

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 127 (2001)
Heft: 46: Lustvolles Bauen

Artikel: Sanfte Klimatechnik statt Poweranlagen: den Menschen in die Konzeption integrieren
Autor: Meierhans, Robert / Zimmermann, Mark
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-80244>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 06.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Thermische Behaglichkeit

Der Mensch schätzt es, wenn ein wesentlicher Teil seiner Kühlung auf dem Strahlungsweg erfolgt. Wenn die Anteile der Wärmeabgabe durch Abstrahlung und der Konvektion durch steigende Oberflächen- und Lufttemperaturen nicht mehr genügt, reagiert der Mensch mit erhöhtem Wassertransport an die Hautoberfläche. Damit die gewünschte Verdunstungskühlung zustande kommt, darf die Luftfeuchte nicht zu hoch sein.

Bevor es jedoch zur Verdunstungskühlung kommt, sollten die Oberflächentemperaturen von Fussböden, Decken und Wänden — oder zumindest ein Teil von ihnen — aktiv kontrolliert werden. Dazu braucht es geeignete Oberflächentemperaturen, die aufgrund der tolerierten Temperaturasymmetrie — der unterschiedlichen Wärmeabgabe von Kopf und Körper — für Wände, Decken und Fussböden unterschiedlich sind [9].

Sanfte Klimatechnik statt Poweranlagen

Den Menschen in die Konzeption integrieren

Seit Ende der 80er-Jahre wird die Bauteilkühlung diskutiert. Mittlerweile wird ihre Weiterentwicklung als Thermische Bauteilaktivierung weltweit eingesetzt. Gute Wärmedämmung und der aktive Einbezug der Gebäudemasse gestatten das «Sanfte Klimatisieren» als Alternative zu Hochleistungsanlagen.

Künstliches Raumklima stösst bei den Nutzern zunehmend auf Widerstand. Klimaingenieure und Architekten versuchten deshalb seit einiger Zeit, Konzepte zu erarbeiten, die mit möglichst wenig künstlichem Klima auskommen. So entstand die Sanfte Klimatechnik. Ihre Vorteile sind geringere Investitions-, Energie- und Betriebskosten. Zudem kann die Sanfte Klimatechnik bis zu sechs Luftwechsel pro Stunde ersetzen. Sie ist jedoch kein Ersatz für Powerklimaanlagen, wo solche — meist in industriellen Anwendungen — benötigt werden. Im Gegensatz zur Sanften Klimatechnik arbeiten herkömmliche Anlagen mit stromintensiven Ventilatoren, ineffizienten Eisspeicheranlagen und Wärmepumpen mit ungenügenden Leistungsziffern zur Auslastung der schlecht regulierbaren, nächtlichen Stromproduktion.

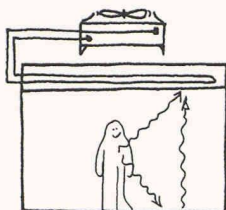
Auch für Umbauten eignet sich die Sanfte Klimatechnik, weil die neuen energetischen und hygienischen Anforderungen an Luftaufbereitungsgeräte und Luftleitungen eine Rekonstruktion mit den ursprünglichen Luftvolumenströmen gar nicht mehr zulassen. Hier dienen dann meistens moderat gekühlte Fussböden als Ersatz für einbetonierte Kühlregister. Die Luftvolumenströme alter Klima-Anlagen können dadurch bis zu 80 Prozent reduziert werden.

Optimierter Wärmeschutz und mechanische Grundlüftung

Der Wärmeschutz von Gebäuden richtet sich in unseren Breitengraden sinnvollerweise nach den Anforderungen des Winters. Gut wärmedämmte Gebäude weisen im Winter höhere innere Oberflächentemperaturen auf, was zu einem guten Strahlungskomfort führt. Sie vermeiden Kaltluftabfall und Zugserscheinungen und verhindern die Gefahr von Schimmelpilzbefall durch kalte Stellen. Dies bedeutet aber gleichzeitig, dass bei sommerlichem Wärmeüberschuss die nächtliche Kühlung deutlich eingeschränkt ist und teilweise nicht mehr ausreicht.

