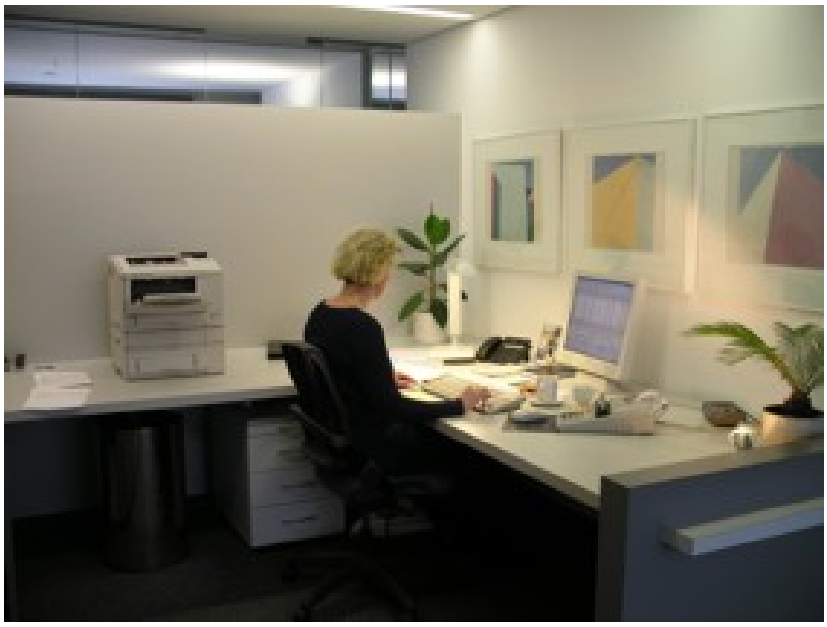
Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden
Eine Feldstudie

Analyse von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Komfortparametern am Arbeitsplatz



Dissertation

Elke Gossauer

Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden

Eine Feldstudie

Analyse von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Komfortparametern am Arbeitsplatz

vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Architektur der Universität Karlsruhe (Technische Hochschule) zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigten Dissertation von:

Dipl.-Ing. Architektin	Elke Gossauer
aus:	Freiburg

Tag der mündlichen Prüfung:	24.01.2008
Referent:	Prof. Andreas Wagner, Universität Karlsruhe (TH)
Korreferent:	Priv.- Doz. Dr. med. habil. Dr.-Ing. Wolfgang Bischof, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Danksagung

Diese Arbeit beinhaltet Ergebnisse, die ich im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Technischer Ausbau und Bauphysik (fbta) an der Universität Karlsruhe mit Arbeitsplatz am Fraunhofer ISE, Freiburg erstellt habe. Die Arbeit dauerte von Juni 2003 bis Juni 2007 und wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) innerhalb der Projekte EnBau:Monitor (O3350006X) und EVA (0327346A) gefördert.

In diesem Zusammenhang danke ich den Nutzern der Gebäude, die bereitwillig und zuverlässig die Fragebögen ausgefüllt haben, die mir als Grundlage meiner Arbeit gedient haben sowie den für die Gebäude zuständigen Projektpartnern.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Andreas Wagner dafür, dass ich diese Arbeit durchführen durfte und für seine Unterstützung bei der Ausführung sowie für sein Vertrauen in meine Leistungen.

Auch freue ich mich sehr, dass Herr Prof. Dr. Wolfgang Bischof Koreferent meiner Arbeit ist. Seine Forschungsergebnisse waren mir eine unerlässliche Grundlage bei der Gebäudeevaluation.

Ganz herzlich bedanke ich mich bei Herrn Dr. Rainer Leonhart, der mich ausdauernd und wegweisend bei der statistischen Auswertung der Daten unterstützt hat.

Auch Herrn Peter Prüfer vom Zentrum für Umfrageforschung (ZUMA) in Mannheim danke ich für die gründliche Durchsicht sowie kritische Anmerkungen bezüglich des Fragebogens.

Weiterhin danke ich von Herzen Manuela Gantner, Christian Reise, Jan Wienold und meinem Mann für ihre kritische Durchsicht des Textes und die hilfreichen Anregungen.

Meiner Tochter Lara danke ich für ihre Geduld in den vergangenen vier Jahren und ihre unfassbare Genügsamkeit hinsichtlich meiner verfügbaren Zeit.

Die Arbeit am Fraunhofer ISE in der Gruppe Solares Bauen unter Sebastian Herkel war in vielerlei Hinsicht eine Bereicherung. Ihre Diskussionsbereitschaft und Unterstützung hat mich oft weiter gebracht. Aber auch Kollegen aus anderen Bereichen am Fraunhofer ISE danke ich für ihre Hilfe und ihre Freundschaft sowie meinen Freunden und Arbeitskollegen in Karlsruhe.

Nicht zuletzt möchte ich meinem Vater von Herzen danken, der mir die vorangegangene Ausbildung ermöglicht und mit Interesse verfolgt hat.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung 1
1 Einführung 3
2 Grundlagen 5
2.1 Geschichtlicher Abriss 5
2.2 Was ist Komfort? 6
2.3 Unterschiede in den Komfortmessungen 9
2.4 Schlussfolgerungen 10
3 Zielsetzung 12
3.1 Hypothesen 12
4 Methodik 14
4.1 Das Fragebogendesign 16
4.1.1 Durchführung der Befragungen 19
4.1.2 Messwerterfassung 20
4.2 Statistische Auswertung 21
4.2.1 Messwerkzeug - Skalen 23
4.2.2 Prozentwerte, Lagemaße, Streuung 23
4.2.3 Korrelation 25
4.2.4 Handlungsrelevanzmatrix 26
4.2.5 Kreuztabellen 28
4.2.6 Regression 29
4.2.7 Varianzanalyse 30
4.2.8 Diskriminanzanalyse 31
4.2.9 Faktorenanalyse 33
4.2.10 Reliabilitätsanalyse 34
4.2.11 Strukturgleichungsmodelle 34
5 Ergebnisse 37
5.1 Thermischer Komfort 37
5.1.1 Klimabeschreibung 38
5.1.2 Nutzerantworten zum thermischen Komfort 40

5.1.3 Temperaturempfinden und -zufriedenheit 44
5.1.4 Temperaturempfinden und Messwerte 48
5.1.5 Zusammenhänge zwischen Raumklimavariablen 60
5.1.6 Sachlogische Klassifizierung der Gebäude 64
5.1.7 Statistische Klassifizierung der Gebäude 71
5.1.8 Bedeutung des thermischen Komforts für die Gesamtzufriedenheit 75
5.2 Büroeinrichtung 78
5.2.1 Ergebnisse zur Büroeinrichtung 80
5.3 Geräusche und Akustik 85
5.3.1 Ergebnisse zur Geräuschbewertung 87
5.3.2 Ergebnisse aus den akustischen Untersuchungen ausgewählter Bürogebäude 92
5.4 Beleuchtung und Belichtung der Arbeitsplätze 94
5.4.1 Ergebnisse zum Tageslicht 95
5.4.2 Ergebnisse zum Kunstlicht 104
5.5 Gesundheit und Konzentrationsfähigkeit 110
5.5.1 Ergebnisse zur empfundenen Gesundheit am Arbeitsplatz 111
5.5.2 Ergebnisse zu empfundenen Leistungseinschränkungen 114
5.6 Gesamtüberblick über die Zufriedenheiten 117
6 Diskussion 121
6.1 Befragungen als Mittel der Gebäudeoptimierung 121
6.2 Abhängigkeiten zwischen den Zufriedenheitsparametern 124
6.3 Bewertungsunterschiede zwischen den Jahreszeiten. 126
6.3.1 Thermischer Komfort 126
6.3.2 Visueller Komfort 129
6.3.3 Geräusche und Büroausstattung 130
6.4 Gruppeneinteilung auf Grundlage der Raumklimakonzepte 131
6.5 Einfluss auf das Wohlbefinden der Nutzer 132
7 Zusammenfassung und Ausblick 134
8 Literatur 137

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit liefert einen Beitrag zur Bewertung der Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden. Die Nutzerzufriedenheit wird hier über die Bewertung des thermischen, visuellen und akustischen Komforts, der Luftqualität am Arbeitsplatz und der Büroausstattung beschrieben. Insgesamt wurden 17 Bürogebäude in Deutschland mit Hilfe eines speziell entwickelten, standardisierten Fragebogens vor Ort untersucht. Die auf diese Weise evaluierten Zufriedenheitsparameter wurden in Verbindung mit der Architektur und den Raumklimakonzepten der Bürogebäude bewertet. Zusätzlich wurden Messungen der Raumtemperatur und der Raumluftfeuchte mit tragbaren Datenloggern in den Gebäuden durchgeführt.

Dabei wurden Unterschiede in den Bewertungen zwischen den an der Untersuchung teilnehmenden Gebäuden sowie erstmals gezielt zwischen den Winter- und Sommerbewertungen ermittelt.

Zusätzlich wurde der Grad von gesundheitlichen Beeinträchtigungen abgefragt, die im Rahmen bereits getätigter Forschungsarbeiten mit speziellen Einflussfaktoren am Arbeitsplatz in Verbindung gebracht wurden. Ergänzend dienten Fragen zur empfundenen Belastung am Arbeitsplatz durch soziale und arbeitstechnisch bedingte Faktoren wie zum Beispiel empfundenes Arbeitsaufkommen und das Verhältnis zu Kollegen und Vorgesetzten als Kontrollfunktion. Mit ihnen wurde im Zuge der Auswertung nachgeprüft, inwieweit die Ausprägung der individuellen Zufriedenheitsparameter tatsächlich mit dem Gebäude und nicht mit arbeitsbedingten Einflussgrößen zusammenhängen.

Die statistische Auswertung der Nutzerantworten belegt, dass Zusammenhänge zwischen den individuellen Zufriedenheitsparametern und der Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz insgesamt bestehen.
Insbesondere hinsichtlich des thermischen Komforts konnten verschiedene Einflussfaktoren für die Zufriedenheit mit dem Raumklima aufgezeigt werden. Dabei war ausschlaggebend für die Zufriedenheit, ob die Nutzer den Eindruck hatten, dass ihr Eingriff in das Raumklima - sofern sie die Möglichkeit hierzu hatten - einen wirksamen Effekt zeigte. Zudem haben sich eindeutige Unterschiede in den Sommer- und Winterbewertungen sowohl des Temperaturempfindens als auch der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur ergeben.

Einige das Gestaltungskonzept und die Nutzungsweise betreffende Merkmale wurden nachgewiesen, die die Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz in den im Rahmen dieser Arbeit evaluierten Gebäude erhöhen. Dazu zählen vor allem kleine Büroeinheiten, die Möglichkeit der natürlichen Belüftung der Räume und die Möglichkeit einer individuellen Temperaturregelung zu allen Jahreszeiten. Diese Erkenntnisse können als konkrete Maßnahmen bei der Planung neuer Bürogebäude berücksichtigt werden.

Vor allem wurde gezeigt, dass mit Nutzerbefragungen Optimierungspotentiale im Betrieb bestehender Gebäude individuell ermittelt werden können. Durch die Darstellung der Bewertung der individuellen Zufriedenheitsparameter in Verbindung mit deren statistisch ermittelter Wichtigkeit für die Gesamtzufriedenheit in einer Handlungsrelevanzmatrix lassen sich für die einzelnen Gebäude gezielt Maßnahmen ableiten.

Workplace Occupant Satisfaction in Office Buildings – A Field Study

This work contributes to the evaluation of workplace occupant satisfaction in office buildings. Occupant satisfaction in this case is defined by the user's ratings of thermal, visual and acoustic comfort, the indoor air quality and the office layout. A total of 17 office buildings in Germany were assessed by a specially developed and standardized questionnaire. The determined satisfaction parameters were evaluated in connection with an analysis of the architecture and the energy concepts of the buildings. Additionally measurements of room temperature and relative humidity were taken in the buildings.

