

Sorptionsgestütztes Klimageräts mit Flüssigsorption

M. Huber, K. Frank, U. Eicker

Forschungszentrum nachhaltige Energietechnik zafh.net, Hochschule für Technik
Stuttgart, Schellingstrasse 24, D-70174 Stuttgart, Germany

Einleitung

Sowohl die sommerliche Gebäudeklimatisierung als auch die Luftbehandlung in Form von Lufttrocknung zur Kondensatvermeidung im Gebäudebereich wird in den nächsten Jahren durch steigende Komfortansprüche immer mehr an Bedeutung gewinnen. Bislang werden in Deutschland zur Raumtemperierung und Entfeuchtung größtenteils elektrisch betriebene Kompressionskälteanlagen eingesetzt. Diese werden jedoch sowohl wegen ihres hohen Primärenergiebedarfs als auch der ökologisch bedenklichen Kältemittel als ungünstig bewertet.

Ein möglicher Ansatz für den Ersatz von konventionellen Luftbehandlungsanlagen stellen Feststoff- oder Flüssigsorptionsverfahren zur Lufttrocknung mit Wärmerückgewinnung und anschließender adiabater Befeuchtung dar.

Der Hauptnachteil der oben genannten sorptiven Luftbehandlungsverfahren liegt in der Tatsache, dass die Verfahren in hygienisch bedenklicher Weise darauf ausgelegt sind, die Luftbehandlung im Zuluftstrang durchzuführen, beziehungsweise Kurzschlüsse zwischen Zuluft- und Abluftvolumenstrom zulassen. Verfahren dieser Art führen in realisierten Projekten häufig zu Belästigung durch Gerüche und in schweren Fällen zu gesundheitlicher Gefährdung durch eine hohe Keimbelastung der Zuluft (z.B. Legionellen). Um solche Hygieneprobleme zu vermeiden, wurde an der Hochschule für Technik in Stuttgart ein Anlagenkonzept entwickelt, bei dem im Gegensatz zu konventionellen Systemen die gesamte Luftbehandlung (Entfeuchtung, Vorkühlung und Befeuchtung zur Verdunstungskühlung) nicht auf der Zuluftseite, sondern auf der Abluftseite erfolgt. Für dieses Kühlkonzept konnte rechnerisch als auch messtechnisch mit marktgängigen Sorptionskomponenten eine hohe Leistungsfähigkeit nachgewiesen werden. Im vorliegenden Projekt soll vor allem die Flüssigsorptionstechnik eingesetzt werden, um ein leistungsfähigeres und kompaktes Gerät mit möglicher Wärmeabfuhr im Trocknungsprozess konstruieren zu können.

Die Entwicklung von Bauteilen bzw. Baugruppen für die Flüssigsorption stellt sowohl von Seiten der Wärme- und Stoffübergänge als auch auf materialtechnischer Seite, aufgrund des hohen Korrosionspotentials hochkonzentrierter Salzlösungen, eine äußerst anspruchsvolle ingenieurstechnische Aufgabe dar. Eine weitere Herausforde-

rung im Rahmen des Projekts besteht in der systemtechnischen Lösung und Integration der Flüssigsorptionskomponenten in den innovativen umgekehrten sorptionsgestützten Klimatisierungsprozess.

Gesamtziel des Vorhabens ist, mit Hilfe von Flüssigsorptions-Verfahren über die Entwicklung neuartiger Absorber innovative, hygienisch unbedenkliche Lösungen zur Gebäudeklimatisierung zu erarbeiten, diese in Prototypenform zu realisieren, über eine thermische Solaranlage zu betreiben und messtechnisch zu erfassen. Dazu müssen geeignete Baugruppen und systemtechnische Lösungen entwickelt, konstruiert und umgesetzt werden, die nachfolgend näher erläutert werden. Weiter sollen mathematische Modelle der Bauteile und der Systeme aufgestellt, mit Hilfe der gewonnen Messdaten validiert und die Simulationssoftware INSEL integriert werden

Zum derzeitigen Stand des Projekts sind die Simulationsmodelle der Modelle erstellt und erste Simulationsrechnungen durchgeführt worden. Im Rahmen der Entwicklung des Gesamtsystems werden bei der Komponentenentwicklung zunächst parallel unterschiedliche Systemansätze verfolgt und auf ihre Tauglichkeit für den Einsatz im Gesamtsystem untersucht. Wesentliche Gesichtspunkte hierbei sind eine möglichst hohe Entfeuchtungsleistung der Absorptionseinheiten, die Möglichkeit zur Vereinigung mehrerer Funktionen in einer Baueinheit (z.B. Wärmetauscher und Befeuchter), die Minimierung von Strömungsverlusten sowie auch finanzielle Aspekte im Hinblick auf eine möglichst kostengünstige Konstruktion des Gesamtsystems.

