



*Prof. Dr. Dipl.-Phys. Ch. Geyer
Bauphysik
Bernere Fachhochschule
Biel, Schweiz*

Sommerlicher Wärmeschutz in Wohngebäuden aus Holz

Aktuelle Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung

Sommerlicher Wärmeschutz in Wohngebäuden aus Holz

Aktuelle Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung

Einleitung

Die Bedeutung des sommerlichen Wärmeschutzes nimmt aufgrund gestiegener Komfortbedürfnisse der Nutzer und dem Risiko steigender Temperaturen aufgrund des Klimawandels zu.

Daher wurde der sommerliche Wärmeschutz von Wohngebäuden in Holzbauweise im Rahmen eines Forschungsprojekts systematisch untersucht [1]. Der Einfluss verschiedener Parameter des Gebäudes und der Nutzung auf die Temperaturen im Gebäude im Sommer wurde studiert.

Sommerlicher Wärmeschutz und thermische Behaglichkeit

Der sommerliche Wärmeschutz von Gebäuden soll die thermische Behaglichkeit während der Sommermonate sicherstellen.

Die Beurteilungsgrößen der thermischen Behaglichkeit werden in EN ISO 7730 [2] mit dem PMV- und PPD-Index zur Voraussage der erwarteten durchschnittlichen Beurteilung der thermischen Behaglichkeit bzw. des erwarteten prozentualen Anteils der Personen, die mit der thermischen Behaglichkeit nicht zufrieden sind, definiert.

Diese beiden Größen definieren die thermische Behaglichkeit am exaktesten. Allerdings sind zu ihrer Bestimmung eine Reihe von Eingangsparametern wie Temperaturgradienten, Zuglufterscheinungen, empfundene Temperaturen, Wärmedämmwert der Bekleidung und Tätigkeit der Person erforderlich. Damit erfordert sowohl ihre Prognose als auch ihre messtechnische Bestimmung einen sehr hohen Aufwand. Daher haben sich diese Beurteilungsgrößen in der praktischen Planung von Gebäuden bisher nicht durchgesetzt.

Vielmehr wird in den einschlägigen Richtlinien, mit einer Reihe von vereinfachenden Annahmen versucht, Anforderungen an Raumlufttemperaturen oder an Gebäudeeigenschaften abzuleiten, die sich einfacher nachweisen lassen.

Auch in der Schweizer Norm SIA 382/1:2007 „Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen“ [3] werden aus den Anforderungen an die thermische Behaglichkeit nach EN ISO 7730 Anforderungen an die Raumlufttemperaturen abgeleitet. Diese Richtlinie definiert zunächst für konditionierte Räume, deren Temperatur im Winter durch eine Heizung und im Sommer durch eine Kühlung kontrolliert wird, einen zulässigen Temperaturbereich in Abhängigkeit des Tagesmaximums der Aussenlufttemperatur. Abbildung 1 zeigt den zulässigen Temperaturbereich als hellblau hinterlegte Fläche, die sich zwischen der unteren Grenzkurve (gestrichelte Linie) und der oberen Grenzkurve (rote Linie) befindet.

In nicht konditionierten Räumen ohne Kühlung kann kein maximaler Wert für die auftretenden Raumlufttemperaturen gewährleistet werden. Es wird daher für diese Art von Räumen eine maximal zulässige Überschreitungsdauer definiert, während der die Raumlufttemperaturen die obere Grenzkurve der SIA 382/1 überschreiten dürfen. Die SIA 382/1 legt diese maximal zulässige Überschreitungsdauer der oberen Grenzkurve mit 100 h pro Jahr fest.

Wird dieser Wert für die maximale Überschreitungsdauer überschritten, ist eine Kühlung des Raumes erforderlich.

