUND UND PROBLEMLAGE

Für die Auslegung der Gebäudetechnik werden im Regelfall die geltenden Normen herangezogen, sind sie doch die öffentlich anerkannte gemeinsame Grundlage für die Planung und Errichtung. Die Verwendung der geltenden Normen ist in der Regel sehr wichtig, da sich so alle Beteiligten auf gemeinsame Standards festlegen und somit viele Schnittstellen untereinander klar festgeschrieben sind.

Ein Ziel der Norm ist es, Sicherheit für alle Beteiligten zu bieten. Insbesondere für die Ausführenden und NutzerInnen der unterschiedlichen Technologien gilt einerseits das oberste Sicherheitsprinzip und andererseits die Gewährleistung, dass der gewünschte Nutzen und Komfort auch bei ungünstigen Rahmenbedingungen eintritt.

Die geltenden Normen bilden im Idealfall den Stand der Technik ab. In der Realität benötigt es jedoch meist mehrere Jahre bis eine Norm fertig gestellt ist und somit können nicht immer alle Neuerungen in der Technik und des Baustandards miteinbezogen werden. Infolgedessen kann es sein, dass eine kürzlich fertiggestellte Norm in manchen Bereichen schon wieder zu alt ist, um wertvollen Innovationen den Durchbruch zu erleichtern.

Überdimensionierung als Hürde für den Klimaschutz

Vor dem Hintergrund des Klimaschutzes ist es notwendig, eine Energiewende weg von den fossilen Energieträgern hin zu Erneuerbaren Energien zu schaffen. Dazu braucht es einerseits Gebäudekonzepte, die mit möglichst wenig Energie den gewünschten Komfort bieten, aber auch Gebäudetechnikkonzepte, die möglichst passgenau die Energie für diese Gebäude und die angedachten Nutzungen bereitstellen.

Viele der geltenden Normen bieten zu wenig Flexibilität und Möglichkeiten, die Energietechnologien zur Gebäudekonditionierung dem tatsächlichen Bedarf anzupassen. Oder, vorhandene Flexibilitäten sind in den üblichen Berechnungsprogrammen nicht umgesetzt, sind PlanerInnen unbekannt oder erhöhen den Planungsaufwand, ohne abgegolten zu werden. Bei den gängigen Normberechnungen werden Parameter angesetzt, die entweder einem veralteten Baustandard entsprechen oder für so ungünstige Rahmenbedingungen ausgelegt sind, die in der Realität nicht oder nur äußerst selten eintreten. Das führt in der Regel zu einer nicht unwesentlichen Überdimensionierung der Anlagentechnik.

Diese Überdimensionierungen führen gewöhnlich nicht zu einem wesentlichen Mehrverbrauch an Energie, jedoch gibt es eine Reihe von anderen Auswirkungen, die für AuftraggeberInnen, NutzerInnen und auch für den Klima- und Umweltschutz negativ sind:

- Die Investitionskosten sind höher als notwendig für die Anlagen (inkl. Redundanz), Verteilnetz und bei Wärmepumpen mit Erdsonden auch für die Entzugsleitungen.
- Zum überwiegenden Teil findet der Betrieb in einem ineffizienten Teillastmodus statt.
- Insbesondere überdimensionierte Wärmepumpen haben einen zu schnellen Ein- und Ausschaltzyklus, der zu höheren Wartungs- und Instandsetzungskosten führt und auch die Lebensdauer der Anlagen verkürzt.
- Empfohlene Pufferspeicher zur Verhinderung von schnellen Ein- und Ausschaltzyklen werden oft aus Platz- und Kostengründen nicht realisiert oder sind hydraulisch so eingebunden, dass sie nur als hydraulische Weiche wirken.
- In Summe führt dies zu höheren Betriebs- und Folgekosten.
- Aus Sicht der Nachhaltigkeit sind zu groß dimensionierte und nicht benötigte Anlagen auch hinsichtlich des erhöhten Materialverbrauchs und der grauen Energie nicht zu empfehlen.

Der Aspekt, dass durch zu groß dimensionierte Anlagen die Investitions- aber auch Folgekosten hoch sind, führt dazu, dass insbesondere neue, innovative Gebäudetechnologien, die in der Anschaffung schon generell teurer sind als jene mit fossilen Energieträgern, unwirtschaftlich und damit uninteressant für Investoren und BauträgerInnen werden.

Überdimensionierung ist Mittel zur Rechtssicherheit

Wird die Anlagentechnik kleiner ausgelegt, als es die üblichen Berechnungen nach Norm vorsehen, so besteht die Gefahr, dass sich die Beteiligten aus dem rechtssicheren Raum bewegen. Die geltenden Normen werden in einem Streitfall vor Gericht als Basis für die Auslegung herangezogen. Entweder müssen die AuftraggeberInnen, die PlanerInnen aus ihrer Haftpflicht entlassen oder die PlanerInnen müssen das Risiko übernehmen.

Solche Risiken werden in der Regel von keinem übernommen, was wiederum zur Auslegung nach Norm und damit zu überdimensionierten Anlagen führt.

2 ZIEL UND ABGRENZUNG

Diese Studie soll das Bewusstsein für eine bedarfsgerechte Dimensionierung der Wärmebereitstellungsanlage stärken. Ferner sollen Wege aufgezeigt werden, wie AuftraggeberInnen die Planung gebäudetechnischer Anlagen beauftragen können, ohne das Risiko eingehen zu müssen, unpassend dimensionierte Anlagen zu bekommen, welche den gewünschten Komfort nicht bereitstellen können. Auch PlanerInnen sollen nicht die Befürchtung haben, ein größeres Planungsrisiko eingehen zu müssen als bisher.

Die Anlagen sollen jedoch auch nach Möglichkeit nicht zu groß dimensioniert werden, um die genannten negativen Auswirkungen zu vermeiden.

Diese Studie konzentriert sich auf das Thema der optimal dimensionierten Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpen im Nichtwohnbau. Sie zeigt die üblichen Herangehensweisen der Auslegung auf und welche Problemfelder damit entstehen. Es werden aber auch Lösungswege gezeigt, wie man diese überwinden kann.

Die Ergebnisse dieser Studie können nicht 1:1 auf andere Technologien (z.B. Lüftungsanlagen, Kältemaschinen) übertragen werden, einige Zugänge sind jedoch auch für andere Technologien anwendbar.

Wohngebäude haben im Hinblick auf Wärme-, Kühl- und Warmwasserbedarf stark abweichende Anforderungen im Vergleich zu Nichtwohngebäuden. Viele der folgenden Problembeschreibungen treffen prinzipiell auch auf den Wohnbau zu und die Empfehlungen lassen sich unter Berücksichtigung spezifischer Nutzungsbedürfnisse auch auf den Wohnbau adaptieren. Denn auch im Wohnbau kommt es häufig zu einer nicht optimalen Dimensionierung von Wärmebereitstellungssystemen, was unnötig hohe Investitions- und Folgekosten nach sich zieht.

Im Rahmen dieser Studie wurden die Erkenntnisse mit folgenden Methoden erarbeitet:

- Recherche über vorhandene Normen, Berechnungssysteme und deren Auswirkungen.
- Interviews mit HaustechnikplanerInnen über die Möglichkeiten der Auslegung von Heizsystemen (insbesondere von Wärmepumpen) im Rahmen der geltenden Normen, sowie außerhalb dieser und deren Zugänge zum PlanerInnen-Risiko.
- Interviews mit AuftraggeberInnen und NutzerInnen über erfolgreiche Projekte, aber auch Probleme bei bestehenden Wärmepumpen, sowie deren Umgang mit den rechtlichen Risiken.

3 ERFAHRUNGEN MIT ÜBERDIMENSIONIERTEN WÄRMEPUMPEN

Wärmepumpensysteme kommen seit mehreren Jahren auch zunehmend im größeren Nicht-Wohnbau zum Einsatz. Im Großen und Ganzen kann festgehalten werden, dass die Wärmepumpentechnologie sich auch in dem Bereich etablieren konnte, ein großes Potenzial für großflächigen Einsatz aufweist und somit zu einem wesentlichen Baustein für die Energiewende wird. Nichtsdestotrotz funktionieren Wärmepumpenanlagen nicht immer reibungslos. Die Hauptgründe dafür sind einerseits ein schlecht eingestelltes Regelungsverhalten, das nicht den Planungszielen entspricht und andererseits die Überdimensionierung der Anlagen, die einen optimierten Betrieb erschwert.

Für dieses Kapitel wurde mit verschiedenen AuftraggeberInnen und BetreiberInnen gesprochen, welche Betriebsprobleme vorhanden sind, die aller Voraussicht nach durch die Überdimensionierung der Anlagen entstanden sind.

Auf Wunsch der Befragten (AuftraggeberInnen und BetreiberInnen) wurden die folgenden Beispiele anonymisiert dargestellt.

Universität, Gebäude für Forschung und Lehre

Ausgangslage/Technische Beschreibung:

- Neubau in Niedrigstenergiebauweise, ca. 45.000m² BGF, Fertigstellung 2017.
- Zwei reversible Wärmepumpen für gleichzeitige Wärme- und Kälteproduktion (Maximale Heizleistung: 954 kW, Maximale Kühlleistung: 1094 kW), die jeweils die gesamte notwendige Leistung abdecken, da sie nur redundant arbeiten dürfen, aber nicht gleichzeitig.
- Fünffache Überdimensionierung mehrerer Lüftungsanlagen, da diese abgabeseitig (sehr hohe Luftwechselzahlen) nach Norm ausgelegt wurden. Deren Heiz- und Kühlregister wird von den Wärmepumpen versorgt, was wiederum die Überdimensionierung der Wärmepumpen vergrößert hat.
- Erdsondenfeld zur saisonalen Speicherung.
- Mehrere hoch komplexe Speicher.
- Eine zusätzliche sehr große Kälteanlage, die bis dato nie im Betrieb war, weil Wärmepumpen schon annähernd ausreichend Kälteleistung bringen.

Auslegung

- Die Auslegung erfolgte auf Basis der erforderlichen Kühlleistung. Die Wärmeversorgung mittels Niedertemperatur war damit problemlos abgedeckt.

Problemfelder

- Sehr komplexe Schaltungen für unterschiedliche Betriebsweisen (Sommer/Winter/Übergangszeit/Hoch- und Niedertemperatur), die schwer zu überblicken sind.
- Geringe Auslastung einzelner Anlagen, permanenter Anlagenbetrieb im Teillastbetrieb. Manche Anlagen (Kältemaschine) sind gar nicht in Betrieb.
- Häufiges Ein- und Ausschalten/Takten erhöht Wartungszyklen und reduziert die Lebensdauer: insbesondere bei Kältemaschinen, weil diese in Kombination mit den vorhandenen Wärmepumpen kaum bis nicht gebraucht werden.

Lösungsstrategien

- Die vielen, aufgrund der Komplexität kaum auffindbaren Regelungsprobleme, konnten durch das Technische Monitoring behoben werden.

- Einbau einer kleinen Kältemaschine als Spitzenlastsystem für die wenigen Zeiträume, in denen im Sommer Engpass für die Kühlung mittels Wärmepumpe herrscht.
- Weitere Nachbargebäude, die derzeit in Planung sind, sollen mit der bestehenden Gebäudetechnik für dieses Gebäude, mitversorgt werden. Damit werden die bereits vorhandenen Anlagen besser ausgelastet. Die neuen Gebäude benötigen hauptsächlich nur noch die Verteilleitungen und reduzieren damit die Investitionskosten des Neubaus.

Krankenhaus, Bettentrakt

Ausstattung

- Neubau, Passivhausstandard, 8.000m² BGF, sehr kompakte Bauweise $l_c = 4,48$ [m], Fertigstellung 2018.
- Eine reversible Wärmepumpe (> 300 kW) für gleichzeitige Wärme- und Kälteproduktion.
- Niedertemperaturheizung mit Fußbodenheizung.
- Bauteilaktivierung im Bettentrakt und Kühldecken in Behandlungsräumen.
- Gaskessel (> 800 kW) für Warmwasserbereitung und als Spitzenlastkessel.
- Saisonaler Erdspeicher, der mittels Erdsonden die Wärme-/Kälteentnahme kontinuierlich regeneriert.
- Mehrere Lüftungsanlagen.

Auslegung

- Die Auslegung erfolgte auf Basis der erforderlichen Kühlleistung im Sommer. Die Wärmeversorgung mittels Niedertemperatur war damit problemlos abgedeckt.
- Die Abwärme der Wärmepumpe wird für Fußbodenheizung und Lüftungsanlagen verwendet. Im Sommer wird der Erdspeicher damit regeneriert.

Problemfelder

- Durchgehend Teillastbetrieb.
- 50% der Nennleistung der Wärmepumpe wird nicht gebraucht.
- Der Gaskessel wurde bis dato nicht für die Spitzenlast benötigt, da die Wärmepumpen den Bedarf zur Gänze abgedeckt haben.
- Einzelraumregelung: Die Einregulierung der mit hoher Trägheit behafteten Wärme- und Kälteabgabesysteme (Bauteilaktivierung, Fußbodenheizung) war herausfordernd.

