



*Barbara Wehle
Dipl.-Ing. (FH) Innenausbau
Berner Fachhochschule
Biel, Schweiz*

Raumklima in Bürogebäuden

**Eine Ist-Analyse und was man daraus
lernen kann**

Raumklima in Bürogebäuden

Eine Ist-Analyse und was man daraus lernen kann

Einleitung

Seit dem in Krafttreten der überarbeitenden Brandschutznormen im Januar 2005 etabliert sich der mehrgeschossige Holzbau in der Schweiz. Unter bestimmten Voraussetzungen ist der Bau von Holzgebäuden bis zu sechs und von Holzfassaden bis zu acht Geschossen ohne Sonderregelungen möglich. Damit eröffnen sich dem Holzbau bedeutende neue Marktsegmente insbesondere auch im Bereich von Bürobauten [1].

Zahlreiche bereits realisierte Projekte zeigen, dass der Bau von energieeffizienten und raumklimaoptimierten Bürogebäuden in Holzbauweise möglich ist [2]. Diese Gebäude werden nicht nur einem hohen architektonischen Anspruch gerecht, sondern belegen auch die Vorteile der ökonomischen und ökologischen Bauweise.

Die gängigen Holzkonstruktionen erfüllen die Anforderungen des winterlichen Wärmeschutzes problemlos. Bezüglich des sommerlichen Wärmeschutzes hingegen bestehen noch viele Vorurteile gegenüber dem Holzbau als Leichtbauweise. Moderne Bürobauten aus Holz können auch im Sommer ihre Speichermasse nutzen und somit einer Überhitzung entgegenwirken. Voraussetzung dafür ist aber die Minimierung von Wärmeeinträgen.

Im Bürobau sind die internen Lasten aufgrund von hohen Personenzahlen und einer grossen Anzahl an technischen Geräten besonders hoch. Zugleich wird durch die Art der Nutzung ein hoher Anspruch an Behaglichkeit und Raumklima gestellt. Dies führt dazu, dass sich die Herausforderungen des energieeffizienten Bauens vom Winter in den Sommer verschieben. Immer wärmer werdende Sommer und eine sich schnell verändernde Technik verstärken diese Problematik [2].

Das Thema Energiesparen im Bürobau ist unerlässlich und für Neubauten sowie Sanierungsmassnahmen gesetzlich geregelt. Daher muss es Ziel der Planer und Architekten sein, den sommerlichen Wärmeschutz mit baulichen Massnahmen wie einen automatischen Sonnenschutz und passive Kühlsysteme wie die nächtliche Fensterlüftung zu realisieren.

In vorliegendem Artikel wird das thermische Raumklima zweier Grossraumbüros an der Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau (BFH AHB) analysiert. Dazu werden die über zehn Monate aufgezeichneten Messdaten der Raumlufttemperaturen ausgewertet. Die Einflussfaktoren auf das Raumklima werden diskutiert sowie einige in der Schweiz gültigen Normen vorgestellt.

Beschreibung des Gebäudes

Als eines der ersten Büro- und Verwaltungsgebäude in Holzbauweise stellt der Neubau der Holzfachschule Biel einen Meilenstein in der Entwicklung des modernen Holzbaus dar. Das viergeschossige Gebäude wurde mit grosser Nachhaltigkeit geplant, konstruiert und im Sommer 1999 eröffnet. Es ist vom Gedanken geprägt, den Werkstoff Holz als Baumaterial und Ausgangspunkt des Bauens neu zu überdenken [3].

Einen Eindruck der Architektur vermittelt Abbildung 1.



Abbildung 1: Oben: Links im Bild eine Aussenansicht des Gebäudes und rechts ein Vorlesungssaal von innen. Unten: Treppenhaus (links) sowie Korridore (rechts) sind aus brandschutztechnischen Gründen in Stahlbeton gebaut. (Quelle: Fotografiert von Hanspeter Kolb, Mitarbeiter der BFH AHB).

Der zentrale Erschliessungskern des Lehrgebäudes wurde aus brandschutztechnischen Gründen monolithisch aus Stahlbeton ausgeführt. Er umfasst die Korridore sowie Sanitäreanlagen und Treppenhäuser. Die Einleitung der Kräfte in den Baugrund erfolgt über eine Flächen-gründung.

Die Vorlesungsräume sind als Serie von statisch eigenständigen Holzkästen an den Kern angeschlossen. Die Kästen sind vorwiegend aus vorgefertigten geschosshohen Skelettrahmen zusammengesetzt. Die Lücken zwischen diesen Räumen bilden Terrassen und Korridorräume. Es erfolgt eine punktweise Lastabtragung der Skelettkonstruktion über Bohrpfähle in den zum Teil weichen Baugrund. Die Geschossdecken sind aus weitspannenden Hohlkastenelementen ausgebildet. Die tragenden Fassadenrahmen mit einem horizontalen Brettschichtholzträger auf der Unterseite ermöglichen quasi sturzfreie, grossflächige, ungeteilte Fenster, losgelöst vom engen Ständerabstand. Die Fassade ist mit unbehandeltem Eichenholz verkleidet. Dachplatte und Dachbinder bestehen ebenfalls aus Hohlkastenelementen.