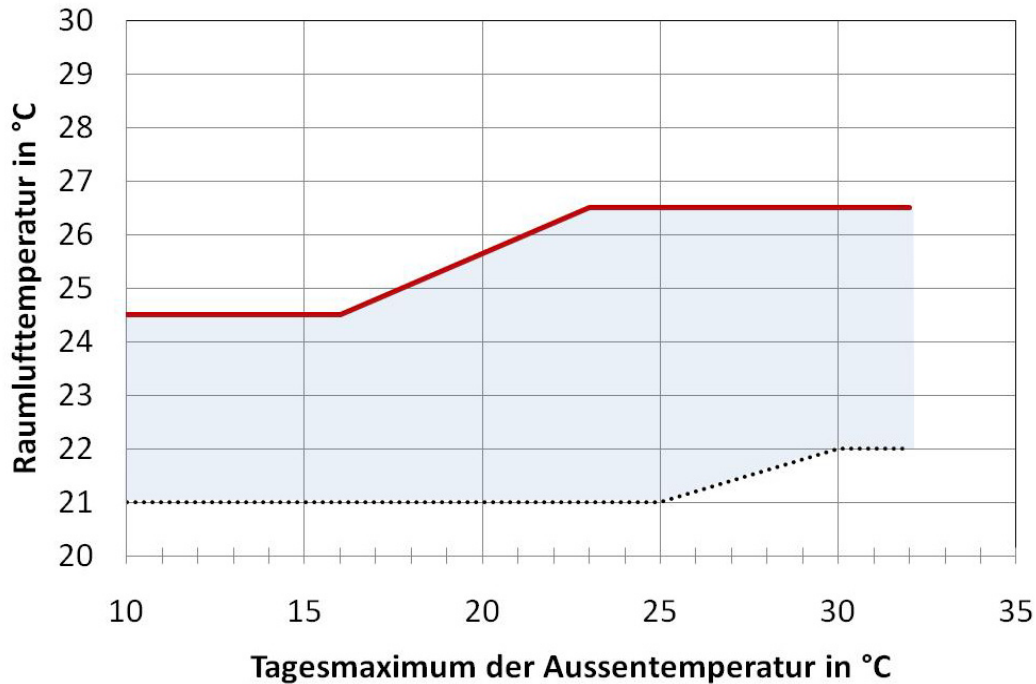


Abbildung 1:
Zulässiger Temperaturbereich der Raumluft als Funktion des Tagesmaximums der Aussentemperatur nach SIA 382/1 (hellblaue Fläche). Die rote Kurve bezeichnet die obere Grenzkurve des Temperaturbereichs, die schwarze gestrichelte Kurve die untere Grenzkurve.

Referenzgebäude

Die Parameterstudie wird anhand eines Referenzgebäudes durchgeführt. Sowohl die Bauteile als auch die Räume des Referenzgebäudes sollen möglichst gut den Gebäuden der Praxis entsprechen. Um eine Übersicht der heute üblichen zur Anwendung kommenden Konstruktionsarten zu erhalten, wurden sowohl Daten der Studierenden der Technikerschule an der Berner Fachhochschule in Biel als auch Aufbauten der Mitgliederfirmen vom Schweizerischen Verband für geprüfte Qualitätshäuser VGQ erfasst und ausgewertet.

Aus der Raum- und Fensteranalyse dieser Gebäude wurde ein Referenzgebäude erstellt. In Abbildung 2 sind die Grundrisse vom Erd- und Obergeschoss dargestellt.

