

Leitfaden zur Kühlung in Landesgebäuden

Inhalt:

1. Einführung
2. Ziele
3. Normen, Erlasse und gesetzliche Grundlagen (Stand August 2012)
4. Vorgehensweise zur Prüfung von Kühlung in Landesgebäuden
 - 4.1 Neubau
 - 4.2 Bestand
5. Gewährleistung angemessener sommerlicher Raumtemperaturen
 - 5.1 Bauliche Voraussetzungen
 - 5.2 Bauliche und technische Maßnahmen
 - 5.3 Kühlung mit technischen Anlagen
6. Büroräume
7. Seminar- und Vortragsräume

Anlagen:

- A. Erläuterungen zu Normen, Erlassen und gesetzlichen Grundlagen
- B. Fallbeispiel
- C. Ablaufschema Neubau
- D. Ablaufschema Bestand

1. Einführung

Der Landesbetrieb Vermögen und Bau Baden-Württemberg hat die Aufgabe, Landeseinrichtungen angemessen und wirtschaftlich unterzubringen.

Die Ämter und die Betriebsleitung des Landesbetriebs Vermögen und Bau Baden-Württemberg werden zunehmend mit der Nutzerforderung konfrontiert, Räume, Bereiche oder gesamte Gebäude zu kühlen, für die auch aus wirtschaftlichen Gründen eine Kühlung bisher nicht erfolgt ist.

In den vergangenen Jahren konnten diese Forderungen in den meisten Fällen begründet abgewiesen werden. Die Argumentation gegen eine Kühlung wird jedoch durch die Zunahme der äußeren und inneren Lasten in Verbindung mit gestiegenen Behaglichkeitserwartungen zunehmend erschwert.

Die Problematik nimmt zu, wenn eine maschinelle Be- und Entlüftung aus energetischen oder anderen Gründen zwingend erforderlich wird. Dann stellt sich die Frage, ob und wie die RLT-Anlage im Sommer betrieben wird. In diesem Zusammenhang müssen der Anstieg der sommerlichen Außentemperaturen, die verlängerten Heißwetterperioden der letzten Jahre, die entsprechenden Klimaprognosen für die Zukunft sowie die angepasste Normung und Gesetzgebung berücksichtigt werden.

Um im Hinblick auf die Raumkühlung in Landesgebäuden ein einheitliches Verwaltungshandeln zu gewährleisten, wurden nachfolgend aufgeführte Hinweise und Vorgaben zu einem Leitfaden zusammengefasst.

2. Ziele

Der Leitfaden soll als Entscheidungshilfe für die Beurteilung der Notwendigkeit einer möglichen Kühlung mit dem Ziel einer angemessenen thermischen Behaglichkeit in Landesgebäuden dienen. Nicht behandelt wird die Notwendigkeit für Anlagen zur Prozesskühlung oder für sonstige nutzungsspezifische Kühlanlagen.

Die in dieser Hinsicht zu erfüllenden Normen und technischen Regeln werden aufgeführt. Es wird dargestellt, unter welchen Voraussetzungen einer Kühlung zugestimmt werden kann und in welcher Form gegebenenfalls die Erzeugung der Kälte zu erfolgen hat.

Mit den im Leitfaden beschriebenen Vorgaben und Hinweisen können nicht alle möglichen Randbedingungen und Konstellationen berücksichtigt werden. Insofern wird es auch in der Zukunft Einzelfälle geben, die separat abzustimmen sind.

3. Normen, Erlasse und gesetzliche Grundlagen

Im Wesentlichen bilden folgende Normen, Erlasse und Richtlinien die Grundlage für die Beurteilung, ob und welche Art der Kühlung notwendig ist:

Normen und technische Regeln:

- DIN EN 15251 - Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden, in Verbindung mit
- VDI 4706 – Kriterien für das Raumklima als nationaler Anhang (Vorwort) zur DIN EN 15 251
- DIN 4108-2 – Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden - Teil 2 – Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- ArbeitsstättenVO
- ASR 3.5 (Technische Regeln für Arbeitsstätten)

Bundeserlasse:

- Klimaerlass des Bundes vom 08.12.2008
- Leitfaden Nachhaltiges Bauen des BMVBS vom Februar 2011

Planungshinweise:

- AMEV RLT-Anlagenbau 2011

Auszüge und Erläuterungen zu einzelnen Normen und technischen Regeln sind in der Anlage A dargestellt. Aus der derzeitigen Rechtslage sind im Grundsatz keine Verpflichtungen zur Kühlung von Arbeitsräumen ableitbar.

4. Vorgehensweise zur Prüfung von Kühlung in Landesgebäuden

Eine Kühlung in Landesgebäuden ist erforderlich, wenn nach Ausschöpfen aller baulichen und organisatorischen Maßnahmen die thermischen Behaglichkeitsgrenzen nicht eingehalten werden können.