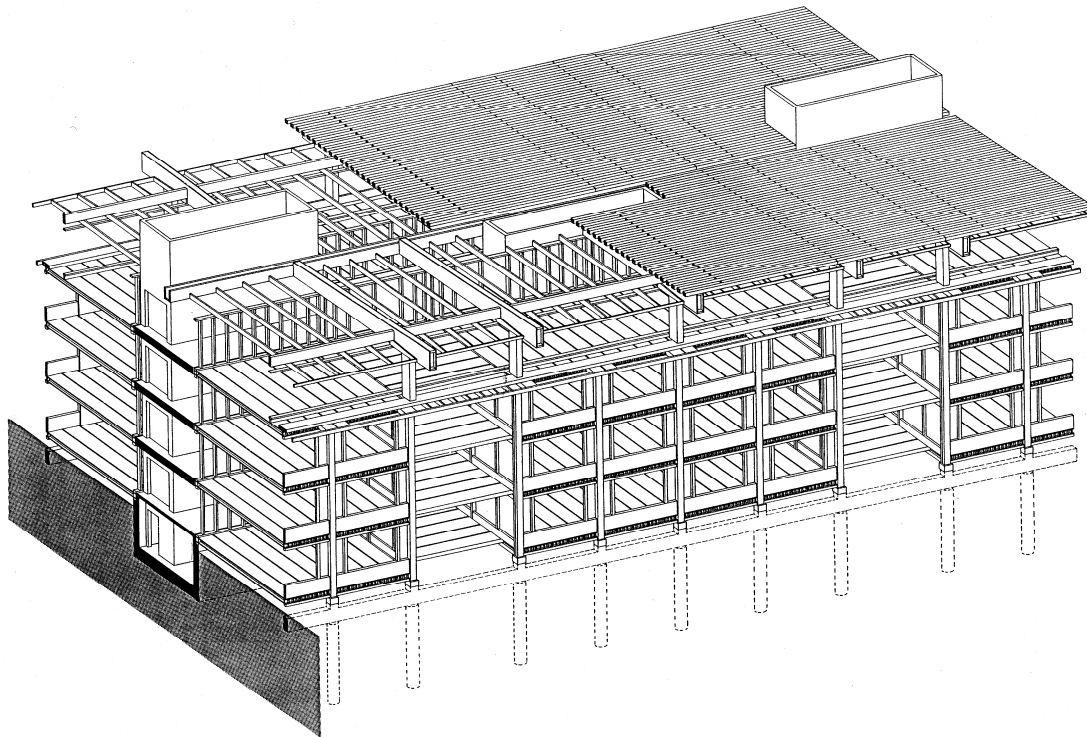


Abbildung 2: Konstruktionszeichnung des Gebäudes. Die Vorlesungsräume sind als statisch eigenständige Kästen an den inneren Erschliessungskern aus Stahlbeton angeschlossen (Quelle: Entnommen aus [6]).

Der Jahresheizwärmebedarf wird zu 80% durch einen Kessel mit Vorschubrostfeuerung für Holzschnitzel gedeckt. Die restlichen 20% stellt ein Ölkessel zur Verfügung. Die Versorgung der angeschlossenen Gebäude erfolgt über eine witterungsabhängig vorregulierte Fernleitung. Die Fernleitungspumpen sind bedarfsabhängig leistungsreguliert. Im Foyer und Saal des Lehrgebäudes ist eine gemeinsame Zu- und Abluftanlage zur Lufterneuerung installiert. Die Anlage ist bedarfsgesteuert, die Luftmengen werden nach Luftqualität reguliert. Die sanitären Anlagen werden mechanisch entlüftet und sind mit Präsenzmeldern ausgestattet. In den übrigen Vorlesungssälen sowie den Büroräumen im vierten Stock gibt es keine raumluftechnischen Anlagen.

Die Räume der unteren drei Geschosse des Lehrgebäudes verfügen grösstenteils über einen innenliegenden textilen Blendschutz, der fensterweise manuell zu bedienen ist. Zudem ist ein aussenliegender Sonnenschutz aus Stoffmarkisen vorhanden. Dieser ist windsicher und fährt auf der Ost- und Westseite jeweils zeitlich gesteuert automatisch herunter. Im vierten Geschoss wurde der äussere Sonnenschutz nachträglich ungefähr zwei Jahre nach Bezug des Gebäudes angebracht.

Thermisches Raumklima in Bürogebäuden

Das Wohlbefinden eines Menschen an seinem Arbeitsplatz und damit seine Produktivität wird von zahlreichen Faktoren bestimmt, wobei das Raumklima ein Haupteinflussfaktor ist. Es wurde nachgewiesen, dass eine geeignete Qualität des Innenraumklimas die Gesamtleistung beim Arbeiten und Lernen verbessern und Fehltag verringern kann [5].

Das Raumklima ist wiederum durch thermische, akustische, visuelle und olfaktorische Einflüsse bestimmt. Die Zusammenhänge sind komplex und aufgrund des subjektiven Empfindens der Menschen teilweise schwer zu bewerten.

Die nachfolgende Analyse der Büroräume der Holzfachschule Biel konzentriert sich auf das thermische Raumklima.

Einflussfaktoren thermisches Raumklima

Das thermische Raumklima bzw. die thermische Behaglichkeit umfasst alle Parameter, die den Wärmehaushalt des Menschen beeinflussen. Das menschliche Wärmeempfinden hängt im Wesentlichen vom thermischen Gleichgewicht des Körpers als Ganzes ab. Dieses Gleichgewicht wird durch unterschiedliche Faktoren wie körperliche Tätigkeit und Bekleidung sowie durch Parameter des Umgebungsklima, dazu zählen die Lufttemperatur, die Luftgeschwindigkeit und die Luftfeuchte, beeinflusst [5]. Neben dem Umgebungsklima wirken sich auch die Strahlungstemperatur sowie die Temperatur der Umschliessungsflächen auf den menschlichen Wärmehaushalt aus.

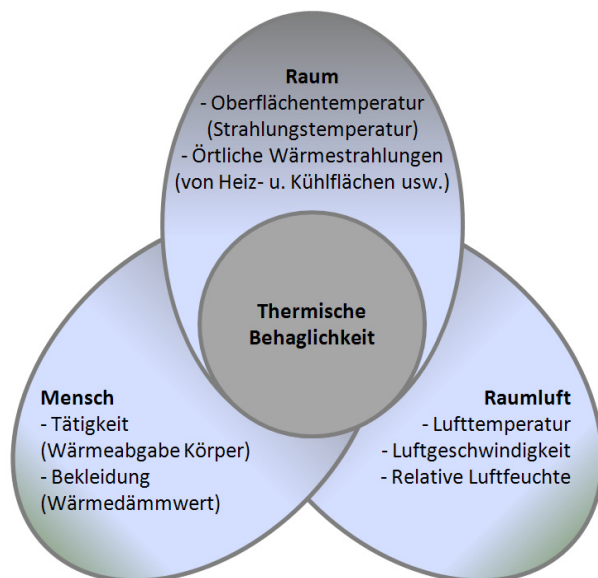


Abbildung 3: Verschiedene Einflussfaktoren auf die thermische Behaglichkeit (Quelle: Eigene Grafik in Anlehnung an [4]).

Die thermische Behaglichkeit beruht auf subjektiven Empfindungen und ist daher von Mensch zu Mensch unterschiedlich. In den letzten Jahren wurde viel Forschung in diesem Bereich betrieben. Es sind verschiedene Normen entstanden, welche sich mit der thermischen Behaglichkeit befassen. Einige davon werden nachfolgend vorgestellt.

Normen und Richtlinien

Povl Ole Fanger entwickelte ein Modell zur Vorhersage der thermischen Behaglichkeit. Mit diesem wird eine Einschätzung des Raumklimas auf einer 7-stufigen Skala in Abhängigkeit von der Dämmung der Bekleidung, dem Aktivitätsgrad, der Lufttemperatur, der mittleren Strahlungstemperatur, der Luftfeuchte sowie der Luftgeschwindigkeit vorgenommen. Dieser Wert wird das vorhergesagte mittlere Votum (PMV- Predicted Mean Vote) genannt und dient zur Voraussage der zu erwartenden durchschnittlichen Beurteilung der thermischen Behaglichkeit.