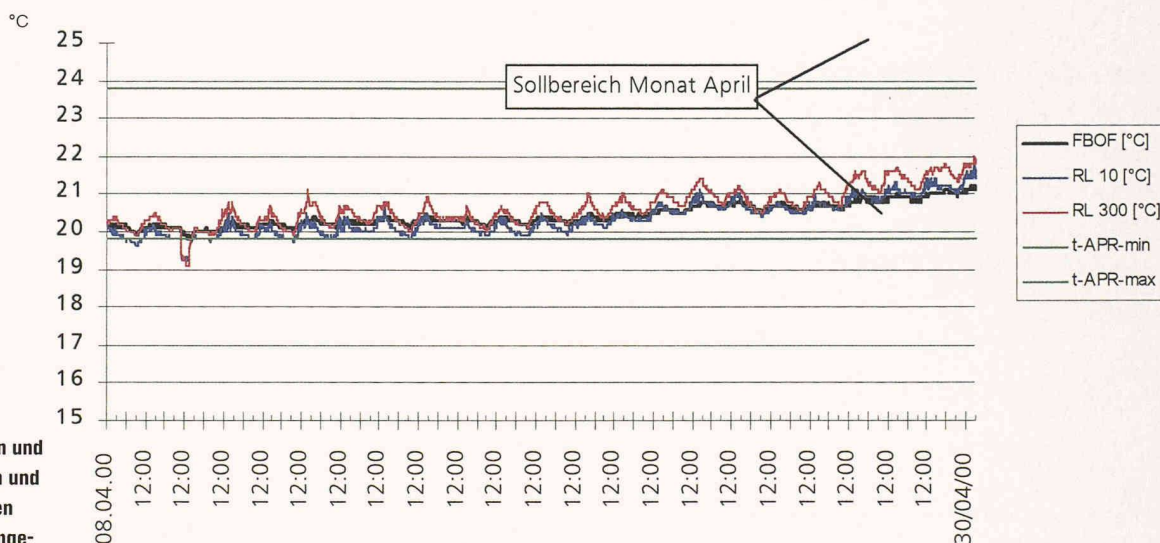
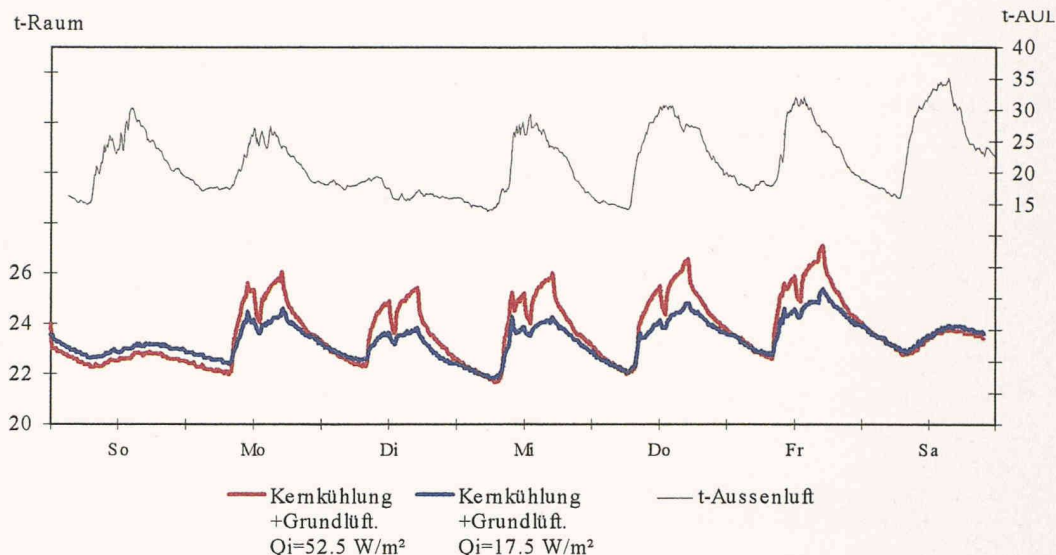
Eine weitere Massnahme zum winterlichen Wärmeschutz ist der Einbau einer mechanischen Grundlüftung mit Wärmerückgewinnung aus Abluft. Damit wird das Heizsystem um das Aufwärmen der Luft — wie es bei der Fensterlüftung notwendig ist — entlastet. Die Betriebstemperaturen der Heizung können infolgedessen tiefer angesetzt werden. Die frische Luft wird mit leichter Untertemperatur bodennah eingeblasen und ist damit an jedem beliebigen Ort des Raumes verfügbar [1]. Um Strömungsgeräusche, Zugserscheinungen und unnötige Staubaufwirbelung zu vermeiden, arbeitet die Quellaftung mit sehr kleinen Luftgeschwindigkeiten und geringen Luftturbulenzen. Der reine Aussenluftbetrieb der Grundlüftung sorgt für einwandfreie Luftqualität. Auf diese Weise wird eine insgesamt bessere Lüftungseffizienz erreicht, die es erlaubt, die personenbezogenen Aussenluftstraten mit 15 bis $36 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ P}^{-1}$ deutlich tiefer zu halten als früher. Die mechanische Grundlüftung ist lautlos und gestattet es, bei Strassenlärm oder bei kaltem und heissem Wetter die Fenster geschlossen zu halten. Fensterlüftung ist hauptsächlich bei moderaten Wetterverhältnissen angesagt. Sie kann zusätzlich angewendet werden, wenn einzelne Räume temporär personell überlastet sind oder wenn starkes Rauchen die Grundlüftung überfordert.