Die einzelnen Prüfschritte für den Neubau sind in der Anlage C und für die Bestandsgebäude in der Anlage D dargestellt.

4.1 Neubau

Beim Neubau muss durch bauliche Maßnahmen gewährleistet werden, dass der sommerliche Wärmeschutz nach DIN 4108-2 eingehalten wird. Der Nachweis kann über das vereinfachte Verfahren oder über ein ingenieurmäßiges Berechnungsverfahren (thermisch-dynamische Simulationsrechnung) erfolgen. Beide Verfahren berücksichtigen lediglich genormte innere Lasten von $144 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$. Wird der sommerliche Wärmeschutz nach DIN 4108-2 eingehalten, besteht aus baurechtlicher Sicht vom Grundsatz kein Handlungsbedarf im Hinblick auf eine Kühlung, es sei denn im Raum werden übermäßig hohe innere Wärmelasten nachgewiesen. Bei kritischen Räumen kann in einem weiteren Schritt über eine thermisch-dynamische Simulationsrechnung die Notwendigkeit einer Kühlung festgestellt werden.

Die aktuelle Norm DIN 4108-2 lässt eine Überschreitung der als Höchstwerte definierten operativen Raumtemperaturen für 10 % der Aufenthaltszeit zu. Dies entspricht in Anlehnung an den Klimaerlass des Bundes 261 h/a. Als alternativer Nachweis können nach dem Entwurf der DIN 4108-2, Stand 7/2012 (Endmanuskript), im Falle einer dynamisch-thermischen Simulationsrechnung Übertemperaturgradstunden (Kh/a) nachgewiesen werden.

Für Nichtwohngebäude darf in Abhängigkeit der Bezugswerte für die Innentemperaturen der Anforderungswert 500 Kh/a nicht überschritten werden. Hinweis: DIN 4108-2, Stand 7/2012, liegt zum 01.08.2012 zwar im Endmanuskript vor, wurde jedoch noch nicht offiziell verabschiedet.

Für Räume in Landesgebäuden, bei denen die inneren Wärmelasten den Wert von $220 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ nicht überschreiten und die Möglichkeit besteht, über Fenster zu lüften (siehe AMEV RLT), besteht grundsätzlich kein Anspruch auf eine maschinelle Kühlung. Bei der Ermittlung von inneren Lasten ist von realistischen Werten auszugehen. In den meisten Fällen kann auf die Berücksichtigung der Beleuchtungswärme verzichtet werden. Bei der Bemessung von Wärmelasten durch PC, Bildschirm, Drucker, Beamer etc. ist davon auszugehen, dass diese Geräte nicht während der gesamten Nutzungszeit mit der maximalen Stromaufnahme betrieben werden. Bei der Personenwärme genügt die Berücksichtigung der sensiblen (trockenen) Wärmelast in Höhe von 70 W/Person bei sitzender Tätigkeit.

Ein Anspruch des Nutzers auf Begrenzung der Raumtemperatur auf einen bestimmten Maximalwert besteht nicht, bzw. nur bedingt im Rahmen der Vorgaben der DIN 4108-2.

Alternativ können Kriterien für maximal zulässige operative Raumtemperaturen nach DIN EN 15 251, Kat. III festgelegt werden. Für maschinell gekühlte Räume betragen diese dann bis 27°C . Für Räume, die nicht maschinell gekühlt werden, hängt die Höhe der oberen Grenze der operativen Raumtemperatur vom gleitenden Mittelwert der Außentemperatur ab. Beträgt beispielsweise der gleitende Mittelwert der Außentemperatur 21°C ist eine operative Raumtemperatur nach Kategorie III von ca. 30°C zulässig. Es gilt dann die Abweichungshäufigkeit nach VDI 4706.

In beiden Fällen - Gebäude mit und ohne maschinelle Kühlung - sind Überschreitungen der oberen Grenze der operativen Raumtemperaturen vor allem bei erhöhten Außentemperaturen von z. B. größer 32°C möglich und im Einzelfall mit dem Nutzer im Vorfeld festzulegen. Auch bei Realisierung einer Zuluftkühlung über regenerative Maßnahmen oder einer Raumkühlung mit einer Bauteilaktivierung kann die Grenztemperatur angehoben werden.

4.2 Bestandsgebäude

Die thermische Behaglichkeit ist vorrangig durch bauliche Maßnahmen zu verbessern, z. B. durch Nachrüstung eines außen liegenden Sonnenschutzes oder Verwendung von Sonnenschutzverglasungen. Erfolgt eine grundlegende Sanierung des Gebäudes, ist nach den in Anlage C dargestellten Vorgaben für Neubauten zu verfahren.

