

COOL BLEIBEN IM KLASSENZIMMER

Was Schulen bei zunehmender Hitze tun können

Der vergangene Sommer hat gezeigt: Aufgrund des Klimawandels wird Hitzeschutz an Schulen künftig immer wichtiger. Doch was hilft in Schulgebäuden, wenn die Temperaturen über 30 Grad klettern? Der bpv sprach dazu mit einem Experten.

Klimaprognosen zeigen für Deutschland einen signifikanten Anstieg der Temperaturen in den kommenden Jahrzehnten. Dieser wird zu veränderten klimatischen Verhältnissen führen, wie Modellierungen vom Umweltbundesamt zeigen (s. Grafik unten). Demnach könnten sich Ende des Jahrhunderts die meisten deutschen Städte klimatisch »zwischen den früheren (1961-1990) Klimaten der französischen Atlantikküste und der Adriaküste von Mittelitalien bis Kroatien befinden«. Aus dieser Entwicklung ergeben sich große Herausforderungen für die Infrastrukturen, Ökosysteme und Menschen der betroffenen Regionen.



DR. WOLFGANG KESSLING,

Partner bei Transsolar Energietechnik, München. Er hat langjährige Erfahrung mit klimagerechtem Bauen sowie adaptiven Komfortkonzepten.

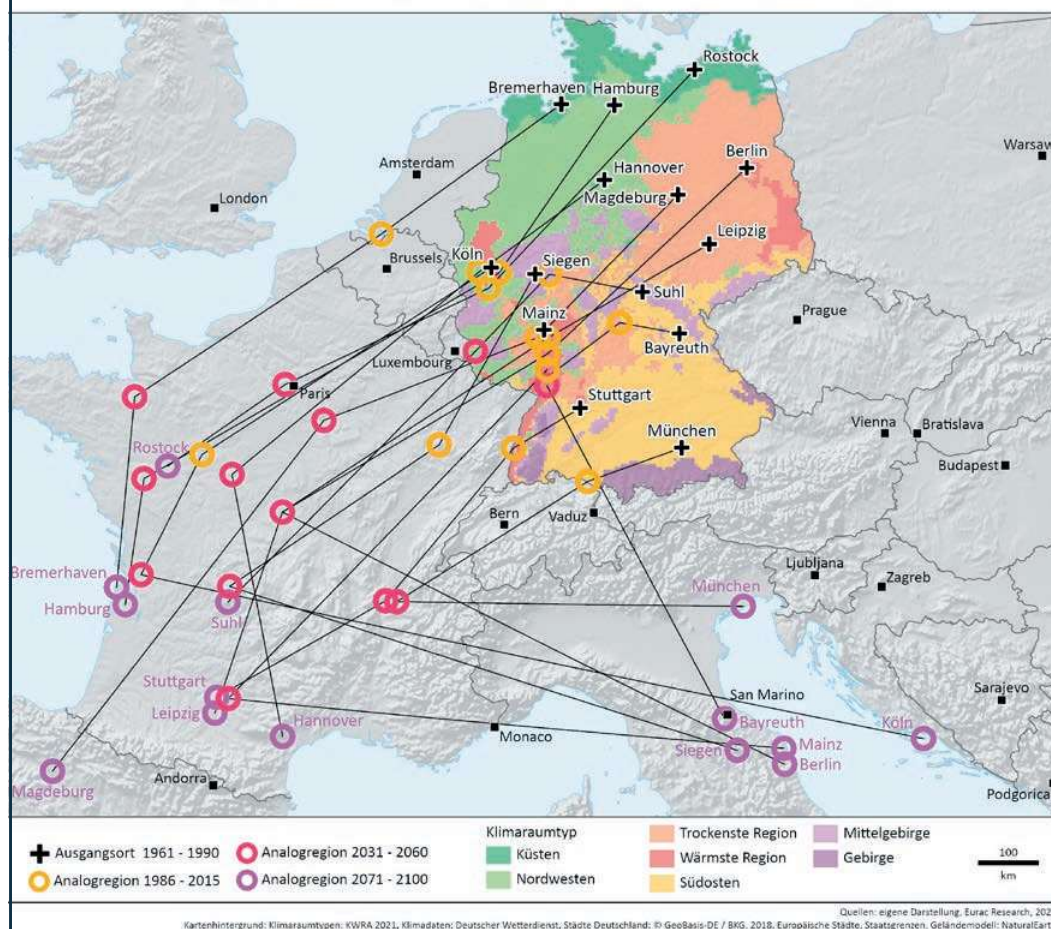
Wolfgang Kessling von der Firma Transsolar ist Experte für klima-

