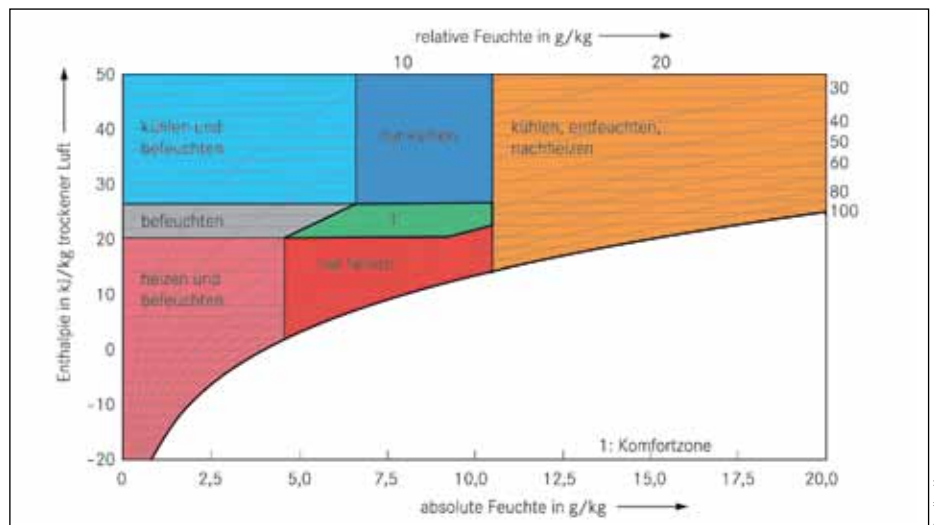


Planungstool für RLT-Anlagen

Energiebedarf und Lebenszykluskostenanalyse im Planungsprozess

Mit dem Planungstool AHULife, das an der RWTH Aachen entwickelt wurde, kann der Energiebedarf raumluftechnischer Anlagen, die insbesondere in Nichtwohngebäuden zum Einsatz kommen, an Hand realer Wetterdaten und Lastprofile errechnet werden. Auf Basis dieser Energiebedarfe ist zudem die Ermittlung der Lebenszykluskosten möglich.

Bei der Umsetzung der Klimaschutzziele der Bundesregierung und der damit verbundenen CO₂-Einsparungen bis zum Jahr 2030 spielt der Gebäudesektor mit einem Anteil des jährlichen Energiebedarfs von 35 % eine entscheidende Rolle /1/. Nichtwohngebäude (NWG) tragen zu etwas über einem Drittel dazu bei. Auf Raumwärme und Klimatisierung der NWG entfällt mit 244 TWh/Jahr ein enormer Anteil an deren Gesamtenergiebedarf /2/. Zur Gewährleistung des thermischen Komforts in NWG werden vermehrt raumluftechnische Anlagen eingesetzt. Sie bieten daher ein erhöhtes Energieeinsparpotenzial. Derzeitige Auslegungsmethoden der einzelnen Komponenten einer RLT-Anlage berücksichtigen aber lediglich einen Betriebspunkt, der nur in seltenen Fällen auftritt. Um den Jahresbetrieb einer RLT-Anlage unter Berücksichtigung der häufig auftretenden Teillast im Auslegungsprozess abbilden zu können, entwickelte der Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimattechnik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen das Planungstool AHULife, das den Energiebedarf der RLT-Anlage auf Basis stündlich aufgelöster Wetterdaten und Lastprofilen der angeschlossenen



1 – Exemplarische Zonierung des HX-Diagramms

Räume berechnet. So können bereits im Planungsprozess möglichst energieeffiziente Kombinationen der Einzelkomponenten sowie deren Auslegung ermittelt und später umgesetzt werden. AHULife steht zur freien, nicht-kommerziellen Nutzung unter <https://ahulife.eonerc.rwth-aachen.de/> zur Verfügung.

Aufbau des Tools und Konfiguration der RLT-Anlage

AHULife ermöglicht die freie Konfiguration einer zu untersuchenden RLT-Anlage und ist modular aufgebaut. Die Konditionierung der Luft erfolgt stets entsprechend der Konfiguration der RLT-Anlage. So kann z. B. eine Befeuchtung nur erfolgen, wenn ein Befeuchter konfiguriert wurde. Neben den Funktionen Heizen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten können diverse Energierückgewinnungssysteme konfiguriert werden, um sowohl eine reine Wärmerückgewinnung als auch eine Enthalpierückgewinnung (kombinierte Wärme- und Feuchterückgewinnung) zu analysieren. Zusätzliche Komponenten wie Filter oder

Schalldämpfer werden in Form ihrer Druckverluste mit berücksichtigt, um den elektrischen Energiebedarf der Ventilatoren zu ermitteln. Alle Komponenten wurden mittels analytischer Gleichungen modelliert, um eine möglichst schnelle Berechnung zu ermöglichen.