Im Bestand und bei Teilsanierungen, Nutzungsänderungen, Neubelegungen etc. erfolgen die Bewertung der inneren Lasten und die Entscheidung für eine Kühlung in Anlehnung an die AMEV RLT 2004. Eine innere Last bis 50 W/m^2 ist zu tolerieren. Muss für die Ermittlung der inneren Lasten im Ausnahmefall die Beleuchtung hinzuaddiert werden, ist der Einsatz von energieeffizienter Beleuchtung zu prüfen und im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit einer maschinellen Kühlung gegenüber zu stellen. Das weitere Vorgehen ist in der Anlage D beschrieben.

5. Gewährleistung angemessener sommerlicher Raumtemperaturen

5.1 Bauliche Voraussetzungen

Baulich müssen Landesgebäude die Voraussetzungen für behagliche Raumtemperaturen erfüllen. Hierbei haben RLT- und Kälteanlagen nicht den Zweck, nachteilige Auswirkungen bautechnisch und bauphysikalisch unzureichender Bauweisen auszugleichen. Bereits bei der Planung muss daher folgendes beachtet werden:

- Begrenzung des Glasanteils auf max. 50 % der Fassadenfläche, evtl. Einsatz von Sonnenschutzglas
- Einbau eines möglichst außen liegenden Sonnenschutzes, evtl. mit Tageslichtlenkung zur Vermeidung von künstlichem Licht zeitgleich mit Verschattung
- Minimierung interner Wärmelasten (u. a. effiziente Beleuchtungslösungen mit LED)

- Ausrichtung des Gebäudes, richtige Anordnung kritischer Räume
- Schaffung von wirksamen Speichermassen (Wand, Decke). Diese sind häufig Voraussetzung für ein funktionierendes Nachtkühlungskonzept.

5.2. Bauliche und technische Maßnahmen

Können mit baulichen Maßnahmen behagliche sommerliche Raumtemperaturen unter Berücksichtigung des zulässigen Überschreitungswertes nach DIN 4108-2 nicht erreicht werden, sind folgende weiteren Maßnahmen zu untersuchen:

- Nachtkühlung, evtl. ventilatorgestützt, falls die baukonstruktiven Voraussetzungen vorliegen
- Sonnenschutzglas unter Berücksichtigung und Akzeptanz der geringeren Lichtdurchlässigkeit und der ungünstigeren Eigenschaften beim winterlichen Wärmeschutz
- Adiabate Kühlung bei ohnehin erforderlicher RLT-Anlage
- Geothermie (Erdkälte) bei Vorhandensein einer Bauteilaktivierung, evtl. in Verbindung mit einer Wärmepumpe WP. Der passive WP-Betrieb (also ohne Kompression) ist vorzuziehen, es sollen nur die Erdsonden genutzt werden.
- Nutzung von Grundwasser oder Brunnenwasser für den Sommerbetrieb einer Betonkerntemperierung
- Einsatz von regenerativer Kühlung (Sorptionskühlung mit Energie über Sonne, Einsatz von PCM)
- Eigenstromerzeugung über Photovoltaik für Betrieb einer Kältemaschine

5.3 Kühlung mit technischen Anlagen

Bevor Räume mit einer RLT-Anlage und/oder mit maschinell erzeugter Kälte gekühlt werden, muss die Effektivität der unter Ziffer 5.2 in Frage kommenden Alternativen geprüft werden. Die Prüfung ist zu dokumentieren.

Zu beachten ist, dass bei einer Kühlung von Gebäuden ausschließlich mit maschinell erzeugter Kälte der Nachweis für die aus Gründen der Vorbildfunktion eingeführte Unterschreitung der EnEV vielfach nicht möglich ist.

Wird für die hier betrachteten Räume oder Bereiche eine maschinelle Belüftung erforderlich (z. B. weil der hygienisch erforderliche Luftwechsel nicht über die Fensterlüftung erreicht werden kann) und kann der einzelne Mitarbeiter die Zuluft nicht individuell einstellen, kann unter Beachtung von Abschnitt 5.2 eine Zuluft- oder Raumkühlung vorgesehen werden. Dies gilt, falls durch die eingebrachte Wärme der nicht konditionierten Zuluft in Summe mit den inneren Lasten die Werte der Anlage C (Neubau: $220 \text{ Wh/m}^2 \cdot \text{d}$) oder Anlage D (Bestand: 50 W/m^2) überschritten werden. Die Notwendigkeit der maschinellen Be- und Entlüftung richtet sich in erster Linie nach der aktuellen AMEV RLT-Anlagenbau.

Eine nicht maschinelle Kühlung der Zuluft über z. B. eine adiabate Abluftkühlung oder über Erdkälte ist der maschinellen Kühlung stets vorzuziehen, falls diese nicht ohnehin im Gebäude vorhanden ist, oder insgesamt betrachtet die wirtschaftlichere Lösung darstellt. Die Luftansaugung sollte für Systeme dieser Art möglichst auf der Nordseite erfolgen.