Thereby differences between the surveyed buildings as well as for the first time well directed between winter and summer opinions have been analysed.

The extent of health considerations present that have already been seen to influence certain factors at workplaces in former research projects was also evaluated. Additionally, questions about the perceived strain from social- and work -induced factors such as perceived work load and the relationships to colleagues and superiors served as a control function. These helped to assess to what extent individual satisfaction parameters essentially correlate with the building rather than work-related factors.

Statistical analyses of the occupant's ratings show that correlations exist between the individual satisfaction parameters and the overall satisfaction with the workplace.

Particularly concerning the thermal comfort, various factors that influence the satisfaction with room temperature could be shown. For a high satisfaction it was decisive, if the occupants had the impression that their attempt to change the room temperature was effective. In addition, distinct differences were evident between the summer and the winter ratings mainly of perceived room temperature and satisfaction with room temperature.

In the context of the assessed buildings, some features concerning office layout and utilisation have been proved to raise the satisfaction with the workplace. These are for example single offices, the possibility of natural ventilation and having the possibility to take influence in the room temperature at any time of the year. These findings can be considered as concrete measures for the planning of new office buildings.

Most notably it could be illustrated a method that facilitates evaluating the optimising potential for buildings in operation and their relation to the general satisfaction within the workplace by means of the analysis of occupant surveys. In order to rank different satisfaction parameters for a more straight-forward operating buildings assessment, the weighted importance of every satisfaction parameter was calculated in relation to the overall workplace satisfaction.

1 Einführung

Immer mehr wird heutzutage neben dem Ziel von Energieeinsparungen und der Wahrung der Gesundheit am Arbeitsplatz die Qualität des Arbeitsplatzes und damit die Zufriedenheit der Nutzer als wesentlicher Produktivitätsfaktor erkannt und gefördert. Da die Personalkosten alle anderen Gebäudekosten einschließlich der Kosten für den Gebäudebetrieb um ein Mehrfaches überschreiten bedeutet mangelnde Qualität ein Risikofaktor für die Rentabilität von Objekten.

Im Verhältnis zur Gesamtzahl der Berufstätigen nimmt die Zahl der Menschen, die in Büros arbeiten, noch immer zu [Mikrozensus 1998; BIBB/IAB Erhebung 1998/99]. Im Jahr 1994 arbeitete bereits jeder zweite Erwerbstätige im Büro [Gottschalk 1994, S. 18]. Beinahe 90 % davon verrichten ihre Arbeit am Computer [Oleg Cernavin in Schneider et al. 2003]. Das Büro ist für den Angestellten - bedingt durch die tägliche Aufenthaltsdauer - nicht nur ein Arbeitsort sondern auch ein „Lebens“-Ort. Die Mitarbeiter in Bürogebäuden sind damit Bedingungen ausgesetzt, die immer mehr in den Blickpunkt des Interesses verschiedener Fachdisziplinen geraten.
Und auch aufgrund des vorhandenen Überangebotes an Büroflächen sowie den gestiegenen Nutzeransprüchen an die Ausstattung bzw. die Arbeitsplatzqualität sollte vor dem Hintergrund eines Wettbewerbsvorteils großer Wert auf die Gewährleistung von hohem Komfort am Arbeitsplatz und dessen Kontrolle gelegt werden.

In den 1980er Jahren wurden zahlreiche Bürogebäude zu Lasten des Energieverbrauchs daraufhin ausgerichtet, eine möglichst vollständige Entkopplung des Innenraumklimas vom Außenklima zu erreichen [Voss et al. 2003]. Seither traten bei den Nutzern verstärkt gesundheitliche Probleme auf, die ausführlich im Feld untersucht wurden [Kröling 1985/ Bischof 1993/ Bischof 2003]. Zusätzlich zum gesundheitlichen Aspekt verstärkt heute die geforderte Energieeffizienz von Gebäuden, die in der „European Energy Performance of Building Directive“ (EPBD) aus dem Jahr 2001 behandelt wird, die Bedeutung des Komforts am Arbeitsplatz sowie der allgemeinen Arbeitsplatzqualität. Neue energieeffiziente Gebäudekonzepte und Technologien wie z. B. die passive Kühlung und natürliche Lüftungskonzepte erfordern eine Überprüfung der bestehenden Komfort-Standards, welche ausschließlich für klimatisierte Gebäude entwickelt wurden [Brager, de Dear 1998/ Hellwig 2005]. Weiterhin werden geeignete Planungshilfen sowie Werkzeuge zur kontinuierlichen Überprüfung im Betrieb notwendig, welche es ermöglichen, Energieeffizienz von Gebäuden mit hoher Arbeitsplatzqualität in Nichtwohngebäuden in unterschiedlichen klimatischen Regionen zu kombinieren und zu bewerten.

Die Frage nach einer komfortablen Arbeitsumgebung wurde lange Zeit fast ausschließlich durch Labortests beantwortet. Hier wurden in einer kontrollierten Umgebung Messungen von Klimaparametern mit den subjektiven Aussagen der Probanden verglichen. Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen waren lange Zeit die Grundlage der Normengebung. In der Zwischenzeit hat man jedoch auch den Bedarf an Felduntersuchungen zu verschiedenen Themen des Komforts am Arbeitsplatz erkannt. Das Gebäudemonitoring und Nutzerbefragungen werden nun verstärkt dazu verwendet, den Dialog zwischen allen Partnern des

Entwurfs- und Bauprozesses der Gebäude zu verbessern und deren Verantwortlichkeit für den Gebäudebetrieb zu verstärken [Bordass, Leaman 2005]. Weiterhin wurde die gegenseitige Abhängigkeit zwischen Innen- und Außenklima während des Gebäudebetriebs untersucht, um die Anwendbarkeit bestehender Standards und Planungswerkzeuge [ISO 7730] zu überprüfen. Aus diesen Untersuchungen resultierte, dass die Ergebnisse aus den natürlich belüfteten Gebäuden nicht mit den aus den Normen getroffenen Vorhersagen übereinstimmten [Nicol, Humphreys 1978/ Brager, de Dear 1998/ de Dear 2004/ Wagner et al. 2006].

Außer den thermischen Komfortparametern können mit Hilfe von Feldstudien noch weitaus mehr Informationen über die Innenraumqualität gewonnen werden, was mit Laboruntersuchungen nicht umfassend genug möglich ist. Zudem weist fast jedes Gebäude aufgrund seiner Komplexität Mängel bei der Inbetriebnahme auf. So muss die technische Gebäudeausrüstung für die Heizung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung nach Fertigstellung und Bezug in der Regel erst an die individuellen Nutzungsbedingungen angepasst werden. Dabei kann eine Nutzerbefragung am Arbeitsplatz neben der Erfassung der relevanten technischen Daten sehr hilfreich sein, um eine Rückkoppelung vom Ist-Zustand in einem Gebäude an den Planer, die ausführenden Firmen und die Betreiber zu gewährleisten. Durch die Antworten der Gebäudenutzer erhalten Planer und am Bau Beteiligte hilfreiche Rückmeldungen darüber, inwiefern unterschiedliche architektonische Gegebenheiten und verwendete Technologien den Komfort, die Zufriedenheit und die Produktivität beeinflussen. Aus den Ergebnissen können Hinweise für weitere Planungsvorhaben und die industrielle Entwicklung gezogen werden, die einen positiven Effekt auf den Nutzerkomfort, die Zufriedenheit mit der Arbeitsumgebung und die Produktivität haben.

Untersuchungen über die Arbeitsplatzgestaltung führten zu der Erkenntnis, dass die Produktivität der menschlichen Arbeit nicht nur von Organisationsstruktur, Funktionalität und Ergonomie bestimmt wird, sondern im Wesentlichen vom Wohlbefinden des Menschen in seiner Arbeitswelt [Knirsch 2002].
Deshalb gilt es mehr denn je, die soziologischen und psychologischen Aspekte in der modernen Büroraumgestaltung wahrzunehmen und positiv zu gestalten. Somit sollte die Nutzerbeteiligung ein wesentlicher Faktor bei der Planung und Gestaltung von Büroräumen sein.

2 Grundlagen

2.1 Geschichtlicher Abriss

Die Frage, was eine „behagliche“ Arbeitsumgebung ausmacht, beschäftigt die Menschen seit es Gebäude gibt. Auch das Spektrum wissenschaftlicher Disziplinen, die an dem Thema Komfort arbeiten, war schon immer sehr weit gespannt. Dies waren zum einen Umweltpsychologen, vor allem aber Ingenieure, die die Themen Komfort am Arbeitsplatz und Produktivität untersucht haben [Cooper 2001/ de Dear 2004]. Das erste bedeutende Projekt im Bereich der Umweltpsychologie zum Thema Innenräume und Arbeitsplatzergonomie hatte zum Ziel, die Arbeitsproduktivität zu steigern, indem die physikalische Arbeitsumgebung verändert wurde: In den 1920ern wurden in Industriehallen in Hawthorne Experimente mit verschiedenen Beleuchtungsstärken durchgeführt [Thommen 2002] und deren Einfluss auf die Produktivität der Arbeiter untersucht. Eines der Ergebnisse dieser frühen Untersuchungen war, dass Veränderungen einen positiven psychologischen Effekt auf die Arbeiter haben. Dieser war unabhängig davon, in welche Richtung die Veränderungen gehen. Deshalb wurde angenommen, dass jede positive Veränderung der Arbeitsumgebung ausschlaggebender für die Produktivität der Arbeit sei als die tatsächlichen Bedingungen der Arbeitsumgebung [Canter 1975].

Weitere vereinzelte und in ihrem Umfang begrenzte Studien, wie z. B. die Bedford-Studie zum thermischen Komfort [Bedfort 1936], wurden im Lauf der Jahre unternommen. Im Jahre 1963 veröffentlichte das „Royal Institute of British Architects“ (RIBA) [Bordass, Leaman 2005] seinen „Plan of Work for Design Team Operation“. Dieser beinhaltete den Punkt Nutzerbefragungen und deren Rückkoppelung zum Gebäudebetreiber, da bereits zu diesem Zeitpunkt der Bedarf an Mitarbeiter-Evaluationen erkannt wurde. Der Versuch, dieses Verfahren standardmäßig bei der Planung und der Inbetriebnahme von Gebäuden durchzusetzen, wurde leider im Jahre 1972, vermutlich aufgrund fehlender Finanzierungsmöglichkeiten, zurückgezogen [Cooper 2001].

Veränderungen, die seit den 1970ern in der Bauindustrie stattfanden, führten zu einem neuen Bewusstsein gegenüber dem Komfortempfinden am Arbeitsplatz. Seit dieser Zeit wurden vermehrt Klimaanlagen eingebaut, die es notwendig machten, dass „Komfort“ quantifiziert wurde [Brager 2003]. Zudem eroberten neue, synthetisch hergestellte Materialien den Markt und die Gebäude. Fanger begann in den 1970ern mit der systematischen Erforschung des Komfortempfindens in Klimakammern sowie des Effekts der Bekleidung und der Aktivität auf den menschlichen Wärmehaushalt [Fanger 1970]. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen waren Grundlage für nachfolgende Standards für Innenräume [ISO 7730/ DIN 1946]. Das Thema Gebäudemonitoring und Nutzerbewertung kam durch vermehrt auftretende Beschwerdesymptomatiken wie die „Building-Related-Illness“ (BRI) und das „Sick-Building-Syndrome“ (SBS) in öffentlichen Gebäuden wieder auf [Kröling 1985/ Bischof 1993]. Diese beinhalteten vor allem sensorische Beschwerden der Schleimhäute sowie unspezifische Ermüdungserscheinungen, Kopfschmerzen u. a., die schwerpunktmäßig auf die Verwendung neuartiger Materialien und Technologien zurückgeführt wurden.