Auf eine Befeuchtung der Luft kann in der Regel verzichtet werden aufgrund der minimierten Aussenluft-



1

Betonkernkühlung während der frühen Morgenstunden mit kühler Nachtluft. Empfundene Temperaturen für zwei Fälle interner Lasten ($17,5 \text{ W/m}^2$ und $52,5 \text{ W/m}^2$) bei normalen äusseren Lasten und normalem Beschattungsmanagement



2

Klimastabilität dank geheizten und gekühlten Fussböden, Decken und Wänden. Als Kühlquelle dienen Kunststoffrohre, die in der umgebenden Schlitzwand einbetoniert wurden. Die Messwerte stammen aus dem Kunsthause Bregenz: $750 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ bei bis zu 1000 Besuchern pro Tag

raten, der guten Filtrierung und der turbulenzarmen Quelllüftung [2]. An sehr trockenen und hochgelegenen Standorten können regenerative Wärmerückgewinnungs-Systeme helfen. Diese sind in der Lage, bei sehr tiefen Aussentemperaturen (unter -5°C) auch Feuchte zurückzugewinnen. Gerade in diesem Temperaturbereich sinkt die Raumluftfeuchte sonst auf Werte unter 30 % relative Feuchte (r.F.) ab. Die jüngsten Forschungsergebnisse weisen demgegenüber darauf hin, dass vor allem auch der Begrenzung der maximalen Feuchte vermehrt Beachtung geschenkt werden sollte. Dank minimierten Luftraten wird es vertretbar, die Aussenluft stärker zu entfeuchten (maximale Raumluftfeuchte bei 50 % r.F.) und damit der Luft den Eindruck von zusätzlicher Frische zu geben.

Kühler Sommer und wohltemperierter Winter

Das Sanfte Heizen nützt die gute Wärmedämmung und die Wärmerückgewinnung durch die mechanische Lüftung aus. Anstelle von Radiatoren und Konvektoren werden Fussböden, Wände und Decken benutzt. Die Bauteile werden aber nur noch leicht geheizt. Zeitgemässe Fussbodenheizungen etwa arbeiten mit Oberflächentemperaturen zwischen 21 und 23°C – früher lagen die Temperaturen noch bei rund 40°C . Die Vorlauftemperaturen bleiben unter 25°C . Solche Heizflächen geben beim Ansteigen der Raumtemperatur keine Wärme mehr ab, weil kein Temperaturgefälle mehr vorhanden ist. Sie sind sogar in der Lage, eingestrahelte Sonnenwärme aufzunehmen, um diese – bevor Wärmenachschub vom Heizkessel verlangt wird – in den Abendstunden wieder abzugeben.