Systemvarianten und Simulationsergebnisse

Es werden unterschiedliche Konzepte für die Konstruktion der Absorptionseinheiten verfolgt, entwickelt und messtechnisch untersucht, die auf eine Kälteleistung des Gesamtsystems von zunächst 1 kW ausgelegt sind.

Zur Entwicklung von Klimageräten höherer Leistung wird die nach den Voruntersuchungen aussichtsreichste Einheit anschließend für eine Kälteleistung von bis zu 5 kW dimensioniert, errichtet und messtechnisch im Prüfstand untersucht. Mögliche Absorptionseinheiten sind hierbei Rohrwendelabsorber, wassergekühlte oder ungekühlte Matrixabsorber und Membranabsorber.

Der **Rohrwendelabsorber** besteht im Wesentlichen aus zwei nebeneinander liegenden Rohrwendeln die mit Kühlwasser durchströmt werden. Auf die Oberfläche der Rohre wird die Salzlösung (LiCl) mittels Tropfdüsen verrieselt und mit der Abluft im Gleichstrom in Kontakt gebracht. Innerhalb des Absorbers wird der Abluft auf Grund des Partialdampfdruckgefälles gegenüber der Salzlösung Wasser entzogen. Dieser Wasserdampf wird von der Salzlösung aufgenommen wobei das Wasser in den flüssigen Aggregatzustand übergeht. Durch den Phasenwechsel von dampfförmig nach flüssig wird die im Wasserdampf enthaltene Verdampfungsenthalpie (Absorptions-

wärme) frei. Dies würde ohne integrierte Kühlung zu einer deutlichen Erwärmung der Salzlösung führen.

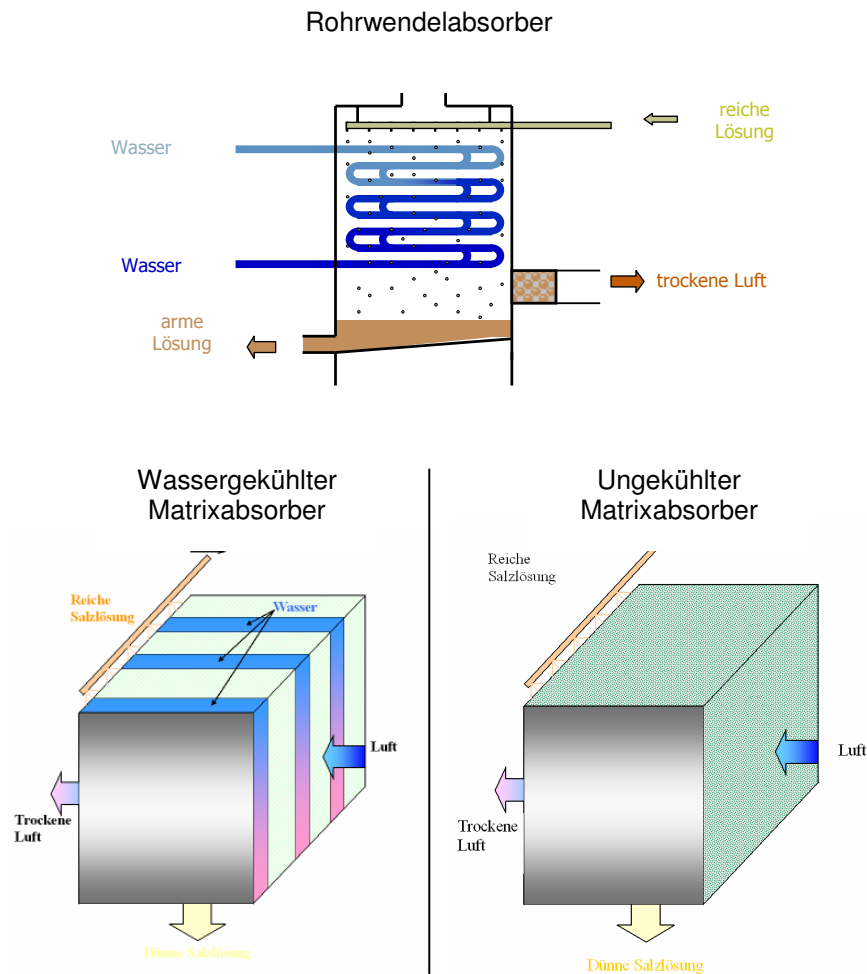


Abb. 1: Absorbervarianten

Durch die direkte Absorberkühlung wird dies jedoch verhindert und dadurch das Entfeuchtungspotential der Salzlösung nahezu optimal ausgenutzt.