2.2 Was ist Komfort?

Seit dem 19. Jahrhundert war das Verständnis von Komfort verbunden mit den allgemeinen Faktoren Licht, Wärme und Belüftung [Brager 1998]. Die später entwickelten Wärmebilanz-Modelle des Menschen von Fanger und Gagge [Gagge 1986] betrachteten den Menschen als passiven Empfänger thermischer Einflüsse. Dies setzte ein einfaches Ursache-Wirkungs-Modell voraus, bei dem die physikalischen Randbedingungen des Innenraumklimas die menschliche Physiologie und daher die möglichen Zustandsformen von subjektivem Komfort oder Diskomfort beeinflussen.

Die zu dieser Zeit entwickelten Standards, die auf dem Wärmebilanz-Modell sowie auf umfangreichen Versuchen in Klimakammern aufbauten, waren für klimatisierte Gebäude ausgelegt [Fanger 1970]. Diese gaben klare raumklimatische Grenzen vor, die von der Industrie eingehalten werden mussten. In der Folge wurden diese jedoch für alle Gebäudetypen, Klimaregionen und Populationen als Planungsgrundlage übernommen.

Aufgrund von Feldstudien aus dieser Zeit wurde jedoch bereits die vorhandene Wechselwirkung zwischen dem Menschen und seiner Umgebung erkannt, die z. B. durch Veränderung in der Bekleidung, Anpassung der Arbeitsgeschwindigkeit oder durch bewusstes, aktives Lüften der Räume stattfand [Nicol 1973]. Dies beinhaltete bereits die Theorie, dass sich der Mensch in gewisser Weise an seine Umgebung anpassen kann (s. Abbildung 2-1).

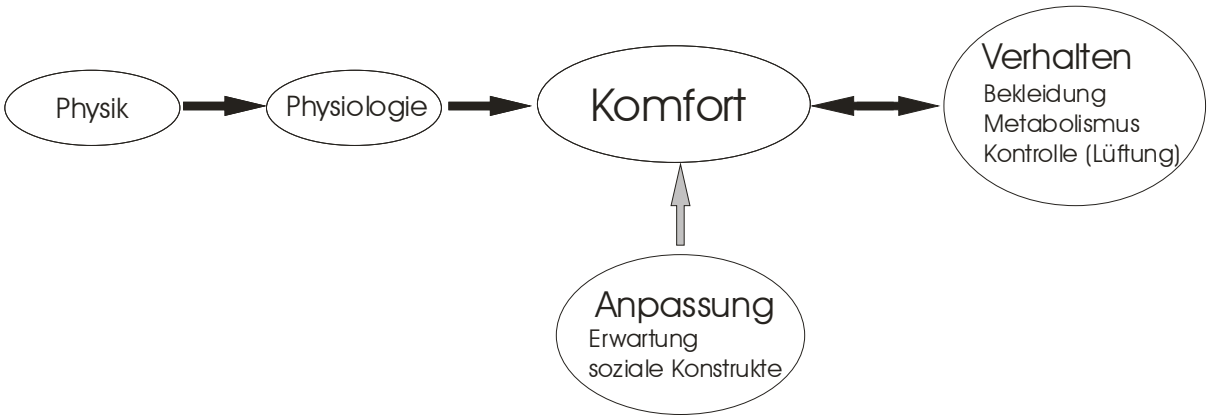


Abbildung 2-1: Ursache-Wirkungs-Ansatz für Feldstudien in den 1970ern

Die 1980er brachten weitere Veränderungen vor allem Hinsichtlich neuer Materialien und neuer Technologien in der Bauindustrie mit sich und die Klimaindustrie wuchs schnell. Es bestand ein großer Wettbewerb innerhalb der Baubranche, die Geschwindigkeit und die Qualität des Bauprozesses zu verbessern und die Materialkosten zu reduzieren. Die Gebäude wurden seither intensiver genutzt und deren Gestalt durch Veränderungen im sozialen und technischen Bereich sowie in der Vermarktung stark beeinflusst. Dies wirkte sich unter anderem auf die Raumaufteilung, Raumhöhen, Fassaden und Sekundärkonstruktionen wie z. B. abgehängte Decken zur Verkleidung von Lüftungsleitungen und der Stromversorgung aus.
Die Nutzerbewertung bestehender Gebäude wurde in mehreren Ländern wieder aktuell. Schwerpunktthemen waren die Ergonomie am Arbeitsplatz, die Evaluierung eventueller

Belastungen bezüglich der neuartigen Computerarbeit, der empfundene thermische Komfort sowie gesundheitliche Belastungen in den Gebäuden.

Eine Folge dieser Entwicklung war auch, dass die Definition des thermischen Komforts erneut diskutiert und erweitert wurde. Zum Beispiel behauptete Cooper [Cooper 1982], dass Komfort-Standards soziale Konstrukte seien, die die Vorstellungen, Werte, Erwartungen und Wünsche derer widerspiegeln, die sie entwickeln. Und Canter äußerte im Jahre 1983, dass der thermische Komfort ein vielgestaltiges Phänomen sei, das durch das Verhalten (Bekleidung, Aktivität, Luftwechselrate etc.) und Erwartungen ebenso beeinflusst wird wie durch die Umgebungsbedingungen und die Erinnerung [Brager 2003] (s. Abbildung 2-2).

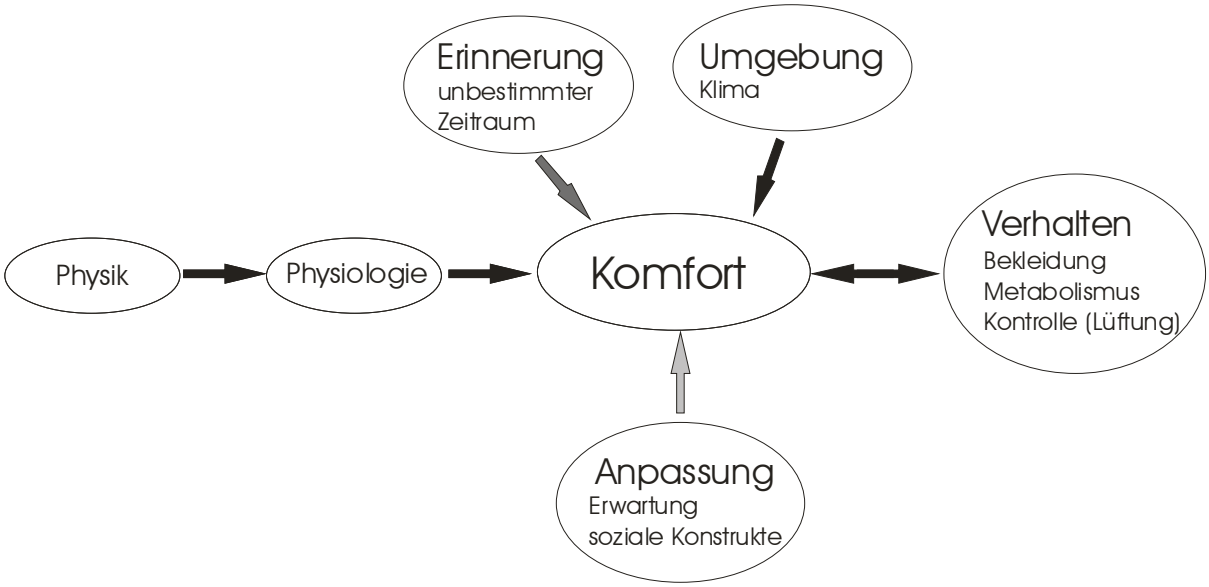


Abbildung 2-2: Ursache-Wirkungs-Ansatz für Feldstudien in den 1980ern

Im ASHRAE Standard von 1992 wurde eine Komfort-Definition festgelegt. Komfort wird hier beschrieben als der Empfindungszustand, der Zufriedenheit mit der thermischen Umgebung ausdrückt [ASHRAE 1992]. Diese beinhaltet jedoch nach wie vor, dass auf die Zufriedenheit mit der thermischen Umgebung durch das (neutrale) Empfinden der Raumtemperatur geschlossen werden kann.

Doch mit der anwachsenden Komplexität des Komfort-Verständnisses im Innenraum wurde es schließlich fast unmöglich, den empfundenen Komfort direkt zu „messen“ [Brager, de Dear 2003]. Neben den Messungen der physikalischen Variablen, welche den menschlichen Wärmehaushalt beeinflussen, wurden sowohl in den Klimakammerversuchen als auch im Feld Fragen zum thermischen Empfinden und der Präferenz eingeführt. Daraus wurden Rückschlüsse auf die Zufriedenheit oder Unzufriedenheit der untersuchten Personen gezogen, ohne diese direkt abgefragt zu haben. Mit sich ausdehnender Forschung wurden weitere Themen wie z. B. Architektur, technische Gebäudeausrüstung sowie soziale, psychologische und kulturelle Faktoren in dem bestehenden Modell ergänzt und bestätigt [Nicol, Kessler 1998].

In den 1990ern wuchs das Interesse daran, Zusammenhänge zwischen den einzelnen Gebäude-Parametern sowie deren Einfluss auf die Gesundheit, das Komfortempfinden und

die Produktivität aufzudecken. Immer mehr Feldstudien wurden unternommen, zumeist jedoch unabhängig voneinander und mit unterschiedlichen Methoden [Brager, de Dear 1998]. Diese wurden in verschiedenen Ländern durchgeführt. Es wurden darin verschiedene Komfortparameter untersucht und wie Personen auf Veränderungen in ihrer Arbeitsumgebung reagieren [Leamann, Bordass 2001]. Nach und nach wuchs das Verständnis für die Komplexität des Komfortbegriffes und die Erkenntnis, dass die Einflüsse auf das Komfortempfinden offensichtlich auch kulturell bedingt sind (s. Abbildung 2-3).