+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
heiss	warm	leicht	neutral	leicht	kühl	kalt
		warm		kühl		

Abbildung 4: Sieben Punkte der Klimabeurteilungsskala nach Fanger.

Allerdings reagieren nicht alle Menschen auf ein und dasselbe Umgebungsklima gleich. Um den Anteil der am Raumklima unzufriedenen Personen voraussagen zu können entwickelte Fanger den Zusammenhang zwischen PMV und PPD. Der PPD-Index beschreibt den vorhergesagten Prozentsatz Unzufriedener eines Versuchskollektives (PPD- Predicted Percentage Dissatisfied).

Fangers Ansatz wurde in der **EN ISO 7730: 2006** [7] übernommen. Zur Beurteilung des Raumklimas werden in dieser drei Behaglichkeitskategorien A, B, und C festgelegt. Für jede Behaglichkeitsklasse werden maximale Werte für den Prozentsatz der Unzufriedenen sowohl für den thermischen Zustand des Körpers insgesamt und auch für die lokale Unbehaglichkeit festgelegt, die nicht überschritten werden dürfen.

Zudem wird in der EN ISO 7730: 2006 für die drei Behaglichkeitskategorien jeweils ein Temperaturbereich festgelegt, welcher im Sommer und Winter einzuhalten ist. Für jede der Kategorien ist ein maximal zulässiger PPD-Index für den thermischen Zustand des Körpers definiert.

Gebäude-/ Raumtyp	Aktivität W/m ²	Kategorie	Max. PPD-Index	Operative Temperatur °C	
				Sommer (Kühlungsperiode)	Winter (Heizperiode)
Einzelbüro Bürolandschaft	70	A	< 6%	24.5 ±1.0	22.0±1.0
		B	< 10%	24.5 ±1.5	22.0±2.0
		C	< 15%	24.5 ±2.5	22.0±3.0

Tabelle 1: Anforderungen an die operative Temperatur nach EN ISO 7730 [7].

Die operative Temperatur ist die für die thermische Behaglichkeit des Menschen massgebende Temperatur unter Berücksichtigung der lokalen Raumlufttemperatur und der Strahlungstemperatur der Umgebungsflächen. Für die Ableitung der Anforderungen an die operative Raumlufttemperatur wurde für die Aktivität der Nutzer in den Büroräumen eine sitzende Tätigkeit mit einer Wärmeabgabe von 70 W/m² angesetzt. Falls der sommerliche und winterliche Wärmeschutz des Gebäudes ausreichend ist und die Temperaturen von grossen Raumboflächen nicht signifikant von der mittleren Lufttemperatur abweichen, kann die gemessene Raumlufttemperatur anstelle der operativen Raumlufttemperatur als Auslegungsgrösse verwendet werden.

In der **SIA 382/1: 2007** „Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen“ [4] werden in Anlehnung an die EN ISO 7730 Anforderungen an die Raumlufttemperaturen abgeleitet. Die 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.

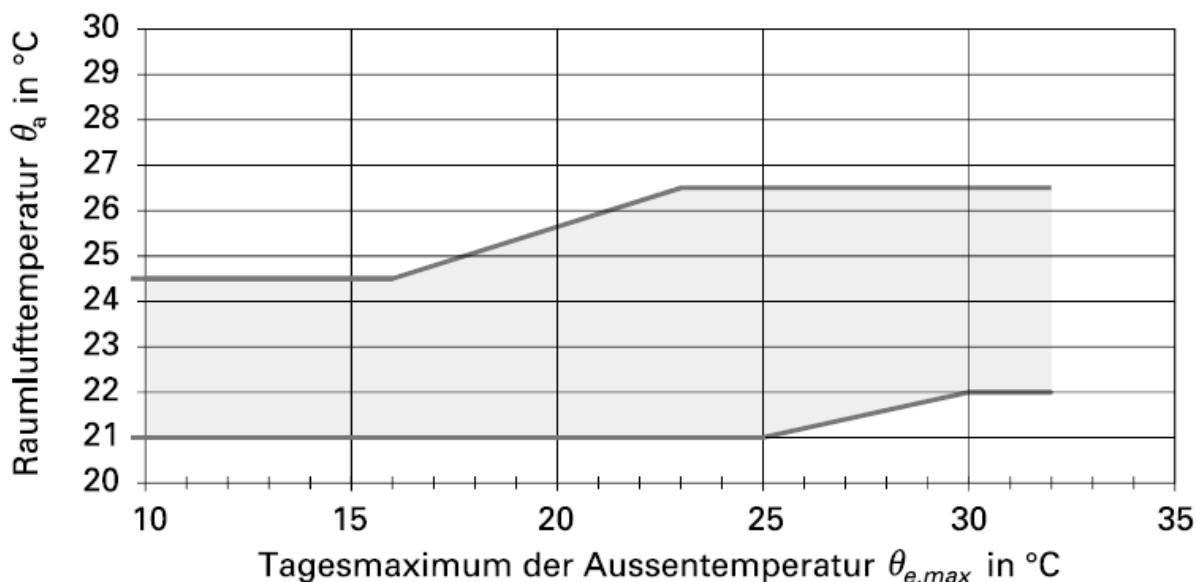


Abbildung 5: Bereich der Raumlufttemperatur je nach Tagesmaximum der Aussentemperatur (Quelle: Entnommen aus [4]).

In frei belüfteten Räumen ohne Kühlung, zu welchen auch die untersuchten Räume im Gebäude der BFH AHB gehören, kann kein maximaler Wert für die auftretenden Raumlufttemperaturen gewährleistet werden. Es wird daher für diese Art von Räumen eine maximal zulässige Überschreitungsdauer definiert. Die SIA 382/1 legt die maximal zulässige Überschreitung der oberen Grenzkurve mit 100 h pro Jahr fest. Wird der Wert für die maximale Überschreitungsdauer nicht eingehalten, so ist eine Kühlung des Raumes erforderlich.

Messung des Raumklimas

Im Sommer werden von Seiten der Mitarbeiter sowie Studierenden der Berner Fachhochschule Biel häufig Beschwerden bezüglich des sommerlichen Wärmeschutzes angebracht, da sich Büroräume sowie Vorlesungssäle an heissen Sommertagen zum Teil stark aufheizen.

Es konnten nur wenige Projekte recherchiert werden, in denen das Raumklima in Büroräumen von Holzgebäuden über einen Zeitraum von mehreren Monaten aufgezeichnet und untersucht wurde. Es besteht demnach Forschungsbedarf in dem Bereich.