Lösungsstrategien

- Neuer Bauteil, der derzeit in Planung ist, soll mit bestehenden Anlagen versorgt werden. Damit werden die bereits vorhandenen Anlagen besser ausgelastet, die neuen Gebäude benötigen hauptsächlich nur noch die Verteilleitungen und reduzieren damit die Investitionskosten des Neubaus.

- Durch intensive Einregulierungstätigkeiten konnte die Trägheit der Wärme- und Kälteabgabesysteme (Bauteilaktivierung, Fußbodenheizung) normalisiert werden und somit kann ein engeres Raumtemperaturband mit hoher Behaglichkeit eingehalten werden.

Krankenhaus, Klinik mit Behandlungsbereichen und Bettenstationen

Ausstattung

- Neubau: Niedrigstenergiestandard mit viel Glasfassaden, aber auch guter Verschattung, 25.000m² BGF, Sehr kompakte Bauweise $I_c = 4,66$ [m], Fertigstellung 2015.
- Zwei reversible Wärmepumpen (je 800 kW) für gleichzeitige Wärme- und Kälteproduktion, die jeweils die gesamte notwendige Leistung abdecken, da sie nur redundant arbeiten dürfen, aber nicht gleichzeitig.
- Bauteilaktivierung durch Aktivierung der Estriche (Fußbodenheizung und -kühlung).
- Abwärmenutzung von großen medizinischen Geräten und Druckluftkompressoren.
- Fernwärmeanschluss für Hochtemperatur zur Warmwasserbereitung und Spitzenlastabdeckung.
- Großes Brunnenwasservorkommen (= Wärmequelle für Wärmepumpen im Winter und Wärmesenke im Sommer). Im Sommer wird die Wärmepumpe nur für Niedertemperaturwärme für die Entfeuchtung verwendet, gleichzeitig für einen kleinen Teil Kälte. Ein Großteil der Kühlung wird über Brunnenwasser abgedeckt.
- Mehrere Lüftungsanlagen.

Auslegung

- Auslegung auf Heizbetrieb nach Norm.
- Durch die thermisch aktivierten Massen im Estrich (Fußbodenheizung), kann die Kühlung im Sommer leicht abgedeckt werden. Im Sommer wird eine Regelungsstrategie angewandt, die die thermischen Massen in der Nacht stärker belädt, wodurch Spitzen bei der Kälteversorgung abgefedert werden können.
- Zwei redundante Wärmepumpen sind jeweils auf die Gesamtlast ausgelegt.

Problemfelder

- Schnelle Ein- und Ausschaltzyklen aufgrund der großen Wärmepumpen, die zumeist im Teillastbetrieb genutzt werden.
- Zu große Heiz- und Kühlgruppen bei der Bauteilaktivierung haben das individuelle Steuern von Einzelräumen erschwert.

Lösungsstrategien

- Nachträglicher Einbau von Pufferspeichern, um Taktverhalten im Teillastbetrieb zu reduzieren.
- Nachträglich wurden bei betroffenen Zonen kleinere Heiz-Kühlgruppen realisiert, wodurch sich die Einzelräume besser regeln lassen.
- Learnings für weitere Gebäude: Mehrere kleinere Wärmepumpen, die auch kaskadisch schaltbar sind (wurde auch schon in einem neuen Gebäude demgemäß umgesetzt).

Quartiersversorgung

Ausgangslage/Technische Beschreibung:

- Quartier mit ca. 120.000m² Grundfläche mit mehreren Büro-, Hotel- und Wohngebäuden für 1.500 Arbeitsplätze, 300 Wohnungen, 350 Studentenapartments ist mit einer regenerativen Wärme- und Kälteversorgung ausgestattet.
- Drei reversible Sole-Wärmepumpen mit je ½ MW Wärme-Nennleistung.
- Erdsondenfeld

Auslegung

- Die Berechnungen wurden sowohl nach Norm, als auch mit Simulation durchgeführt.
- Lt. Simulationsberechnung hätte die Anschlussleistung wesentlich kleiner ausfallen können. Da kein Risiko eingegangen werden sollte, wurde sie nur 20% kleiner, als die Normberechnung dimensioniert hatte.

Problemfelder

- Geringe Auslastung:
 - Von den drei Wärmepumpen ist in der Regel nur eine im Betrieb. Nur die zweite Wärmepumpe wäre aus Redundanzgründen noch notwendig.
- Probleme in der Betriebsführung:
 - Da auch jene Wärmepumpe im Betrieb häufig unterlastet ist, findet ein häufiges Takten (Ein- und Ausschalten) statt, das den Wartungszyklus erhöht und die Lebensdauer reduziert.

Lösungsstrategien

- Es wird derzeit ein aufwändiges Regelkonzept erarbeitet, damit die Anlagen möglichst wirtschaftlich und betriebsschonend arbeiten können.
- Es wird versucht weitere Nachbarliegenschaften an das System anzuschließen, um eine höhere Auslastung zu schaffen.

4 AUSGANGSLAGE BEI DER ÜBLICHEN DIMENSIONIERUNG VON WÄRMEERZEUGERN

4.1 Normberechnung

Die relevanten Normen zur Dimensionierung von Wärmeerzeugern für zentrale Warmwasser-Heizungsanlagen sind:

- ÖNORM H 5151-1:2010 (Austrian Standards Institute, 2010) – Planung von zentralen Warmwasser-Heizungsanlagen mit oder ohne Warmwasserbereitung, Teil 1: Gebäude mit einem spezifischen Transmissionsleitwert $> 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ÖNORM EN 12828:2014 (Austrian Standards Institute, 2014) – Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen

Beide Normen beziehen sich auf folgenden Ansatz zur Auslegung der Wärmeerzeugung:

$$\Phi_{\text{SU}} = f_{\text{HL}} \cdot \Phi_{\text{HL}} + f_{\text{DHW}} \cdot \Phi_{\text{DHW}} + f_{\text{AS}} \cdot \Phi_{\text{AS}}$$

Dabei ist

Φ_{SU}	die Leistung des Wärmeerzeugungssystems, in Kilowatt (kW);
f_{HL}	der Auslegungsfaktor für die Heizlast;
Φ_{HL}	die Auslegungs-Heizlast des Gebäudes, in Kilowatt (kW);
f_{DHW}	der Auslegungsfaktor für Trinkwarmwassersysteme;
Φ_{DHW}	der Leistungsanteil für die Trinkwarmwasserbereitung, in Kilowatt (kW);
f_{AS}	der Auslegungsfaktor für weitere verbundene Systeme;
Φ_{AS}	die Leistung weiterer verbundener Systeme, in Kilowatt (kW).

Abbildung 1: Formel Auslegung von Wärmeerzeugungssystem lt. ÖNORM H 5151-1:2010 (Austrian Standards Institute, 2010) und ÖNORM EN 12828:2014 (Austrian Standards Institute, 2014)

Die Leistung des Wärmeerzeugers (Φ_{SU}) ist somit die Summe aus der Auslegungs-Heizlast (Φ_{HL}) des Gebäudes, der erforderlichen Leistung zur Warmwasserbereitung (Φ_{DHW}) und der erforderlichen Leistung weiterer verbundener Systeme (Φ_{AS} z.B.: Prozesswärme).

Die Auslegungsfaktoren f_{HL} , f_{DHW} und f_{AS} sind individuell unter Beachtung nationaler Vorschriften zu bestimmen. Es sollte beachtet werden, dass die oben genannten Heizlasten nicht notwendigerweise kumulativ sind und die Wärmeerzeugungsleistung nach vereinbarten Kriterien für ihren jeweiligen Bedarf bestimmt werden sollte.

Die Auslegungs-Heizlast des Gebäudes ist nach folgenden Normen zu berechnen:

Seit 03.12.2018:

- ÖNORM EN 12831:2003 (Österreichisches Normungsinstitut, 2003) – Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast → hat laut Austrian Standards den Status „zurückgezogen“, das zuständige Komitee 058 empfiehlt jedoch – bis zur Behebung der Fehler in der neuen ÖNORM EN 12831:2018 (Austrian Standards International, 2018) – diese zu verwenden.
- ÖNORM H 7500-1:2015 (Austrian Standards Institute, 2015) – Heizungssysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast für Gebäude mit einem mittleren U-Wert $\geq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ – Nationale Ergänzungen zu ÖNORM EN 12831 (Austrian Standards International, 2018).

Seit 01.07.2014:

- ÖNORM H 7500-3:2014 (Austrian Standards Institute, 2014) – Heizungssysteme in Gebäuden – Teil 3: Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der Norm-Gebäudeheizlast.

Sollte derzeit nicht angewendet werden:

- ÖNORM EN 12831-1:2018 (Austrian Standards International, 2018) – Energetische Bewertung von Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast, Teil 1: Raumheizlast → hat laut Austrian Standards den Status „gültig“, es gibt jedoch einen Verkaufsstopp bis Widersprüche in der Norm behoben sind.

4.2 Definition ungünstige Rahmenbedingungen

Ein wesentliches Element für die Auslegung von Anlagen ist, welche Rahmenbedingungen dafür angesetzt werden. Vorhandene Normen wollen dabei sichergehen, dass auch bei ungünstigen Rahmenbedingungen der Komfort gewährleistet ist und wählen somit sehr ungünstige Bedingungen als Standardvorgaben aus, auch wenn diese nur sehr selten auftreten. Werden Wärmezeugungssysteme nun zur Gänze auf diese Rahmenbedingungen ausgelegt, so ist die logische Konsequenz, dass die Systeme die restliche Zeit nicht ausgelastet sind, was insbesondere bei Wärmepumpen oft zu Problemen im Betrieb führt.

Die ÖNORM EN 12831 (Austrian Standards International, 2018) ist eine stationäre Berechnung der Heizlast von beheizten Räumen, sowie Gebäudeeinheiten und Gebäuden, die beheizte Räume enthalten – unter Norm-Innen- und Außenbedingungen.

Folgende Rahmenbedingungen werden als Standardvorgabe in der Norm angegeben und werden in der Regel für die Berechnungen der Heizlast herangezogen. Diese sind jedoch Empfehlungen der Norm und nicht zwingend anzunehmen:

- **Norm-Außentemperatur:** Die Norm-Außentemperatur ist das tiefste Zweitagesmittel der Außentemperatur, das 10-mal in 20 Jahren erreicht oder unterschritten wird. Diese Norm-Außentemperatur tritt in Realität nur sehr selten auf, das gesamte Heizungssystem ist jedoch danach ausgelegt. Bei Gebäuden mit Fernwärmeanschluss werden teilweise noch niedrigere Außentemperaturen als die Norm-Außentemperatur zur Bemessung der erforderlichen Heizleistung für das Gebäude angesetzt.
- **Wärmebrückenzuschlag:** Der Wärmebrückenzuschlag ist bei Transmissions-Wärmeverlusten an extern, unbeheizt und an das Erdreich zu berücksichtigen. Dieser ist in jedem Fall anzuwenden und zum physikalischen U-Wert der Flächen zu addieren. Lt. nationalem Anhang ist für alle Gebäude ohne Wärmedämmung oder Gebäude vor 1990 ein Wärmebrückenzuschlag von $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ anzunehmen. Für Gebäude mit einer Wärmedämmung gemäß ÖNORM B 8110-1 (Austrian Standards Institute, 2011) (Bauweise nach 1990) beträgt dieser $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$. In ÖNORM EN 12831:2018 (Austrian Standards International, 2018) kann für neue Gebäude mit einem hohen Grad der Wärmedämmung und Minimierung von Wärmebrücken, welche die Anforderungen der allgemein anerkannten Regeln der Technik übertrifft ein pauschaler zusätzlicher Wärmebrückendurchgangskoeffizient von $0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ angesetzt werden. Wenn man noch bessere Werte annehmen möchte, muss man einen detaillierten Nachweis der Wärmebrückenzuschläge durchführen.
- **Wärmegewinne:** Die neue ÖNORM EN 12831:2018 (Austrian Standards International, 2018) sieht im Standardverfahren eine Berücksichtigung von Wärmegewinnen (solare Gewinne, interne Gewinne) vor, wenn diese simultan unter Norm-Außenbedingungen auftreten. Diese Option gibt es in ÖNORM EN 12831:2003 (Österreichisches Normungsinstitut, 2003) noch nicht.
- **Aufheizleistungen:** Die neue ÖNORM EN 12831:2018 (Austrian Standards International, 2018) weist darauf hin, dass Aufheizleistungen nur dann zu berücksichtigen sind, wenn sie simultan unter Norm-Außenbedingungen auftreten. Die ÖNORM EN 12831:2003 (Österreichisches Normungsinstitut, 2003) sieht für alle Räume mit unterbrochenen Heizbetrieb eine zusätzliche Aufheizleistung vor.
- **Mechanische Lüftung:** Die neue ÖNORM EN 12831:2018 (Austrian Standards International, 2018) berücksichtigt mechanische Lüftungen inklusive Wärmerückgewinnung, das ist in der ÖNORM EN 12831:2003 (Österreichisches Normungsinstitut, 2003) noch nicht vorgesehen.

