

Kälte durch Phasenverschiebung

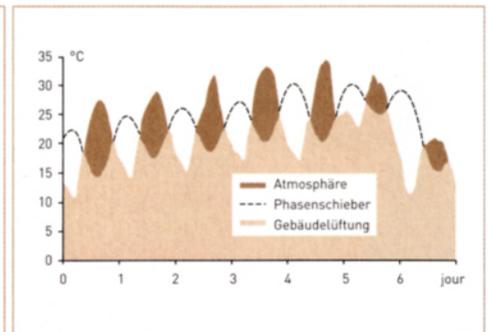
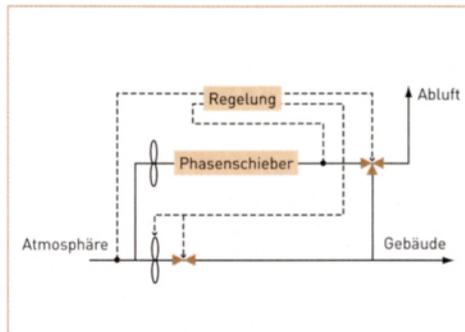
Von Jürg Wellstein*

Die Kühlung von Wohn- und Arbeitsräumen im Sommer wird zunehmend von Bedeutung. Was man in Fachkreisen seit Jahren thematisiert, hat sich inzwischen zu einem Gesprächsstoff von allgemeinem Interesse entwickelt. Die heissen Sommer tun das ihre noch dazu. Dabei ist zu beachten, dass der Energieeinsatz durch die vermehrt verwendeten Kühltechniken und Geräte sprunghaft wächst. Messungen in Genf haben beispielsweise gezeigt, dass ein zusätzliches Grad Lufttemperatur im Tagesmittelwert einen Elektrizitätszuwachs für die Klimatisierung von rund 8 MW auslöst.

Könnte man die nächtliche Abkühlung der Atmosphäre nutzen, um die Temperatur in den Gebäuden auch am Tage zu senken? Forschungsarbeiten am CUEPE (Centre Universitaire d'Étude des Problèmes de l'Énergie) der Universität Genf haben eine neue Lösung erbracht: Der Phasenschieber als integrales Element einer kontrollierten Lüftung.

Dr. Pierre Hollmuller, Physiker und Projektleiter: «Diese Entdeckung stammt aus meiner Doktorarbeit, in welcher ich mich mit Berechnungsmethoden für die Auslegung von Erdregistern zur Temperierung der Luftzufuhr befasst habe. Durch die Wärmespeicherung im Erdreich ermöglichen solche Rohrsysteme, die auftretenden Tag/Nacht-Schwankungen abzdämpfen und das Gebäude mit einer ständigen Mitteltemperatur zu belüften. Bei der Berechnung solcher Rohrsysteme sind wir aber auf das physikalische Phänomen gestossen, dass eine geeignete Dimensionierung es erlauben würde, solch eine Temperaturschwankung zu verzögern, anstatt sie wie üblich abzdämpfen. Die Idee des thermischen Phasenschiebers war geboren.»

Erste praktische Versuche, die vom Bundesamt für Energie (BFE) unterstützt wurden, fanden in den Jahren 2002 und 2003 statt. Mit flachen Speicherelementen und einem kleinen Luftspalt, den man variieren konnte, wollte man der konkreten Wirkung dieser Phasenverschiebung nachgehen. Parallel dazu führte Pierre Hollmuller weitere Berechnungen



(l.) Phasenschieber als integrales Element einer kontrollierten Gebäudelüftung in paralleler Anordnung (r.) Die Phasenverschiebung der im Phasenschieber gespeicherten Kälte ermöglicht eine passiv wirksame Gebäudekühlung während des Tages.

durch, mit denen die Beziehung zwischen Dämpfung und Phasenverschiebung verstanden werden konnte.

Geeignetes Füllmaterial für die Kältespeicherung

Den nächsten Schritt erläutert Prof. Bernard Lachal (CUEPE): «Mit einer weiteren, grösseren Prototyp-Einrichtung gingen wir der Frage nach, welches Material die besten Wärmespeichereigenschaften aufweist, und wie sich die Effizienz bei unterschiedlichen Gegebenheiten des Luftstroms verhält.»

Der Phasenschieber besteht aus einem luftdurchströmten Behälter, der optimal isoliert wird. Von Bedeutung ist nun das gewählte Füllmaterial. Dabei hat sich gezeigt, dass Kugeln einer gewissen Grösse aus Tonmaterial bessere Werte ergeben als grobe Kieselsteine. Ist der Luftstrom aufgrund unregelmässiger oder zu geringer Abstände des Füllmaterials inhomogen, dann kann der gewünschte Speichereffekt nur partiell stattfinden. Im Weiteren wurden auch Backsteine und flache Ziegel eingesetzt, deren Verhalten man mit unterschiedlichem Abstand bzw. Luftdurchlass untersuchte.

Einbau in der konventionellen Lüftung

In der Praxis sollte der Phasenschieber parallel zur konventionellen Lüftungsanlage angeordnet werden, eignet sich also auch für

Nachrüstungen, beispielsweise bei Sanierungen. Somit könnte das Gebäude während der Nacht mit direkter Aussenluft gekühlt werden, welche gleichzeitig auch den Phasenschieber mit Kälte versorgt. Am nächsten Tag wird die warme Aussenluft ausschliesslich durch dieses neue Element geleitet und tritt mit der vorangegangenen Kältespitze wieder aus. Diese würde also ein zweites Mal zur Kühlung des Gebäudes dienen können.