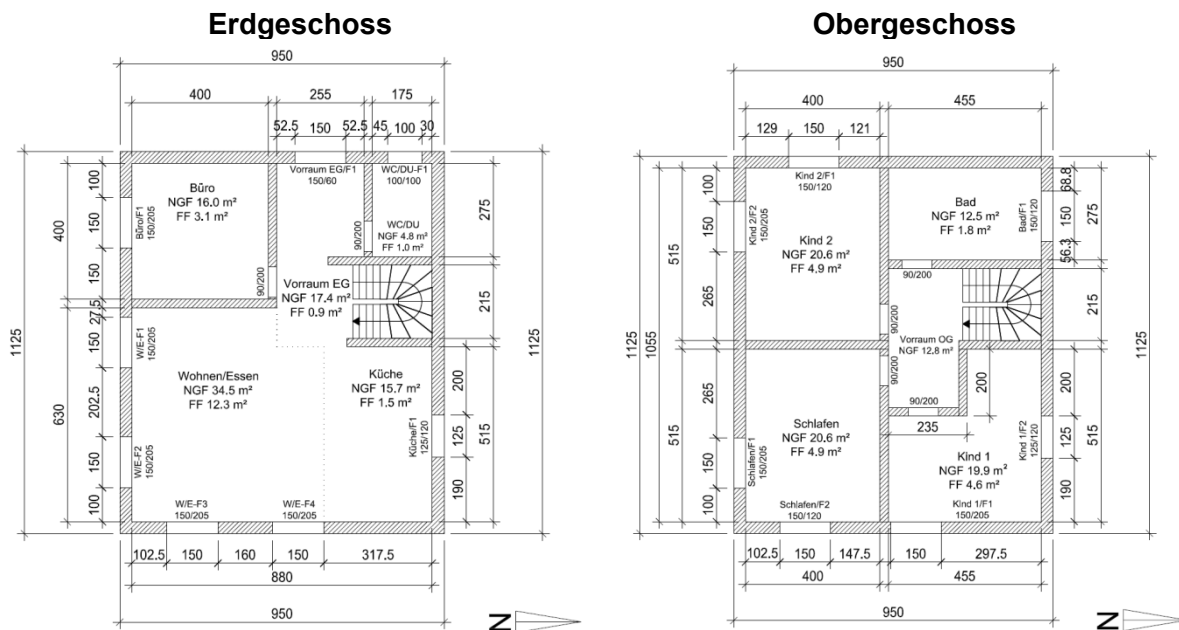


Abbildung 2:
Grundrisse der beiden Geschosse des Referenzgebäudes mit mittleren Glasflächen. Die Nettogrundfläche ist mit NGF, die Fensterfläche ist mit FF bezeichnet.

Varianten des Referenzgebäudes

Aus der Bauteilanalyse der Gebäude wurden verschiedene wirksame Wärmespeicherfähigkeiten für die Räume ermittelt. Um eine möglichst grosse Bandbreite der Bauweisen zu erfassen, wurden die Bauteile so ausgewählt, dass sich drei Varianten der Bauweisen mit unterschiedlicher wirksamer Wärmespeicherfähigkeit ergeben:

- Holzrahmenbau mit einfacher Beplankung der Wände und Decken mit Holzfussboden mit einer wirksamen Wärmespeicherfähigkeit des gesamten Gebäudes von $24 \text{ Wh/m}^2 \cdot \text{K}$
- Holzrahmenbau mit doppelter Beplankung der Wände und Decken mit Zementunterlagsboden mit einer wirksamen Wärmespeicherfähigkeit des gesamten Gebäudes von $47 \text{ Wh/m}^2 \cdot \text{K}$
- Massivholzbau mit Zementunterlagsboden mit einer wirksamen Wärmespeicherfähigkeit des gesamten Gebäudes von $50 \text{ Wh/m}^2 \cdot \text{K}$
- Massivbacksteinbau mit einer wirksamen Wärmespeicherfähigkeit des gesamten Gebäudes von ca. $75 \text{ Wh/m}^2 \cdot \text{K}$

Die Glasflächen des Referenzgebäudes werden auf Grund der Raumanalyse innerhalb der ermittelten Variationsbreite (Minimal-, Maximal- und Mittelwerte) angepasst. Daraus ergeben sich für das gesamte Gebäude drei verschiedene Glasflächenzahlen z_g (Glasfläche bezogen auf Nettogrundfläche A_g / A_{NGF}) bzw. Glasanteile f_g (Glasfläche bezogen auf Bruttofassadenfläche A_g / A_F). In der folgenden Tabelle (Tabelle 1) ist eine Übersicht der Glasflächenanteile der drei Varianten zu finden. Zusätzlich werden die Nettogrundfläche und die Orientierung der einzelnen Räume aufgelistet.