- **Gleichzeitigkeit:** Laut ÖNORM EN 12831:2018 (Austrian Standards International, 2018) soll die Heizleistung des Wärmereizers unter Norm-Außenbedingungen weder wesentlich kleiner, noch größer sein als die berechnete Gebäude-Heizlast. Die Berücksichtigung einer Gleichzeitigkeit zur Verringerung der Heizleistung des Wärmereizers muss daher von PlanerInnen gut begründet sein. Die ÖNORM EN 12831:2003 (Österreichisches Normungsinstitut, 2003) geht auf dieses Thema nicht ein.
- **Teillastverhalten:** Die normgerechte Dimensionierung von Wärmereizern bezieht sich lediglich auf den Auslegungsfall und nicht auf das Teillastverhalten. Die Erfahrung aus gemessenen Anlagen hat gezeigt, dass Heizungsanlagen durchaus 85% der Betriebszeit, eine Heizleistung < 20% der Nominalleistung aufweisen.

5 ROLLE EINZELNER BETEILIGTER

5.1 AuftraggeberInnen

Die AuftraggeberInnen sind in der Regel die EigentümerInnen des Gebäudes. Inwieweit sie das Gebäude nach der Fertigstellung selbst nutzen, vermieten oder verkaufen, ist sehr unterschiedlich. Ist die Stadt Wien die Auftraggeberin, so ist die Eigentümerschaft meist langfristig angelegt. Aber auch in der Stadt Wien unterscheiden sich oft die AuftraggeberInnen von den NutzerInnen, da die Errichtung, der Betrieb und die Nutzung oft von unterschiedlichen Magistratsabteilungen übernommen werden.

In der Zuständigkeit der AuftraggeberInnen liegt die Koordination aller Beteiligten und damit auch, dass alle Beteiligten ihre Aufgaben zum benötigten Zeitpunkt erledigen.

Folgende Aufgaben der AuftraggeberInnen sind relevant hinsichtlich der Zielsetzung, dass die Gebäudetechnik anhand des Bedarfs und nicht unhinterfragt anhand der Norm ausgelegt wird:

- Vorgaben für die Art der Kommunikation und des partnerschaftlichen Zusammenarbeitens im Projektteam.
- Gemeinsam mit den NutzerInnen die Definition der Ziele, insbesondere der Komfortanforderungen abhängig von den einzelnen Nutzungs- und Nicht-Nutzungszeiten für alle unterschiedlichen Nutzungsbereiche.
- Definition von Betriebsfällen nach denen die Wärmereizung und Wärmeabgabe inkl. Lüftung und Warmwasserbereitung ausgelegt werden soll.
- Erheben der notwendigen Grundlagen vor Ort (Bodengutachten inkl. Entnahmemenge für Wärme- und Kältebezug).

- Bestellung der Planung und Errichtung.
- Kontrolle und Freigabe der Planung und Errichtung.
- Beauftragung einer Qualitätssicherung, sodass die Funktionsweisen und das Zusammenspiel der Anlagen noch vor der Übergabe überprüft werden, ob diese korrekt funktionieren (z.B.: Monitoring definierter Betriebsfälle).
- Information der NutzerInnen und BetreiberInnen über die Qualitäten und Spezialitäten des Gebäudes und wie dieses zu bedienen ist.

AuftraggeberInnen muss bewusst sein, dass der übliche Planungsweg mittels der standardisierten Berechnung anhand von Normen in der Regel zu unnötig groß dimensionierten Anlagen führt, die hohe Investitions- aber auch Folgekosten mit sich tragen. Ferner besteht das Risiko, dass ständiger Taktbetrieb zu einer verkürzten Lebensdauer führt.

Je genauer die Vorgaben für die Planung sind und je offener die Auftraggeberschaft neuen Planungsgrundsätzen gegenübersteht, desto mehr Möglichkeiten gibt es in der Planung eine auf den Bedarf optimierte Gebäudetechnik zu erarbeiten. Als Ergebnis können die AuftraggeberInnen jedoch ein bedeutend effizienteres Gebäude mit einer optimal ausgelegten Haustechnik erhalten. Das führt wiederum zu Einsparungen bei den Investitionskosten, zu geringerem Wartungsaufwand und längeren Lebensdauern der zentralen Komponenten. Es muss den AuftraggeberInnen aber auch bewusst sein, dass eine solche genaue Planung mehr Zeit und Ressourcen benötigt. Bestehen AuftraggeberInnen auf die üblichen Herangehensweisen zur Berechnung der PlanerInnen-Honorare, ist es PlanerInnen i.d.R. nicht möglich, den Aufwand zu bewältigen, der mit der Planung nach der Zielsetzung der höchsten Effizienz einhergeht.

5.2 NutzerInnen

Die NutzerInnen können sich von den AuftraggeberInnen unterscheiden. Ihre wesentliche Rolle ist eine genaue Definition der Ziele. Je präziser die Ziele sind, desto besser kann die Planung darauf eingehen. Die Ziele sollten auch während der einzelnen Planungs-, Errichtungs- und Betriebsphasen überprüfbar sein. Dazu müssen sie eindeutig sein, sodass alle Beteiligten das Gleiche darunter verstehen.

Hinsichtlich der Planung und Dimensionierung von haustechnischen Gewerken, ist es besonders wichtig die Komfortkriterien klar zu definieren. Diese Komfortkriterien bilden den Rahmen, in dem sich die PlanerInnen mit der Auswahl und Dimensionierung der Gebäudetechnik bewegen können. Üblicherweise bilden die geltenden Normen diesen Rahmen, was aber zumeist

zu unnötig groß dimensionierten Anlagen führt. Aus diesem Grund sind individuelle Komfortziele wichtig. So kann die Gebäudetechnik gezielt auf diese Komfortanforderungen angepasst werden.

NutzerInnen muss bewusst sein, dass Gebäude mit neuen, innovativen Gebäudekonzepten und neuer, innovativer Gebäudetechnik teilweise anders funktionieren als man das eventuell gewohnt ist. Meist sind die neuen Konzepte wesentlich komfortabler, jedoch ist ein Umdenken in der Handhabung und im Betrieb nötig. Gerade Gebäude mit Wärmepumpentechnologien, die zumeist mit Niedertemperatur beheizt und gekühlt werden, benötigen einen vorausschauenden Betrieb. Lange Fensteröffnungszeiten im Winter oder Sommer können zu Komfortbeeinträchtigungen führen, die ein träges Niedertemperatursystem nicht so schnell ausgleichen kann wie die eventuell gewohnten, hoch temperierten Radiatoren. Lassen sich die NutzerInnen jedoch auf die neuen Konzepte und Betriebsweisen ein, so finden sie meist ein hoch komfortables Gebäude vor, das neben der üblichen Beheizung eines Gebäudes, auch automatisch eine Kühlung mit sich bringt.

In Kapitel 6.1.1. sind jene Komfortanforderungen definiert, die zumindest genau vorgegeben werden müssen.

5.3 HaustechnikplanerInnen

HaustechnikplanerInnen obliegt die Aufgabe die Auswahl und Dimensionierung der Gebäudetechnik durchzuführen. Anhand ihrer Auswahl und der Aufbereitung ihrer Überlegungen können die AuftraggeberInnen entscheiden, welche Systeme umgesetzt werden und welches Risiko sie mit welcher Dimensionierung eingehen.

Da auf ihren Schultern das Risiko lastet, dass ein Gebäude auch zu ungünstigen Rahmenbedingungen den gewünschten Komfort aufweisen soll, werden sich PlanerInnen immer im rechtssicheren Raum bewegen und entlang der gängigen Normen, mit ihren eingebauten Sicherheiten, planen. Außer, sie werden von den AuftraggeberInnen extra beauftragt die Systeme genauer auszulegen, dabei müssen diese auch ihren Teil der Haftung übernehmen. Da dies aber auch einen höheren Berechnungsaufwand bedeutet und sie durch die gängigen Honorarmodelle eine Kürzung ihres Honorars befürchten müssen, wenn sie die Systeme kleiner auslegen, können AuftraggeberInnen nicht von ihnen erwarten, dass sie diesen Mehraufwand ohne eine Honoraranpassung durchführen. Weiters ist auch ausreichend Zeit für den Mehraufwand einzuplanen.

AuftraggeberInnen müssen somit in ihren PlanerInnen-Verträgen klar kommunizieren, welche Zielsetzung die Planung verfolgen soll. Die Empfehlungen ab Kapitel 6 können bei der Definition konkreter Leistungen unterstützen.

5.4 Kommunikation als zentrales Element

Generell ist ein transparentes, offenes und partnerschaftliches Zusammenarbeiten im Projektteam mitentscheidend für den Erfolg des Projektes. Je innovativer und komplexer ein Projekt ist – und damit ist nicht nur die endgültige Technik gemeint, sondern auch deren Herangehensweise - desto wichtiger wird der Faktor Kommunikation. Je partnerschaftlicher das Zusammenarbeiten gestaltet ist, desto eher können die Rahmenbedingungen und Ergebnisse offen diskutiert werden, was insbesondere dann wichtig ist, wenn die finale Auslegung von Anlagen von herkömmlichen Norm-Werten abweichen.

6 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE HERANGEHENSWEISE VON PLANUNGEN

6.1 Vorbereitung für die Planung

Die Ergebnisse aus den Interviews zeigen, dass es nicht den einen richtigen Weg gibt, der zu einer für das Gebäude und die Nutzung optimierten Gebäudetechnik führt.

In den üblichen Verträgen für die Beauftragung der Haustechnikplanung finden sich eine Vielzahl an Normen bzw. der Hinweis, dass die geltenden Normen eingehalten werden müssen. Damit setzten die AuftraggeberInnen bereits fest, dass die Gebäudetechnik nach diesen Normen dimensioniert werden muss. PlanerInnen können sich somit nur noch in diesem Rahmen bewegen und nur PlanerInnen mit viel Erfahrung und Motivation, loten die Möglichkeiten und Flexibilitätäten innerhalb der Normen aus, um die Gebäudetechnik dem tatsächlichen Bedarf anzupassen. Folgende Möglichkeiten stehen den AuftraggeberInnen zur Verfügung, um einen passenden Vertragsrahmen zu definieren.

6.1.1 Festschreiben der Zieldefinition

Komfortparameter als Ziel, anstatt Berechnung nach Norm

Das Ziel für AuftraggeberInnen und NutzerInnen ist ein komfortables Gebäude, auch zu Zeiten mit ungünstigen Rahmenbedingungen. Es sollten demnach die Komfortanforderungen im Gebäude die Vertragsgrundlage sein, nicht zwingend die Einhaltung der Norm.

In der Norm für die Heizlastberechnung sind ungünstige Rahmenbedingungen genannt, genauso wie die zu erreichenden Komfortbedingungen im Gebäude zu diesen Zeiten. Diese sind Standardwerte, die für alle Gebäude (in standardisierten Nutzungskategorien) gleichermaßen gelten und dementsprechend sind Sicherheitszuschläge inkludiert, um für die individuellen

Wünsche die Komfortanforderungen immer halten zu können. Aber auch innerhalb von Nutzungskategorien gibt es Unterschiede. AuftraggeberInnen und NutzerInnen muss bewusst sein, dass sie zwar durch die Festlegung auf die Norm im (komfort-)sicheren Rahmen sind, jedoch auch, dass dieser Rahmen viel Geld kostet.

Alternativ können in den Verträgen die individuellen Komfortparameter als vertragliches Ziel festgelegt werden. Wichtig dabei ist, unterschiedliche Szenarien festzulegen, die ungünstige Rahmenbedingungen im Zusammenhang mit dem Gebäudebetrieb berücksichtigen. So ist z.B. bei einem Gebäude mit Wärmepumpentechnologie und einer Niedertemperaturheizung das in der Norm abgebildete Szenario – dass das Gebäude von minus 12°C Außentemperatur auf 22°C Innentemperatur nach einem starken Absenkbetrieb rasch aufheizt – nicht realistisch, da die Niedertemperaturheizung auch bei Abwesenheit nicht stark abgesenkt wird und damit keine so starke Aufheizleistung benötigt (siehe Kapitel 6.2.3 und 6.3).

Die Definition der entsprechenden Komfortbedingungen findet idealerweise im Zuge der Entwicklung des Raum- und Funktionsprogramms für jede einzelne Funktionseinheit statt – auch für Zeiten der Nichtanwesenheit.