Die sich aus diesem Absorbertyp ergebende Systemverschaltung mit den bei Auslegungsbedingungen (Außenluft: 32°C, 40% rF; Abluft: 26°C, 55% rF; Luftmassenstrom: 350 kg/h; Solemassenstrom: 40kg/h) zu erwartenden Zuluftkonditionen ist in Abb. 2 zu sehen. Aus rechtlichen und vermarktungstechnischen Gründen werden in dieser und allen weiteren Systemskizzen (mit Simulationsergebnissen) nur die Hauptkomponenten dargestellt. Die Systeme bestehen im wesentlichen aus den jeweiligen Absorbertypen, einem Regenerator und einem besprühten Gegenstrom-Kanalwärmetauscher, mit Hilfe dessen der Außenluft, durch die abluftseitig getrocknete Luft, Wärme entzogen werden kann.

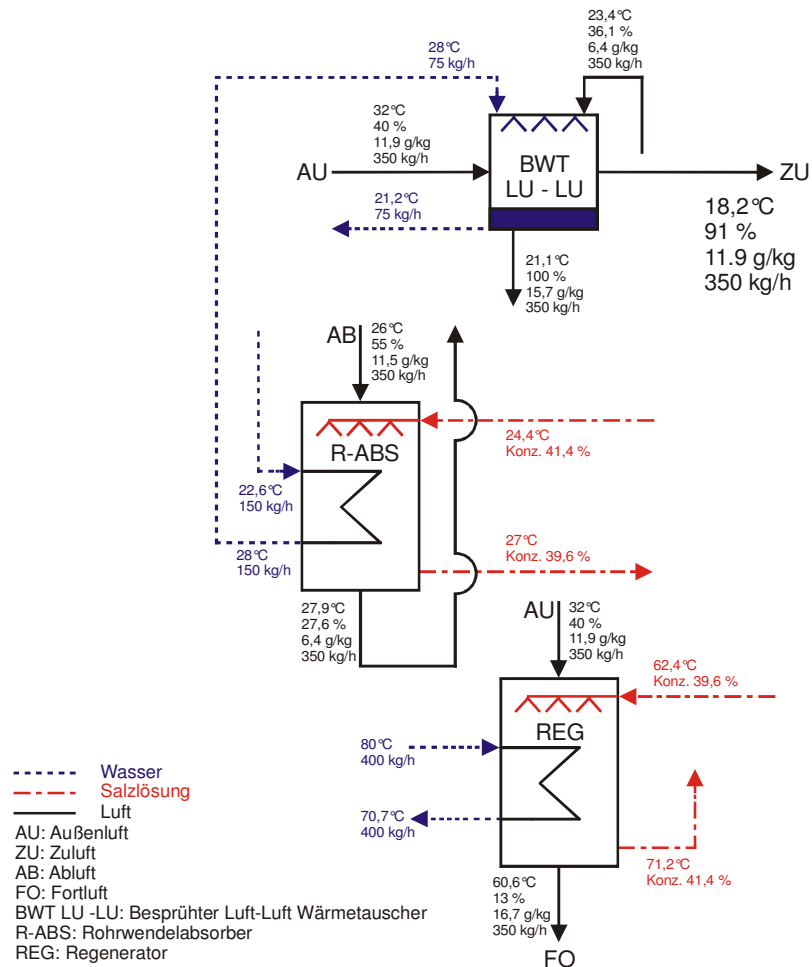


Abb. 2: Systemskizze mit Rohrwendelabsorber

Zur Dimensionierung der Systemkomponenten wurden mit Hilfe der entwickelten Simulationsmodellen verschiedene Varianten gerechnet. Der besprühte Gegenstrom-Kanalwärmetauscher ist für den Gesamtprozess und die damit zu erreichende Zulufttemperatur eine sehr entscheidende Komponente. Bei der Auslegung dieser Komponente ist ein Optimum aus Übertragungsleistung, Druckverlust und Baugröße zu finden. Auf Grund der Berechnungsergebnisse wurde die Kanalanzahl des besprühten Wärmetauschers auf 108 Kanäle festgelegt. Dies entspricht einer Kantenlänge des Wärmetauschers von 600 mm.