Als Pendant zum winterlichen Wärmeschutz braucht es während der Übergangszeiten und im Sommer einen wirksamen, flexiblen Sonnenschutz, der die Räume vor allzu hohen Wärmelasten bewahrt. Die Sanfte Kühlung, auch Betonkernkühlung genannt, nutzt die

sowieso vorhandene Speichermasse von Gebäuden. Sie funktioniert ähnlich wie alte Gebäude, deren dicke Mauern im Sommer selbsttätig für kühle Räume sorgen. Wenn die Raumlufttemperatur aufgrund der überschüssigen Wärme weit genug ansteigt, kommt ein entsprechender Wärmefluss in die kühlere Gebäudemasse zustande. Die Gebäudemasse puffert die anfallende Wärme als Speicherwärme, ohne dabei mehr als ein paar Zehntelgrade wärmer zu werden. Während der Nachtstunden erfolgt die Rückkühlung durch Konvektion an die Nachtluft und durch Abstrahlung an den kalten Nachthimmel. Im Gegensatz zur Kühldecke bei Poweranlagen kann die Oberflächentemperatur eines gekühlten Bauteiles nicht sofort gesenkt werden, um eine grössere Leistung zu erbringen. Vielmehr steigt die Oberflächentemperatur mit steigender Wärmeaufnahme allmählich an und mit ihr natürlich auch die Raumtemperatur (siehe Bild 1). Die auf diese Weise an das Raumklima gekoppelte Speichermasse ist in der Lage, die Heiz- und Kühllasten im Tagesgang zu puffern.

Um die überschüssige Wärme nachts aus dem Gebäude zu transportieren, werden wasserführende Kühlrohrregister in die Betondecken integriert oder Fussbodenheizungsregister mit kühlem Wasser betrieben. Oft wird die notwendige Masse für das einwandfreie Funktionieren der Bauteilaktivierung überschätzt. Für das tägliche Lastspiel zur Pufferung der internen und der eindringenden Lasten genügen schon wenige Zentimeter offen liegende Speichermasse. Bei 3 °C Temperaturanstieg der Raumluft können durch Strahlung und Konvektion oft mehr als über 50 W m⁻² an Decke und Fussboden abgegeben werden (dt=3 K, alpha=7 beziehungsweise 11 W m⁻²K⁻¹). Bei einer Deckenstärke von 25 cm bewirkt der Wärmefluss aus dem Bürobetrieb im Tagesgang eine Temperaturschwingung der Oberflächentemperaturen von knapp drei Grad Kelvin, was auch die Raumlufttemperatur um etwa den gleichen Betrag folgen lässt. Ohne besondere Lasten verbleibt die Oberflächentemperatur auf ihrem Startwert von 20 oder 21 °C. Eine Unterkühlung ist damit unmöglich.

Von der Pufferkapazität der Gebäude macht die Powerklimatechnik amerikanischer Prägung wenig Gebrauch, weil sie jede Laständerung sofort mit warmer oder kalter Luft ausgleicht. Der zur Verfügung stehende Pufferspeicher wird also gar nicht bewirtschaftet. Die Sanfte Kühlung hingegen gestattet bei Laständerungen auch eine leichtes Ansteigen und Absinken der Raumlufttemperatur.