Die Parametrierung der Subkomponenten der RLT-Anlage erfolgt mittels weniger Nenndaten wie der Druckverluste im Nennbetriebspunkt. Mittels der Ähnlichkeitsgesetze aus der Strömungsmechanik wird der Druckverlust in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit skaliert. In der Folge fallen bei geringeren Volumenströmen entsprechend geringere Druckverluste an. Für die Energierückgewinnungssysteme sind zwei unterschiedliche Berechnungsmethoden implementiert. Neben der Verwendung der Nennrückgewinnungsgrade (Rückwärmszahl und ggf. Rückfeuchtszahl), die unabhängig vom Volumenstrom als konstant angenommen werden, kann auch eine Berechnung über die Effizienz-NTU-Methode erfolgen /3, 4/. Diese berücksichtigt die strömungsabhängige Verän-

Autoren



Martin Kremer, M.Sc.; wissenschaftlicher Mitarbeiter E.ON Energieforschungszentrum, Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimattechnik; Aachen



Dipl.-Ing. Paul Mathis; Teamleiter Team Anlagentechnik, E.ON Energieforschungszentrum, Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimattechnik; Aachen



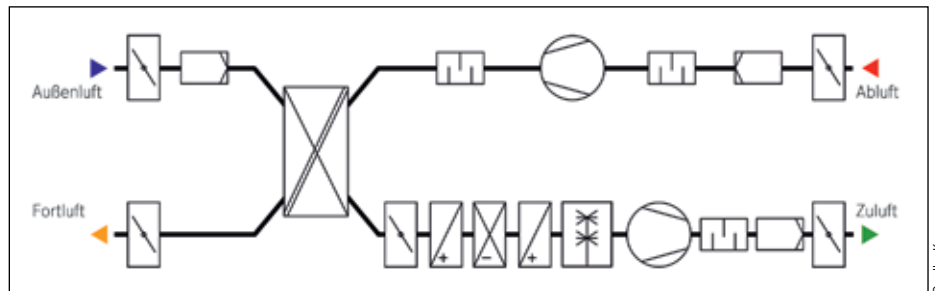
Univ.-Prof. Dr. Ing. Dirk Müller; Institutsleiter E.ON Energieforschungszentrum, Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimattechnik; Aachen

derung der Rückgewinnungsgrade und stellt damit eine genauere Modellierung für den Jahresbetrieb bei veränderlichen Volumenströmen dar.

Neben den Subkomponenten der RLT-Anlage berücksichtigt AHULife auch die Energieversorgungsstruktur. Es können unterschiedliche Wärme- und Kälteerzeuger betrachtet werden, deren Wirkungsgrade abhängig vom aktuellen Lastzustand variieren.

Regelung der Subkomponenten

Die Regelung der RLT-Anlage erfolgt auf Basis der VDI-Richtlinie 2067 /5/. Der hier definierte Komfortbereich stellt den Zielbereich des Raumluftzustandes dar. Nach Abzug der internen Lasten ergibt sich so ein Sollwert-Feld für die einzustellenden Zuluftbedingungen. Je nach Außenluftzustand werden die Funktionen Heizen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten aktiviert, sofern die notwendigen Komponenten hierfür in der RLT-Anlage konfiguriert wurden. Bild 1 zeigt exemplarisch die Einteilung eines HX-Diagramms in die verschiedenen Zonen der Konditionierung für eine RLT-Anlage mit Dampfbefeuchter. Dabei



Quelle: Kremer

2 – Aufbau der Beispielanlage

wird stets der minimale Energieaufwand berechnet, um vom Außenluftzustand in das Soll-Feld zu gelangen, so dass die Temperatur und Feuchte immer am Rand des Komfortbereichs gehalten werden.

Auf Basis der berechneten Energiebedarfe ermöglicht AHULife darüber hinaus die Berechnung der Lebenszykluskosten der RLT-Anlage für einen wählbaren Zeitraum. Hierbei werden neben den bedarfsgebundenen Kosten auch die Investition, Wartungs- und Reparaturkosten sowie Preissteigerungsraten berücksichtigt. So wird eine Abschätzung der Kosten über den Lebenszyklus bereits im Planungsprozess ermöglicht.