Vor diesem Hintergrund wird seit Mai 2011 die Lufttemperatur sowie die relative Luftfeuchte in zwei Büroräumen der Fachhochschule aufgezeichnet, um die Zusammenhänge näher zu untersuchen und die Haupteinflussgrössen auf das Raumklima herauszuarbeiten.

Die Aussenklimamesswerte des Zeitraums werden von MeteoSchweiz, dem Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, bezogen. Sie wurden von einer Wetterstation im 20 Kilometer entfernten Cressier aufgezeichnet.

Beschreibung der Büroräume

Die untersuchten Büroräume A 3.3 und A 3.9 befinden sich in der Attika im vierten Stock des Gebäudes. In den Räumen wird durchschnittlich von 8.00 bis 18.00 Uhr gearbeitet, was einer Belegungsdauer von ungefähr 10 Stunden pro Tag entspricht. In Tabelle 2 sind die wichtigsten Raumdaten der Büros zusammengefasst.

Büro	Grundfläche	Grundfläche pro Person	Fensterfläche	Ausrichtung	Arbeitsplätze	Gräte
A 3.3	84 m ²	7.64 m ²	17.5 m ²	Osten	11 Stück	13 Standrechner, 1 Drucker
A 3.9	130 m ²	8.76 m ²	28.9 m ²	Westen	13 +2 Stück	15 Standrechner, 1 Drucker

Tabelle 2: Zusammenstellung der wichtigsten Kenndaten der Büroräume.

Büro A 3.3 ist nach Osten ausgerichtet und enthält insgesamt 11 Arbeitsplätze mit jeweils einem Standrechner. Zudem befindet sich ein Drucker im Raum. Die höchste Sonnenstrahlung erhält der Raum vormittags.

Die allgemeine Beleuchtung erfolgt mit abgehängten Leuchten mit Leuchtstoffröhren als Leuchtmittel. Zusätzlich verfügt jeder Arbeitsplatz über eine Platzbeleuchtung mit einer handelsüblichen Schreibtischleuchte, die bei Bedarf angeschaltet werden kann.

Büro A 3.9 ist nach Westen ausgerichtet. Ab dem frühen Nachmittag bis abends erhält der Raum Sonne. Er enthält insgesamt 15 Arbeitsplätze, wobei zwei davon von den übrigen durch Regalwände und Verglasungen abgetrennt sind. Die allgemeine Beleuchtung erfolgt hier mit insgesamt 6 Stehlampen, die ebenfalls Leuchtstoffröhren enthalten. Zusätzlich hat ebenso jeder Arbeitsplatz eine Schreibtischlampe. Zu den Bürogeräten in diesem Raum zählen insgesamt 15 Standrechner und ein Drucker.

In Bürogebäuden haben die internen Lasten einen starken Einfluss auch das thermische Raumklima. Als interne Wärmelast gilt die Summe aus Personenwärme, Beleuchtungswärme und Abwärme von Geräten.

Für die Büroräume wird eine überschlägige Berechnung der internen Lasten durchgeführt unter der Annahme, dass pro Person eine Wärmeabgabe von 80 W und pro Arbeitsplatz von 200 W erfolgt. Die Wärmeabgabe durch die Beleuchtung wird vernachlässigt unter der Annahme, dass im Sommer genügend Tageslicht vorhanden ist. Wenn man die Präsenzzeiten der Mitarbeiter berücksichtigt und davon ausgeht, dass die Büros mindestens 6 h pro Arbeitstag voll besetzt sind, dann ergibt sich für A 3.3 täglich eine interne Wärmelast von ca. 220 Wh/m² und für A 3.9 von ca. 193 Wh/m².

Büro	Bürogeräte	Personen	Summen	
	[W]		[W]	[W]
A 3.3	2200	880	3080	220
A 3.9	3000	1200	4200	193

Tabelle 3: Abschätzung der internen Wärmelasten.

Nach SIA 382/1:2007 „Lüftungs- und Klimaanlage-Allgemeine Grundlagen und Anforderungen“ [4] kann die Notwendigkeit einer Kühlung anhand der internen Wärmequellen und der vorhandenen Möglichkeit der Fensterlüftung beurteilt werden (siehe Tabelle 4).

Interne Wärmequelle pro Tag in Wh/m ² d			Kühlung
mit Fensterlüftung Tag und Nacht	mit Fensterlüftung nur am Tag	ohne Fensterlüftung	
>240	>200	>160	notwendig
160-240	120-200	80-160	erwünscht
<160	<120	<80	Nicht notwendig

Tabelle 4: Beurteilung der Notwendigkeit einer Kühlung nach SIA 381/2:2007 (Quelle: entnommen aus [4])

Aufgrund des Einbruchschutzes ist bei den Büros A 3.3 und A 3.9 eine Fensterlüftung nur tagsüber möglich. Nach SIA 382/1: 2007 [4] wäre in den Büroräumen aufgrund der pro Arbeitstag anfallenden Wärmelasten eine Kühlung erwünscht (A 3.9) bzw. notwendig (A 3.3). Die Abschätzung zeigt, dass die in Büroräumen anfallenden internen Wärmelasten nicht zu unterschätzen sind.

Die Fenster der Büroräume können durch innenliegende Stoffrollos einzeln verschattet werden. Auch der aussenliegende Sonnenschutz durch Stoffmarkisen kann für jedes Fenster separat bedient werden. Bei dem nach Osten ausgerichteten Büro A 3.3 fährt der äussere Sonnenschutz aller Fenster morgens um ca. 8.00 Uhr automatisch herunter. A 3.9 ist nach Westen ausgerichtet, weshalb der Sonnenschutz dort mittags herunter fährt.

Gemessenes Raumklima

In den Abbildung 6 und 7 sind die gemessenen Raumlufttemperaturen der Büroräume, die Aussenlufttemperatur sowie deren Tagesmaximum für den Zeitraum von Mai 2011 bis März 2012 dargestellt. Die Messwerte zeigen für das Büro A 3.9 eine deutlich höhere Raumlufttemperatur als im Büro A 3.3. Im Sommer liegt diese durchschnittlich 2° C bis 3° C über der Temperatur in A 3.3. Auch im Winterhalbjahr ist es in A 3.9 deutlich wärmer. Dies liegt daran, dass die Regelung der Heizung in A 3.3 nicht richtig funktionierte; daher sank die Temperatur dort häufig unter 20° C.