Tabelle 1:
Zusammenstellung der Glasflächenzahlen / Glasanteile der Räume des Referenzgebäudes

Raumliste			Raumdaten	Glasfläche			Glasfläche			Glasfläche		
				$z_g = 0.08; f_g = 0.06$			$z_g = 0.17; f_g = 0.12$			$z_g = 0.31; f_g = 0.22$		
Gesch.	Bezeichnung	Orient.	Nettogrundfläche	Fläche	z_g	f_g	Fläche	z_g	f_g	Fläche	z_g	f_g
			A_{NGF} m ²	m ²	-	-	m ²	-	-	m ²	-	-
Erdgeschoss	Wohnen/Essen	O, S	34.5	4.90	0.14	0.11	10.46	0.30	0.23	16.03	0.46	0.35
	Küche	N, O	15.7	0.31	0.02	0.02	1.28	0.08	0.08	4.01	0.26	0.26
	(W/E-Küche)*	N, O, S	50.2	5.20	0.10	0.09	11.73	0.23	0.19	20.04	0.40	0.33
	WC/DU	W, N	4.8	0.43	0.09	0.03	0.85	0.18	0.06	1.70	0.35	0.12
	Büro	S, W	16.0	1.53	0.10	0.06	2.61	0.16	0.11	6.10	0.38	0.25
	Flur	-	17.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obergeschoss	Schlafen	O, S	20.6	2.07	0.10	0.07	4.14	0.20	0.14	6.27	0.30	0.21
	Kind 1	N, O	19.9	2.07	0.10	0.07	3.89	0.20	0.12	8.02	0.40	0.25
	Kind 2	S, W	20.6	2.07	0.10	0.07	4.14	0.20	0.14	8.02	0.39	0.27
	Bad	W, N	12.5	1.28	0.10	0.05	1.53	0.12	0.06	3.49	0.28	0.14
	Flur/Treppe	-	12.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GEBÄUDE			174.8	14.65	0.08	0.06	28.90	0.17	0.12	53.63	0.31	0.22

*Wohnen/Essen und Küche als ein Raum betrachtet

Fassadenfläche des Gebäudes: 248.17 m²

Ergebnisse der Thermischen Gebäudesimulation

Für jede Variante wird eine thermische Gebäudesimulation mit der Software „IDA ICE“ für das Referenzgebäude durchgeführt, um die Überschreitungsdauern der oberen Grenzkurve durch die Raumlufttemperaturen nach SIA 382/1 zu bestimmen.

Einfluss des Glasanteils f_g und der Bedienung des Sonnenschutzes

Für jeden Raum wird ein Lüftungsprofil, also die Zeitdauer, in der das Fenster ganz geöffnet oder gekippt wird, definiert. Damit wird die zeitabhängige Lüftungsrate als Funktion der Temperaturdifferenz zwischen Innen und Aussen und der Druckunterschiede infolge Windanströmung berücksichtigt.

Durch die Lüftung des Gebäudes werden die solaren Energieeinträge aus dem Gebäude abgeführt und so die Überschreitungsdauern der oberen Grenzkurve nach SIA 382/1 reduziert.

Der solare Energieeintrag über die Fenster wird neben dem Glasanteil auch massgeblich von der Verschattung der Fenster und damit von der Betätigung des Sonnenschutzes beeinflusst. Es wird zwischen einer wenig genutzten und einer gut genutzten Verschattung unterschieden.

Wird der aussenliegende Sonnenschutz wenig genutzt, steigen die Überschreitungsstunden mit dem Glasanteil an (siehe Abbildung 3). Der Anstieg ist umso grösser, je geringer die wirksame Wärmekapazität des Gebäudes ist.

Wird hingegen der Sonnenschutz gut genutzt, steigen die Überschreitungsstunden im Vergleich zu der wenig genutzten Verschattung mit zunehmendem Glasanteil f_g wesentlich langsamer an. In Abbildung 4 sind die Überschreitungsdauern als Funktion des Glasanteils f_g dargestellt.

Bei einem Glasanteil von $f_g = 0.06$ und einem Holzbau mit einer wirksamen Wärmekapazität von $24 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ sinken die Überschreitungsstunden nach SIA 382/1 von über 90 h mit wenig genutzter Verschattung auf 54 h mit gut genutzter Verschattung, also auf fast die Hälfte.

Bei höheren Glasanteilen nimmt der Einfluss der Verschattung noch zu: Bei einem Glasanteil von $f_g = 0.22$ werden die Überschreitungsdauern durch ein verändertes Verschattungsverhalten von 337 h auf weniger als ein Drittel, nämlich 100 h verringert. Das richtige Verhalten des Nutzers wird bei steigendem Glasanteil immer wichtiger.