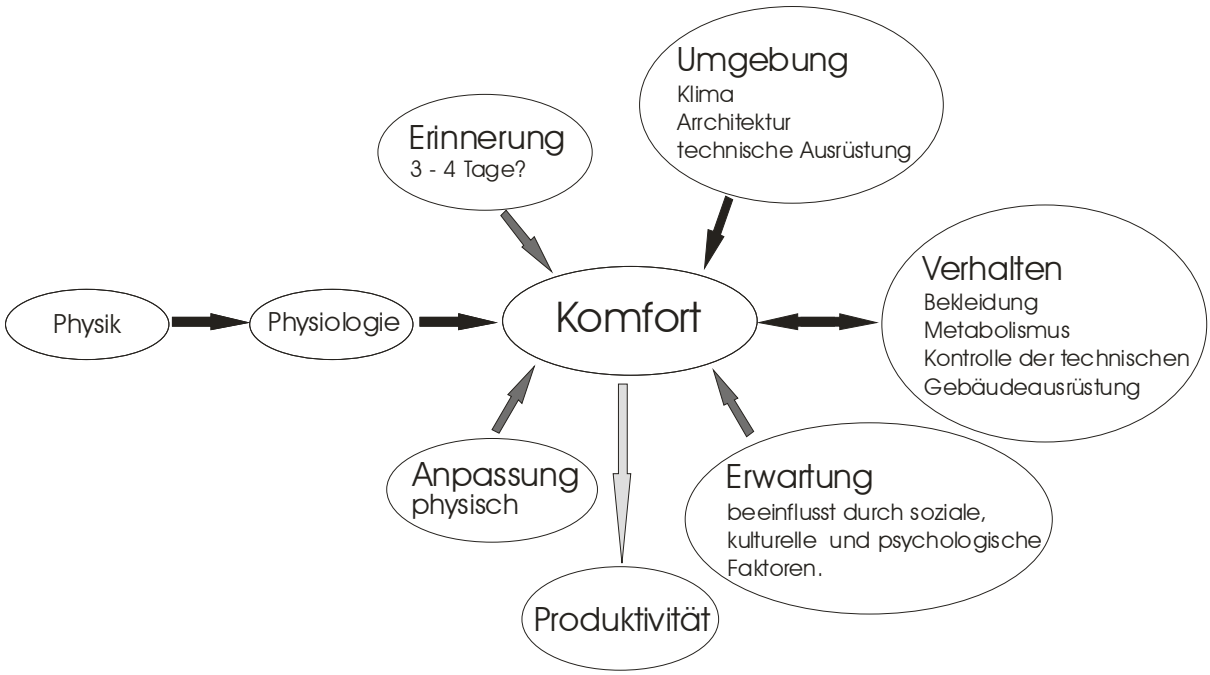


Abbildung 2-3: Ursache-Wirkungs-Ansatz für Feldstudien in den 1990ern

Weitere Studien zur Bewertung der Arbeitsplatzqualität haben ergeben, dass die Ausstattung des Raumes, die verwendeten Materialien, das Ambiente, die Ergonomie und die Raumproportionen die Attraktivität eines Büroraumes neben dem Raumklima sehr stark beeinflussen [Bauer 2003/ Schneider et al. 2003]. Neuere Studien belegen auch Zusammenhänge zwischen einer Mehrzahl an Komfortparametern wie z. B. der Luftqualität, visuellen und akustischen Raumqualitäten, dem thermischen Komfort sowie dem allgemeinen Wohlbefinden [Roulet et al. 2005a]. Die Möglichkeit, Einfluss auf das Innenraumklima zu nehmen, beeinflusst offensichtlich die Zufriedenheit mit der Temperatur [Nicol, McCartney 2000/ de Dear 2004]. Unterschiede in der Wahrnehmung von Lärm und Geräuschen wurden in Verbindung mit dem sozialen und kulturellen Status und unterschiedlichen Geräuschverursachern gefunden. Die das Gebäude betreffenden Einzelaspekte sind sehr genau teils im Feld teils im Labor, aber im Allgemeinen getrennt voneinander bewertet worden und die wichtigsten Erkenntnisse dienen nun als Grundlage für nationale und internationale Standards und Normen [z.B. prEN ISO 7730/ DIN 1946/ ASHRAE 55/ VDI 6018/ Arbeitsstättenrichtlinie ASR 6:2001/ Arbeitsstättenverordnung 2004].

Doch noch immer sind viele Fragen nach Zusammenhängen zwischen den Komfort beeinflussenden Faktoren offen bzw. Antworten hierzu nicht gefunden oder bestätigt worden.

2.3 Unterschiede in den Komfortmessungen

Die Frage nach dem Komfortempfinden wurde immer mit Hilfe von „Personen-Tests“ untersucht, um die subjektive Wahrnehmung zu erfassen und mit gemessenen Klimaparametern in Zusammenhang zu bringen. Während die thermischen Komfortstandards seit den 70er Jahren fast ausschließlich auf Laboruntersuchungen basierten, wächst der Bedarf an Feldstudien vor allem mit der Erkenntnis, dass der Komfort in Abhängigkeit von der Gebäudetechnik offensichtlich unterschiedlich empfunden wird [de Dear 2004]. Zudem können die komplexen Zusammenhänge, wie sie in Abschnitt 2.2 beschrieben wurden, im Feld besser erfasst werden. Dennoch haben beide Vorgehensweisen jeweils ihre Vor- und Nachteile:

In Klimakammerversuchen können physiologische und psychologische Reaktionen des Menschen auf verschiedene klimatische Gegebenheiten wie z. B. die Lufttemperatur, Strahlungstemperaturen, Feuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit unter kontrollierten Bedingungen untersucht werden und sind somit auch weitgehend reproduzierbar. In Verbindung mit der Metabolismusrate und dem Bekleidungsdämmwert entwickelte und validierte Fanger unter definierten Klimabedingungen im Innenraum sein PMV-PPD-Model [Fanger 1970]. Dieses Modell diente als Grundlage für die Norm ISO 7730. Bei den Untersuchungen war es den Probanden nicht möglich, Einfluss auf das Raumklima oder die eigene Bekleidung zu nehmen [Brager et al. 2004]. Das Modell setzt ein menschliches Wärmebilanzmodell voraus, welches von externen Klimabedingungen unabhängig ist. Die Untersuchungsbedingungen bringen es jedoch mit sich, dass die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ein wesentliches Problem laborexperimenteller Untersuchungen ist. Einerseits wegen der künstlichen Situation, in der möglichst viele Umgebungsfaktoren konstant gehalten werden, die in der Realsituation erheblich variieren und experimentell erzielte Effekte unter Umständen vollständig maskieren oder sogar verhindern. Zum anderen resultiert diese Problematik aus der oft nur begrenzten (Stichprobengröße) und zudem stark selektierten Anzahl an Probanden (Studenten, Soldaten). Somit war es durch Laboruntersuchungen bislang noch nicht möglich, komplexere Einflüsse auf die Zufriedenheit mit dem Komfort zu untersuchen.

Aufgrund der wachsenden Zweifel an der externen Validität und Relevanz von Ergebnissen aus Klimakammeruntersuchungen für Nutzer in reellen Gebäuden veranlasste die ASHRAE in den 1990ern eine Reihe von Komfort-Studien. Das Ziel dieser Studien war die Validierung der Ergebnisse aus Klimakammerversuchen und der daraus resultierende Standards für die Raumklimatisierung im Feld in einer Vielzahl von klimatischen Umgebungsbedingungen [de Dear 2004].

Die Empfindungen und Verhaltensweisen der Gebäudenutzer werden im realen Arbeitsumfeld durch eine Reihe komplexer Zusammenhänge beeinflusst, die im Wärmebilanzmodell des Menschen nicht berücksichtigt wurden. Feldstudien hingegen können je nach verwendeter Methodik den Innenraum und den Nutzer in seiner Gesamtheit erfassen. Somit wird es möglich zu analysieren, wie verschiedene Gebäudetypen und Energiekonzepte auf die klimatischen Umgebungsbedingungen reagieren und wie dies durch die Nutzer im Innenraum empfunden wird. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Umgebungsbedingungen in den meisten Gebäuden stark schwanken können und somit in der Regel nur schwer

korrekt erfassbar und in Zusammenhang mit den Nutzeraussagen zu bringen sind [Humphreys, Nicol 2000]. Somit muss auch hier mit der Verallgemeinerung und Übertragung der gewonnen Ergebnisse auf andere Gebäude vorsichtig umgegangen werden, auch wenn dort ähnliche Bedingungen vorzufinden sind.

Die Vor- und Nachteile beider Herangehensweisen zur Evaluation des Nutzerkomforts sowie einschlägige Studien aus den vergangenen Jahren werden von Gossauer und Wagner [Gossauer, Wagner 2007] ausführlich beschrieben. Die meisten Untersuchungen, die zumeist in Laboren aber auch im Feld durchgeführt wurden, konzentrieren sich auf eine Auswahl von Komfortkriterien [de Dear, Brager 2002/ Nicol, Humphries 2002] oder auf gesundheitsbezogene Themen wie das Sick-Building-Syndrome [Bischof et al. 2003].

Für die Durchführung von Raumklima-Messungen und dazugehörigen Befragungsmethoden werden von Brager und de Dear drei Klassen von Komfort-Studien beschrieben [Brager, de Dear 1998]. Durchführungshinweise der Klasse I sind auch in allen Einzelheiten in der ASHRAE 55 und in der DIN EN ISO 7730 zu finden. Für Untersuchungen der Klasse II werden alle Umgebungsvariabeln erfasst, die zur Berechnung des PMV und PPD nach Fanger notwendig sind. Hierfür müssen Messungen und Bewertungen der Nutzer zur selben Zeit erfasst und einander zugeordnet werden. Die Evaluationsmethode der Klasse III basiert auf einfachen Messungen der Innenraumtemperatur und eventuell auch der relativen Luftfeuchte auf einer Höhe im Raum. Es ist auch zulässig, dass die Messungen nicht gleichzeitig mit den Nutzerbewertungen anhand von Rating-Skalen erfasst werden. Insbesondere in den natürlich belüfteten Gebäuden sollten die Messungen und das Ausfüllen der Fragebögen gleichzeitig stattfinden, da hier die Räume starker als in den klimatisierten Gebäuden zeitlichen und räumlichen (Ausrichtung nach Himmelsrichtung) Schwankungen unterworfen sind.

Die meisten der aus den letzten Jahrzehnten dokumentierten Feldstudien gehörten der Klasse III an. Bei der Analyse der Daten (Messwerte und Nutzerantworten) können nur begrenzt kausale Mechanismen und Korrelationen aufgedeckt werden. Allerdings erhält man mit ihr einen raschen und zumeist zuverlässigen Überblick über die vorgefundene Situation im Gebäude.

2.4 Schlussfolgerungen

Die in Abschnitt 2.2 dargestellte Definitionserweiterung macht deutlich, dass schon das Verständnis des thermischen Komforts, welches mit dem Wärmebilanzmodell des Menschen begann, nicht auf physikalische Faktoren beschränkt werden kann. Es erweiterte sich nach und nach auf andere Themen wie Licht, Akustik und Lüftung, die das Gebäude als Ganzes betreffen. Auch sozialen und gesellschaftlichen sowie technischen Faktoren wurde ein Platz hinsichtlich der empfundenen Behaglichkeit und damit der Nutzerzufriedenheit eingeräumt. Komfort im Allgemeinen kann also nicht auf einige wenige Parameter beschränkt werden, sondern entsteht durch ein Geflecht an physikalischen Zuständen, Erinnerungen und Erwartungen.

Sowohl im Feld als auch vor allem in Laborversuchen wurden verschiedene Einflussfaktoren auf den Nutzerkomfort untersucht. Im Labor wurden vor allem das thermische Empfinden, der visuelle und der akustische Komfort untersucht und die Ergebnisse in den entsprechenden Normen und Richtlinien festgehalten. Hingegen wurden die Einflüsse auf die Gesundheit in erster Linie im Feld unter Zuhilfenahme physikalischer und chemischer Messungen sowie Nutzerbefragungen evaluiert.

Viele Zusammenhänge wurden bis heute trotz eingehender Untersuchungen nicht gefunden oder eindeutig nachgewiesen [z. B. Bischof 2003]. Auch übergeordnete Zusammenhänge und Einflüsse auf das Wohlbefinden und die Nutzerzufriedenheit am Arbeitsplatz wurden noch nicht ausreichend untersucht. Dies ist aber vor allem deshalb wichtig, da insbesondere im Feld starke Wechselwirkungen mit unterschiedlichen und eventuell wechselnden Einflussfaktoren vermutet werden. Mit Feldstudien lassen sich interaktive und komplexe Zusammenhänge besser nachweisen als in Laboruntersuchungen (zu den Unterschieden siehe [Gossauer, Wagner 2007]).

Trotz wachsenden Interesses an der Bewertung des Gebäudebetriebs und den Ergebnissen von Nutzerbefragungen, sind die Ergebnisse bzw. Instrumente solcher Untersuchungsmethoden noch nicht routinemäßig verfügbar.

Umfangreichere Nutzerbefragungen in einer hohen Anzahl an Gebäuden könnten über die komplexen Zusammenhänge ggf. neue und umfassendere Erkenntnisse liefern. Diese Daten wären insbesondere für Gebäudeplaner aufschlussreich, da Ihre Ergebnisse in die Planung neuer Gebäude einfließen könnten.

Neben der Planung neuer Gebäude hat aber auch das Interesse an der Bewertung des Gebäudebetriebs bestehender Gebäude stark zugenommen. Hier stehen die Betreiber in dem Spannungsfeld die Energieverbrauchswerte zu reduzieren und gleichzeitig Arbeitsplätze mit hohem Komfort anzubieten, um das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter sicher zu stellen.