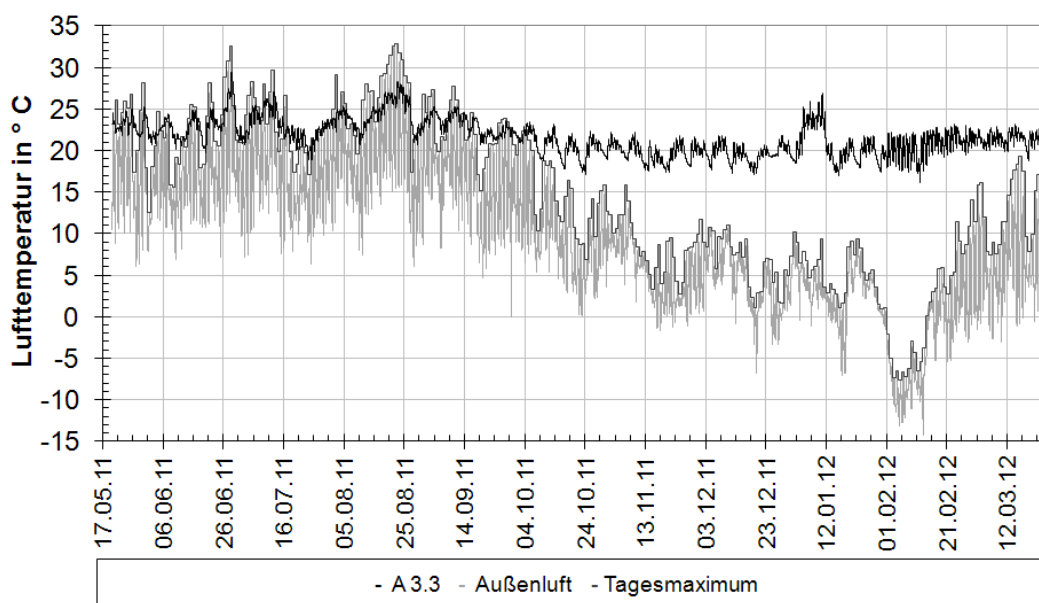


Abbildung 6: Verlauf der Raumlufttemperatur in A 3.3 und der Aussentemperatur im Zeitraum vom 20.5.2011 bis 25.3.2012.

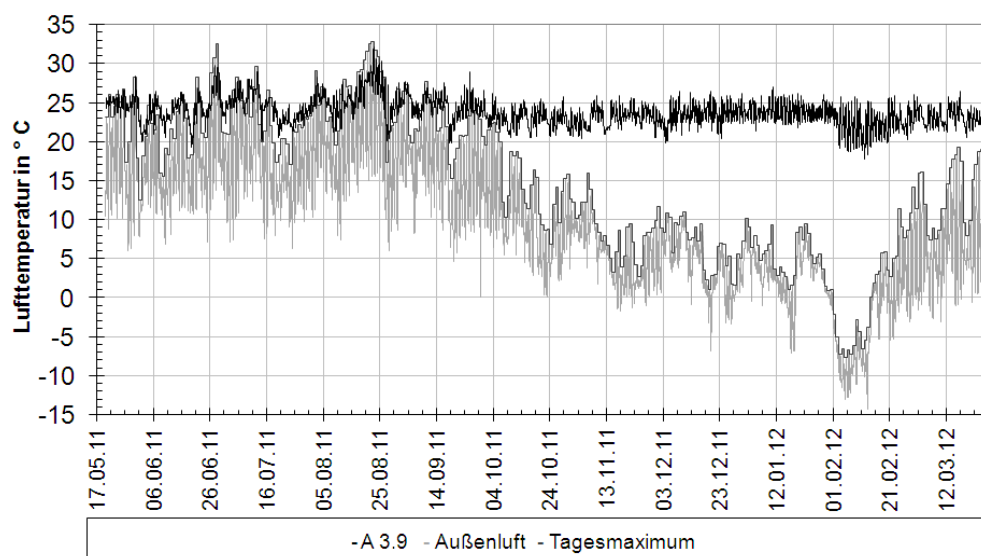


Abbildung 7: Verlauf der Raumlufttemperatur in A 3.9 und der Aussentemperatur im Zeitraum vom 20.5.2011 bis 25.3.2012.

Um einen Bezug zwischen Innenklima und Aussentemperatur herzustellen, wurden das Innen- und das Aussenklima sowohl für den gesamten Messzeitraum als auch für das Sommerhalbjahr statistisch ausgewertet. Aus Tabelle 5 ist ersichtlich, dass der Sommer 2011 nicht sehr heiss war. Im Zeitraum vom 20.5.2011 bis 1.10.2012 lagen 90% der Temperaturen unter 24° C.

Zeit	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Median	Maximum	10%-Quantil	90%-Quantil
20.5.11 bis 1.10.12	38590	17.6	4.6	17.5	32.8	11.5	23.9
20.5.11 bis 24.3.12	89277	10.4	-14.3	9.65	32.8	0.3	21.5

Tabelle 5: Statistische Auswertung der Aussentemperaturen in ° C der Wetterstation Cressier, gemessen in 5-Minuten-Schritten.

Die Aussentemperatur lag nur vom 27.6. bis 28.6. sowie im Zeitraum vom 19.8. bis 24.8. einige Stunden über 30° C (vgl. Abbildung 8).

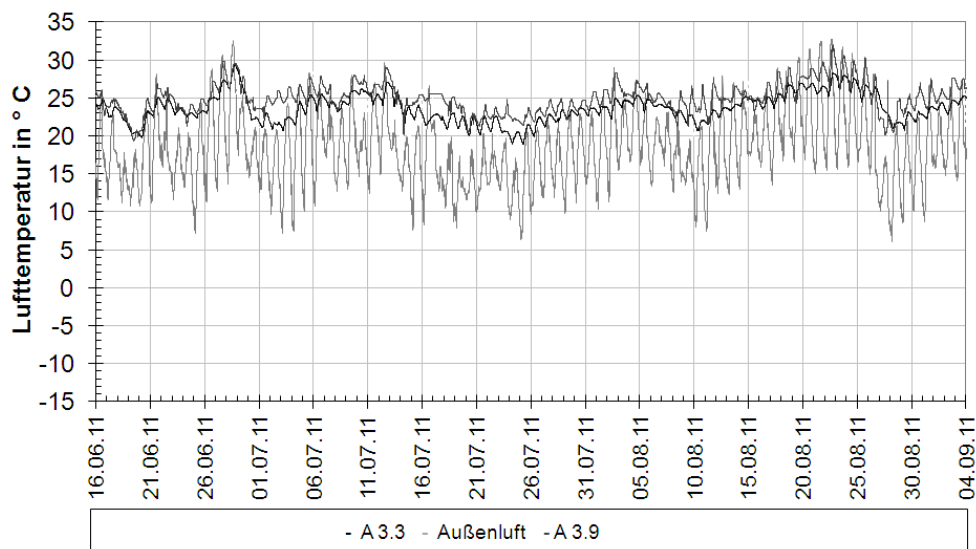


Abbildung 8: Verlauf der Raumlufttemperatur in A 3.3 und A 3.9 sowie der Aussentemperatur im Zeitraum vom 16.6.2011 bis 4.9.2012. Lufttemperatur in A 3.9 liegt durchschnittlich 2° C bis 3° C höher.