Ist es erforderlich, z. B. innen liegende Flure, Umkleiden, WC-Bereiche, Lager Räume maschinell zu belüften, so erfolgt dies ohne Kühlung der Zuluft. Bei Vorhandensein einer Teilklimaanlage (für andere Bereiche) kann es jedoch wirtschaftlicher sein, die untergeordneten Bereiche ebenfalls mit gekühlter Zuluft zu versorgen.

Sinnvoll ist auch die Betrachtung der Nachtkühlung in Verbindung mit dem Speichervolumen des Raumes und dem Ziel, die Temperaturspitzen im Raum in den Spätnachmittag zu verschieben.

6. Büroräume

Für Büroräume wird grundsätzlich keine Notwendigkeit einer maschinellen Be- und Entlüftung sowie einer Kühlung gesehen. Der hygienisch erforderliche Luftwechsel muss über die Fensterlüftung realisiert werden. Dies gilt, so lange die Fensterlüftung nachgewiesen wirtschaftlicher ist, als die Be- und Entlüftung mit einer RLT-Anlage. Bei ungünstigen Voraussetzungen und dauerhaft nicht zumutbaren Überschreitungen der Raumtemperaturen kann bei Vorhandensein von Speichermassen eine Nachkühlung über Fenster oder Fassadenflächen realisiert werden. Eventuell unterstützt durch Einsatz eines über die Gebäudeleittechnik gesteuerten Ventilators und Überströmung der Luft in einen Flur.

7. Seminar- und Vortragsräume

Bei Seminar- und Vortragsräumen muss unter Umständen neben der Begrenzung der Raumtemperaturen auch die Begrenzung des CO₂-Anteils in der Raumluft berücksichtigt werden. Kann dieser nicht oder nur unzureichend ganzjährig über eine Fensterlüftung innerhalb zu vertretender Grenzen gehalten werden, wird unter Umständen der Einbau einer maschinellen Be- und Entlüftungsanlage erforderlich. Um zu vermeiden, im Sommer überwärmte Außenluft in den Raum einzublasen, muss abgewogen werden, ob eine erforderliche Be- und Entlüftungsanlage mit einer Möglichkeit zur Kühlung der Zuluft ausgestattet wird. Alternativ könnte die Anlage nur im Winter betrieben werden (Nutzung der WRG, Erfüllung EnEV, keine Zugerscheinung durch permanent geöffnete Fenster), während im Sommer ausschließlich über die Fenster gelüftet wird.

Erläuterungen

Normen und technische Regeln:

- **DIN EN 15251 - Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden**

Beschreibung von Temperaturgrenzen. Es wird zwischen maschinell gekühlten Gebäuden und Gebäuden ohne Kühlung unterschieden.

DIN EN 13779 – Lüftung von Nichtwohngebäuden (als „Nachfolger“ u. a. der DIN 1946-2) verweist bei den Raumbedingungen (Temperatur) auf die DIN EN 15251. Diese wiederum empfiehlt über Tabelle A.2 eine Temperatur von 26 °C als Standardwert für die Auslegung der Kühlung in Bürogebäuden. Je nach Kühlsystem und Raumanforderungen können auch höhere Auslegungstemperaturen gewählt werden. Die DIN 13779 verweist auf vertragliche Regelungen zur Festlegung der Raumtemperatur zwischen den am Bau Beteiligten. Als Anhang zur DIN EN 15251 wird die VDI Richtlinie 4706 „Kriterien für das Innenraumklima“ aufgenommen. Sie gibt Empfehlungen für die operative Raumtemperatur als Auslegungstemperatur an. Für Neubauten und Bestandsgebäude wird als Auslegungskriterium die Kategorie II der DIN EN 15251 mit einem Toleranzbereich von 2 K angegeben. Es wird darüber hinaus eine Sollwertabweichung definiert, die eine weitere Überschreitung von 1 % der Nutzungszeit zulässt.

- **DIN 4108-2 – Wärmeschutz und Energieeinsparung im Hochbau, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz**

Im Juli 2012 wurde ein neuer Entwurf der DIN 4108-2 - Wärmeschutz und Energieeinsparung von Gebäuden, aufgestellt. Abschnitt 8 behandelt Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz. Im neuen Entwurf wurde das Nachweisverfahren für den sommerlichen Wärmeschutz überarbeitet. Das bisherige vereinfachte Verfahren (zulässiger Sonneneintragswert) kann als vereinfachtes Verfahren weiterhin genutzt werden. Für die alternativ anwendbare thermisch-dynamische Simulationsrechnung ändern sich die Randbedingungen. An Stelle der bisherigen Forderung einer zulässigen Tem-

peraturüberschreitung an maximal 10 % der Aufenthaltszeit wird eine Über-
temperaturgradstundenzahl (Kelvinstunden pro Jahr) eingeführt. Gemäß Ent-
wurf soll für Nichtwohngebäude eine maximale Übertemperaturgradstunden-
zahl von 500 Kh/a vorgegeben werden.