Folgende Anforderungen und Rahmenbedingungen im Gebäude müssen von den AuftraggeberInnen und NutzerInnen vorgegeben werden und können als Vertragsgrundlage dienen:

- Definition unterschiedlicher **Nutzungszonen** (entlang des Raum- und Funktionsprogramms)
- Definition von **Nutzungs- und Nicht-Nutzungszeiten** in den einzelnen Nutzungszonen
 - Gibt es unterschiedliche Nutzungszeiten (z.B. Tag- oder Abendbetrieb)?
 - Gibt es unterschiedliche Nicht-Nutzungszeiten (z.B. Nacht, Wochenende, Ferien).
 - Zeitprogramm (Abschätzung) für die einzelnen Nutzungen, Nicht-Nutzungen und Nutzungszonen festlegen.
- Definition der **Komfortanforderungen** während der Nutzungs- und Nicht-Nutzungszeiten sowie der unterschiedlichen Nutzungszonen.
 - Jeweils Temperatur, Feuchte, CO₂-Gehalt, weitere nutzungsspezifische Komfort- oder Hygieneanforderungen (z.B. an das Warmwasser).
 - Komfort-Toleranzen bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen.
 - Sommer/Winter
Je genauer die Temperatur eingehalten werden muss, desto flexibler muss das Wärmesystem sein. Mit Flächensystemen sind enge Toleranzen kaum zu bewerkstelligen. Größere Toleranzen (± 2 K Soll-Raumtemperatur), die auch abhängig von

den Außentemperaturen sind, sind hier notwendig und auch dem Körper zuträglich.

- Übergangszeit

Die Übergangszeit von Sommer in den Winter und vom Winter in den Sommer ist für die meisten Gebäudesysteme schwer in den Griff zu bekommen. Insbesondere gut gedämmte Gebäude mit stark schwankenden Lasten (z.B. Schulen), sind für träge Systeme, wie eine Bauteilaktivierung, eine Herausforderung, da ein Wechsel von Heizen zu Kühlen nicht rasch funktioniert. NutzerInnen können sich diesbezüglich auch durch bedachtes Gegensteuern mit Fenster öffnen/schließen und angemessener Kleidung helfen.

- Nach längerer Nichtnutzungszeit (z.B. nach Ferien)

Insbesondere bei Gebäuden mit Niedertemperatursystemen und Bauteilaktivierung ist ein Absenkbetrieb nicht empfehlenswert. Bei längeren Abwesenheiten, wie z.B. Ferien, kann dieser aber im geringen Maß sinnvoll sein. Eine vorausschauende und frühzeitige Aufheizung ist aber wichtig. Dennoch kann es am ersten Tag nach einer längeren Nichtnutzungszeit (z.B. Winterferien) zu kühl sein, da seit langem keine internen Lasten vorhanden waren. Diese sollten aber nach wenigen Stunden Nutzungszeit wieder behoben sein.

Da ein Gebäude nicht nur für wenige Jahre gebaut wird, sollten auch mögliche Nutzungsänderungen durchdacht werden. Auch das NutzerInnenverhalten sollte mitbedacht werden, da moderne Gebäude mit Niedertemperaturheizungen sensibler auf lange Fensteröffnungen im Sommer oder Winter reagieren. Auch das Regelungsverhalten für die technische Betriebsführung sollte bedacht werden.

6.1.2 Vorgaben bei Normberechnung

Eine Normberechnung sollte in jedem Fall durchgeführt werden und sei es nur für die Auslegung der Abgabeflächen. Falls AuftraggeberInnen die Normberechnung als Vorgabe für die Planung der Heizungsanlage heranziehen wollen, sind zumindest folgende Strategien zu empfehlen, die in das Leistungsbild der Haustechnikplaner integriert werden können:

- **Anpassung der Defaultwerte** (Gleichzeitigkeitsfaktoren, Aufheizleistung, Interne und solare Gewinne, Wärmebrückenzuschläge, Luftdichtheit) auf realistische Rahmenbedingungen und reale Gebäudewerte.
- Abziehen von weiteren **Wärmelieferanten** (z.B. Lüftung, Abwärmenutzung).

- Verwendung der **ÖNORM H 5151-1:2010** (Austrian Standards Institute, 2010) zur Dimensionierung der Wärmeversorgung sowie Einsatz der darin empfohlenen Lastausgleichspeicher.
- Eventuell Optimierung des Systems mit **zusätzlichen Komponenten**, um ein häufiges Takten zu unterbinden (siehe Kapitel 6.2.3).
- **Untersuchung Teillastverhalten:**
 - Berechnung sortierter Werte der erforderlichen Gebäude-Heizleistungen für ein Jahr (=Jahresdauerlinie).
 - Definition von Betriebsfällen anhand dieser Jahresdauerlinie.
 - Anpassung der Auswahl und der Auslegung der einzelnen Systeme für die Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe, um auf die auftretenden Teillasten laut Jahresdauerlinie reagieren zu können.
 - Deckung eines Teils der berechneten Leistung für die Wärmeerzeugung durch Spitzenlastsysteme (z.B. E-Heizstab, Fernwärme, dezentral angebrachte Infrarot-Heizpaneele).
 - Hydraulische Anpassung bei der Wärmeverteilung, um auf die Teillasten laut Jahresdauerlinie reagieren zu können.

6.1.3 Vorgaben für die Gebäudesimulation

Es wird in jedem Fall empfohlen, im Rahmen des Vorentwurfs eine Gebäudesimulation als Unterstützung für die Dimensionierung der Wärmeerzeuger durchzuführen. 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:
 - Thermisch-dynamische Gebäudesimulation als Basis.
 - Proof of Concept Simulation zur Verifizierung der Anlagengröße und Funktionsweise von Wärmeerzeugungssystem in Kombination mit Wärmeverteilungssystem.
 - Ggf. Simulation von abweichenden prognostizierten Klima- und Nutzungsveränderungen.
 - Simulation der Wärmequelle (z.B.: Erdsondenfeld).
- Bestimmung der Anzahl der Stunden von erforderlichen Gebäude-Heizleistungen anhand sortierter Jahresdauerlinien.

- 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.

Die genaue Beschreibung der Herangehensweise bei der Simulation findet sich im Kapitel 6.2.2.

6.2 Planungsphase

Die Auslegung von gebäudetechnischen Systemen wird im Vorentwurf und Entwurf durchgeführt. In diesem Kapitel werden einzelne Schritte und Methoden vorgestellt, wie die gebäudetechnischen Anlagen ausgelegt werden können.

Im Idealfall empfiehlt sich eine Kombination aus

- Berechnung nach Norm (Kapitel 6.2.1).
- Gebäudesimulation (Kapitel 6.2.2).
- Einsatz von zusätzlichen Haustechnikkomponenten (Kapitel 6.2.3) und
- Strategien für mögliche Betriebsfälle (Kapitel 6.2.4).

6.2.1 Auslegung von Wärmeerzeugern nach Norm

Eine Heizlastberechnung nach Norm sollte in jedem Fall durchgeführt werden. Wichtig dabei ist jedoch, das Ziel dieser Berechnung auch zu kennen und zu definieren.

Mittels Heizlastberechnung können unterschiedliche Zielsetzungen einhergehen:

6.2.1.1 Dimensionierung der Abgabesysteme im Raum

Um den notwendigen Komfort in den einzelnen Räumen zu gewährleisten, müssen ausreichend Abgabeflächen für Wärme bereitgestellt werden. Die Dimensionierung der Abgabeflächen sollte mittels Heizlastberechnung durchgeführt werden und ist dafür jedenfalls empfehlenswert.

6.2.1.2 Dimensionierung der Verteilungen

Bei der Dimensionierung der Verteilungen mittels Norm sollten bereits die Gleichzeitigkeitsfaktoren angepasst werden, da nicht in jedem Raum gleichzeitig und gleich stark geheizt werden muss.

Weiters sind vorhandene Speichermassen zu berücksichtigen, die die Aufheizung, aber auch die Abkühlung verlangsamen. Dieser Umstand sollte nicht dazu führen, dass die Leitungen größer ausgelegt werden, sondern eher passende Regelungskonzepte eingeplant werden (vorausschauendes und kontinuierliches Heizen anstatt schnelle Regelungsänderungen).

6.2.1.3 Dimensionierung der Anlagengröße in der Heizzentrale

Soll die Dimensionierung der Anlagengröße mittels Norm durchgeführt werden, aber keine überbordenden Sicherheiten aufweisen, so müssen bereits einige Annahmen und Nebenrechnungen geführt werden, um die in der Norm vorhandenen Sicherheiten auf ein realistisches Maß zu begrenzen.

Anpassen von Standardvorgaben

Folgende Standardvorgaben sollten mit den tatsächlichen Werten aus der Planung angepasst werden:

- Gleichzeitigkeitsfaktoren nach realistischen Annahmen anpassen.
- Aufheizleistung kann reduziert werden, da Gebäude in der Nicht-Nutzungszeit nicht bzw. kaum abgesenkt werden.
- Interne Gewinne berücksichtigen, da die Komfortziele nur dann erreicht sein müssen, wenn Personen anwesend sind.
- Wärmebrückenzuschläge dem geplanten Baustandard anpassen.
- Luftdichtheit dem geplanten Baustandard anpassen.
- Betriebszeiten den realistischen Nutzungszeiten anpassen.

Abziehen von weiteren Wärmelieferanten

Gibt es weitere Wärmelieferanten, wie z.B. das Heizregister einer Lüftung, so ist deren Wärmebeitrag in der Dimensionierung zu berücksichtigen und abzuziehen.

ÖNORM zur Auslegung von Wärmepumpen

Die Erfahrung aus gemessenen Anlagen hat gezeigt, dass eine Auslegung von Wärmepumpen auf 100% der Berechnungsheizleistung laut ÖNORM H 5151-1 (Austrian Standards Institute, 2010) für Anlagen größerer Leistung (> 50 kW) im Nicht-Wohnbau meist zu massiven Überdimensionierungen führt. Daher ist es für diese Art von Anlagen zu empfehlen, einen laut ÖNORM H 5151-1 (Austrian Standards Institute, 2010) vorgesehenen Lastausgleichsspeicher zur Verringerung der Wärmeleistung der Wärmepumpe einzusetzen oder einen Teil der laut ÖNORM H 5151-1 (Austrian Standards Institute, 2010) berechneten Wärmeleistung der Wärmeerzeugung, durch eine separate Spitzenlastabdeckung abzudecken. Weiters sind die zu

erwartenden Teillastfälle zu untersuchen und bei der Auslegung der Wärmepumpe zu berücksichtigen (siehe Kapitel 6.2.4).

Fazit

Unter Berücksichtigung der oben angeführten Anpassungen, kann auch die mit statischen Verfahren ermittelte Heizlast erheblich reduziert werden. Abweichungen können jedoch bei diesem Verfahren nicht ausgeschlossen werden, da es niemals so genau rechnet, wie eine dynamische Gebäude- und Anlagensimulation.

6.2.2 Auslegung mittels dynamischer Gebäude- und Anlagensimulation

Deutlich genauer und realistischer auf den Bedarf zugeschnitten ist eine dynamische Gebäude- und Anlagensimulation. Durch eine solche Simulation kann festgestellt werden, ob eine kleiner dimensionierte Anlage auch tatsächlich jenen Komfort gewährleisten kann, der gewünscht ist. Und das kann für unterschiedlichste Rahmenbedingungen dargestellt werden wodurch sich das Risiko für AuftraggeberInnen und NutzerInnen besser abschätzen lässt.

Wesentliche Qualitätsstandards einer Gebäudesimulation sind:

- Definition von realitätsnahen Raumnutzungsdaten für Energie- und Gebäudetechnik (in enger Abstimmung mit Auftraggeber).
- Definition von Referenz-Klimadatensätzen.
- Definition von Betriebsfällen, die untersucht werden sollen.
- Bestimmung von erforderlichen Leistungen anhand sortierter Jahresdauerlinien.

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 (in den meisten Fällen geht es um den sommerlichen Komfort) unter bestimmten Rahmenbedingungen gewährleistet ist.

Die Gebäudesimulation kann aber auf der Basis der Komfortanforderungen auch für die Dimensionierung der haustechnischen Systeme (wärme- bzw. kälteproduzierende Anlagen, Entnahmestellen (z.B. Erdsonden)) herangezogen werden. Sind die Komfortanforderungen der NutzerInnen klar definiert, so geben diese den Rahmen vor, in dem sich die Simulation der Gebäudetechnik und darauffolgend die Planung dieser bewegen kann.

Abbilden eines realistischen Szenarios

Eine Simulation versucht ein möglichst realistisches Szenario abzubilden. Dementsprechend muss die gewünschte Realität auch möglichst gut beschrieben werden. Baustandards, Baumaterialien, Fensterflächen, Verschattungen, Verluste durch die Gebäudehülle, regionale Klimadaten inkl. prognostizierte Klimaänderungen, interne Gewinne durch Geräte und Personen, Vorgaben für die Betriebsführung, u.v.m. müssen möglichst genau abgebildet werden. All das bedeutet einen Aufwand sowohl für die PlanerInnen als auch für die AuftraggeberInnen und die NutzerInnen, um diese Szenarien zu definieren und abzustimmen. All diese Annahmen müssen zwischen diesen Beteiligten klar vereinbart sein, denn eine Änderung dieser Annahmen bedeutet auch ein anderes Ergebnis der Simulation. Ist diese die Grundlage für die Anlagendimensionierung, dann sollte das gemeinsame Verständnis für die gewünschten Szenarien genau definiert sein.