Bei der Auswertung der Überschreitungsdauern der Raumlufftemperaturen der Grenztemperaturen von 26° C bis 30° C zeigt sich ebenfalls, dass die Raumlufftemperatur in A 3.9 höhere Werte annimmt. So überschreitet die Temperatur dort während 118 h 27°, wohingegen in A 3.3 die 27° C-Grenze nur für 25 h überschritten wird.

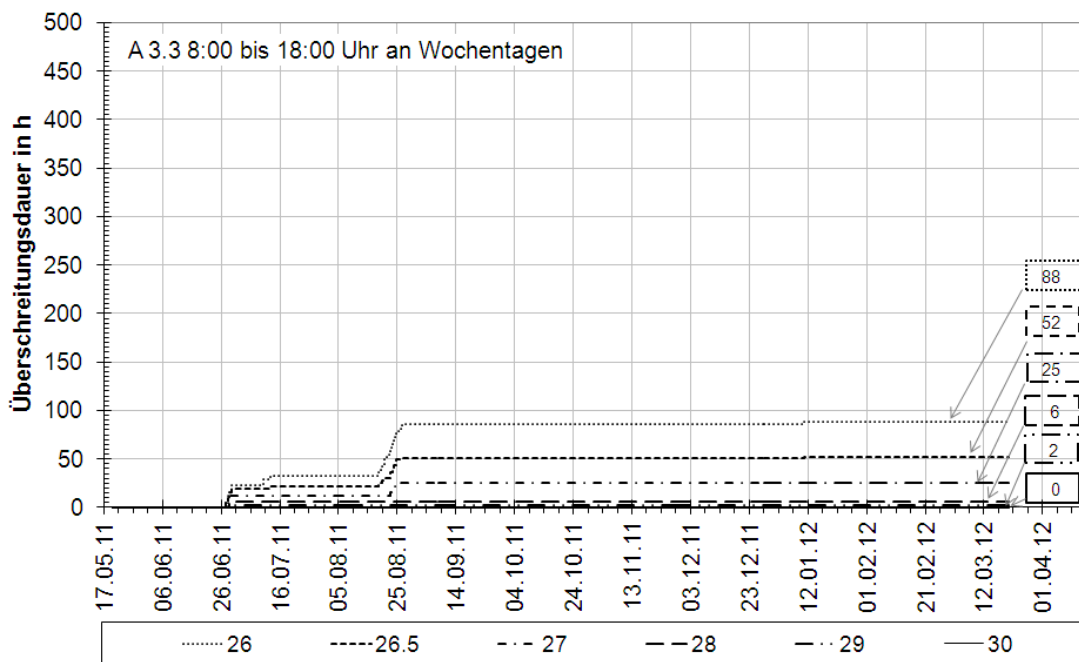


Abbildung 9: Überschreitungsdauern bestimmter Lufttemperaturen an Wochentagen von 8.00 bis 18.00 Uhr in A 3.3 bis zum 25.3.2012.

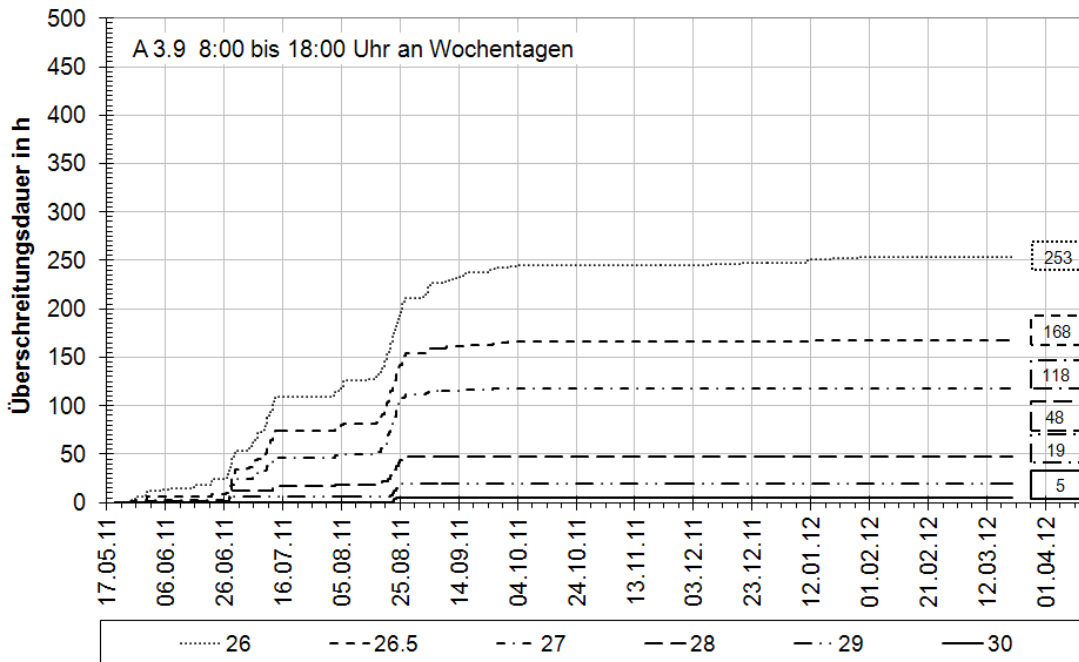


Abbildung 10: Überschreitungsdauern bestimmter Lufttemperaturen an Wochentagen von 8.00 bis 18.00 in A 3.9 bis zum 25.3.2012.

Die Bewertung nach SIA 382/1: 2007 [4] in Abbildung 11 zeigt, dass die Raumlufttemperatur in Büro A 3.3 an Wochentagen zwischen 8.00 und 18.00 Uhr die obere Grenzkurve der zulässigen Raumlufttemperaturen nur für insgesamt 75 h übersteigt. Umso häufiger wird zulässige Minimaltemperatur aufgrund des Heizungsausfalls unterschritten, was allerdings durch die defekte Regelung der Heizung und nicht durch das Gebäude verursacht wird. In A 3.9 (Abbildung 12) liegt das Temperaturniveau auch ausserhalb der Heizperiode bei Aussentemperaturen über 20° C deutlich höher als in A 3.3. Aber auch in diesem Raum sind extrem hohe Temperaturen oberhalb von 29°C eher selten. Die nach SIA 382/2: 2007 maximal zulässige Überschreitungsdauer von 100 h wird mit 522 h im Messzeitraum in Büro A 3.9 deutlich überschritten.