Eine Weiterentwicklung der Nutzerbefragung, insbesondere im Hinblick auf effiziente, aussagekräftige und weitgehend universell einsetzbare Fragebögen mit der geeigneten Auswertemethodik, könnte diese zu einem Standardhilfsmittel im Bereich Facility Management werden lassen. Die auf diese Weise objektivierten subjektiven Eindrücke der Nutzer können dabei neben einem kontinuierlichen Monitoring zur Kontrolle der Energieverbrauchswerte und der Funktionstüchtigkeit von technischen Anlagen entscheidende Beiträge für den Verbesserungsprozess bestehender Gebäude aber auch für die Neuplanung hinsichtlich Komfort und Effizienz liefern

3 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, den Grad der allgemeinen Zufriedenheit der Mitarbeiter mit ihrem Arbeitsplatz zu messen und in eine vergleichbare Größe zu verwandeln. Dazu gehört auch, die individuellen den Komfort am Arbeitsplatz und im Gebäude betreffenden Parameter statistisch zu beschreiben und in Zusammenhang mit den architektonischen und energetischen Gebäudekonzepten zu bringen. Nutzerzufriedenheit wird im Zusammenhang mit dieser Untersuchung als die persönliche Zufriedenheit mit dem „thermischen“, „visuellen“ und „akustischen“ Komfort, der Raumluftqualität sowie der Büroausstattung und -gestaltung definiert. Im Folgenden werden diese einzelnen Zufriedenheiten als „individuelle Zufriedenheitsparameter“ bezeichnet.

Zu diesem Zweck sollte ein speziell auf die Fragestellung abgestimmter, standardisierter Fragebogen entwickelt und die geeigneten statistischen Auswertemethoden gefunden werden. Die Auswertung umschließt auch technische und architektonische Gebäudedaten sowie Messwerte des Innenraumklimas.

Anhand der Antworten durch die Nutzer soll ermittelt werden, ob das architektonische und das technische Konzept - vor allem der Betrieb der Anlagen zur Raumklimatisierung - einen statistisch nachweisbaren Einfluss auf die allgemeine Zufriedenheit aber auch auf individuelle Komfortparameter am Arbeitsplatz hat. Neben den baulichen Einflüssen werden weitere mögliche Einflüsse auf die Zufriedenheitsparameter untersucht, z.B. arbeitsbezogene Faktoren, das Alter etc. und eventuelle Zusammenhänge zwischen den einzelnen Zufriedenheiten analysiert. Ebenso werden Unterschiede in den Bewertungen zwischen Sommer- und Winterbefragungen untersucht. Bei einem Quervergleich der untersuchten Gebäude wird abschließend geprüft, ob mit Hilfe statistischer Auswertemethoden ein allgemeiner „Index der Zufriedenheiten“ erstellt werden kann. Dabei taucht auch die Frage auf, ob es möglich ist, die unterschiedlichen Gebäude anhand der Nutzerbewertungen zu Gruppen zusammenzufassen, die sich im Hinblick auf das architektonische und/ oder energetische Konzept unterscheiden.

Weiterhin ist es von großem Interesse, welchen Stellenwert (Wichtigkeit) die einzelnen Zufriedenheitsparameter für die Gebäudenutzer haben, und inwieweit diese das Wohlbefinden und die allgemeine Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz beeinflussen.

Die Ergebnisse der Untersuchung sollen als Grundlage dafür dienen, ein standardisiertes Bewertungswerkzeug zur Beurteilung von Gebäuden zu erhalten, mit dem architektonische und energetische Konzepte möglichst konkret durch den Nutzer bewertet werden können.

3.1 Hypothesen

Es wird davon ausgegangen, dass die allgemeine Zufriedenheit sowie die einzelnen Zufriedenheiten anhand von Fragen bzw. Antwortskalen (s. Abschnitt 4.2.1) messbar sind. Zudem lassen sich mit Hilfe statistischer Auswertemethoden Vergleiche bzw. Rückschlüsse auf die Gebäude und Zusammenhänge zwischen einzelnen Faktoren darstellen (s. Abbildung 3-1).

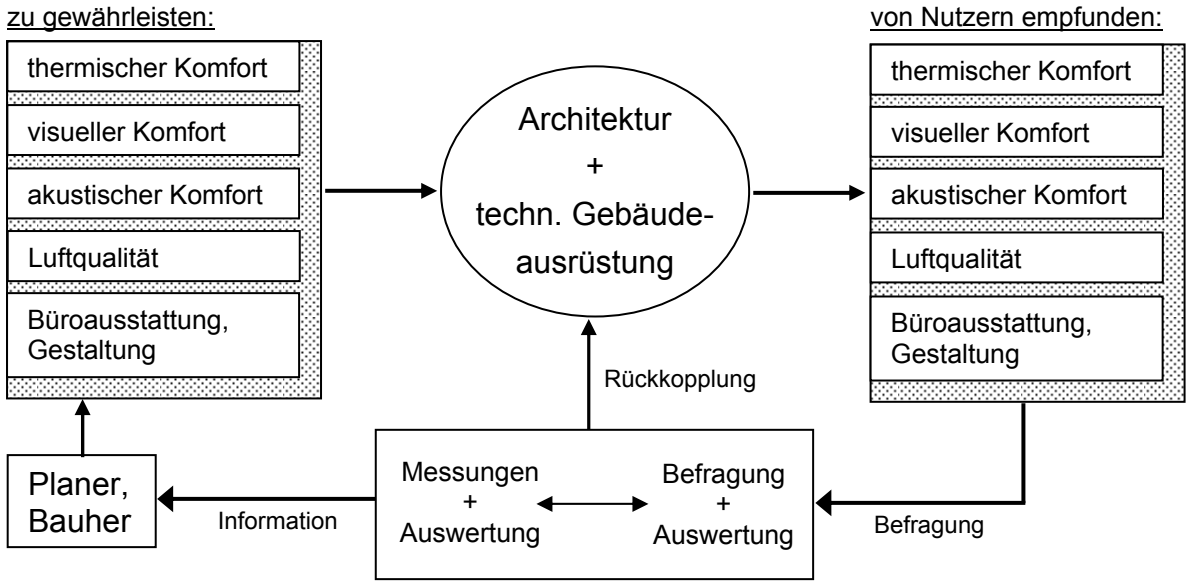


Abbildung 3-1: Übersicht über die individuellen Zufriedenheitsparameter und deren mögliche Auswirkungen auf den Nutzer/ Zusammenhänge zwischen den Parametern

Folgende Hypothesen wurden hierfür aufgestellt:

1) Durch einen Fragebogen werden Schwachstellen in einem Gebäude gezielt aufgedeckt. Die Ergebnisse können als Grundlage für Verbesserungsmaßnahmen im Komfortbereich eines Gebäudes genutzt werden.
2) Es bestehen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Zufriedenheitsaspekten thermischer, visueller, akustischer Komfort, Luftqualität und Büroausstattung.
3) Die Zufriedenheit mit den einzelnen Zufriedenheitsaspekten hat einen Einfluss auf die allgemeine Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz.
4) Es existieren Unterschiede in den Bewertungen zwischen Sommer und Winter.
5) Die Nutzer lassen sich auf Grundlage der Antworten in den Fragebögen in Gruppen einteilen, die sich den jeweiligen Gebäuden/ Gebäudetypen zuordnen lassen.
6) Die Zufriedenheit mit individuellen Parametern hat einen Einfluss auf das Wohlbefinden und die subjektive Einschätzung der Gesundheit der Nutzer.
7) Arbeitsbedingte Faktoren haben einen Einfluss auf die Bewertung der gebäudebezogenen Zufriedenheiten.

In der Statistik werden die wissenschaftlich aufgestellten Hypothesen als Alternativhypothesen bezeichnet und stellen dar, was inhaltlich vermutet wird, z. B. dass es eine Beeinflussung durch die Jahreszeit auf die Temperaturzufriedenheit gibt. Die Erfüllung einer Alternativhypothese stellt eine Erweiterung des vorhandenen Wissens dar. Die statistische Nullhypothese hingegen bedeutet, dass es keinen Zusammenhang bzw. Unterschied zwischen der Zufriedenheit mit der Temperatur und der Jahreszeit gibt. Um einen Beweis für das Vorhandensein der wissenschaftlichen Alternativhypothese zu bringen, muss die statistische Nullhypothese abgelehnt werden.

4 Methodik

Die Durchführung von Nutzerbefragungen im Feld erfordern eine genaue Planung der Vorgehensweise und die Abstimmung mit den entsprechenden Personen im Gebäude. Dies bedeutet in Gebäuden mit kleineren Firmen meist nur den Kontakt zu einer Person, die wiederum die Angestellten informiert. In größeren Gebäuden wird in der Regel auch der Betriebsrat in die Entscheidung mit einbezogen. Zudem sollten im Vorfeld die wichtigsten Besonderheiten der Gebäude und ihrer Energiekonzepte bekannt sein. In Abbildung 4-1 ist der typische Ablauf einer Gebäude- und Nutzerevaluation dargestellt.