Simulieren des tatsächlichen Bedarfs

Im nächsten Schritt wird die eigentliche Simulation durchgeführt. Nach sorgfältiger Eingabe des geplanten Vorhabens mit seinen Rahmenbedingungen wird überprüft, wie viel Wärme bzw. aber auch Kälteenergie zugeführt werden muss, um die gewünschten Komfortanforderungen zu erreichen. Dies erfolgt in mehreren Detailsimulationen:

1. Simulation des Gebäudes

Das Gebäude mit all seinen Rahmenbedingungen wird in der Simulationssoftware modelliert. Es wird eine erforderliche Heizleistung und Heizenergiebedarf für einen bestimmten Zeitraum eruiert, der benötigt wird, um den gewünschten Komfort zu den angesetzten Nutzungsbedingungen zu erreichen. Im Zuge dieser ersten Modellierung wird vorwiegend der Einfluss baulicher Maßnahmen (Gebäudehüllenqualität, Luftdichtheit, usw.) auf die Heizleistung und den Heizenergiebedarf untersucht.

2. Proof of Concept

Im „Proof of Concept“ Ansatz wird das Heizsystem mit Wärmebereitstellung (z.B. Wärmepumpe) in Kombination mit der Wärmeabgabe (z.B. Fußbodenheizung) modelliert und für die vorab definierten Betriebsfälle hinsichtlich Erreichung des gewünschten Komforts bewertet. Die Simulation wird also um das Heizsystem erweitert, mit der Annahme, dass die Leistung und die zeitliche Leistungsabgabe (z.B. durch verzögerte Heizung bei Flächenheizung) begrenzt sind. Auch unterschiedliche Gleichzeitigkeitsfaktoren können in dieser Simulation berücksichtigt werden.

Das Ergebnis zeigt, wie das Gebäude in diesem Fall reagieren wird. Ob es einzelne Stunden oder Tage zu Unter- bzw. Überschreitungen der festgesetzten Komfortparameter kommt (welche sich meistens im zehntel-Grad-Bereich befinden) bzw. unter welchen Bedingungen diese zu befürchten sind. Auf Basis dieser Veranschaulichungen

kann schließlich entschieden werden, ob diese akzeptiert werden, oder ob das System nachzubessern wäre.

3. Prognostizierte Klima- und Nutzungsveränderungen miteinbeziehen

Um sicherzugehen, dass der Komfort auch bei sich ändernden Klima- und Nutzungsverhältnissen nicht auf der Strecke bleibt, sollten auch Klimaprognosen oder mögliche Nutzungsänderungen berücksichtigt werden. Gerade für die Auslegung von Wärmepumpentechnologien ist oft der Kühlenergiebedarf des Gebäudes relevanter als der Heizenergiebedarf, da durch steigende Sommertemperaturen der Kühlbedarf stärker in den Fokus gerückt ist. Deshalb sollten auch Simulationen durchgeführt werden, die äußerst ungünstige Rahmenbedingungen miteinbeziehen.

4. Auslegung der Wärmequelle

Der Wärmebezug bei Wärmepumpen kommt aus der Umgebungswärme. Entweder Erdreich, Grundwasser oder Luft. Abhängig von den Gegebenheiten und wirtschaftlichen Anforderungen des Projektes wird der passende Energieträger verwendet. Die gängige Fachliteratur hat auch für die Auslegung dieser Systemkomponenten Sicherheitszuschläge, um ausreichend Energie bereit zu stellen. Deshalb ist auch in diesem Bereich eine Simulation der z.B. benötigten Bohrungen sinnvoll, um sie dem Bedarf anzupassen und Investitionskosten zu sparen.

Vergleich mit Normberechnung

Die Simulation zeigt ein weitgehend realistisches Bild des Wärme- bzw. auch des Kältebedarfs, der von den energieerzeugenden Anlagen gedeckt werden muss, um die Komfortbedingungen einzuhalten. Da sich aber auch eine Simulation lediglich auf Annahmen stützt, ist es durchaus sinnvoll diesem Berechnungsergebnis noch Reserven für unerwartete Ereignisse hinzuzufügen.

Um auf PlanerInnenseite Reserven mit bestem ExpertInnenwissen auszulegen bzw. um auf AuftraggeberInnen- bzw. NutzerInnenseite einer Auslegung zuzustimmen, ist es deshalb sinnvoll die Ergebnisse mit der Normberechnung zu vergleichen.

Dimensionierung von Anlagen

Wie viele Reserven auf das Ergebnis der Simulation aufgeschlagen werden, hängt primär von der Erfahrung der PlanerInnen und vom Vertrauen der AuftraggeberInnen und NutzerInnen in die PlanerInnen ab.

Die Dimensionierung von Anlagen kann auch durch eine intelligente Anordnung von zusätzlichen Haustechnikkomponenten oder anderen Strategien zur Kompensation kleiner ausfallen. In Kapitel 6.2.3 und 6.2.4 sind Möglichkeiten aufgelistet, welche den PlanerInnen und AuftraggeberInnen zur Verfügung stehen, um die Wärmebereitstellungsanlagen kleiner zu dimensionieren.

6.2.3 Optimierung Dimensionierung mit Haustechnikkomponenten

Die Auslegung und der Betrieb von Wärmepumpenanlagen hängen stark vom intelligenten Einsatz zusätzlicher Komponenten ab. Folgende Komponenten sind bei der Planung von Wärmepumpenanlagen mitzudenken und ggf. einzuplanen:

Modular regelnde Wärmepumpen

Bei Neubauten, bei denen schon Bedacht auf eine gute Gebäudehülle und auf Energieeffizienz gelegt wird, ist es auch bei optimal dimensionierten Wärmepumpen sinnvoll modulierende Wärmepumpen einzusetzen, da diese dennoch meist unter Teillast betrieben werden. Diese Wärmepumpen sind speziell für unterschiedliche Lastbetriebe ausgelegt und suchen sich je nach Anforderungen die gerade beste Betriebseinstellung, um möglichst energiesparend und anlagenschonend die Wärme zur Verfügung zu stellen.

Niedertemperaturheizungen

Kommt eine Wärmepumpenlösung zur Anwendung, muss auch das Abgabesystem entsprechend für die niedrigeren Vorlauftemperaturen dimensioniert werden. Das bedeutet, dass größere Flächen für die Raumheizung benötigt werden. Bei Bestandsbauten wird es beispielsweise erforderlich sein, bestehende Radiatoren durch großflächigerer Niedertemperatur-Radiatoren zu ersetzen, nach Möglichkeit vom bestehenden Radiatorsystem auf ein Decken- Heiz- und Kühlsystem zu wechseln, oder es werden die Bauteile gleich direkt aktiviert. Letzteres System wird vor allem in Neubauten immer interessanter und relevanter, da mit diesem System auch gleichzeitig ein angenehmes Kühlen im Sommer möglich ist. Inwieweit oberflächen- nahe oder im Deckenkern integrierte Systeme verwendet werden, ist Geschmackssache und vor allem abhängig von der Nutzung. Je tiefer im Kern die Aktivierung stattfindet, desto träger ist das System und desto vorausschauender muss die Regelung eingestellt sein, da ein schnelles Aufheizen oder Abkühlen nicht mehr möglich ist. Reparaturen am System sind schwieriger, je tiefer sie im Betonkern integriert sind. Oberflächennähere Systeme sind nicht ganz so träge, heizen aber die vorhandenen Speichermassen bei Dauerbeheizung ebenso auf. Sie sind leichter reparierbar, jedoch auch anfälliger für Schäden.

Die Trägheit erlaubt es aber gemeinsam mit einer vorausschauenden Regelung, dass die Spitzen für Heizen und Kühlen geglättet werden können und dass damit die Aufheizleistung der Wärmepumpen geringer dimensioniert werden kann. Dabei ist aber auch zu berücksichtigen, dass ein ständiges Aufheizen und Absenken des Heizbetriebs nicht sinnvoll ist (für den Fall der Nutzung der Energieflexibilität jedoch möglich). Im Regelfall wird bei diesen Systemen bereits mehrere Wochen vor Kälteeinbruch begonnen zu heizen und auch nicht bzw. kaum während Nicht-Nutzungszeiten abgesenkt.

Pufferspeicher

Wärmepumpenanlagen sind mit Pufferspeichern entsprechend ÖNORM H 5151-1 (Austrian Standards Institute, 2010) auszustatten, um Einschalthäufigkeiten zu verringern. Bei der hydraulischen Einbindung ist darauf zu achten, dass diese nicht als hydraulische Weichen eingebunden werden. Pufferspeicher können die erforderliche Wärmeleistung von Wärmepumpen **nicht** verringern, dafür wäre ein Lastausgleichsspeicher entsprechend ÖNORM H5151-1 (Austrian Standards Institute, 2010) geeignet. Durch das reduzierte Takten verringert sich der Verschleiß der Anlage und somit die Wartungszyklen. Auch die Lebensdauer wird dadurch verlängert.

Zusätzliche Wärmepumpe für Warmwasser

Gibt es im Gebäude eine Zirkulationsleitung für das Warmwasser (welche aufgrund der hohen Zirkulationsverluste nicht empfohlen wird), so kann eine eigene Wärmepumpe (oder ein anderes erneuerbares Spitzenlastsystem) für die Warmwasserbereitung angedacht werden. Diese Wärmepumpe kann dann nicht nur für die Warmwasserbereitung zur Verfügung stehen, sondern kann ggf. auch als Backup-System für sehr ungünstige Rahmenbedingungen (sehr kalte Tage im Winter oder sehr heiße Tage im Sommer) zur Verfügung stehen, um die restliche Energie bereitzustellen. Damit wird gewährleistet, dass jede Wärmepumpe eine höhere Stundenanzahl in ihrer optimalen Betriebsauslegung läuft, was häufiges Takten vermindert und somit die Lebensdauer der Anlagen erhöht.

6.2.4 Auslegung von Anlagen abhängig vorhandener Betriebsfälle

Sowohl bei der dynamischen Simulation als auch bei der Berechnung nach Norm wird die erforderliche Heizleistung für jede Stunde im Jahr berechnet. Dieser Lastverlauf wird in der Planung selten als Analyseinstrument für die Dimensionierung herangezogen, er kann aber wichtige Informationen liefern.

Die sortierten Werte der erforderlichen Gebäude-Heizleistungen zeigen den Lastverlauf der Wärmeerzeugungsanlage für ein Jahr. Damit kann abgelesen werden, zu wie vielen Stunden die volle Leistung der Anlage voraussichtlich benötigt wird. So treten in der Regel die Lastspitzen, die nur in Kombination mit ungünstigen Rahmenbedingungen (z.B. sehr niedrige Außentemperaturen, wenig externe und interne Gewinne) auftreten, nur sehr selten (z.B. 1-3% der Betriebszeit) ein.

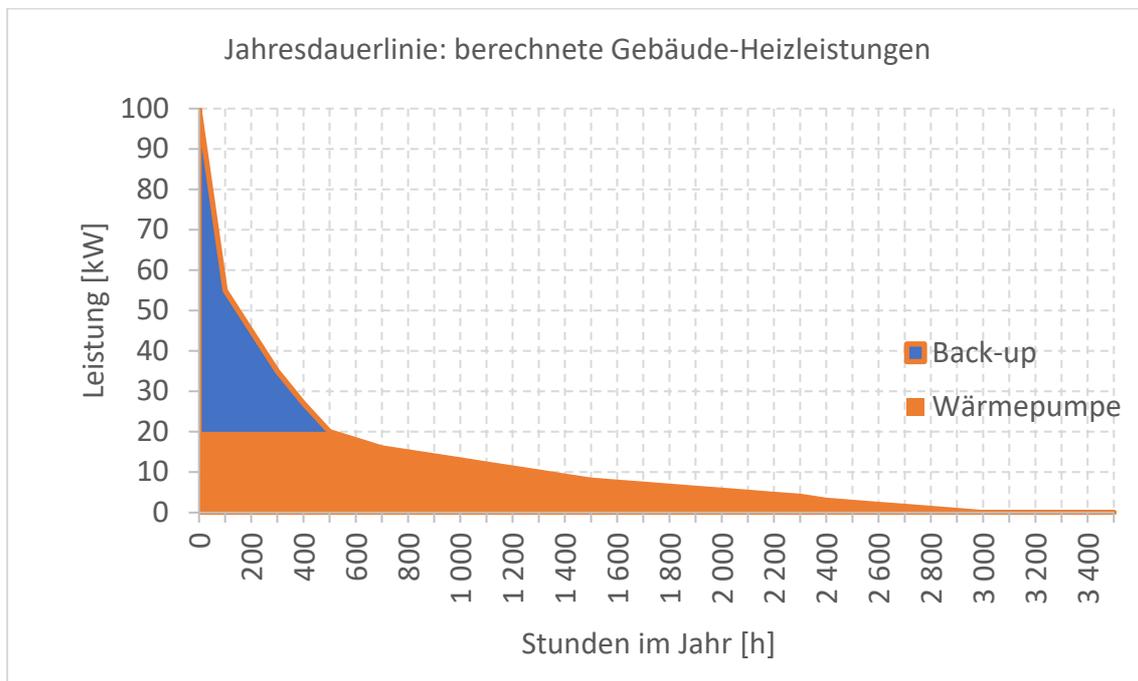


Abbildung 2: Beispiel sortierte Jahresdauerlinie der berechneten Gebäude-Heizleistungen mit Auslegungsempfehlung für Wärmepumpenanlage und (ggf. mehreren) Back-up Heizung(en).