Hinweis: DIN 4108-2, Stand 7/2012, liegt zum 24.07.2012 zwar im Endmanu-
skript vor, wurde jedoch noch nicht offiziell verabschiedet.

Sowohl die derzeit gültige, als auch die Entwurfsfassung weisen ausdrücklich
darauf hin, dass auch im Falle der Kühlung eines Gebäudes die Anforderun-
gen an den sommerlichen Wärmeschutz erfüllt sein müssen.

- **ArbeitsstättenVO**

Sie enthält keine verbindliche Aussage zu Raumtemperaturen („gesundheitlich
zuträgliche Raumtemperatur“)

- **ASR 3.5 (Technische Regeln für Arbeitsstätten)**

ASR 3.5 (Juni 2010):

Die Lufttemperatur in Arbeitsräumen und den in Absatz 4 genannten Räumen
soll 26 °C nicht überschreiten. Bei Außenlufttemperaturen über 26 °C sollen
unter der Voraussetzung, dass geeignete Sonnenschutzmaßnahmen getroffen
sind, beim Überschreiten einer Lufttemperatur im Raum von 26 °C Maßnah-
men, z. B. nach Tabelle 4, ergriffen werden.

Bei Überschreitung der Lufttemperatur im Raum von 30 °C **müssen** wirksame
Maßnahmen gemäß Tabelle 4 ergriffen werden, welche die Belastung der Be-
schäftigten reduzieren.

Tabelle 4: Beispielhafte Maßnahmen

	Beispielhafte Maßnahmen
a)	effektive Steuerung des Sonnenschutzes (z. B. Jalousien auch nach der Arbeitszeit geschlossen halten)
b)	effektive Steuerung der Lüftungseinrichtungen (z. B. Nachtauskühlung)
c)	Reduzierung der inneren thermischen Lasten (z. B. elektrische Geräte nur bei Bedarf betreiben)
d)	Lüftung in den frühen Morgenstunden
e)	Nutzung von Gleitzeitregelungen zur Arbeitszeitverlagerung
f)	Lockerung der Bekleidungsregelungen
g)	Bereitstellung geeigneter Getränke (z. B. Trinkwasser)

Quelle: ASR (Technische Regeln für Arbeitsstätten)

Bundeserlasse:

- **Klimaerlass des Bundes vom 08.12.2008**

Hier werden zwei versch. Gebäudetypen A und B definiert. Es werden für Gebäude mit RLT (Gebäudetyp B) die Temperaturgrenzen der Kategorien II (Neubau) und III (Sanierung) der DIN EN 15251 zu Grunde gelegt und als Obergrenzen definiert. Bei einer typischen Anwesenheitszeit von 10 h an Werktagen ergeben sich 261 Arbeitstage bzw. 2.610 Stunden. Diese werden für die weitere Bewertung herangezogen.

Die Richtlinie wurde in Baden-Württemberg nicht eingeführt.

- **Leitfaden Nachhaltiges Bauen des BMVBS vom Februar 2011**

Verpflichtende Vorgaben für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes im Bereich von RBBau und ZBau.

Im Hinblick auf die Vorgehensweise wird auf den Klimaerlass des Bundes von 2008 verwiesen.

Planungshinweise:

- **AMEV RLT-Anlagenbau 2011**

Abschnitt 1.3 orientiert sich an der Klimarichtlinie des Bundes und an der DIN 4108-2. Diese bewerten einen Raum u. a. dann als ungünstig, wenn die internen Wärmegewinne $> 144 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ betragen.

Fallbeispiel

Nachfolgend wird die Vorgehensweise am Beispiel des Vortragsraums 138 im Rotenbühlbau in Stuttgart erläutert:

Raumdaten:

Grundfläche A	100 m ² (B = 6,65 m, L = 15,10 m)
Höhe	3,40 m
Fensterfläche	24,95 m ² , Süd
Sitzplätze	60

Die Raumumschließungsflächen sind massiv ausgeführt. Die Innenwand zum Flur besteht aus Mauerwerk und weist eine Stärke von 60 cm auf. Die Decke ist mit raumakustischen Elementen versehen und daher nur bedingt speicherfähig, was zu der Einstufung „mittelschwere Bauart“ führt.