Für den Holzbau mit einer wirksamen Wärmekapazität von $24 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ steigen bei einer Erhöhung des Glasanteils von $f_g = 0.12$ auf $f_g = 0.22$ und einer wenig genutzten Verschattung die Überschreitungsdauern von 136 h auf 337 h an.

Bei einer gut genutzten Verschattung können auch für den Holzbau mit einer geringen wirksamen Wärmespeicherfähigkeit bei einem Fensterflächenanteil von $f_g = 0.22$ die Überschreitungsdauern der oberen Grenzkurve nach SIA 382/1 auf 99 h reduziert werden. Dies zeigt, wie wichtig die Minimierung der solaren Einträge durch eine gut genutzte Verschattung für ein komfortables Raumklima im Sommer ist.

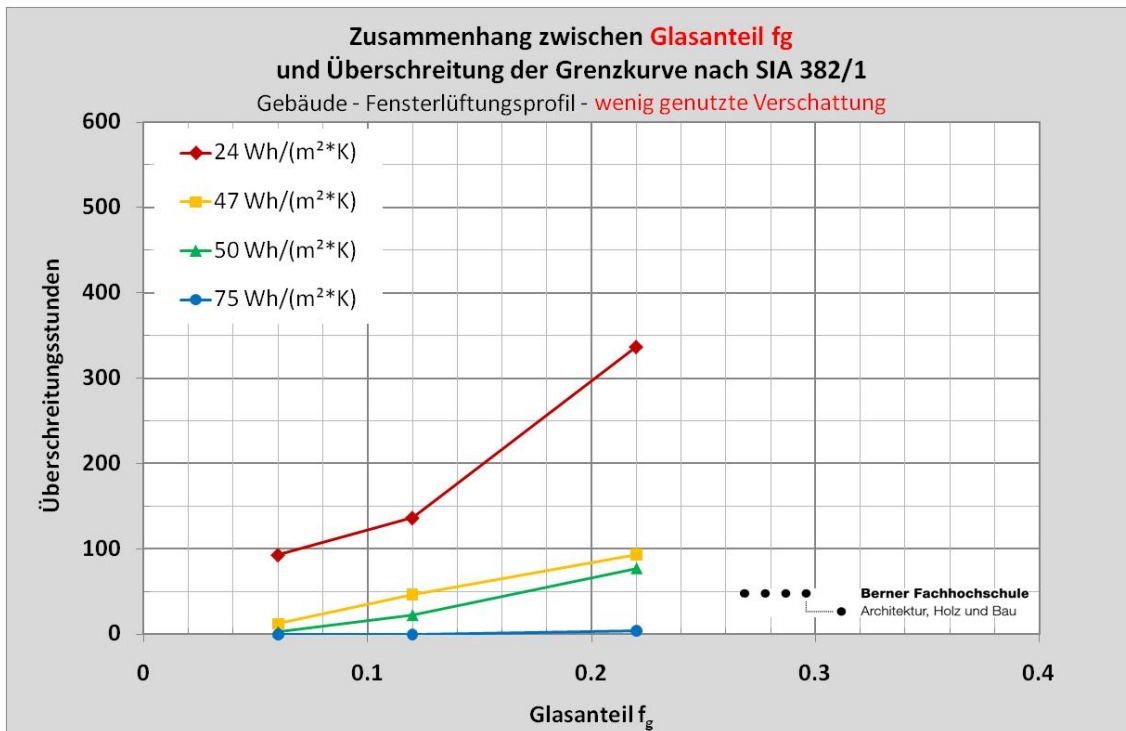


Abbildung 3:
Zusammenhang zwischen dem Glasanteil f_g und den Überschreitungsstunden der oberen Grenzkurve nach SIA 382/1 bei verschiedenen wirksamen Wärmespeicherfähigkeiten des Gebäudes für das Fensterlüftungsprofil und eine wenig genutzte Verschattung.