Auf Basis der Erkenntnisse des Lastverlaufs (=Jahresdauerlinie) können Betriebsfälle definiert werden. Also unterschiedliche Szenarien, die im Laufe des Jahres eintreten können. Auf diese Szenarien können wiederum unterschiedliche Lösungen erarbeitet werden, wie auf die unterschiedlichen Lastanforderungen reagiert werden kann.

Unterschiedliche Strategien können sein:

- Wenn die Jahresdauerlinie zeigt, dass beispielsweise zu 85% der Betriebszeit die erforderliche Heizleistung $< 20\%$ der Nominalleistung ist, sollte eine Wärmepumpenanlage auf die 20% der Nominalleistung ausgelegt werden und für die restlichen 15% der Betriebszeit eine oder mehrere Back-up Heizung(en) zum Einsatz kommen (z.B.: kleine Wärmepumpe, E-Heizstab, Fernwärme oder dezentral angebrachte Infrarot-Heizpaneele. Letzteres lässt auch eine kleinere Dimensionierung der hydraulischen Verteil- und Abgabesysteme zu), siehe Abbildung 2.
- Es wird nicht eine große Wärmepumpe angeschafft, sondern die Lasten gesplittet. Da auch zumeist auch Redundanzsysteme mit eingeplant und eingebaut werden, kann z.B. eine Splittung von 50:50 erfolgen, damit diese Redundanz auch abgedeckt ist. Außerdem wirkt ein solches Splitting positiv auf den Betrieb der einzelnen Anlagen, da diese vermehrt in ihrem optimalen Betriebsmodus laufen können.

Abhängig von den Erfahrungen der PlanerInnen oder den Anforderungen im Gebäude, kann eine andere Splitting-Aufteilung als 50:50 sinnvoller sein oder überhaupt mehrere Anlagen, die kaskadisch im Betrieb sind.

- Wenn man sichergehen möchte, dass einerseits ausreichend Wärmekapazitäten vorhanden sind, aber andererseits nicht zu hoch dimensionieren wird, ist eine mögliche Strategie Platzreserven vorzuhalten, um weitere Anlagen nachrüsten zu können. Das bedeutet, man entscheidet sich – z.B. auf Basis einer Anlagensimulation – eine kleinere Anlage zu installieren, bereitet aber für eine weitere Anlage alles vor und reserviert Platz dafür. Da das hydraulische Netz und die Abgabeflächen ohnehin bereits für die notwendige Wärmeleistung ausgerichtet sein müssen, ist im Ernstfall nur noch eine zusätzliche Wärmequelle (z.B. Elektrostab, weitere Wärmepumpe) notwendig, die schnell nachinstalliert werden kann. So kann gut getestet werden, ob die bereits installierte Leistung ausreicht bzw. welche Größe der Zusatzheizung noch benötigt wird.
- Abhängig von den vorhandenen Zusatzkomponenten (siehe Kapitel 6.2.3) können auch noch weitere Regelungs- und Dimensionierungsstrategien eingesetzt werden.

6.3 Betrieb – Anpassung des Regelungsverhalten

Das Heizen und auch das Kühlen mittels Wärmepumpe erfolgt meist über Niedertemperatursysteme, die insbesondere im Neubau meist als Flächenheizung und Bauteilaktivierung umgesetzt ist. Auch wenn die Trägheit des Systems abhängig davon ist, wie tief die Verrohrung in den Bauteilen integriert ist, so sind auch oberflächennahe Systeme im Vergleich zu klassischen Radiatorsystemen träge. Für die Regelung von Niedertemperatursystemen, die mit Wärmepumpen beheizt – aber auch gekühlt – werden, gelten folgende Grundsätze:

- Kontinuierliches Heizen und Kühlen mit Flächenkonditionierung: Vorausschauend bereits in der Übergangszeit mit der Konditionierung starten, diese aber während kurzfristiger Abwesenheitszeiten (Nacht, Wochenende) nicht absenken. Bei längeren Abwesenheitszeiten (z.B. Ferien), wenn überhaupt, dann nur geringfügig absenken und mehrere Tage vor der Nutzungszeit mit der Konditionierung beginnen.
- Bei mehreren Heizsystemen bzw. bei gesplitteten Anlagen ist die vorgesehene Reihenfolge des Anlagenbetriebs zu beachten.
- Außerhalb der Nutzungszeiten ist der mechanische Luftwechsel zu reduzieren, da dadurch auch Wärme verloren geht.

7 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Grob kann gesagt werden, dass bei einer Auslegung des Heizungssystems nach den standardisierten Normverfahren die Anlagen meist wesentlich größer dimensioniert werden, als wenn man alle Möglichkeiten innerhalb der Normung ausschöpft. Beziehungsweise können sie nochmals wesentlich kleiner und damit kostengünstiger dimensioniert werden, wenn man die Auslegung mittels dynamischer Simulation durchführt. Insbesondere bei Wärmepumpen werden neben den eigentlichen Investitionskosten für die Wärmeerzeuger, auch die benötigten Wärmetauscher (wie z.B. Erdsonden) und die Redundanzsysteme kostengünstiger.

Größere Anlagen bedeuten auch höhere Wartungs-, Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten sowie oft auch höhere Energiekosten. Zusätzlich ist die Betriebsführung oft mit einem nicht ganz friktionsfreien Betrieb konfrontiert, der auch den Komfort der NutzerInnen und damit die Produktivität beeinträchtigen kann.

Dem gegenüber stehen höhere Kosten für die Planung, insbesondere für die Gebäudesimulation und ein etwas höherer Zeitaufwand, die aber im Verhältnis zu den eingesparten Investitions- und Folgekosten in keinerlei Relation stehen.

Der BKI (Spielbauer, et al., 2020) wurde als Vergleich zu den Referenzkosten verwendet.

Erläuterungen zu den einzelnen Varianten:

- **Referenzvariante:**

Diese Variante entspricht der derzeit üblichen Auslegung einer Wärmepumpenanlage mit Erdsonden auf 100% der Berechnungs-Heizleistung lt. ÖNORM H5151-1 (Austrian Standards Institute, 2010). Die Investitionskosten in dieser Variante sind sehr hoch und es besteht eine große Gefahr von häufigem Ein-/Ausschalten der Wärmepumpe.

- **Variante Opt1:**

Hier wird ebenfalls 100% der Berechnungs-Heizleistung laut ÖNORM H5151-1 (Austrian Standards Institute, 2010) zur Auslegung des Wärmebereitstellungs-Systems herangezogen, jedoch zu 50% durch eine Wärmepumpenanlage und zu 50% durch Fernwärme abgedeckt, welche für die Abdeckung der Spitzenlast genutzt wird (z.B. passend zur Abbildung 2, wo 50% der Leistung in lediglich 100 Stunden benötigt wird). Durch ein wesentlich kleineres Energiesondenfeld, entfallen hohe Investitionskosten und das häufige Ein-/Ausschalten der Wärmepumpe ist bei dieser Variante gering. Im Vergleich zur

Referenzvariante können ca. 45% der Investitionskosten für das Wärmebereitstellungssystem eingespart werden.

- **Variante Opt2:**

Auch hier wird 100% der Berechnungs-Heizleistung laut ÖNORM H5151-1 (Austrian Standards Institute, 2010) zur Auslegung des Wärmebereitstellung-Systems herangezogen. In dieser Variante werden 50% durch eine Wärmepumpenanlage, 30% durch einen entsprechenden großen Lastausgleichsspeicher und 20% durch einen E-Heizstab für die Spitzenlast abgedeckt. Die Gefahr von häufigen Ein-/Ausschalten der Wärmepumpe ist gering, der Platz für den Lastausgleichsspeicher muss jedoch schon in einer frühen Planungsphase berücksichtigt werden. Der E-Heizstab muss bei der Bemessung der elektrischen Anschlussleistung berücksichtigt werden. Im Vergleich zur Referenzvariante können ca. 47% der Investitionskosten für das Wärmebereitstellungssystem eingespart werden.

- **Referenzvariante mit Simulation:**

In dieser Variante wird angenommen, dass die dynamische Simulation eine Reduktion von 30% der erforderlichen Heizleistung im Vergleich zur Berechnungs-Heizleistung laut ÖNORM H5151-1 (Austrian Standards Institute, 2010) ergibt. Dies ist eine konservative Annahme. Die Best Practise Beispiele haben gezeigt, dass das Potenzial oft viel höher ist. Diese Heizleistung wird zur Auslegung einer Wärmepumpenanlage mit Erdsonden herangezogen. Die Gefahr von häufigem Ein-/Ausschalten der Wärmepumpe ist geringer, die Investitionskosten können durch diese Maßnahme um ca. 30% im Vergleich zur Referenzanlage reduziert werden.

- **Variante Opt1 mit Simulation:**

Diese Variante entspricht der Variante Opt1, jedoch mit der erforderlichen Heizleistung laut dynamischer Simulation. Durch diese Maßnahme können die Investitionskosten nochmals um ca. 30% im Vergleich zur Variante Opt1, reduziert werden.

- **Variante Opt2 mit Simulation:**

Diese Variante entspricht der Variante Opt2, jedoch mit der erforderlichen Heizleistung laut dynamischer Simulation. Durch diese Maßnahme können die Investitionskosten nochmals um ca. 30% im Vergleich zur Variante Opt2, reduziert werden.

Tabelle 1: Auswirkung unterschiedlicher Wärmebereitstellungssysteme auf die netto Investitionskosten (dimensioniert nach Norm).

Berechnungs-Heizleistung I. ÖNORM H 5151-1	kW	100	300	500
Referenzvariante				
Auslegung Wärmepumpenanlage auf 100% der Berechnungs-Heizleistung	kW	100	300	500
Investitionskosten Wärmepumpenanlage inkl. Verteiler/Pufferspeicher (600 €/kW)	€	60.000	180.000	300.000
Erdsondenlänge (COP 5 der WP, Sonden-Entzugsleistung 35 W/m**, 150 m tiefe Erdsonden)	lm	2.400	6.900	11.550
Investitionskosten Erdsonden (60 €/lm)	€	144.000	414.000	693.000
Investitionskosten Referenzvariante	€	204.000	594.000	993.000
Variante Opt1				
Auslegung Wärmepumpenanlage auf 50% der Berechnungs-Heizleistung	kW	50	150	250
Investitionskosten Wärmepumpenanlage inkl. Verteiler/Pufferspeicher (600 €/kW)	€	30.000	90.000	150.000
Erdsondenlänge (COP 5 der WP, Sonden-Entzugsleistung 35 W/m**, 150 m tiefe Erdsonden)	lm	1.200	3.450	5.850
Investitionskosten Erdsonden (60 €/lm)	€	72.000	207.000	351.000
Fernwärmeleistung	kW	50	150	250
Fernwärmeanschluss + Errichtung Übergabestation FW (200 €/kW)	€	10.000	30.000	50.000
Investitionskosten Variante Opt1	€	112.000	327.000	551.000
Einsparung Investitionskosten zu Referenzvariante	€	-92.000	-267.000	-442.000
Einsparung Investitionskosten zu Referenzvariante	%	-45%	-45%	-45%
Variante Opt2				
Auslegung Wärmepumpenanlage auf 50% der Berechnungs-Heizleistung	kW	50	150	250
Lastausgleichsspeicher auf 30% der Berechnungs-Heizleistung (4 Stunden Lastabdeckung)	l	5.200	15.500	25.900
Investitionskosten Wärmepumpenanlage inkl. Verteiler/Lastausgleichsspeicher (700 €/kW)	€	35.000	105.000	175.000
Erdsondenlänge (COP 5 der WP, Sonden-Entzugsleistung 35 W/m**, 150 m tiefe Erdsonden)	lm	1.200	3.450	5.850
Investitionskosten Erdsonden (60 €/lm)	€	72.000	207.000	351.000
E-Heizstab auf 20% der Berechnungs-Heizleistung	kW	20	60	100
Investitionskosten E-Heizstab für Spitzenlastabdeckung (50 €/kW)	€	1.000	3.000	5.000
Investitionskosten Variante Opt2	€	108.000	315.000	531.000
Einsparung Investitionskosten zu Referenzvariante	€	-96.000	-279.000	-462.000
Einsparung Investitionskosten zu Referenzvariante	%	-47%	-47%	-47%

** Die Entzugsleistung hängt stark von der Bodenbeschaffenheit (30-60 W/m) ab. Mittels Simulation kann die Größe des Erdsondenfeldes weiter reduziert werden.

Tabelle 2: Auswirkung unterschiedlicher Wärmebereitstellungssysteme auf die netto Investitionskosten (dimensioniert auf Basis einer Simulation).