Literatur

- 1 C. Filleux und S. Krummenacher: Zeitgemässe Lüftungssysteme. Clima Suisse Zürich. Zürich, 1993.
- 2 Bundesamt für Energie: BFE-Merkblatt Luftbefeuchtung. Bern, 1997
- 3 R. Meierhans: Neuartige Kühlung von Bürogebäuden. NEFF-Bericht 464, KWH/Empa 1998.
- 4 R. Meierhans und B. Olesen: Betonkernaktivierung. Hamburg, 1999
- 5 C. A. Roulet: European audit project to optimise indoor air quality and energy consumption in office buildings. EPFL-Repro. Lausanne, 1994.
- 6 M. Koschensch und B. Lehmann: Thermoaktive Bauteilsysteme. BFE/Empa. Dübendorf, 2000.
- 7 A. Pfeiffer und H.-J. Schwarz: Simulationsprogramm Tabscale. Empa. Dübendorf, 2001.
- 8 M. Zimmermann: Handbuch der passiven Kühlung. BFE/Empa. Dübendorf, 1999.
- 9 Schweizerische Normenvereinigung: Ventilation for Buildings – Design Criteria. CEN Report CR 1752. Brüssel, 1998.

Komfort durch verschärfte Klimaschutzvorschriften?

Die Trendwende in der Klimatechnik kam erst durch ein erhöhtes Komfortbewusstsein von umweltbewussten Bauherren und Gebäudebetreibern und mit der progressiven Gesetzgebung in Skandinavien. Diese leisteten mit der Einführung der hohen Wärmedämmstandards, der kontrollierten Wohnungslüftung, der Quelllüftung für den Komfortbereich und mit der Superisolation einen wichtigen Beitrag zur Sanften Kühlung. In der Schweiz führten fortschrittliche Energiegesetze einiger Kantone zu einer Wende, welche unbeschränktes Heizen und Kühlen nicht mehr zulassen.

Mit diesen neuen Randbedingungen entstand vorerst die Betonkernkühlung, aus der dann die thermische Bauteilaktivierung weiterentwickelt wurde [3, 4, 5]. Einen wichtigen Beitrag lieferten später Koschensch und Lehmann mit der Veröffentlichung ihrer Forschungsarbeit «Thermoaktive Bauteilsysteme» [6] und dem begleitenden Simulationsprogramm «Tabscale» [7] sowie Zimmermann mit dem Handbuch der passiven Kühlung [8]. Substanzielle Beiträge auf dem Gebiet der numerischen Simulation des dynamischen, thermischen Gebäudeverhaltens wurden von amerikanischen Forschungsgruppen geleistet.

Robert Meierhans, Meierhans und Partner AG,
Beratende Ingenieure USIC/SIA/SWKI,
8117 Fällanden, www.meierhans.com
Marc Zimmermann, KWH/Empa, 8600 Dübendorf,
www.empa.ch

BAUTEN MIT SANFTER KÜHLUNG

- Verwaltungsgebäude der Lufthansa AG. Flughafen in Frankfurt am Main (im Bau befindlich). Thomas Baumgartner (Klimatechnik)
- Neubau Spitalzentrum INO. Inselspital Bern (im Bau befindlich). Itten und Brechbühl (Architekten), Meierhans und Partner (Klimatechnik)
- Geschäftshaus Swiss Re Soodring, Adliswil, 2001. Sam-Architekten, Grünberg und Partner
- Tamedia. Zürich, 2001. Atelier WW, Robert Aerni Ingenieure
- Unique One Flughafen Zürich, 2000. Burckhardt und Partner AG, Tramonti AG
- Neue Ausstellungshalle der Messe Zürich, 1999. Atelier WW, Grünberg und Partner
- Migros-Markt Schweizerhof Luzern, 1999. Diener und Diener, MGB/Empa
- Geschäftshaus Swiss Re Tüfi Adliswil, 1998. Sam-Architekten, Polke und Ziege und Von Moos
- Infozentrum Franke Aarburg, 1998. Frei und Frei Architekten, Amstein und Walthert
- Verwaltungsgebäude Dow-Europe Horgen, 1990. Bruno Gerosa, Meierhans und Partner
- Kunsthaus Bregenz, 1997. Peter Zumthor, Meierhans und Partner
- Thermalbad Vals, 1995. Zumthor, Meierhans und Partner