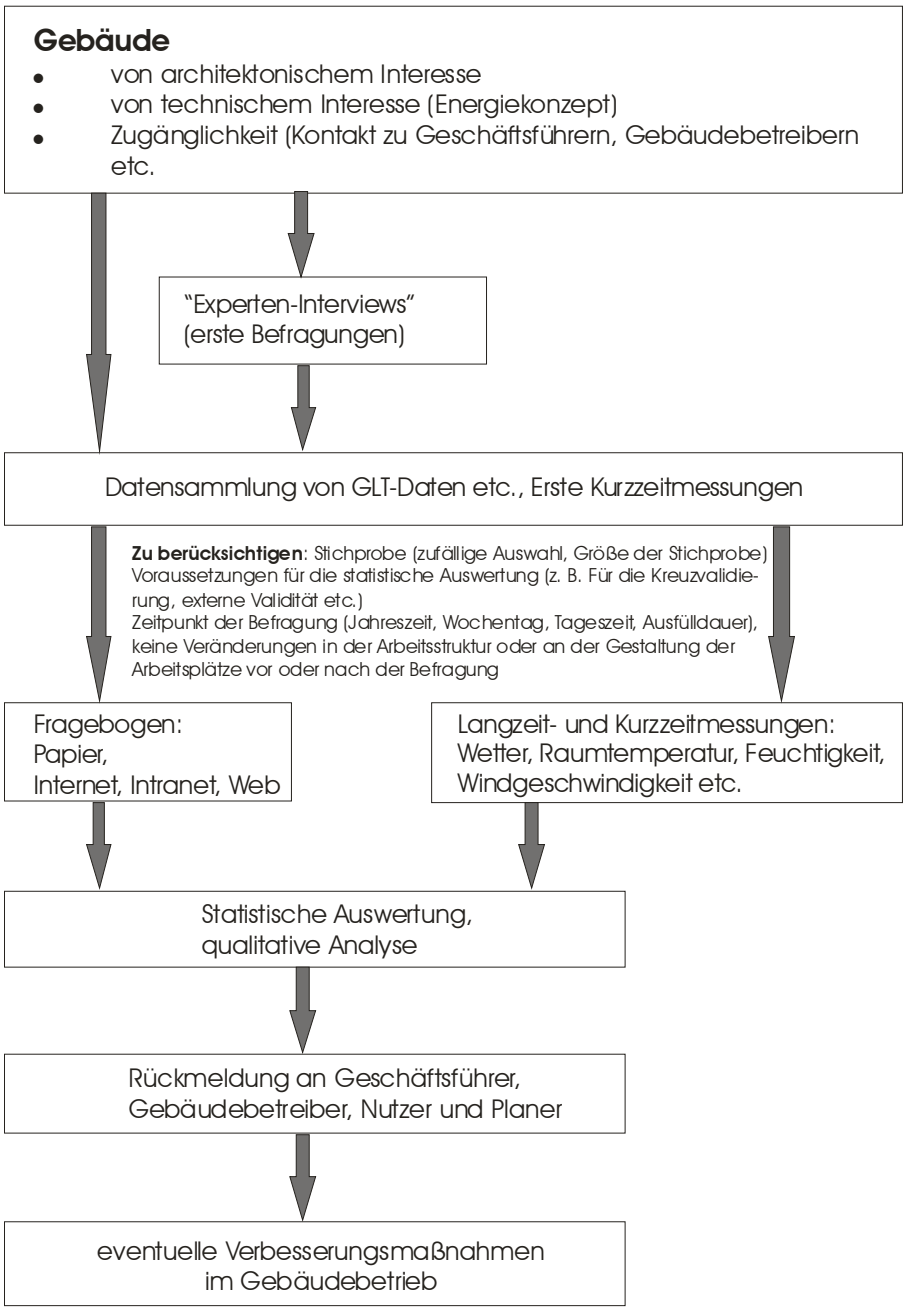


Abbildung 4-1: Ablauf der Gebäude- und Nutzerevaluation

Sämtliche Einzelheiten über ein Gebäude über eine Befragung zu evaluieren würde eine recht genaue Kenntnis des Gebäudes durch die Nutzer und ein hohes Maß an gebäudetechnischem Wissen erfordern. Dies kann in der Regel nicht vorausgesetzt werden. Deshalb ist es hilfreich, im Vorfeld einer Untersuchung bei einer Begehung ein Gebäudeprotokoll zu erstellen. Darin werden bauliche Details festgehalten und für die Erarbeitung der Fragestellung sowie bei der qualitativen Auswertung einbezogen.

Durch einen anonymisierten Fragebogen kann sich der Nutzer äußern, ohne als Einzelperson aufzufallen. Mit seiner Hilfe können statistisch zuverlässige Daten über die subjektive Beurteilung eines Gebäudes und des Arbeitsplatzes als Ergänzung zu gleichzeitig immer notwendigen Messungen von beispielsweise Raumklimadaten ermittelt werden.

Bei der Anwendung von Fragebögen geht es in erster Linie um eine Generalisierung der Empfindungen bzw. eines Gebäudeeindruckes, welche z. B. mit Interviews in keinem angemessenen Zeit- oder Kostenrahmen möglich ist. Einer der Nachteile der anonymisierten Befragungen ist jedoch, dass keine personenbezogenen Rückschlüsse auf einen bestimmten Raum oder die dazugehörigen physikalischen Messungen gezogen werden können. In einigen Fällen können deshalb Interviews mit den Mitarbeitern als Ergänzung notwendig sein, um partielle Schwachstellen oder auch Stärken eines Gebäudes oder Arbeitsplatzes aufzudecken. Der Vorteil ist, dass sich in der Regel mehr Personen dazu bereit erklären einen Fragebogen auszufüllen, wenn die jeweiligen Angaben nicht mit ihrer Identität in Verbindung gebracht werden können.

Die Durchführung der Befragung kann mit Fragebögen in Papierform oder in elektronischer Form erfolgen. Vorteile der elektronischen Form der Befragung sind sicherlich die Schnelligkeit und dadurch Kostenersparnis beim Versand und die schnellere und bei der Datenübernahme in das Auswertungsprogramm oft weniger Fehler behaftete Auswertbarkeit der Daten. Für die Papierform spricht neben dem Nachteil des Papierverbrauchs und des Zeitaufwandes für die Durchführung und Dateneingabe die zumeist hoch gewichtet Angst der Befragten vor Viren im Computersystem und der Aspekt der Anonymität, die beim Versand der beantworteten Fragebögen über e-Mail nur schwer gewährleistet werden kann. Durch die Anwesenheit des Fragestellers beim Verteilen der Bögen und einen zeitlich vorgegebenen Rahmen besteht außerdem erfahrungsgemäß ein positiver Einfluss auf die Rücklaufquote der Fragebögen. Aus den genannten Gründen fiel die Entscheidung für die Durchführung der Untersuchung zugunsten der Papierfragebögen aus.

Im Abschnitt 4.1 wird die Erstellung des Fragebogens sowie die Durchführung der Befragungen beschrieben. Im Abschnitt 4.2 werden die für die Auswertung der Nutzerantworten (Test der Alternativhypothesen) verwendeten statistischen Tests beschrieben.

4.1 Das Fragebogendesign

Für die Untersuchung der Nutzerzufriedenheit wurde in dem Projekt „enerkenn“ [Froehlich et al. 2002] ein bereits existierender Fragebogen, der ursprünglich an der Universität von Berkeley entwickelt und validiert wurde, übersetzt und auf die Gegebenheiten in deutschen Bürogebäuden angepasst. Die Änderungen betrafen vor allem die unterschiedlichen räumlichen Gegebenheiten wie z. B. die Raumgrößen und -aufteilungen, die Haustechnik sowie einige sprachliche Begriffe. Zudem ist es in dem amerikanischen computergestützten Fragebogen so vorgesehen, dass erst ab einer gewissen Unzufriedenheit mit einem Thema weitere, detaillierte Fragen zu beantworten sind. Dies wurde für die deutsche Version, die zunächst ebenfalls über den Rechner ausgefüllt wurde, in den meisten Bereichen übernommen. Allerdings war aufgrund dieser Vorgehensweise eine hohe Abbruchrate bei der Beantwortung festzustellen.

Dieser Fragebogen diente als Grundlage für die vorliegende Untersuchung. Jedoch wurde er aufgrund der im Verlauf der Auswertung gewonnen Erkenntnisse und zusätzlicher Anforderungen an die Ergebnisse noch einmal grundlegend überarbeitet. Dies betraf insbesondere die Länge des Fragebogens sowie die Verteilung der Fragen auf die einzelnen Themengebiete. Dabei wurde vor allem abgewogen zwischen der besseren Aussagekraft durch eine große Fragenanzahl und der Zumutbarkeit von langen Fragebögen. Lange Fragebögen führen außerdem zu hohen Personalkosten durch die Inanspruchnahme der Arbeitszeit der Mitarbeiter in den Unternehmen. Dies kann in manchen Fällen zu einer Absage für die Durchführung einer geplante Befragung führen. Eine Grenze für die Zumutbarkeit der Ausfülllänge sind aus Erfahrungen anderer Studien maximal 20 Minuten.

Für die Entwicklung des Fragebogens wurden auch andere bereits existierende und angewandte Fragebögen zu unterschiedlichen Themen, wie z. B. das Sick- Building-Syndrome und Mitarbeiterbefragungen, aus dem Gebäudebereich berücksichtigt [z. B. Bischof 2003/ Borg 2003]. Zudem wurden anerkannte Regeln zur Formulierung von Fragebogen-Fragen, dem Befragungsdesign und der Skalierung der Antwortkategorien berücksichtigt [Mummendey 1999/ Lienert, Raatz 1998/ Bortz, Döring 2003/ Porst 2000/ Klein, Porst 2000]. Folgende erprobte Grundregeln dienten als Hilfestellung bei der Fragenformulierung:

1. Begriffe müssen von allen gleich verstanden werden
2. keine Fremdwörter bzw. keinen Fachjargon verwenden
3. kurze und verständliche Fragen
4. unklare Begriffe müssen definiert werden
5. keine doppelten Verneinungen
6. keine hypothetischen Fragen
7. keine doppelten Stimuli in den Fragen
8. keine Unterstellungen oder suggestiven Fragen
9. keine Informationen verlangen, über die die meisten vermutlich nicht verfügen
10. nur Antwortkategorien verwenden, die erschöpfend und überschneidungsfrei sind
11. der Kontext einer Frage darf sich nicht auf die Beantwortung auswirken
12. eindeutigen Zeitrahmen vorgeben

Regeln für die Fragebogenkonzeption können allerdings nur einen Anhaltspunkt bieten, da sie zum Teil nicht gleichzeitig erfüllbar sind (beispielsweise Punkt 3. und 4.) und für jede Befragungssituation unterschiedliche Bedingungen vorliegen. Ein Mitarbeiter der Pretest-Abteilung des Zentrums für Umfrageforschung in Mannheim (ZUMA) hat die Fragen auf Verständlichkeit und Plausibilität hin untersucht. Diese überarbeitete Version wurde in einer Voruntersuchung mit etwa 100 Personen aus drei nicht in die Untersuchung involvierten Bürogebäuden erneut validiert.

In dem Fragebogen werden alle den Büro-Arbeitsplatz betreffenden Aspekte der Nutzerzufriedenheit abgefragt. Die Fragen beziehen sich auf Raumeigenschaften, die den Arbeitsplatz direkt betreffen: die empfundene Raumtemperatur, Raumluftqualität, wahrgenommene Zugluft, Feuchtigkeit, Akustik und wahrgenommene Geräusche sowie künstliche und natürliche Beleuchtung bzw. Belichtung. Zusätzlich werden allgemeine den Arbeitsplatz betreffende Themen erhoben. Diese beinhalten Fragen zur Büroeinrichtung, zu Wohlbefinden und Gesundheit während der Arbeitszeit sowie arbeitsbezogene Fragen wie Arbeitsumfang, Kommunikation mit den Kollegen und die allgemeine Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz. Es wurde zusätzlich der Grad von gesundheitlichen Beeinträchtigungen abgefragt, die im Rahmen bereits getätigter Forschungsarbeiten mit speziellen Einflussfaktoren am Arbeitsplatz in Verbindung gebracht wurden [Bischof et al. 1993]. Weiterhin dienten Fragen zur empfundenen Belastung am Arbeitsplatz durch soziale und arbeitstechnisch bedingte Faktoren wie z. B. das empfundene Arbeitsaufkommen und das Verhältnis zu Kollegen und Vorgesetzten [Borg 2003] zur Kontrolle: Mit ihnen sollte im Zuge der Auswertung nachgeprüft werden, inwieweit die Ausprägung der individuellen Zufriedenheitsparameter oder Beschwerdesymptomatiken tatsächlich mit dem Gebäude und nicht mit arbeitsbedingten Einflussgrößen zusammenhängt.

Die Fragenkomplexe sind so aufgebaut, dass erst Fragen zu speziellen Gegebenheiten des jeweiligen Themas gestellt werden und am Ende eine zusammenfassende Frage über die allgemeine Zufriedenheit mit dem Themenbereich folgt. Hierzu wie auch zu der Frage, ob statistisch relevante Daten wie das Alter, das Geschlecht etc. zu Beginn oder am Ende gestellt werden sollen, gibt es unterschiedliche Meinungen und Erfahrungen.
In der vorliegenden Untersuchung wurde diese Reihenfolge gewählt, da die allgemeinen Fragen zur Zufriedenheit nach Möglichkeit die detaillierten Fragen in der Gesamtbewertung einschließen sollten. Auf diese Weise wird der Befragte auf die Bedeutung des Themas hingeleitet und man kann einen statistischen Zusammenhang zwischen den einzelnen Fragen ermitteln. Wird die allgemeine Zufriedenheit zuerst abgefragt kann es passieren, dass der Nutzer ein ganz anderes Bild von der Bedeutung der allgemeinen Frage hat als mit den detaillierten Fragen beabsichtig ist zu ermitteln.