Ergebnisse des Planungstools

Nachfolgend wird ein repräsentatives Beispiel vorgestellt. Betrachtet wird eine Versuchsanlage des Lehrstuhls, deren Konfiguration in Bild 2 dargestellt ist. Sie besitzt einen Nenn-Volumenstrom von 10.000 m³/h und ist als Voll-Klimaanlage für den Standort Aachen ausgelegt.

Mit Hilfe von AHULife wurde die Anlage energetisch und wirtschaftlich analysiert. Für die klimatischen Randbedingungen wurde ein Testreferenzjahr-Datensatz für den Standort Aachen verwendet. Als Gebäude wurde ein Bürogebäude angenommen, das mit einem Belegungsprofil nach



Zeichen klimatechnischer Spitzenqualität.

Mit der STULZ Planerberatung bieten wir mit langjähriger Erfahrung und maximaler Systemkompetenz immer die optimale technische Klimalösung – zum Beispiel vom weltweiten Technologieführer Mitsubishi Heavy Industries.

Unsere Marken:



Komfortklimageräte in allen Leistungsgrößen.



Innengeräte-Vielfalt für Komfortklima-Kaltwassersysteme.



Ihr Vertriebspartner für Komfortklima.

Bild 3 modelliert wurde. Die RLT-Anlage regelt dabei bedarfsgerecht, so dass der Volumenstrom dem Belegungsprofil angepasst wird. Ohne Belegung wird die RLT-Anlage abgeschaltet.

Bild 4 zeigt die Jahresdauerlinien für die benötigte Kühl-, Heiz- und Befeuchtungsleistung. Es wird deutlich, dass mit Hilfe von AHULife eine einfache Auslegung basierend auf dem Jahresbetrieb unter Berücksichtigung der Teil-

lastzustände möglich ist. Vergleicht man die maximal benötigte Kühlleistung, so fällt im Vergleich zur statischen Auslegung nach dem Datenblatt der Anlage (Nennleistung: 120 kW) eine deutliche Reduzie-

rung der benötigten Nenn-Leistung auf. Der Kühler könnte demnach kleiner dimensioniert werden.

In Tabelle 1 sind die Jahresenergiebedarfe der RLT-Anlage dargestellt. Ein Großteil

Tabelle 2
Ökonomische Randbedingungen

| | |
|--|------------------------|
| Investition | 72.000 € |
| kalkulatorischer Zinssatz | 3 % |
| jährliche Kosten für Wartung/Instandhaltung | 3 % von Investition |
| Fernwärme-Preis | 6 ct./kWh |
| Fernkälte-Preis | 8 ct./kWh |
| Strom-Preis | 22 ct./kWh |
| jährliche Preissteigerung | 2 % |

Tabelle 1
Jährlicher Energiebedarf und Energieeinsparung durch die Wärmerückgewinnung

| | End-energiebedarf | eingesparter Energiebedarf |
|--------------------|-------------------|----------------------------|
| Wärme | 4.802 kWh/a | - |
| Kälte | 6.196 kWh/a | - |
| Befeuchtung | 5.619 kWh/a | - |
| Ventilatoren | 12.708 kWh/a | - |
| Wärmerückgewinnung | - | 43.628 kWh/a |

des Heizenergiebedarfs wird über die Wärmerückgewinnung bereitgestellt. Mit einem Lebenszyklus von 15 Jahren resultieren Lebenszykluskosten der Anlage in Höhe von insgesamt 198.105 €. Die zu Grunde gelegten ökonomischen Randbedingungen sind in Tabelle 2 gelistet. Mit diesen Ergebnissen unterstützt AHULife den Auslegungs- und Planungsprozess von RLT-Anlagen unter Berücksichtigung jahreszeitlicher Wetterdaten und Teillastzustände.