Der sommerliche Wärmeschutz wurde nach folgenden Vorgaben überprüft:

- Vereinfachter Nachweis DIN 4108-2, Juli 2003
- Vereinfachter Nachweis DIN 4108-2, Juli 2012 (Endmanuskript)
- Thermisch-dynamische Simulationsrechnung unter Normbedingungen nach DIN 4108-2, Juli 2012 (innere Lasten 1.600 W, Nutzungszeit 8:00 – 17:00 Uhr)
- Thermisch-dynamische Simulationsrechnung unter Realbedingungen nach DIN 4108, Juli 2012 (innere Lasten 5.000 W, Nutzungszeit 8:00 – 17:00 Uhr)

Der Standort Stuttgart wird als sommerheiße Klimaregion eingestuft. Als Grundlage für die thermische Simulation wird der Klimadatensatz „Deutschland TRY“ verwendet. Die Norm DIN 4108-2 (Juli 2012) gibt den Klimadatensatz „Normaljahr TRY-Zone 12 (2011)“ vor, welcher etwas höhere Außentemperaturen aufweist und zu einer größeren Temperaturüberschreitung führt.

Ergebnisse vereinfachter Nachweis

Grundlage Nachweis	Sonneneintragskennwert $S_{\text{zulässig}}$	Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorhanden}}$	Anforderung
DIN 4108-2, Juli 2003 (derzeit gültige Fassung)	0,055	0,119	nicht erfüllt
Sonnenschutz verbessert	0,055	0,037	erfüllt
DIN 4108-2, Juli 2012 (Endmanuskript)	0,008	0,119	nicht erfüllt
Sonnenschutz verbessert	0,008	0,037	nicht erfüllt
Mit Nachtlüftung und Sonnenschutz verbessert	0,074	0,037	erfüllt ¹⁾

- 1) Die Nachtlüftung setzt voraus, dass die Luftwechselrate $> 2 \text{ h}^{-1}$ beträgt. Dies ist durch eine Fensterlüftung nicht möglich. Insofern hat diese Variante nur informativen Charakter.

Nach der derzeit geltenden Fassung der DIN 4108-2 kann der Nachweis für den Raum 138 durch die Verbesserung des Sonnenschutzes erbracht werden. In der neuen Fassung der Norm werden die Berechnungen des vorhandenen Sonneneintragskennwerts verschärft. Vor allem die Bewertung der Klimaregion in Verbindung mit der Speichermasse und einer vorhandenen gezielten Nachtlüftung sind wichtige Parameter, um den Nachweis führen zu können. Der Besprechungsraum bietet derzeit keine Möglichkeit einer effektiven Nachtlüftung und startet den Nachweis unter schlechten Bedingungen, die durch andere Parameter nicht mehr ausgeglichen werden können.

Ergebnisse thermisch-dynamischer Simulationsrechnung

Grundlage Nachweis	Zulässige Überschreitung der operativen Raumtemperatur 27 °C h/a	Vorhandene Überschreitung der operativen Raumtemperatur 27 °C h/a	Anforderung
Thermische Simulation unter Normbedingungen	261	34	erfüllt
Thermische Simulation unter Realbedingungen	261	548	nicht erfüllt
- Mit Nachtlüftung ($n=1,2 \text{ h}^{-1}$) und Sonnenschutz verbessert	261	283	nicht erfüllt
- Mit erhöhter Nachtlüftung ($n=2,0 \text{ h}^{-1}$) und Sonnenschutz verbessert	261	258	erfüllt
- Mit erhöhter Nachtlüftung und Sonnenschutz verbessert, ohne Speichermasse ¹⁾	261	362	nicht erfüllt

¹⁾ Vergleichsrechnung zur Überprüfung des Einflusses der Speichermasse

Auch durch die thermisch-dynamische Simulationsrechnung auf Grundlage der DIN 4108-2, Juli 2012, wird deutlich, dass für den Raum 138 ein baurechtlicher Nachweis für den sommerlichen Wärmeschutz geführt werden kann. Setzt man jedoch reale thermische Lasten für die Nutzung an (z. B. 60 Personen, Beamer, Rechner u. ä. - das entspricht hier ca. 50 W/m^2), ist mit einer erheblichen Überschreitung der operativen Raumtemperatur zu rechnen. In diesem Fall kann der Nachweis nur durch Nachtlüftung und eine Verbesserung des Sonnenschutzes erbracht werden. Die dargestellten Ergebnisse wurden mit dem Wetterdatensatz „Normaljahr TRY-Zone 12 (2011)“ errechnet.