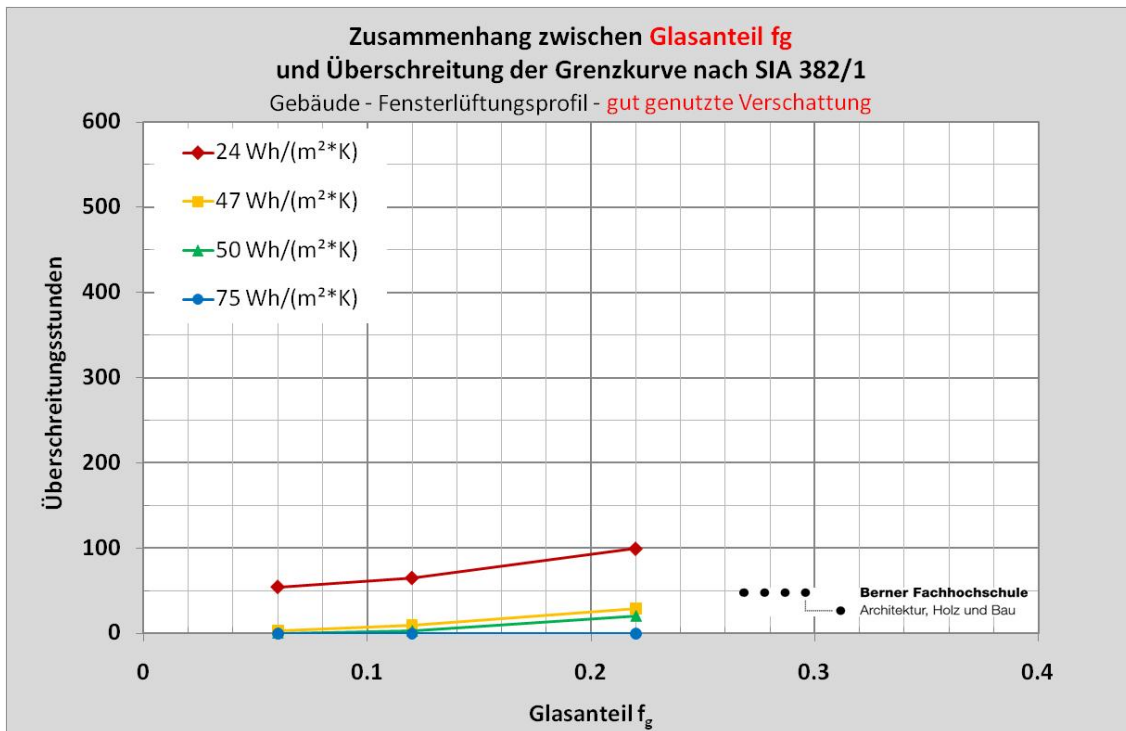


Abbildung 4:

Zusammenhang zwischen den Glasanteil f_g und den Überschreitungsstunden der oberen Grenzkurve bei verschiedenen wirksamen Wärmespeicherfähigkeiten des Gebäudes für Fensterlüftungsprofile und gut genutzte Verschattung.

Wirksame Wärmekapazität

Die Simulationen werden für verschiedene Konstruktionen des Referenzgebäudes mit unterschiedlich grosser, wirksamer Wärmespeicherfähigkeit durchgeführt:

Die Auswirkung der wirksamen Wärmekapazität des Gebäudes auf die Überschreitungsstunden der oberen Grenzkurve nach SIA 382/1 sind ebenfalls in Abbildung 3 und Abbildung 4 zu erkennen: bei einer gut genutzten Verschattung ergibt sich bei einem Glasanteil von $f_g = 0.12$ beim Holzbau mit einer geringen wirksamen Wärmekapazität von 24 Wh/(m²K) eine Überschreitungsdauer von 65 h, beim Holzbau mit einer hohen wirksamen Wärmekapazität von 50 Wh/(m²K) dagegen nur eine Überschreitungsdauer von 3 h.

Um für verschiedene wirksame Wärmekapazitäten und unterschiedliche Glasanteile des Gebäudes die Überschreitungsstunden bestimmen zu können, werden die Simulationsergebnisse der Variante mit Fensterlüftungsprofilen nochmals, diesmal aber als Funktion der wirksamen Wärmekapazität für verschiedene Glasanteile f_g in Abbildung 5 dargestellt. Die Abbildung enthält die Berechnungsergebnisse für das Gebäude mit einer gut genutzten Verschattung.