freundliches Gebäudedesign und befasst sich intensiv mit den Folgen des Klimawandels. In seinen Bauprojekten versucht er, größtmöglichen Nutzerkomfort in Innen- und Außenräumen bei möglichst niedrigem Energieverbrauch und geringer Umweltbelastung zu erzielen. Mitten in der Juni-Hitzewelle traf sich der bpv mit dem Fachmann zu einem Gespräch in dessen Münchner Büroräumen. Dort fällt auf: Es gibt keine Klimaanlage, stattdessen viele großblättrige Pflanzen, Außenjalousien und vor allem Stand-, Tisch- und Deckenventilatoren. »Mit leichter Luftbewegung kann man schon einen Kühlungseffekt von bis zu drei Grad Celsius erzeugen«, erläutert Kessling in dem Gespräch. Luftbewegung sei eine zentrale

Stellschraube für mehr Wohlbefinden bei hohen Temperaturen. »Dieser Kühlungseffekt wird noch immer maximal unterschätzt.«

Oft würden beim Hitzeschutz zwei Ebenen vermengt, fährt der Experte fort: die Kühlung der Menschen und die Kühlung von Gebäuden. Beides müsse getrennt voneinander betrachtet werden. In bereits bestehenden Schulbauten sollte der Fokus auf dem Kühlen der Menschen liegen. Um Bedarfe zu ermitteln, könnten Schulen ortsspezifische Experimente machen: Wie erleben wir das Klima? Wie fühlt es sich an? Was würden wir ändern? Die Antworten könnten je nach Lage bzw. Bauzustand der Schule (ländlich oder städtisch, Altbau oder Neubau) stark variieren. Den Fragen nachzugehen helfe zudem, die ganz Schulfamilie vor Ort für das Thema zu sensibilisieren.

**Verschiebung der klimatischen Bedingungen deutscher Städte:
Vergangenheit, Gegenwart, Mitte und Ende des Jahrhunderts**



Die sechs Parameter der thermischen Behaglichkeit

Anhand von sechs Parametern der thermischen Behaglichkeit, die der dänische Wissenschaftler Ole Fanger in den 1970er-Jahren erforscht und entwickelt hat, zeigt Wolfgang Kessling auf, welche Maßnahmen aus seiner Sicht sinnvoll sind.

1. Lufttemperatur

Die Lufttemperatur hat den größten Einfluss auf das thermische Behaglichkeitsempfinden des Menschen. Die Wohlfühltemperatur hängt von subjektiven Kriterien wie Tätigkeit, Bekleidung, Alter oder Geschlecht ab. Ein behaglicher Temperaturbereich liegt im Winter zwischen 20 und 23 Grad, im Sommer aufgrund leichterer Bekleidung bis 26 Grad. Um die Raumtemperatur zu senken, sind laut Klima-Experte Kessling Klimaanlage prinzipiell eine sinnvolle Maßnahme, allerdings mit vergleichsweise hohen Investitions- und Betriebskosten verbunden und im DACH-Raum bislang deutlich weniger verbreitet als etwa in Südeuropa. Von mobilen Klimaanlage oder sogenannten Mono-blocks rät er grundsätzlich ab.