Unterschiedliche Einsatzorte

Ausgehend von den Versuchen und Rechenmodellen konnte man auch vorläufige Dimensionierungsberechnungen für unterschiedliche Luftmengen machen. Neben grösseren Einfamilienhäusern bilden auch kleinere Geschäftsgebäude (inkl. Restaurants, Produktions- und Dienstleistungsbetriebe usw.) eine zunächst interessante Zielgruppe für diese Kühltechnik. Bevor der Einsatz in grossen Gebäuden in Betracht gezogen wird, muss aber das Funktionsprinzip mit Demonstrationsanlagen bestätigt werden.

Solche Dimensionierungen haben sich jedoch nach einer verfeinerten Betrachtung der Gegebenheiten auszurichten. So sollten die unterschiedlich starken klimatischen Schwankungen je nach Jahr, geografischer Lage oder Stadt/Land-Umgebung berücksichtigt werden. Ferner sollte das dynamische Zusammenwirken mit einem spezifischen Gebäude und dem Einfluss der solaren Einstrahlung bzw. der

Prototyp-Einrichtung zur Untersuchung der möglichen Kältespeicherung unterschiedlicher Materialien.



Gebäudehüllenisolierung studiert werden. Wie bei allen anderen passiven Kühltechniken auch, wird der Einsatz des Phasenschiebers ja nur dann möglich sein, wenn parallel dazu auch für optimalen Sonnenschutz sowie für kontrollierte interne Lasten gesorgt wird.

Weitere Forschungsanstrengungen geplant

Jean-Christophe Hadorn, Leiter des BFE-Forschungsprogramms «Wärmespeicherung», meint zu dieser innovativen Entwicklung: «Auf der Grundlage einer physikalischen Erkenntnis konnte hier eine wesentliche Entwicklungsarbeit realisiert werden, die neue Impulse für die Gebäudekühlung und die «Free cooling»-Technik zu bringen ver-

Tests mit Kugel aus Ton haben bisher die besten Ergebnisse bezüglich Speicherkapazität, Luftdurchfluss und Handling erbracht.



mag. Die Kältespeicherung mit anschliessender, um 12 Stunden verschobener Nutzung innerhalb der Wohn- und Arbeitsräume soll deshalb weiter untersucht werden.» Einerseits unterstützt das BFE nun die Erprobung weiterer Speichermaterialien, andererseits die Formulierung von Integrationsmassnahmen im Gebäude und in der Lüftungsanlage. Mit einem zusätzlichen Prototyp wird man vertikal angeordnete, mit Wasser gefüllte Röhren als Speichertechnik analysieren und die dazu eingesetzten Werkstoffe testen. Diese Aufgaben will das CUEPE zusammen mit dem akademischen Bereich der Universität Genf und weiteren Institutionen aufnehmen.

Ein Teil der kommenden Entwicklungsarbeiten ist auch der Frage nach einer industriellen Umsetzung gewidmet. Diese kann aber erst dann konkretisiert werden, wenn die geeignetsten Materialien und konstruktiven Lösungen zur Wärme- bzw. Kältespeicherung gefunden sind. Dann wird man auch den Kontakt zu potenziellen Herstellern intensivieren.

Kälte: von steigendem Interesse

Dass die Entwicklung des Phasenschiebers zur Gebäudekühlung bereits Anerkennung gefunden hat, ist aus der Tatsache abzuleiten, dass die Diplomarbeit von Jean-Marc Zraggen, Projektmitarbeiter beim CUEPE, mit dem 50-Jahr-Feier-Preis (Prix du cinquante) der Industriellen Werke Genf (SIG) ausgezeichnet wurde.

Der Kältebedarf wird weiter steigen. Mit dieser Tatsache ist man nicht nur in der Schweiz vertraut, sondern vor allem auch in der EU. Gleichzeitig wird der damit verbundene Energiebedarf zunehmend kritisiert. Gefragt sind somit passiv wirkende Systeme mit hoher Effizienz. Die CUEPE-Entwicklung des Phasenschiebers als integraler Bestandteil einer kontrollierten Gebäudelüftung ist in der Lage, eine zukunftsweisende Antwort auf die Kältefrage zu bieten. ■

* Jürg Wellstein, Informationen zur Energieforschung, Therwil, j.wellstein@bro.ch

Kontakte

CUEPE

Centre Universitaire d'Étude des Problèmes de l'Énergie der Universität Genf
 Dr. Pierre Hollmuller
 pierre.hollmuller@cuepe.unige.ch
 Prof. Bernard Lachal
 bernard.lachal@cuepe.unige.ch
 CH-1227 Carouge, www.unige.ch/cuepe

BFE-Forschungsprogramm
 «Wärmespeicherung»
 Jean-Christophe Hadorn
 jchadorn@baseconsultants.com

	Einfamilienhaus 100 – 200 m²	Kleines Gebäude 500 – 1000 m²	Mittleres Gebäude 2500 – 5000 m²
Dimension 1)	1 x 1 x 4.5 m	2 x 2.5 x 4.5 m	2.5 x 5 x 9 m
Luftdurchfluss 2)	500 m ³ /h	2'500 m ³ /h	12'500 m ³ /h
Kühlleistung 3)	1 – 2 kW (24/24h)	5 – 10 kW (24/24h)	25 – 50 kW (24/24h)
Elektrizitätsbedarf	10 W	50 W	250 W
Kosten	4000 CHF	15000 CHF	60000 CHF

- 1) Für 12 h Phasenschiebung, exkl. 20 cm Isolation.
- 2) 1–2 Luftwechsel pro Stunde.
- 3) Effektive Kühlleistung von Gebäudetemperatur abhängig.

Auf der Basis der Prototyp-Erfahrungen und der Simulationsberechnungen konnten rudimentäre Auslegungs- und Dimensionierungsangaben gemacht werden.