Mit dieser Abbildung können für verschiedene wirksame Wärmekapazitäten und Glasanteile des Gebäudes die Überschreitungsstunden ermittelt werden. Hat man beispielsweise ein Gebäude mit einer Wärmespeicherkapazität von 40 Wh/(m²K) und einen Glasanteil von 18 %, ergeben sich etwas mehr als 40 Überschreitungsstunden (siehe Abbildung 5).

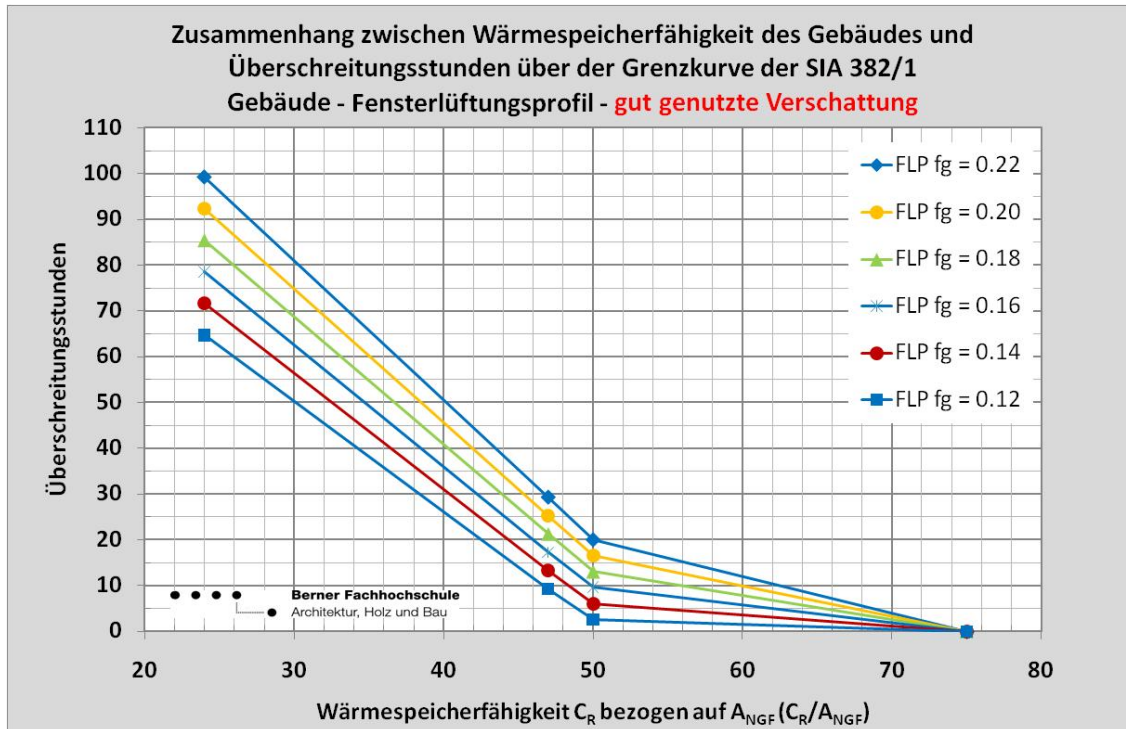


Abbildung 5:
Zusammenhang zwischen der wirksamen Wärmekapazität des Gebäudes und den Überschreitungsstunden in Abhängigkeit des Glasanteils f_g für eine gut genutzte Verschattung und die Lüftungsvariante Fensterlüftungsprofil (FLP)

Der Zusammenhang zwischen den Überschreitungsdauern der oberen Grenzkurve nach SIA 382/1 als Funktion des Glasanteils und der wirksamen Wärmekapazität bei einer wenig genutzten Verschattung ist in Abbildung 6 dargestellt.