Berechnungs-Heizleistung lt. NORM H 5151-1	kW	100	300	500
Referenzvariante mit Simulation				
Auslegung Wärmepumpenanlage nach Ergebnissen dynamische Simulation (-30% erforderliche Heizleistung*)	kW	70	210	350
Investitionskosten Wärmepumpenanlage inkl. Verteiler/Pufferspeicher (600 €/kW)	€	42.000	126.000	210.000
Erdsondenlänge (COP 5 der WP, Sonden-Entzugsleistung 35 W/m**, 150 m tiefe Erdsonden)	lm	1.650	4.950	8.100
Investitionskosten Erdsonden (60 €/lm)	€	99.000	297.000	486.000
Investitionskosten Referenzvariante mit Simulation	€	141.000	423.000	696.000
Einsparung Investitionskosten zu Referenzvariante	€	-63.000	-171.000	-297.000
Einsparung Investitionskosten zu Referenzvariante	%	-31%	-29%	-30%
Variante Opt1 mit Simulation				
Auslegung Wärmepumpenanlage 50% der Berechnungs-Heizleistung laut Simulation	kW	35	105	175
Investitionskosten Wärmepumpenanlage inkl. Verteiler/Pufferspeicher (600 €/kW)	€	21.000	63.000	105.000
Erdsondenlänge (COP 5 der WP, Sonden-Entzugsleistung 35 W/m**, 150 m tiefe Erdsonden)	lm	900	2.400	4.050
Investitionskosten Erdsonden (60 €/lm)	€	54.000	144.000	243.000
Fernwärmeleistung	kW	35	105	175
Fernwärmeanschluss + Errichtung Übergabestation FW (200 €/kW)	€	7.000	21.000	35.000
Investitionskosten Variante Opt1 mit Simulation	€	82.000	228.000	383.000
Einsparung Investitionskosten zu Variante Opt1	€	-30.000	-99.000	-168.000
Einsparung Investitionskosten zu Variante Opt1	%	-27%	-30%	-30%
Variante Opt2 mit Simulation				
Auslegung Wärmepumpenanlage 50% der Berechnungs-Heizleistung laut Simulation	kW	35	105	175
Lastausgleichsspeicher auf 30% der Berechnungs-Heizleistung (4 Stunden Lastabdeckung)	l	3.600	10.900	18.100
Investitionskosten Wärmepumpenanlage inkl. Verteiler/Lastausgleichsspeicher (700 €/kW)	€	24.500	73.500	122.500
Erdsondenlänge (COP 5 der WP, Sonden-Entzugsleistung 35 W/m**, 150 m tiefe Erdsonden)	lm	900	2.400	4.050
Investitionskosten Erdsonden (60 €/lm)	€	54.000	144.000	243.000
E-Heizstab auf 20% der Berechnungs-Heizleistung	kW	14	42	70
Investitionskosten E-Heizstab für Spitzenlastabdeckung (50 €/kW)	€	700	2.100	3.500
Investitionskosten Variante Opt2 mit Simulation	€	79.200	219.600	369.000
Einsparung Investitionskosten zu Variante Opt2	€	-28.800	-95.400	-162.000
Einsparung Investitionskosten zu Variante Opt2	%	-27%	-30%	-31%

* Konservative Annahme. Das Potenzial liegt meist weit höher

** Die Entzugsleistung hängt stark von der Bodenbeschaffenheit (30-60 W/m) ab. Mittels Simulation kann die Größe des Erdsondenfeldes weiter reduziert werden.

In Tabelle 1 und 2 sowie Abbildung 3 sind die Auswirkungen unterschiedlicher Wärmebereitstellungs-Systeme auf die Investitionskosten in Varianten dargestellt:

Der Kostenmehraufwand für einen höheren Planungsaufwand (u.a. für eine dynamische Simulation) kann in jeder der hier dargestellten Varianten auf jeden Fall durch die Investitionseinsparung finanziert werden. Je größer die Berechnungs-Heizleistung ist, umso größer kann die Investitionseinsparung mittels Simulation ausfallen. Der Planungsaufwand steigt jedoch bei so großen Anlagen nicht im gleichen Ausmaß.

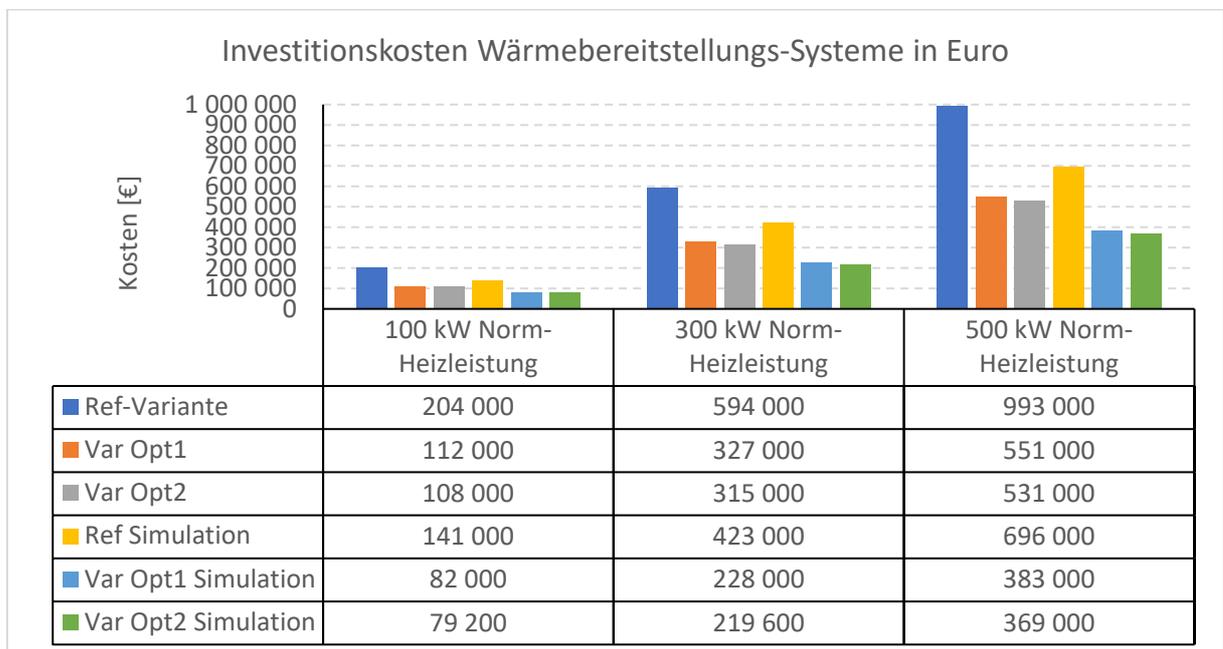


Abbildung 3: Auswirkung unterschiedlicher Wärmebereitstellungs-Systeme auf die Investitionskosten.

8 SICHERSTELLUNG DER RECHTSSICHERHEIT

Derzeit bietet die Berechnung nach den geltenden Normen sowohl AuftraggeberInnen als auch PlanerInnen einen rechtssicheren Rahmen, den beide verständlicherweise auch nicht verlassen wollen. Um das Problem der Überdimensionierung in den Griff zu bekommen bzw. es zu minieren, können folgende Wege gegangen werden:

8.1 Dimensionierung weiterhin im Rahmen der gültigen Normen

Wie bereits in Kapitel 6.2.1 beschrieben, kann die Dimensionierung der Wärmebereitstellung auch innerhalb der gültigen Normen kleiner erfolgen, sofern nicht nur die Standardberechnungen durchgeführt werden, sondern auch vorhandene Standardwerte angepasst werden und zusätzliche Technologien – wie z.B. die Lastausgleichsspeicher – eingesetzt werden. Damit können bereits Anschlussleistungen reduziert werden und sowohl AuftraggeberInnen als auch PlanerInnen befinden sich weiterhin im rechtssicheren Raum. Das Potenzial für eine kleinere Dimensionierung ist aber vermutlich noch nicht ausgeschöpft.

8.2 Dimensionierung mittels Simulation

Anders verhält sich der Fall, wenn entschieden wird, dass eine Simulation die Basis für die Auslegung sein soll. Die Gebäudesimulation wird im Fall der Nichterfüllung der Anforderungen bei Gericht üblicherweise noch nicht als Grundlage für die Rechtsprechung bei Streitigkeiten herangezogen. Folgende Möglichkeiten bestehen, um sich rechtlich dennoch weitgehend abzusichern:

Gebäudesimulation nicht als alleinige Methode für die Entscheidung der Dimensionierung heranziehen

Auch wenn eine Simulation durchgeführt wird, so wird dennoch empfohlen eine Berechnung nach Norm durchzuführen. Einerseits ist sie sowieso nötig, um die Auslegung der Abgabeflächen im Raum zu dimensionieren, aber andererseits zeigt sie auch auf, welche Dimensionierung durch die Normung vorgeschlagen wird.

Erst durch den Vergleich zwischen den Ergebnissen der Normberechnung und der Simulation, können AuftraggeberInnen ihr Risiko abschätzen. Ggf. einigt man sich auf eine Dimensionierung, die im Vergleich zur Gebäudesimulation noch Sicherheiten aufweist oder auf andere Strategien, um bei einer zu kleinen Dimensionierung rasch nachjustieren zu können.

Vertraglich vereinbartes Ziel sind Komfortanforderungen und nicht die Berechnung nach Norm

In den meisten PlanerInnenverträgen stehen die Normen aufgelistet, die eingehalten werden müssen. Wenn dies der Fall ist, haben PlanerInnen keine andere Wahl als nach diesen zu planen. Für ein komfortables Gebäude sollten aber vor allem die Komfortanforderungen Vertragsgrundlage sein und nicht die Einhaltung von Normen. „Nur“ mit Komfortanforderungen als Vertragsgrundlage haben die PlanerInnen wesentlich mehr Spielraum die geeigneten Technologien und deren Dimensionierung zu planen, ohne gleich vertragsbrüchig zu werden.

Deshalb ist eine klare eindeutige Beschreibung der Komfortanforderungen wichtig. Dabei sollten nicht nur die üblichen Nutzungszeiten genau definiert werden, sondern auch Nicht-Nutzungszeiten sowie Toleranzen bei ungünstigen Rahmenbedingungen. Diese Anforderungen müssen für jede Nutzungszone festgelegt werden.

Bestätigung der Annahmen für die Simulation

Eine gute Simulation basiert auf Annahmen. Annahmen für das Gebäudekonzept, die Materialien, klimatische Einflüsse aber vor allem auch für die Nutzung. Diese Annahmen legen die PlanerInnen gemeinsam mit den AuftraggeberInnen und NutzerInnen fest und werden zum Vertragsbestandteil. Deshalb ist es sinnvoll, auch bei den Nutzungen mögliche Änderungen in Betracht zu ziehen und diese ebenfalls einmal in der Simulation zu berücksichtigen, um zu prüfen, ob die Komfortanforderungen dann auch noch gewährleistet sind.

Bei der Definition der Komfortanforderungen muss auch das Nutzungsverhalten abgebildet sein. So sind bei Gebäuden mit Niedertemperaturheizung lange Fensteröffnungszeiten im Winter, aber auch im Sommer besonders kontraproduktiv, da mit den geringen Vorlauftemperaturen eine Aufheizung bzw. eine Kühlung länger benötigt. NutzerInnen muss bewusst sein, dass auch sie Einfluss auf ihren eigenen Komfort haben.

Auch die Berücksichtigung der späteren Betriebsführung ist bei den Komfortanforderungen wichtig, die insbesondere bei Gebäuden mit Wärmepumpen und Niedertemperaturheizungen anders ist als bei Gebäuden mit Radiatoren und höheren Vorlauftemperaturen.

AuftraggeberInnen und NutzerInnen muss bewusst sein, dass auch sie Verantwortung tragen und ihre Bedürfnisse an das Gebäude genau definieren müssen. PlanerInnen können sich immer nur nach ihren Vorgaben richten und können dieses Risiko nicht übernehmen.

Simulationen müssen transparent sein

Simulationen sind sehr komplexe Berechnungen. Alle getroffenen Annahmen müssen auch transparent für die AuftraggeberInnen und NutzerInnen vorliegen. Die Simulationen müssen

für diese überprüfbar sein, um festzustellen, ob auch alle gemeinsam festgelegten Annahmen tatsächlich eingesetzt wurden. Dazu müssen im Bericht zur Simulation alle Annahmen auch mitgeliefert werden und sind Vertragsbestandteil. Ebenso sind Nachführungen oder Varianten in der Simulation zu dokumentieren und dem gesamten Projektteam transparent darzulegen.

Partnerschaftliche Zusammenarbeit

Je komplexer und innovativer ein Gebäude ist und je weiter eine Herangehensweise von der üblichen Planung abweicht, desto wichtiger ist eine gute und partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Projektpartnern. Ein wertschätzender und offener Umgang, sowie ein konstruktives Fehlermanagement zwischen den einzelnen Beteiligten, erleichtert Nach- und Hinterfragen von Angaben, Berechnungen und Ergebnissen. Damit können auch mögliche Fehler wesentlich leichter erkannt und ausgeräumt bzw. mehrere Möglichkeiten, diskutiert und berechnet werden.