Bei der Dimensionierung des Rohrwendelabsorbers wurden für unterschiedliche Rohrdurchmesser und unterschiedliche Durchmesser der zwei Wendeln die Anzahl der Windungen variiert. Für eine optimale Zulufttemperatur ergab sich ein Rohrdurchmesser von 45 mm und eine Windungsanzahl von 32 womit sich eine Gesamthöhe des Absorbers von 1500 mm bei einem Gesamtdurchmesser von 490 mm ergibt. Auf weitere entscheidende Größen wie zum Beispiel die Kühlwassermenge soll hier nicht näher eingegangen werden. Die Simulationsrechnung des Gesamtsystems

mit den so ausgewählten Komponenten ergab bei Auslegungsbedingungen für das System mit Rohrwendelabsorber eine minimale Zulufttemperatur von 18,2 °C.

Die Konstruktion des **wassergekühlten Matrixabsorbers** ist eine Kombination aus einer Kunststoffmatrix und 15 mit Kühlwasser durchströmten Kühlplatten, die jeweils 5 mm breit sind. Das Kontaktmaterial weist Abmessungen von 600 x 300 x 400 mm (LxBxH) und eine spezifische Oberfläche von ca. 650 cm²/cm³ auf.

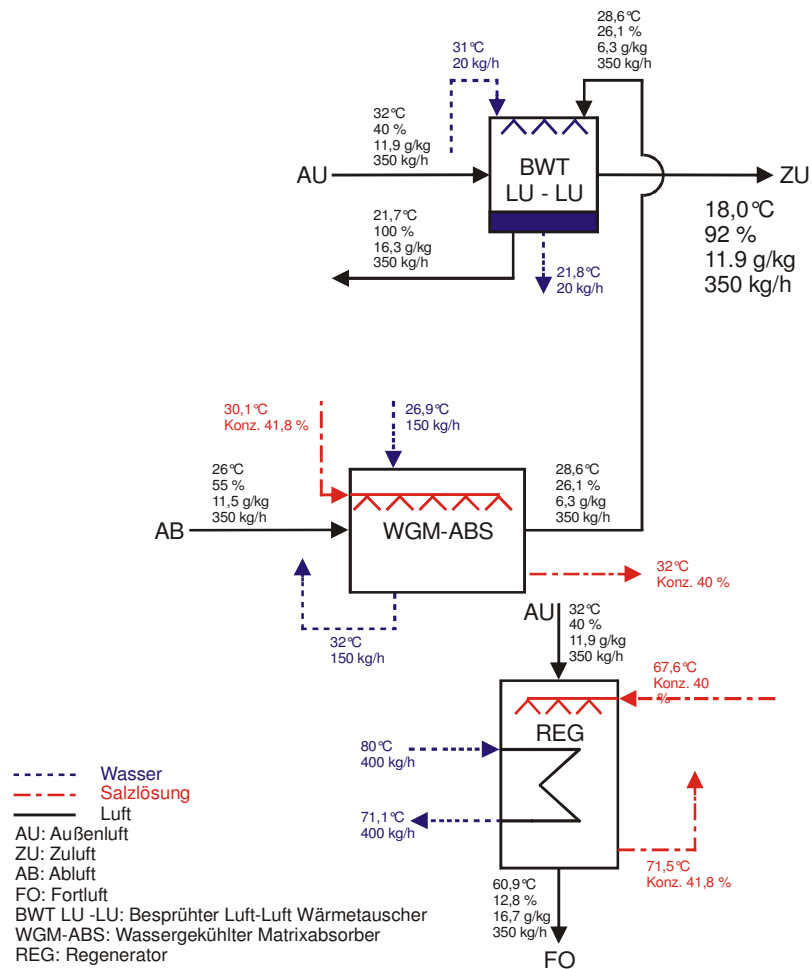


Abb. 3: Systemskizze mit wassergekühltem Matrixabsorber

Die Salzlösung wird von oben auf die Matrix gesprüht und im Kreuzstrom mit der Abluft in Kontakt gebracht. Auch hier wird durch die direkte Kühlung eine Erwärmung der Salzlösung minimiert und somit ihr Absorptionspotential deutlich vergrößert. Die Simulationsrechnung einer geeigneten Systemverschaltung (Abb. 3) mit den gleichen Hauptkomponenten wie in der Variante mit Rohrwendelabsorber ergab bei Auslegungsbedingungen eine Zulufttemperatur von 18,0 °C. Verglichen mit dem System mit Rohrwendelabsorber ist dies zwar nur eine minimale Verbesserung bei der zu erreichenden Zulufttemperatur, jedoch ist die Baugröße des Absorbers dieses Typs deutlich kleiner.