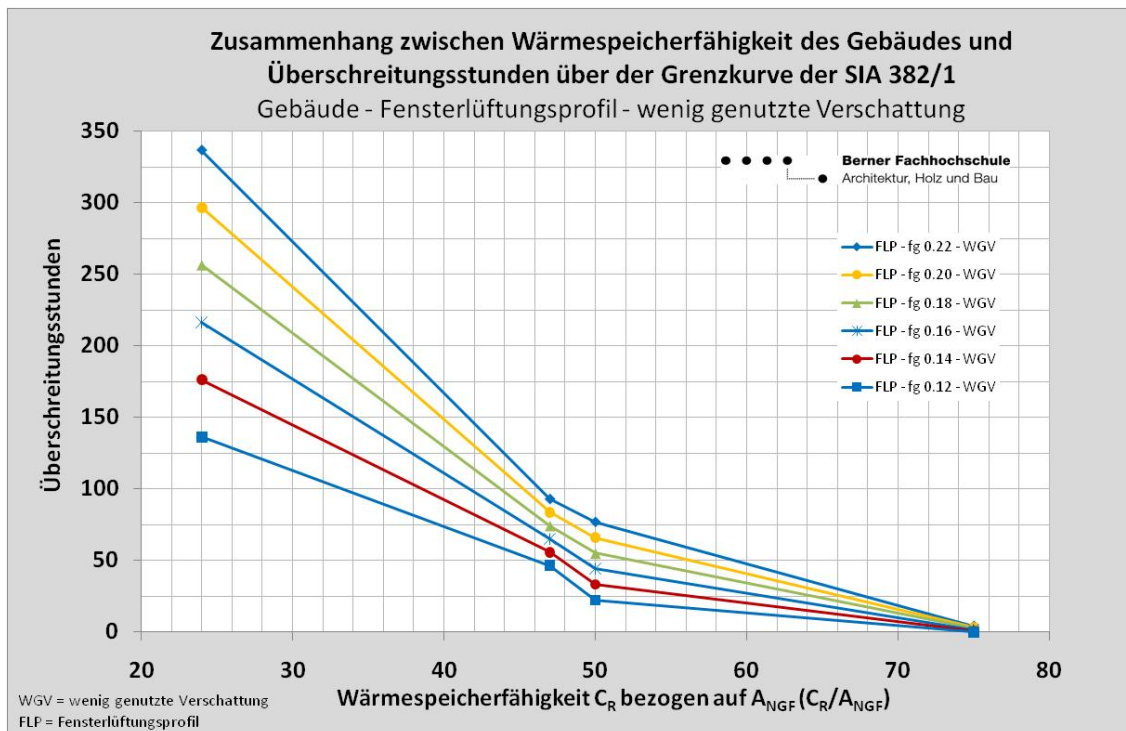


Abbildung 6:
Zusammenhang zwischen der wirksamen Wärmekapazität des Gebäudes und den Überschreitungsstunden der Grenzkurve der SIA 382/1 in Abhängigkeit des Glasanteils f_g für die Variante Fensterlüftungsprofil (FLP) mit wenig genutzter Verschattung.

Fazit

Wie sich auch bei Messungen der sommerlichen Raumlufttemperaturen in Massivbauten [4] gezeigt hat, bestimmen die Nutzer durch Bedienung der Lüftung und des Sonnenschutzes massgeblich die Höhe der Raumlufttemperaturen im Sommer.

Die wirksame Wärmespeicherfähigkeit von Gebäuden hat einen geringeren Einfluss auf die sommerlichen Raumlufttemperaturen als die Fenstergrösse und der Sonnenschutz.

Holzbauten mit geringer wirksamer Wärmekapazität reagieren sensibler auf eine falsche Bedienung des Sonnenschutzes durch den Nutzer.

Bei richtiger Betätigung des Sonnenschutzes und nächtlicher Lüftung kann auch für Glasanteile bis zu 22 % in Holzhäusern ein komfortables sommerliches Raumklima hergestellt werden.

Danksagung

Wir bedanken uns beim Bundesamt für Energie und unseren Industriepartnern Flumroc AG, Lignatur AG, Pavatex AG, Saint Gobain isover AG und dem Schweizerischen Verband für geprüfte Qualitätshäuser für die Förderung des Projekts.

Literatur

- [1] Sommerliches Komfortklima in Wohngebäuden, BFE Vertrags- und Projekt-Nr. 154240/103215
- [2] EN ISO 7730 Ergonomie der thermischen Umgebung –Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV und PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit
- [3] SIA 382/1 Lüftungs- und Klimaanlageanlagen - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen, Ausgabe 2007
- [4] Christoph Geyer, Markus Hofmann, Oliver Kornadt, Sommerliches Raumklima in Gebäuden, 7. Weimarer Bauphysiktag 2011