Die Fragen können von den Nutzern im Allgemeinen mit einer 5-stufigen Likert-Skala beantwortet werden. Auch hierbei gibt es eine Reihe unterschiedlicher Möglichkeiten [Lienert, Raatz 1998]: Eine gerade Anzahl an Skalenpunkten hat den Vorteil, dass sich der Nutzer entscheiden muss, ob er zufrieden oder unzufrieden ist, ob es ihm zu hell oder zu dunkel am Arbeitsplatz ist usw. Das bedeutet, dass man als Ergebnis eine mehr oder weniger

eindeutige Aussage über die positive oder negative Qualität des untersuchten Gegenstandes erhält. Allerdings wollen sich viele Befragte nicht in eine Richtung „zwingen“ lassen oder aber es fehlt ihnen die Möglichkeit mitzuteilen, dass eine Gegebenheit tatsächlich in Ordnung ist oder keinen besonderen Stellenwert einnimmt. Dies hat in vielen Fällen eine Nichtbeantwortung der Fragen zur Folge, wodurch die Auswertung aufgrund fehlender Fälle um einiges erschwert wird.
Die Anzahl der Skalenpunkte spielt vor allem hinsichtlich der gewünschten Detailliertheit bei der Auswertung eine Rolle. Bei kürzeren Befragungen oder bei noch wenig untersuchten Themengebieten kann es hilfreich sein, mehr als fünf Skalenpunkte anzubieten. In den meisten Fällen jedoch sind die Befragten bei einer hohen Anzahl an Auswahlmöglichkeiten überfordert, da die Beantwortung in der Regel intuitiv erfolgt und zudem nicht dermaßen differenziert ist, wie es in der Wissenschaft oft gewünscht wird. Bei der Auswertung der Daten sollte auch darauf geachtet werden, ob alle Kategorien (vor allem die Extrema) im Sinne einer Normalverteilung der Antworten ausgeschöpft werden. Falls nicht, ist das ein eindeutiger Hinweis darauf, dass zu viele Kategorien vergeben wurden. Außerdem wird man in einer verständlichen Auswertung in der Regel selten mehr als drei (zusammengefasste) Kategorien vorfinden (z. B. „eher zu hell“, „genau richtig“ und „eher zu dunkel“).
Somit erschien für die vorliegende Untersuchung die Fünfer-Skala der sinnvollste Kompromiss zwischen zumutbarer Anforderung an den Nutzer, ausreichender Informationsdichte für die Auswertung und Aufwand für die Auswertung. Statistisch betrachtet bleibt für einen Vergleich zwischen verschiedenen Untersuchungen jederzeit die Möglichkeit, beispielsweise eine 5-er Skala auf eine 7-er Skala zu transformieren und umgekehrt. Viel ausschlaggebender für ein zuverlässiges Ergebnis ist hierbei die identische Fragenformulierung.

Insgesamt werden zwischen 60 und 70 Variablen abgefragt. Aufgrund der gewünschten Vergleichbarkeit lauten die meisten Fragen trotz zum Teil abweichender Gegebenheiten gleich. Nur einige sind an offensichtliche Besonderheiten im Gebäude angepasst (z. B. Lüftungssystem, Sonnenschutzsystem).

Um einen Eindruck vom Gebäudeverhalten über das Jahr zu erhalten gibt es eine Sommer- und eine Winterversion des Fragebogens. Dieser unterscheidet sich jedoch nur in der Formulierung der Fragen zum thermischen Komfort sowie der Beleuchtung und Belichtung hinsichtlich der jahrszeitlichen Benennung, da die Fragen sonst nicht miteinander zu vergleichen wären. Eine wiederholte Befragung bietet auch den Vorteil, dass nur kurz zurückliegende Ereignisse abgefragt werden können. Dadurch wird eine Verfälschung der Ergebnisse durch ein verzerrtes Erinnerungsvermögen vermieden.

Individuelle Kommentare können ebenfalls bei verschiedenen Fragenkomplexen hinzugefügt werden. Zusätzlich wird am Ende des Fragebogens die Möglichkeit gegeben, in freier Form sowohl positive als auch negative Anmerkungen zum Gebäude aber auch zum Fragebogen bzw. der Befragung selber zu formulieren. Die Erfahrung hat gezeigt hat, dass dies einigen Personen ein Anliegen ist. Die Beantwortung und Auswertung dieser Felder ist allerdings sehr zeitintensiv und hat in den meisten Fällen keine zusätzlichen statistisch belastbaren Ergebnisse erbracht.

4.1.1 Durchführung der Befragungen

Die Befragungen fanden im Rahmen der Forschungsprojekte „Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude“ (EVA) und EnBau:MONITOR statt, deren vorrangiges Ziel in der Erfassung und Dokumentation von Energiekennzahlen sowie weiteren Betriebsdaten (Anlagen-Performance, Raumklima) deutscher Bürogebäude lag. Eine detaillierte Beschreibung der untersuchten Gebäude ist unter der Rubrik „Projekte“ als PDF auf der Internetseite unter www.solarbau.de/monitor/index.htm und unter anderem in [Plesser et al. 2004d/ Plesser et al. 2005b/ Plesser et al. 2005 b] zu finden.

Grundvoraussetzung für den Einsatz der Fragebögen war das Einverständnis der jeweiligen Geschäftsführung und natürlich der Mitarbeiter, bei größeren Gebäuden auch der Betriebs- und Personalräte. Die Information der Mitarbeiter über den Ablauf der Befragung und die Gewährleistung des Datenschutzes fand in der Regel per Mail statt. In einigen Fällen waren die Nutzer nicht Informiert, nahmen aber oft dennoch an der Befragung teil.

Die Fragebögen wurden bis auf wenige Ausnahmen persönlich in den Gebäuden ausgeteilt. In zehn von den siebzehn untersuchten Gebäuden wurden die Fragebögen innerhalb eines Tages anonym an einem gemeinsamen Ort (z. B. Sekretariat) oder über die Hauspost wieder abgegeben. In den Übrigen bestand aus organisatorischen Gründen (Dienstreisen, zu kurzfristige Information etc.) der Wunsch nach einer längeren Rückgabefrist. Diese wurde auf maximal vier Tage ausgedehnt.

In sechzehn der siebzehn untersuchten Gebäude wurden separate Befragungen im Sommer und im Winter durchgeführt, damit der Einfluss der unterschiedlichen Witterungsbedingungen auf die Beurteilung der Nutzer - insbesondere bezogen auf das Temperaturempfinden und die Belichtung der Arbeitsplätze - untersucht werden konnte.

Drei der Befragungen fanden auf Wunsch der Nutzer mit einer elektronischen Version statt und wurden per e-Mail verteilt. Dabei konnten die aus anderen Untersuchungen genannten Erfahrungen bestätigt werden: Bei der Papierversion gab es kaum fehlende Antworten und die Rücklaufquoten erwiesen sich als sehr hoch. Dies bedeutet eine hohe Zuverlässigkeit hinsichtlich der Repräsentativität der gewählten Stichprobe. Hingegen konnten bei der elektronischen Befragungsvariante keinerlei Rückschlüsse auf die Rücklaufquote bzw. die Repräsentativität gezogen werden, da nicht bekannt war, wie viele der Mitarbeiter den Fragebogen überhaupt erhalten hatten. Zudem gab es zum Teil erhebliche Schwierigkeiten bei der Zulassung des elektronischen Fragebogens, da vor allem das Anliegen der Anonymisierung beim Zurücksenden der ausgefüllten Fragebögen nicht gelöst werden konnte. Dies führte dazu, dass in einem der Fälle die Fragebögen vor Ort dann doch auf Papier ausgedruckt und per Post zurück gesandt wurden. Auch zog sich die Beantwortung über einen sehr viel längeren Zeitraum hin, so dass sich die Korrelationen mit den gemessenen Raumklimadaten als wenig zuverlässig erwiesen.

Zwischen Januar 2004 und September 2006 haben etwa 1500 Mitarbeiter aus insgesamt 17 Bürogebäuden unterschiedlicher Größe, Architektur und mit verschiedenen Energiekonzepten aus den genannten Projekten einen Fragebogen ausgefüllt.

Davon waren etwa 51 % Frauen und 49 % Männer (s. Anhang Tabelle A1). Die Altersverteilung und die berufliche Einteilung sind den Abbildungen 4-2 und 4-3 zu entnehmen (s. auch Tabellen A2 und A3 im Anhang).

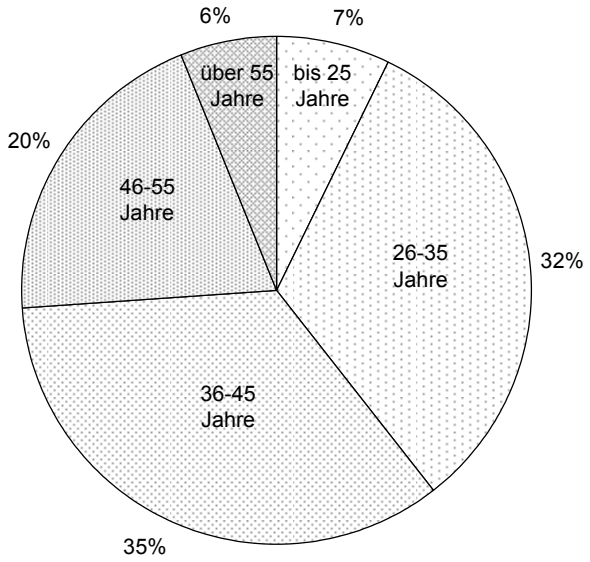


Abbildung 4-2: Altersverteilung aller Befragten in %

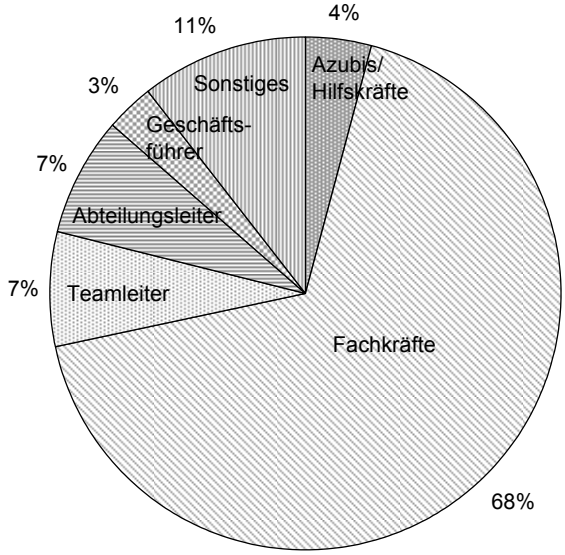


Abbildung 4-3: Berufsstand in %

Die durchschnittliche Rücklaufquote betrug bei der ersten Befragungsrunde knapp 80% (60% - 95%) und bei der zweiten Befragungsrunde 73% (50% - 90%). Fast 80 % der Fragebögen wurde in der Zeit zwischen 9 und 14 Uhr ausgefüllt. Für die Bearbeitungszeit wurden 20 Minuten angesetzt. Die Hälfte der Nutzer benötigte 26 Minuten und weniger zum Ausfüllen des Fragebogens. Im Mittel dauerte die Bearbeitungszeit etwa 33 Minuten, wobei auch Unterbrechungen in die Bearbeitungszeit mit einflossen.

4.1.2 Messwerterfassung

Zusätzlich wurden am Tag der Befragung in jeweils sechs Räumen die Raumtemperatur und die Luftfeuchte mit tragbaren Datenloggern (HOBO der Firma onset) gemessen. Der Messbereich der Datenlogger für die Raumtemperatur reicht von -20 °C bis 70 °C (± 0,7 °C). Der Messbereich für die relative Feuchte reicht von 25 % bis 95 % (± 5,0 %). Die Messgenauigkeit der Datenlogger wurde zuvor anhand von Vergleichswerten eines kalibrierten PT100 über einen Temperaturbereich von 15 - 35 °C in einer Klimakammer des Fraunhofer ISE in Freiburg überprüft und bestätigt.