2. Luftfeuchtigkeit

Eine relative Luftfeuchte zwischen 40 und 60 Prozent gilt allgemein als Wohlfühlbereich. Liegt sie unter 30 Prozent, wie häufig im Winter, trocknen die Schleimhäute schneller aus, wodurch die Anfälligkeit für Atemwegserkrankungen steigen kann. Bei einer relativen Luftfeuchte über 60 Prozent ist der Kühleffekt durch die Verdunstung von Schweiß auf der Haut bei stehender Luft reduziert. Bereits eine leichte Luftbewegung verbessert jedoch die Verdunstung deutlich, sodass auch bei höheren Luftfeuchten ein spürbarer Kühleffekt erhalten bleibt.

3. Luftbewegung

Für die thermische Behaglichkeit ist Luftbewegung nach Ansicht von Experte Kessling einer der am meisten unterschätzten Faktoren. Bereits eine sanfte Luftbewegung von etwa 0,8 m/s kann das Wärmeempfinden um bis zu drei Grad Celsius verbessern, ohne dass sich die Lufttemperatur verändert. Diese Luftgeschwindigkeit ist erstaunlich gering und entspricht etwa der relativen Luftbewegung, die beim normalen Gehen durch die Eigenbewegung entsteht. Schon geringe Luftbewegungen reichen daher aus, um die thermische Behaglichkeit deutlich zu verbessern. Der Experte empfiehlt deshalb den Einsatz von Decken- und Standventilatoren (*mehr dazu auf S. 22*).

4. Mittlere Strahlungstemperatur

Die mittlere Strahlungstemperatur ist neben der Lufttemperatur der zweite entscheidende Einflussfaktor für die thermische Behaglichkeit. Beide Größen werden bei geringer Luftbewegung zur sogenannten operativen Temperatur zusammengefasst und gehen dabei näherungsweise zu gleichen Teilen in das Wärmeempfinden ein. Vereinfacht bedeutet das: Sind Wände, Decken oder andere umgebende Oberflächen um zwei Grad Celsius wärmer, muss die Lufttemperatur etwa zwei Grad Celsius niedriger sein, damit die gleiche thermische Behaglichkeit erhalten bleibt. Deshalb ist nicht allein die Lufttemperatur entscheidend. Ebenso wichtig ist es, die Erwärmung der umgebenden Oberflächen durch wirksamen Sonnenschutz zu begrenzen.



Deckenventilatoren sind verhältnismäßig kostengünstig und punkten mit einem sehr guten Kühleffekt.

5. Bekleidungsgrad

Der Bekleidungsgrad beschreibt die Wärmedämmung durch Kleidung und zählt, gemeinsam mit dem Aktivitätsgrad (*siehe 6.*), zu den personenbezogenen Einflussgrößen der thermischen Behaglichkeit. Beide lassen sich individuell gut beeinflussen. Kessling rät daher, den Beitrag einer angepassten Kleidung nicht zu unterschätzen. Kurze Hosen oder Röcke, der Verzicht auf Socken sowie atmungsaktive Naturfasern anstelle synthetischer Materialien können die thermische Belastung spürbar reduzieren. Sinnvoll seien entsprechende Informationen für Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler.

6. Aktivitätsgrad

Der Aktivitätsgrad, auch metabolische Rate genannt, bezeichnet die eigene Wärmeproduktion und ist somit abhängig von Bewegung und geistiger Aktivität. Ist eines von beidem besonders gefragt, etwa bei Prüfungen oder Sport, kann laut Fachmann Kessling die sogenannte thermische Zonierung helfen, bei der gezielt kühle Räume angeboten werden (*mehr dazu auf S. 22*).