Alternativ zur dargestellten Überschreitung der operativen Raumtemperatur kann nach DIN 4108-2, Juli 2012, bei der Durchführung einer thermisch-dynamische Simulationsrechnung der Nachweis mit Hilfe von Übertemperaturgradstunden geführt werden. Für Nichtwohngebäude wird hierfür ein Anforderungswert von maximal 500 Kelvin-Stunden pro Jahr (Kh/a) genannt. Diese Betrachtung bewertet nicht nur die Dauer einer bestimmten Temperaturüberschreitung (27 °C), sondern berücksichtigt

auch die jeweilige Höhe der Überschreitung. Setzt man für die operative Raumtemperatur ϑ_{op} einen Bezugswert von 27 °C an, ergibt sich folgende Bewertung:

Grundlage Nachweis	Zulässige Über- temperatur- gradstunden Kh/a	Vorhandene Über-temperatur- gradstunden Kh/a	Anforderung
Thermische Simulation unter Normbedingungen	500	12	erfüllt
Thermische Simulation unter Realbedingungen	500	916	nicht erfüllt
- Mit Nachtlüftung ($n=1,2 \text{ h}^{-1}$) und Sonnenschutz verbessert	500	418	erfüllt
- Mit erhöhter Nachtlüftung ($n=2,0 \text{ h}^{-1}$) und Sonnenschutz verbessert	500	366	erfüllt
- Mit erhöhter Nachtlüftung und Sonnenschutz verbessert ohne Speichermasse	500	641	nicht erfüllt

Fazit:

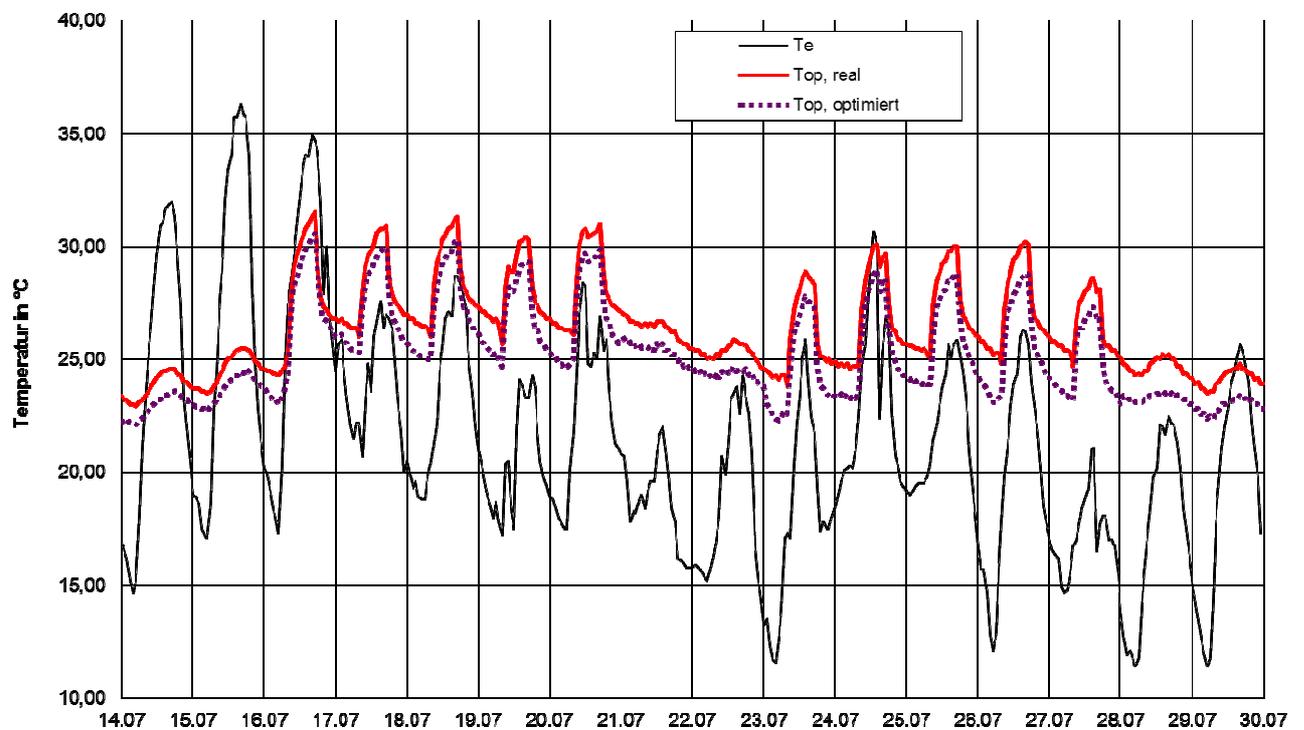
Die Simulation für Raum 138 zeigt, dass die operative Raumtemperatur auch in den Sommermonaten den kritischen Wert (27 °C) nur im zulässigen Rahmen überschreitet. Für die Erfüllung der Norm werden zwar eine Ertüchtigung des Sonnenschutzes sowie die Möglichkeit einer effektiven Nachtkühlung erforderlich, auf eine maschinelle Kühlung könnte jedoch verzichtet werden.

Begünstigt wird dieses Ergebnis in erheblichem Maße durch die vorhandenen Randbedingungen. Beim Raum 138 sind dies die erheblich wirksamen Speichermassen der Umfassungsflächen. Eine rechnerische Simulation des Raumes mit Materialien und Materialstärken in Leichtbauweise zeigt, dass dann auf eine maschinelle oder regenerative Kühlung nicht mehr verzichtet werden kann.