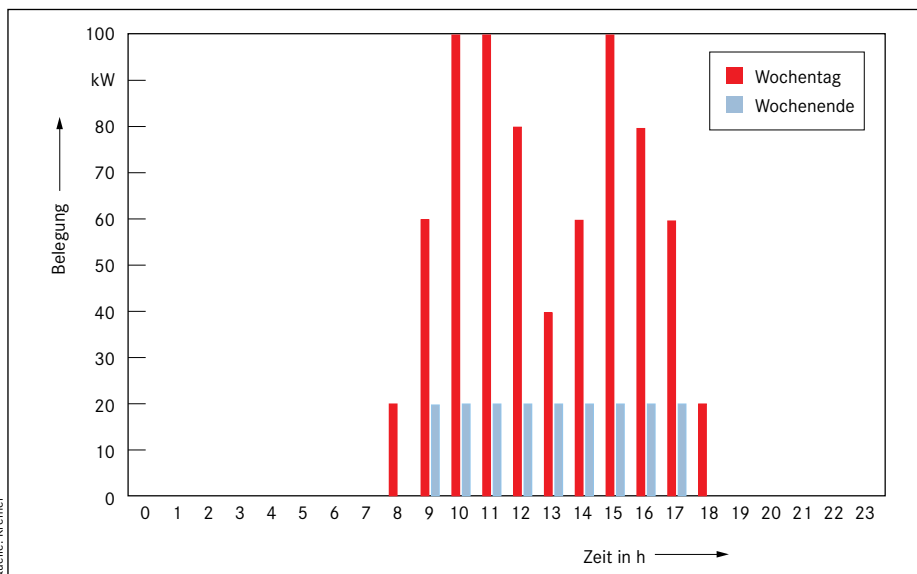
Danksagung

Wir danken für die finanzielle Unterstützung durch das BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie), Fördernummer 03ET1223B und 03ET1298A, und der AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen), Förderkennzeichen 25EWN/1.

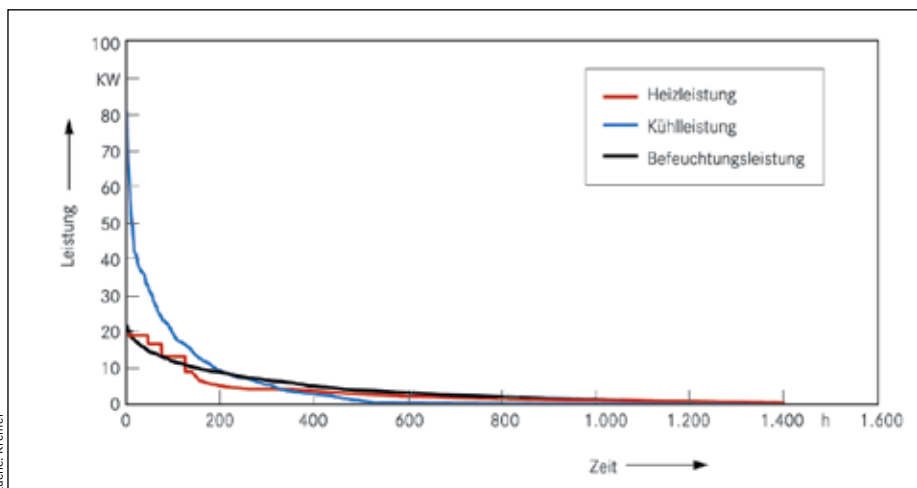


Literatur

- /1/ Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). [Online] 1.03.2021 <https://www.dena.de/themen-projekte/energieeffizienz/gebäude/>
- /2/ Deutsche Energie-Agentur (dena, 2019). Dena-GEBÄUDEREPORT KOMPAKT 2019 „Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand“
- /3/ Kremer, M.; Gülker, T.; Teichmann, J.; Mathis, P.; Müller, D. (2021): Energy Saving Potential of Air Handling Units Equipped with Moisture Recovery Systems in Different Climates and Use Cases. In: Proceedings of the 15th ROOMVENT Conference 2020
- /4/ Müller, D.; Kremer, M.; Mathis, P. (2021): Validiertes Planungs- und Auslegungsverfahren für energieeffiziente Feuchterückgewinnungssysteme in zentralen und dezentralen raumlufttechnischen Anlagen: Abschlussbericht
- /5/ VDI 2067 Blatt 21 (2003): Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Energieaufwand der Nutzenübergabe – Raumlufttechnik. VDI-Richtlinie
- /6/ SIA 2024 (2015): Raumnutzungsdaten für Energie- und Gebäudetechnik. SIA-Richtlinie



3 – Belegungsprofil des Gebäudes nach /6/



4 – Jahresdauerlinie der Kühl-, Heiz- und Befeuchtungsleistungen

Wissen verbindet



Knowledge at work.

Ein Zusammenschluss mit Mehrwert

Climaveneta und RC sind jetzt Teil von Mitsubishi Electric. So bündeln wir unser Wissen und bieten Ihnen noch mehr Lösungen rund um Kälte, Klima, Heizen und Lüften.

Shazad Latif, Vertriebsingenieur
Kaltwasser Climaveneta, und
Marco Kersting, Vertriebsingenieur
Klimatechnik Mitsubishi Electric

Lernen Sie uns kennen: mitsubishi-les.com/wissen-verbindet