BPV FORDERT HITZESCHUTZ- »WERKZEUGKASTEN«

Angesichts der wachsenden Belastung durch Hitze forderte der bpv im Juli einen praxisnahen Hitzeschutz-»Werkzeugkasten« für Schulen, der verständlich aufbereitete wissenschaftliche Erkenntnisse und konkrete Handlungsoptionen für unterschiedliche Situationen beinhalten soll. Mehr unter www.bpv.de
> Pressemitteilungen > 16.07.2025

Deckenventilatoren haben einen sehr guten Kühlungseffekt

Schulen empfiehlt Kessling vor allem Deckenventilatoren als ein sehr wirksames und verhältnismäßig kostengünstiges Mittel zur Kühlung. In vielen warmen Ländern gehören sie zur Standardausstattung von Schulen und sind dort ebenso selbstverständlich wie Heizungen in Deutschland. Pro Klassenzimmer brauche es je nach Größe typischerweise zwei oder vier Ventilatoren. Der Fachmann rät, den nächstgrößeren Ventilator zu nehmen und dann auf kleinster Stufe einzustellen, so sind die Ventilatoren in der Regel lautlos zu betreiben. Um neben der thermischen Behaglichkeit auch eine ausreichende Hydrierung sicherzustellen, hält er in Schulgebäuden zudem zentrale Wasserstationen für sinnvoll, an denen Schüler und Lehrkräfte ihre Trinkbehältnisse bereits vor Beginn des Unterrichts befüllen können.

Gezielt kühle Zonen anbieten

Beim Kühlen von Gebäuden sei der außenliegende Sonnenschutz von Fenstern, etwa mittels Rollläden oder Lamellen, die wichtigste Maßnahme. Für den innenliegenden Sonnenschutz von Fenstern eignen sich dem Experten zufolge gut reflektierende (Alu-)Rollos, die an die Fenstergröße angepasst sind. Ebenso wichtig sei eine wirksame Nachtlüftung, um die in den Bauteilen und Räumen gespeicherte Wärme abzuführen und die Klassenräume für den nächsten Schultag wieder abzukühlen.

Zudem sollte geprüft werden, wie jede Schule gezielt zumindest über einzelne hitzgeschützte oder gekühlte Räume bzw. Zonen verfügen kann, etwa die Bibliothek oder Aula. Wenn solche Rückzugsorte angeboten werden, könne das Raumklima in anderen Zonen auch wärmer sein. Die kühleren Zonen könnten insbesondere für Prüfungen, Konferenzen oder gesundheitlich besonders belastete Personen genutzt werden. »Dahinter steht der Ansatz, die Behaglichkeit mit unterschiedlichen Konzepten und Systemen zu verbessern und gezielt Maßnahmen zur Kühlung des Gebäudes, die lokale aktive Kühlung, und Maßnahmen zur Kühlung der Personen, durch Luftbewegung in den Klassenzimmern, zu kombinieren«, so Kessling. Allein das Vorhandensein dieser Option mache auch einen psychologischen Unterschied: »Wer weiß, dass ein kühler Raum vorhanden ist, auf den man jederzeit ausweichen kann, hält die Hitze in anderen Räumen besser aus.«

Grüne Pausenhöfe

»Stärker berücksichtigt werden sollte auch der Außenraum«, ergänzt Kessling. »Gerade die hitzeresiliente Gestaltung von Schulhöfen bietet ein großes Potenzial. Verschattung durch Bäume oder andere geeignete Maßnahmen, der Schutz vor Reflexionen und Wärmestrahlung angrenzender Gebäude sowie gut bewässerte Vegetation, Bäume, Hecken und geeignete Bodenbeläge können die thermische Belastung im Freiraum deutlich reduzieren.« Große, schattenspendende Bäume würden dabei einen besonders wichtigen Beitrag leisten, so der Experte weiter. Im Vergleich zu Rasenflächen können sie durch Verschattung und Verdunstung einen vielfach größeren Beitrag zur Kühlung und Verbesserung des Mikroklimas leisten. »Solche Maßnahmen verbessern nicht nur die Aufenthaltsqualität für Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte, sondern tragen langfristig auch zu einer lokalen Abschwächung des städtischen Wärmeinseleffekts bei.« Allerdings benötigen neu gepflanzte Bäume viele Jahre, um ihre volle Wirkung zu entfalten.