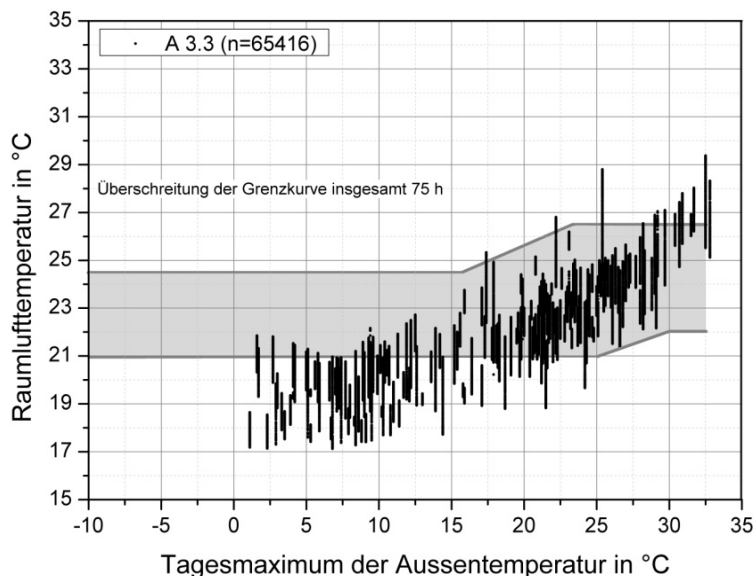


Abbildung 11: Vergleich der Raumlufttemperatur mit dem Behaglichkeitsbereich der SIA 382/1. Aufgetragen sind alle 5-Minutenwerte der gemessenen Raumlufttemperatur in A 3.3 gegen das jeweilige Tagesmaximum der Aussentemperatur.

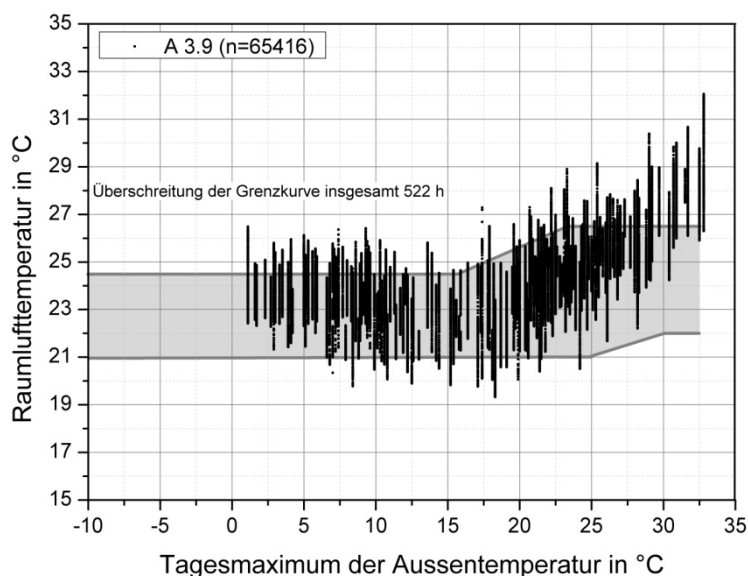


Abbildung 12: Vergleich der Raumlufttemperatur mit dem Behaglichkeitsbereich der SIA 382/1. Aufgetragen sind alle 5-Minutenwerte der gemessenen Raumlufttemperatur in A 3.3 gegen das jeweilige Tagesmaximum der Aussentemperatur.

Für die Büroräume wurde auch der PPD-Index nach EN ISO 7730: 2006 [7] berechnet. Aus den Abbildungen 13 und 14 wird deutlich, dass der maximal zulässige Prozentsatz an Unzufriedenen für alle drei Kategorien häufig überschritten wird. Abbildung 14 zeigt, dass in A 3.9 vor allem während der Hitzeperiode (20.8.2011 bis 25.8.2011) der PPD-Index stark ansteigt. Es werden Werte bis 60 % an voraussichtlich Unzufriedenen erreicht. Aufgrund der nicht richtig funktionierenden Heizung in Büro A 3.3 sind in diesem Raum auch im Winter bis zu 30% der Personen voraussichtlich mit dem Raumklima nicht zufrieden.

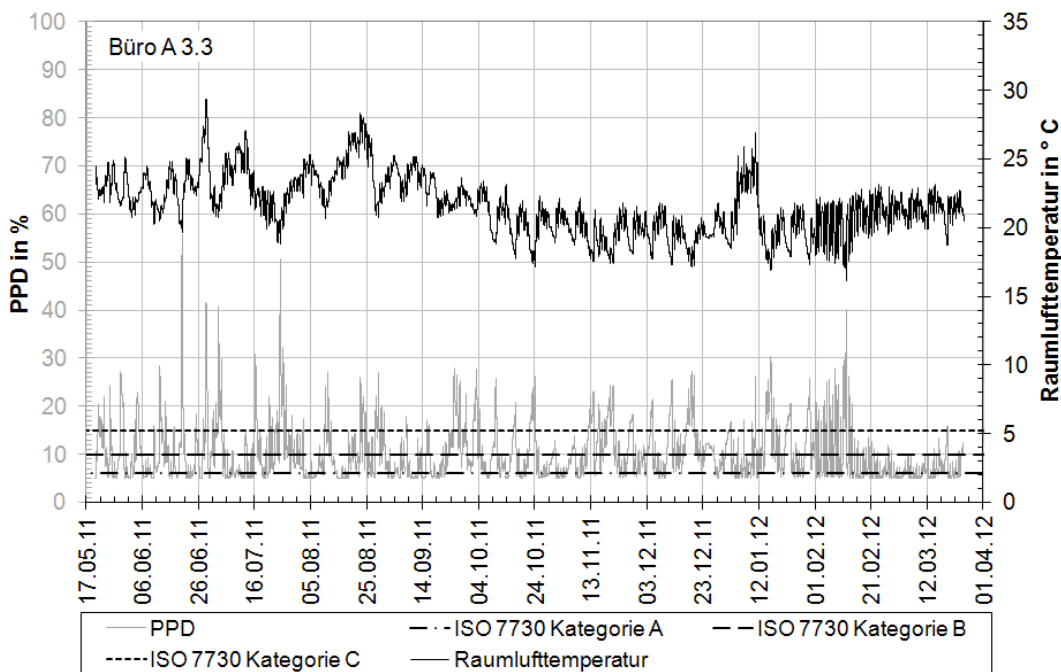


Abbildung 13: Vergleich des berechneten Prozentsatzes der mit dem Umgebungsklima unzufriedenen Personen, des PPD-Index, in A 3.3 mit den maximal zulässigen Werten der drei Behaglichkeitskategorien A, B und C nach [7]