Grafische Darstellung der operativen Raumtemperatur für den Zeitraum vom 14.07 bis zum 29.07 unter realen und optimierten Bedingungen mit Nachtlüftung und verbessertem Sonnenschutz

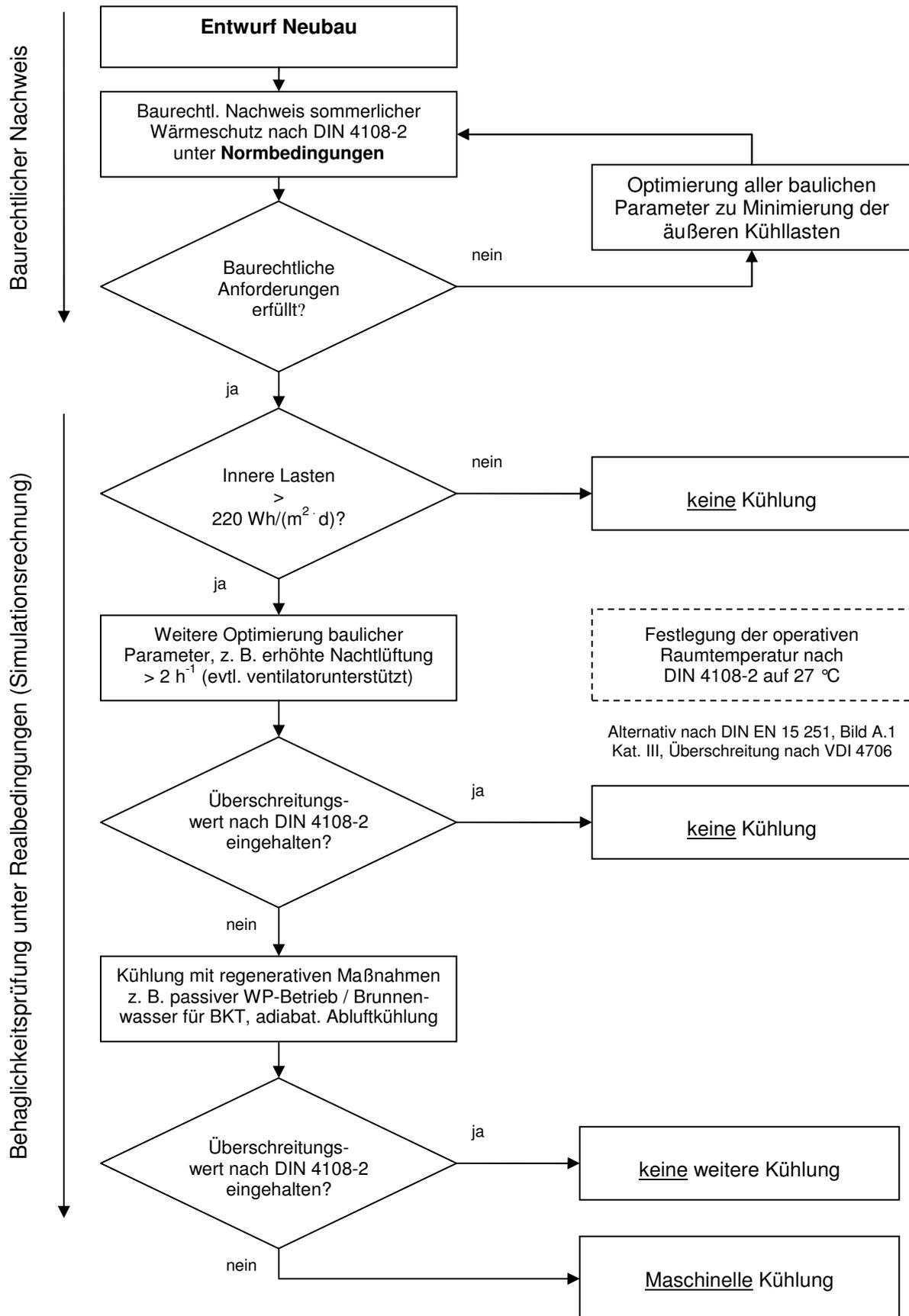
Dargestellte Temperaturverläufe:

- T_e : Außentemperatur
- $T_{op, real}$: Operative Raumtemperatur unter Realbedingungen
- $T_{op, real, optimiert}$: wie zuvor mit optimierter Verschattung ($F_c = 0,25$)
Nachtlüftung ($n = 1,2 \text{ h}^{-1}$)



Die operative Raumtemperatur ist für die verbesserte Ausführung (Sanierungsmaßnahme) um ca. 2 K geringer.

Ablaufschema Neubau



Ablaufschema Bestand