Thermische Behaglichkeit: Mehr als nur Lufttemperatur

Die oben beschriebenen sechs Komfortparameter erfassen die thermische Behaglichkeit deutlich umfassender als die Lufttemperatur allein. Humanphysiologische Komfortmodelle fassen diese Einflussgrößen



Eine sanfte Luftbewegung von 0,8 m/s bei ansonsten gleichen Komfortparametern macht für das thermische Wohlbefinden einen großen Unterschied, wie die obigen Screenshots des CBE Thermal Comfort Tool zeigen.

Tipp:
Das thermische Wohlbefinden an der eigenen Schule mit **Schülerinnen und Schülern** untersuchen

zu Kenngrößen des thermischen Komforts zusammen. Das bekannteste Modell wurde von Ole Fanger entwickelt. Sein Predicted Mean Vote (PMV) beschreibt die mittlere thermische Empfindung einer Personengruppe auf einer Skala von »kalt« bis »heiß«. Im Bereich von $PMV = -0,5$ bis $+0,5$ gelten die Bedingungen als thermisch neutral und behaglich. Positive PMV-Werte stehen für eine zunehmend warme, negative Werte für eine zunehmend kühle Empfindung. Ergänzend beschreibt der Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) den Anteil der Personen, die mit den thermischen Bedingungen unzufrieden sind. Selbst unter optimalen Bedingungen bleiben aufgrund individueller Unterschiede mindestens fünf Prozent der Menschen unzufrieden. Als realistisches Planungsziel gilt daher ein PPD von zehn bis 15 Prozent, was einer Zufriedenheit von 85 bis 90 Prozent der Nutzer entspricht.

Selbst nachrechnen und beurteilen: Ein Beispiel

Mit dem kostenlosen CBE Thermal Comfort Tool der UC Berkeley (s. Infokasten rechts) können Interessierte die beschriebenen Zusammenhänge und Kenngrößen selbst berechnen und verschiedene Szenarien ausprobieren. Betrachtet man beispielsweise einen gut verschatteten Klassenraum mit einer Lufttemperatur und einer mittleren Strahlungstemperatur von jeweils 29 Grad Celsius. Die relative Luftfeuchte beträgt 50 Prozent. Die Kinder sind sommerlich gekleidet ($Clo = 0,5$), sitzen überwiegend ($Met = 1,0$) und es herrscht nahezu keine Luftbewegung ($Air\ speed = 0,1\ m/s$). Der rote Punkt liegt deutlich außerhalb des grünen Komfortbereichs (siehe Screenshot linke

Seite, oben). Unter diesen Bedingungen ergibt das Komfortmodell einen PPD von rund 30 Prozent. Statistisch würden also etwa 30 Prozent der Anwesenden die thermischen Bedingungen als zu warm empfinden. Wird dagegen durch Deckenventilatoren eine sanfte Luftbewegung von etwa $0,8\ m/s$ erzeugt, verbessert sich das Wärmeempfinden deutlich, ohne dass sich die Lufttemperatur verändert. Der wahrgenommene Kühleffekt entspricht bis zu etwa drei Grad Celsius, und der PPD sinkt auf etwa fünf Prozent (siehe Screenshot linke Seite, unten). Das Beispiel zeigt, welchen großen Einfluss Luftbewegung auf die thermische Behaglichkeit haben kann.

• Maria-Rosa Guth / Pia Neuner / Transsolar

THERMISCHES WOHLBEFINDEN BEURTEILEN



Mit dem **CBE Thermal Comfort Tool** der UC Berkeley lässt sich anhand verschiedener Daten wie Lufttemperatur, Luftbewegung, Luftfeuchtigkeit, Bekleidungs- und Aktivitätsgrad das thermische Wohlbefinden berechnen. Befindet sich der rote Punkt im grünen Bereich, ist alles okay:
<https://comfort.cbe.berkeley.edu>

BOBY – alle wichtigen Informationen, Beratungsstellen und Materialien rund um Berufsorientierung und Ausbildung in Bayern

Jetzt informieren!

BOBY.BAYERN.DE