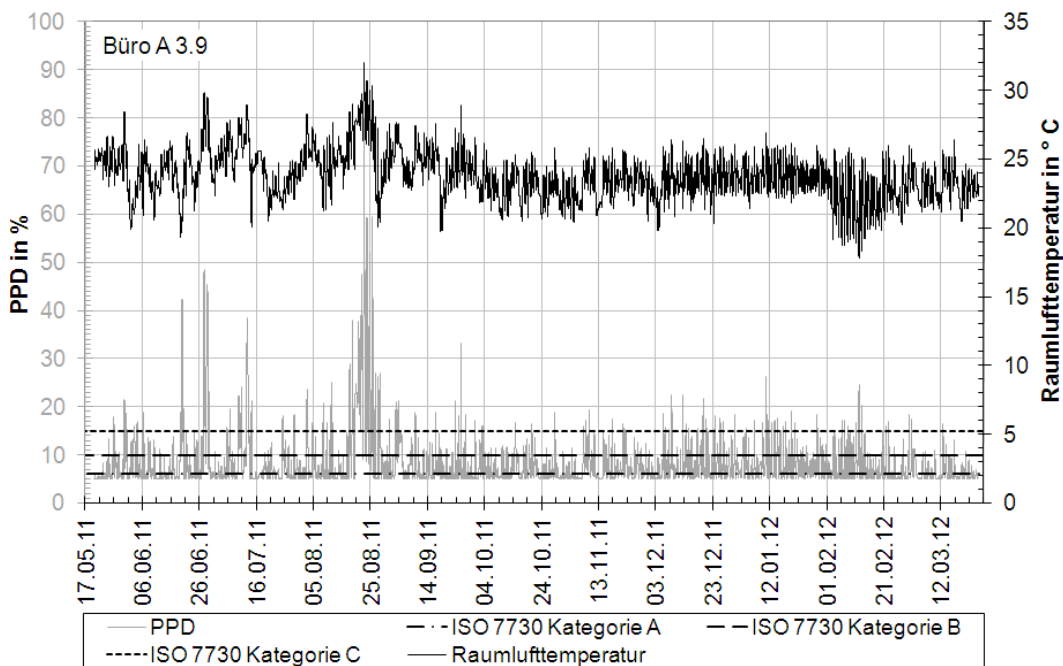


Abbildung 14: Vergleich des berechneten Prozentsatzes der mit dem Umgebungsklima unzufriedenen Personen, des PPD-Index, in A 3.9 mit den maximal zulässigen Werten der drei Behaglichkeitskategorien A, B und C nach [7].

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Auswertungen zeigen hinsichtlich des Raumklimas deutliche Unterschiede bei den untersuchten Büroräumen. In Büro A 3.3 stellt sich der sommerliche Wärmeschutz günstiger dar als in Büro A 3.9.

In A 3.9 ist die Raumluffttemperatur im Durchschnitt zwischen 2°C und 3°C höher (vgl. Abbildung 8). Dieses Büro enthält drei Arbeitsplätze mehr als A 3.3. Da die Grundfläche aber auch entsprechend grösser ist, sind die Fläche pro Person und die überschlägig abgeschätzten internen Wärmelasten pro Quadratmeter und Arbeitstag trotzdem niedriger (vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3). Die Schlussfolgerung daraus ist, dass das höhere Temperaturniveau durch einen höheren solaren Eintrag verursacht wird. Büro A 3.9 ist nach Westen ausgerichtet und erhält ab den frühen Nachmittag bis in die Abendstunden Sonne. A 3.3 hingegen erhält nur in den Morgenstunden von ca. 8.00 bis 11.00 Uhr direkte Sonneneinstrahlung. Hier sind weitere Untersuchungen bezüglich der Wirksamkeit der Sonnenschutzes erforderlich.

Der Sommer des Messzeitraums war eher kühl (vgl. Tabelle 5). Die Aussentemperatur lag nur vom 27.6. bis 28.6. sowie im Zeitraum vom 19.8. bis 24.8. über 30°C. Da eine Auskühlung der Büros durch nächtliche Fensterlüftung aufgrund des Einbruchschutzes nicht möglich ist, besteht in heissen Sommern mit Hitzeperioden über mehrere Tage eine Gefahr der Überhitzung. In A 3.9 ist ein starker Anstieg des PPD-Indexes bis zu 60 % in der Hitzeperiode im August zu erkennen (vgl. Abbildung 14).

Hier sind weitere Untersuchungen bezüglich der Wirksamkeit der Sonnenschutzes und der Herstellung einer nächtlichen Kühlung erforderlich.

Im Rahmen einer Masterarbeit wird eine Gebäudesimulation des Lehrgebäudes mit dem Programm IDA Indoor Climate and Energy durchgeführt werden. Mit Hilfe dieser sollen die Zusammenhänge und Einflussfaktoren auf das Raumklima näher untersucht werden. Die Simulation kann unter anderem Aufschluss darüber geben, wie der sommerliche Wärmeschutz in den nach Osten ausgerichteten Büroräumen und Vorlesungssälen in heissen Jahren optimiert werden kann.

Literatur

- [1] *Holzbau - mehrgeschossig*; Schriftenreihe Nachhaltigkeit Faktor Verlag, Zürich, 2012
- [2] Technische Universität München, Institut für Entwerfen und Bautechnik Fachgebiet Holzbau; *Holzbau der Zukunft - Entwicklung von grundsätzlichen Strategien zur Energie- und Raumklimaoptimierung*, München 2008
- [3] Meili, M.; Peter, M.; Vogel, Z.: *Schweizerische Hochschule für die Holzwirtschaft, Biel*; Niggli Verlag, 2000
- [4] SIA 382/1-2007: *Lüftungs- und Klimaanlagen – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich 2007
- [5] SN EN 15251-2007: *Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumlufthqualität, Temperatur, Licht und Akustik*; Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich 2007
- [6] *Biel, Erweiterung der Schweizerischen Hochschule für die Holzwirtschaft*, Herausgeber: Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kanton Berns, Hochbauamt, August 1999
- [7] SN EN ISO 7730 – 2006: *Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich 2006