Bei der dritten Variante wurde ein **ungekühlter Matrixabsorber** untersucht welcher die gleichen Abmessungen wie der wassergekühlte Matrixabsorber besitzt. Dadurch dass bei dieser Variante die freiwerdende Absorptionswärme nicht direkt abgeführt wird, erwärmt sich während des Absorptionsprozesses sowohl die Salzlösung als auch die durch den Absorber strömende Abluft. Durch eine intelligente Systemverschaltung (Abb. 4) konnte jedoch mit dieser Variante eine Zulufttemperatur von 16,9°C erreicht werden und dies sogar mit einem kleineren besprühten Wärmetauscher auf der Außenluftseite (90 Kanäle; 600 mm Kantenlänge).

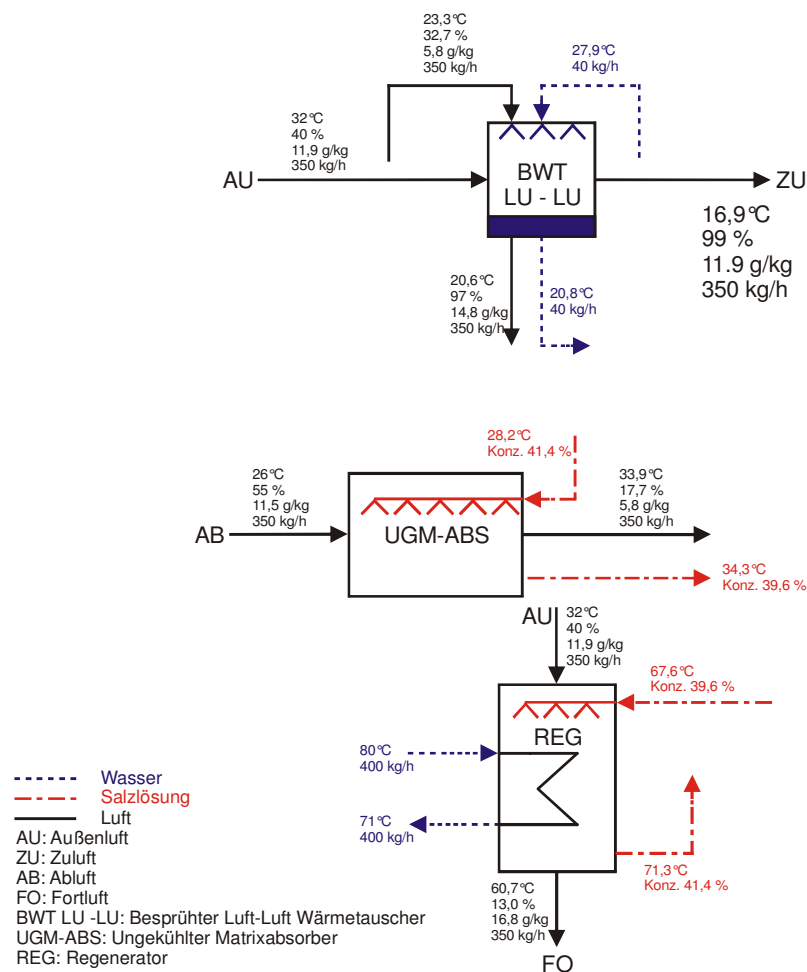


Abb. 4: Systemskizze mit ungekühltem Matrixabsorber

Auf Grund der Simulationsergebnisse ist die Variante mit einem ungekühlten Matrixabsorber bisher diejenige mit dem größten zu erwartenden Kühlpotential. Auch die Baugrößen der einzelnen Komponenten dieser Variante sind am kompaktesten. Der nächste Schritt wird nun sein diese Simulationsergebnisse anhand von Prototypen für die Komponenten im Prüfstand zu validieren und mögliche mechanische Probleme zu untersuchen, um anschließend aus den bestmöglichen Komponenten einen Prototypen des Gesamtsystems zu erstellen.