Für eine solche Kommunikationskultur sind die AuftraggeberInnen zuständig. Sie müssen diese aktiv in das Projekt einbringen und die notwendigen Strukturen dafür schaffen.

9 ERFOLGREICHE BEISPIELE

Für die vorliegende Studie wurde mit vielen PlanerInnen, AuftraggeberInnen und NutzerInnen über Ihre Projekte gesprochen. Da die meisten ihre Gebäude anonym behandelt haben wollen, werden hier keine konkreten Projekte genannt. Die Projektbeschreibungen legen einen Fokus auf die Herangehensweise in der Planung, welche entscheidend für eine optimierte Dimensionierung ist.

Theater, Innsbruck

Gebäude und Ausstattung:

- Bestandsgebäude-Sanierung, 14.500m² BGF, Fertigstellung 2018
- Aufgabenstellung: Austausch des Ölkessels mit Grundwasserwärmepumpe
- Sprinklertank als Lastausgleichsspeicher
- Mechanische Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung

Herangehensweise bei der Auslegung des Heizsystems:

- Es wurden sowohl eine Normberechnung als auch eine Simulation durchgeführt.
- Die Wärmepumpe nach Normberechnung erschien sehr groß. Bei einer Dimensionierung nach Norm hätte es Probleme bei der Menge der Grundwassernutzung gegeben.

Aus diesem Grund wurde eine Gebäudesimulation durchgeführt. Das Ergebnis war, dass die Wärmepumpe in Kombination mit den anderen vorhandenen Technologien (RLT, Lastausgleichsspeicher), um 80% geringer dimensioniert werden könnte.

- Auf Risiko des Bauherrn wurde eine wesentlich kleinere Wärmepumpe (jedoch mit etwas Puffer zum Ergebnis der Simulation) realisiert. Es wurden allerdings auch Platzreserven vorbehalten, um eine Nachrüstung einfach zu verwirklichen.

Rechtliche Herangehensweise:

- Bauherr hat Risiko auf sich genommen, jedoch mit der einfachen Möglichkeit einer Nachrüstung.

Erfahrungen aus dem Betrieb:

- Nach zweijähriger Betriebsphase war eine Nachrüstung nicht nötig.

Bürogebäude, Salzburg

Gebäude und Ausstattung:

- Neubau – Niedrigstenergiegebäude, 2.400m² BGF, (Fertigstellung 2021)
- Wärmepumpen für Heizen (70 kW) und Kühlen (80kW) mit Bauteilaktivierung
- Mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung
- Eine extra Wärmepumpe für die Warmwasserbereitung, die auch als Spitzenlastanlage für die Heizung dient.
- Lastausgleichsspeicher 2 x 1.000 Liter

Herangehensweise bei der Auslegung des Heizsystems:

- Es wurden sowohl Normberechnung als auch Simulation durchgeführt.
- Die Normberechnungen wurden für die Auslegung der Abgabeflächen im Raum durchgeführt.
- Mittels Gebäudesimulation wurde die Dimensionierung des Wärmeerzeugers, sowie der Wärmequelle (Erdsonden) durchgeführt.
 - Das Ergebnis bei der Dimensionierung des Wärmeerzeugers zeigte, dass es möglich wäre die Dimensionierung in Kombination mit allen anderen vorhandenen Technologien (RLT, Lastausgleichsspeicher), um 80% zu reduzieren.
 - Ausschlaggebend für die Dimensionierung war aber der Kühlfall, der wesentlich größer ausgefallen ist. Lt. Simulation würde die Auslegung der Kühllast schon eine um 60% kleinere Wärmepumpe ermöglichen.

- Da die AuftraggeberInnen kein Risiko eingehen wollten, wurde eine Wärmepumpe mit einer Heiz- und Kühlleistung gewählt, die ca. 42% kleiner ist, als jene der Heizlastberechnung.
- Die Auslegung der Erdsondenfelder wurde ebenso mit einer Gebäudesimulation durchgeführt.
 - Die empfohlene Auslegung des ausführenden Unternehmens für die bereits kleiner dimensionierte Anlage wurde mit der Simulation überprüft. Die Simulation zeigte, dass sowohl für den Heiz- aber auch für den Kühlfall eine Reduktion der Erdsonden um 60% möglich wäre. Da die Bauherrenschaft kein Risiko eingehen wollte, wurden diese um 40% kleiner dimensioniert als die Berechnung nach Norm erforderlich gemacht hatte.

Rechtliche Herangehensweise:

- Die AuftraggeberInnen wollten kein Risiko eingehen und haben deshalb einen großen Puffer zum Simulationsergebnis ergänzt. Dennoch ist die Dimensionierung wesentlich geringer als bei den ursprünglichen Berechnungen entlang der gängigen Normen. Dieses Risiko haben die AuftraggeberInnen übernommen.

Sporthalle, Salzburg

Gebäude und Ausstattung:

- Neubau – Plusenergiegebäude, 4.600 m² BGF, Fertigstellung 2017
- Beheizung und Warmwasserbereitung mittels Solarthermie inkl. Speichermassennutzung und Abwärmenutzung aus dem Brauchwasser
- Stromerzeugung mittels PV
- 15.000 Liter Pufferspeicher
- Be- und Entlüftung mit mechanischer Lüftung inkl. WRG, Luftqualitätsfühler und Volumenstromregelung
- Kühlung mittels Brunnenwasser
- Wärmepumpe (56 kW) als Spitzenlastsystem

Herangehensweise bei der Auslegung des Heizsystems:

- Für die Auslegung des Wärmesystems wurde parallel zur Normberechnung auch eine Simulation durchgeführt.
- Die Normberechnung ergab für die Wärmepumpe als Spitzenlastsystem eine 400 kW Anlage.
- Mittels Gebäudesimulation wurde berechnet, dass eine Wärmepumpe mit 25 kW ausreichen würde.

- Umgesetzt wurde eine Wärmepumpe mit 56 kW, welche im ersten Betriebsjahr 400 Betriebsstunden im Einsatz war.

Rechtliche Absicherung:

- AuftraggeberInnen haben einen Disclaimer unterschrieben, dass die Auslegung mit ihnen abgestimmt war.

10 ZUSAMMENFASSUNG DER EMPFEHLUNGEN

10.1 Gute Vorbereitung auf AuftraggeberInnenseite

- Achten auf gute Kommunikationsstrukturen und partnerschaftliche Zusammenarbeit
- Festschreiben der Zieldefinition
 - Komfortparameter als Ziel definieren, nicht die Berechnung nach Norm
 - Komfortparameter umfassend definieren
 - Nutzungszonen
 - Nutzungs- und Nicht-Nutzungszeiten
 - Komfortanforderungen inkl. Toleranzen
 - Mögliche Nutzungsänderungen
- Vorgaben für Normberechnung in PlanerInnenverträge
 - Anpassung der Defaultwerte
 - Abziehen von weiteren Wärmelieferanten
 - Verwendung der ÖNORM H 5151-1:2010 (Austrian Standards Institute, 2010) zur Dimensionierung der Wärmeversorgung sowie Einsatz der darin empfohlenen Lastausgleichspeicher
 - Prüfung zusätzlicher Komponenten, um ein häufiges Takten zu unterbinden.
 - Untersuchung Teillastverhalten und Definition von Betriebsfällen für die Auswahl der Systeme
- Vorgaben für Simulation
 - Definition von realitätsnahen Raumnutzungsdaten
 - Definition von Referenz-Klimatensätzen

- Definition von Betriebsfällen, die untersucht werden sollen
- Durchführung folgender Simulationen:
 - Thermisch-dynamische Gebäudesimulation als Basis
 - Proof of Concept Simulation
 - Ggf. Simulation von abweichenden prognostizierten Klima- und Nutzungsveränderungen
 - Simulation der Wärmequelle
- Untersuchung Teillastverhalten und Definition von Betriebsfällen für die Auswahl der Systeme
- Übergabe aller Annahmen und Rahmenbedingungen in transparenter Form an die AuftraggeberInnen.

10.2 Wichtige Schritte im Zuge der Planung

Planungsschritte im Rahmen der Dimensionierung mittels Normberechnung

Folgende Planungsschritte sind im Zuge der Normberechnung zu empfehlen.

- Standardwerte auf realistische Nutzungsbedingungen und reale Gebäudewerte anpassen:
 - Gleichzeitigkeitsfaktoren
 - Aufheizleistung
 - Interne und solare Gewinne
 - Wärmebrückenzuschläge
 - Luftdichtheit
- Dimensionierung der Abgabesysteme nach Norm wird empfohlen
- Für die Dimensionierung der Verteilungen sollten die Gleichzeitigkeitsfaktoren bereits an ein realistisches Maß angepasst werden
- Dimensionierung des Wärmeerzeugungs-Systems
 - Berechnung sortierter Werte der erforderlichen Gebäude-Heizleistungen für ein Jahr (=Jahresdauerlinie)
 - Auswahl Wärmeerzeugungs-Technologien anhand Jahresdauerlinie (Grundlastabdeckung, Spitzenlastabdeckung)

- Ggf. Verringerung der maximal erforderlichen Wärmeleistung des Wärmebereitstellungs-Systems durch Einsatz eines Lastausgleichspeichers (ÖNOM H5151-1, S25) (Austrian Standards Institute, 2010).

Dimensionierung mittels Simulation

Eine Normberechnung sollte dennoch für die Dimensionierung der Abgabesysteme sowie als Vergleich zum Simulations-Ergebnis gemacht werden.

- Zielsetzung der Simulation
 - Nicht nur Komfortsimulation, sondern auch Auslegung von Wärmeerzeugern inkl. deren Wärmequellen
- Abbilden eines realistischen Szenarios
 - Gebäudekonzept, klimatische Bedingungen, Betriebsführung und Nutzungsbedingungen müssen sehr klar definiert sein
 - Enge Abstimmung der Bedingungen zwischen NutzerInnen, AuftraggeberInnen und PlanerInnen
- Durchführen der Simulation in mehreren Schritten
 - Thermisch-dynamische Gebäudesimulation des Reaktionsverhaltens des Gebäudes
 - Proof of Concept Simulation
 - Einbeziehung von prognostizierten bzw. möglichen Klima- und Nutzungsveränderungen
 - Simulation der Wärmequelle
- Vergleich mit Normberechnung

Weitere sinnvolle Maßnahmen zur Dimensionierung, unabhängig von Berechnungsmethode

- Auf Basis der geordneten Jahresdauerlinie aus der Normberechnung und/oder der Simulation können Betriebsfälle für Teillastverhalten definiert werden und daraus ableitend eine Strategie für ein Anlagensplitting gemacht werden.
- Einsatz von Spitzenlastsystemen
- Zusätzliche Wärmelieferanten von Dimensionierung abziehen (z.B. Lüftungsanlagen, Abwärmenutzung)

- Einsatz eines Lastausgleichsspeichers ab einer Größe von 50 kW zur Verringerung der erforderlichen Wärmeleistung des Wärmeerzeugungs-Systems (ÖNORM H5151-1, S25) (Austrian Standards Institute, 2010)
- Aktivierung von Speichermassen zur Reduktion von Aufheiz- und Abkühlleistung
- Einsatz eines ausgelegten Pufferspeichers zur Reduktion von Ein- und Ausschaltvorgängen (ÖNORM H5151-1, S26) (Austrian Standards Institute, 2010)

11 LITERATURVERZEICHNIS

Austrian Standards Institute, 2010. *ÖNORM H 5151-1 Planung von zentralen Warmwasser-Heizungsanlagen mit oder ohne Warmwasserbereitung, Teil 1: Gebäude mit einem spezifischen*, Wien: Austrian Standards Institute.

Austrian Standards Institute, 2011. *ÖNORM B 8110-1 Wärmeschutz im Hochbau, Teil 1: Deklaration des Wärmeschutzes von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden — Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*, Wien: Austrian Standards Institute.

Austrian Standards Institute, 2014. *ÖNORM EN 12828 Heizungsanlagen in Gebäuden — Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen*, Wien: Austrian Standards Institute.

Austrian Standards Institute, 2014. *ÖNORM H 7500-3 Heizungssysteme in Gebäuden, Teil 3: Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der Norm-*, Wien: Austrian Standards Institute.

Austrian Standards Institute, 2015. *ÖNORM H 7500-1 Heizungssysteme in Gebäuden, Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast für Gebäude mit einem mittleren U-Wert $\geq 0,5$ W/(m² · K)*, Wien: Austrian Standards Institute.

Austrian Standards International, 2018. *ÖNORM EN 12831-1 Energetische Bewertung von Gebäuden — Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast, Teil 1: Raumheizlast, Modul M3-3*, Wien: Austrian Standards International.

Österreichisches Normungsinstitut, 2003. *ÖNORM EN 12831 Heizungsanlagen in Gebäuden, Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast*, Wien: Österreichisches Normungsinstitut.

Spielbauer, H. et al., 2020. *BKI Baukosten 2020 Neubau, Statische Kostenkennwerte für Positionen*. Stuttgart: BKI Baukosteninformationszentrum.