Die Räume wurden danach ausgesucht, dass sie möglichst gleichmäßig im Gebäude verteilt lagen und somit auch Strahlungseinflüsse und damit vor allem im Sommer die gesamte Schwankungsbreite der Temperaturverteilung im Gebäude mit erfasst wurde. Zudem war ausschlaggebend, in welchen Räumen durch die Gebäudeleittechnik (GLT) Messdaten erfasst wurden, um nach Bedarf einen Messwertvergleich zu ermöglichen. Die Hobos wurden auf den Schreibtischen (ca. 0,85 m Raumhöhe) möglichst in Raummitte und ohne direkten Einfluss von Solarstrahlung oder sonstiger Wärmequellen (z. B. Drucker) positio-

niert. Die Messzeiträume variierten in Abhängigkeit von den terminlichen Gegebenheiten in den Gebäuden. Ein über alle Gebäude vergleichbarer Zeitraum war am Tag der Befragung zwischen 10 und 15 Uhr und deckt damit den Zeitraum der häufigsten Fragebogenbeantwortung gut ab.

Für die meisten Gebäude sollten auch weitere Daten (z. B. kontinuierlich gemessene Raumtemperaturen, Öffnungszeiten der Fenster, CO_2 etc.) vom Gebäude-Monitoring bereitgestellt werden. Leider standen diese letztlich nur für wenige Gebäude zur Verfügung. Ausfälle in der Messwerterfassung, falsche Bezugszeiträume, zu wenige Messräume (1 - 2) und unzuverlässige Daten haben einen Vergleich der Kurzzeitmessungen und der rückblickenden Nutzerantworten mit den Langzeitmessungen nicht ermöglicht.

4.2 Statistische Auswertung

„Wenn eine Ordnung erkennbar ist, muss diese nicht das Ergebnis eines zugrunde liegenden Prinzips sein“ [Wirtz, Nachtigall 2002, S. 11].

Die Befragungen wurden mit Stichproben von 30 bis 100 Personen je Gebäude (in Abhängigkeit von deren Mitarbeiterzahl) durchgeführt. Bei kleineren Stichproben läuft man Gefahr, dass sich Zusammenhänge ergeben, die durch Zufall verursacht sind [Lienert, Raatz 1998/ Bortz, Döring 2003]. Die Fragebögen wurden persönlich per Zufallsprinzip ausgeteilt und von den Teilnehmenden anonym wieder abgegeben. Aufgrund der hohen Rücklaufquote (s. Abschnitt 4.1.1) kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der Untersuchung für die einzelnen Gebäude repräsentativ sind [Wirtz, Nachtigall 2002a/ Bortz, Döring 2003]. Nur in vereinzelten Fällen, nämlich in den Gebäuden 4, 6, 12, 16, und bei der zweiten Befragung im Gebäude 17, hat keine Zufallsauswahl der Mitarbeiter stattgefunden. In den Gebäuden 12 und 17 war die Stichprobe jedoch so groß, dass die Ergebnisse über eine Kreuzvalidierung auf Gleichheit oder Unterschiede überprüft werden konnten [Lienert, Raatz 1998]. Es stellte sich dabei heraus, dass keine signifikanten Abweichungen in den Angaben vorkamen.

Vorraussetzung für eine zuverlässige statistische Analyse ist, dass das Untersuchungsdesign objektiv ist, sich also unabhängig von der untersuchenden und auswertenden Person gleiche oder ähnliche Ergebnisse zeigen. Die Ergebnisse müssen also wiederholbar sein. Dies wird auch als Reliabilität bezeichnet und konnte alleine durch die Art der Fragestellungen und die anonyme Durchführung der Befragungen gewährleistet werden. Zudem stellt sich die Frage, inwieweit die Ergebnisse, die man gewinnt, das widerspiegeln, was man messen wollte. Dieses Kriterium wird als Validität (Gültigkeit) bezeichnet. Für die vorliegende „Testform“, kann das Kriterium der inhaltlichen Validität angewendet werden: Die Übereinstimmung der Fragen mit den zu erfassenden Merkmalen ist so evident, dass man auch von ‚trivialer Validität’ spricht [Lienert, Raatz 1998, S. 225]. Zudem wurden einzelne Themenblöcke anhand von statistischen Tests auf ihre Validität hin überprüft. Dazu gehörten die Analyse der Verteilung der Antwortkategorien (Schiefe, Normalverteilung), die Kreuzvalidierung, die Faktorenanalyse von Fragen eines Themenblockes (Korrelation von Items ähnlichen Inhalts) sowie der Nachweis von Testwertunterschieden zwischen verschiedenen

Gruppen (z. B. Alter, Geschlecht oder gebäudebezogenen Faktoren). Solche Unterschiede helfen bei der Generalisierbarkeit der Ergebnisse.

Von deskriptiver Statistik spricht man, wenn das Ziel der eingesetzten Verfahren die Beschreibung des Ausgangsdatenbestandes – der jeweiligen Stichprobe – ist. Zum Beispiel zählt die Berechnung eines arithmetischen Mittels zu dieser Gruppe, weil mit der Mittelwertberechnung aber auch mit Streuungsmaßen der Datenbestand zusammenfassend beschrieben werden kann [Wirtz, Nachtigall 2002a]. Von induktiven (schließenden) statistischen Methoden hingegen ist die Rede, wenn auf der Grundlage der festgestellten Merkmalsstrukturen in den Stichprobendaten Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit (auch Gesamtpopulation genannt) angestrebt werden. Diese Rückschlüsse führen zu wahrscheinlichkeitsbehafteten Aussagen, weshalb die Verfahren dieser Gruppe auch manchmal dem Begriff der Wahrscheinlichkeitsstatistik untergeordnet werden [Wirtz, Nachtigall 2002b/ Backhaus et al. 2006].

Für die statistische Interpretation der Nutzerantworten kommen in Abhängigkeit von der Fragestellung und der verwendeten Skalen verschiedene statistische Rechenverfahren und Maßzahlen zur Anwendung [Lienert, Raatz 1998/ Wirtz, Nachtigall 2002/ Brosius 2004]. Maßzahlen helfen, Merkmalsstrukturen aus den untersuchten Stichproben übersichtlich zu beschreiben und Modelle von Beziehungen zwischen Merkmalen zu bilden und zu prüfen. Die Berechnung von Kennwerten oder Koeffizienten, die in den folgenden Abschnitten näher erläutert werden, ermöglicht meist einen prägnanteren Eindruck von der Verteilung eines Merkmals als die grafische Darstellung der reinen Häufigkeitsverteilung. Vor allem werden diese dazu genutzt, Datenverteilungen aus unterschiedlichen Stichproben miteinander vergleichen zu können.

Eventuelle Zusammenhänge zwischen einzelnen Variablen können mit Hilfe unterschiedlicher statistischer Testverfahren aus den Nutzerantworten errechnet werden. Dabei ist das Signifikanzniveau α der festgelegte Schwellenwert für die Wahrscheinlichkeit p einer falschen Annahme (Fehlerwahrscheinlichkeit) der Alternativhypothese [Lienert, Raatz 1998]. In der vorliegenden Arbeit wird das Signifikanzniveau, wie in anderen sozialwissenschaftlichen Arbeiten üblich, mit 5 % festgelegt.

Die folgenden Abschnitte geben einen Überblick über die für die Auswertung verwendeten Maßzahlen und relevanten Methoden. Für einen detaillierteren Einblick in die Berechnungsverfahren sei auf die im Folgenden referenzierte Literatur zur Statistik verwiesen.

Die Analyse der Nutzerantworten wurde mit der statistischen Software SPSS (Statistical Packages for the Social Sciences bzw. Statistical Product and Service Solutions, Versionen 11.5 und 14.0) durchgeführt [Bortz, Döring 2003/ Brosius 2002]. Als Ergänzung hierzu wurde mit dem Programm AMOS 6.0 (Analysis of Moment Structures) in Teilbereichen ein Strukturgleichungsmodell gerechnet und das Ergebnis mit Hilfe eines Pfaddiagramms dargestellt (s. Abschnitt 4.2.11).

4.2.1 Messwerkzeug - Skalen

Der verwendete Skalentyp ist ausschlaggebend für die Möglichkeit der zu verwendenden statistischen Auswertemethoden. Das niedrigste Skalenniveau hat die natürlich dichotome Nominalskala, die zwei Merkmalsausprägungen, aber keine Rangordnung besitzt (z. B. männlich und weiblich). Höher skaliert sind die Ordinalskalen, die z. B. zur Angabe des Berufsstandes zur Anwendung kommen. Diese bezeichnen eine Rangreihe, ohne dass die Abstände zwischen den einzelnen Punkten definiert sind. Bei Intervallskalen sind die Differenzen zwischen Paaren von Skalenwerten miteinander vergleichbar und zwischen allen benachbarten Skalenpunkten liegen per Definition gleiche Abstände (s. Tabelle 1).

Zur Messung der Zufriedenheiten z. B. mit dem Tages- und Kunstlicht oder der Raumtemperatur wurden bei der vorliegenden Untersuchung hauptsächlich 5-stufige Likert-Skalen verwendet (Erklärung zur Auswahl s. Abschnitt 4.1), die im Prinzip Ordinalskalenniveau aufweisen, aber auch als intervallskaliert angesehen werden können [Lienert, Raatz 1998/ Rohrmann 1978].

Tabelle 1: verwendete Skalenniveaus, aufsteigend sortiert nach Informationshaltigkeit

Skalentyp	Beispiel
nominalskaliert	Geschlecht: männlich/ weiblich, Fensterlüftung: ja/ nein
ordinalskaliert	Zufriedenheit: sehr zufrieden, zufrieden, mäßig zufrieden, unzufrieden, sehr unzufrieden
Intervallskaliert	Messwerte: z. B. Raumtemperatur, auch Zufriedenheiten

Dabei können Ordinal- und Intervallskalen auch künstlich dichotomisiert und somit in Nominalskalen umgewandelt werden. Dies kommt im Laufe der Auswertung im Rahmen der Analyse mit Kreuztabellen (Chi²) oder zur Hervorhebung der Zusammenhänge zwischen einer Variable (z. B. empfundene Raumtemperatur) und den Angaben ausschließlich zur Unzufriedenheit vor (s. Abschnitt 5.1.3). Insgesamt sollte jedoch berücksichtigt werden, dass die ermittelten Kennwerte umso informationshaltiger sind, je höher das Skalenniveau ist. Deshalb sollte darauf geachtet werden, dass diese Informationen bei der Auswertung sinnvoll erhalten bleiben.

4.2.2 Prozentwerte, Lagemaße, Streuung

Um einen ersten Überblick über die zu analysierenden Daten zu erhalten, wird die Häufigkeitsverteilung – in der Regel in Form von Prozentwerten – der Antwortkategorien der erfragten Variablen betrachtet. Als Lagemaße der Antwortverteilung wird für nominalskalierte Variablen der Modus (diejenige Merkmalsausprägung, die am Häufigsten gemessen wird) verwendet. Für ordinalskalierte Variablen kommen der Modus und der Median zur Anwendung. Der Median halbiert die Stichprobenverteilung: 50 % aller Werte sind kleiner oder gleich und 50 % der Werte größer oder gleich dem Median. Für mindestens intervallskalierte Variablen kann zusätzlich das arithmetische Mittel (als Summe aller beobachteten Merkmalswerte dividiert durch die Anzahl der Beobachtungen) berechnet

werden. Am aussagekräftigsten ist das arithmetische Mittel bei symmetrischen unimodalen Verteilungen (Normalverteilung), da hier Ausreißer oder Extremwerte das Ergebnis nicht verzerren. Mit den drei Lagemaßen können Eigenschaften einer bestimmten Gruppe zu einem bestimmten Zeitpunkt beschrieben werden.

Um Durchschnittswerte sachgerecht zu interpretieren, werden weitere Maßzahlen benötigt, die etwas darüber aussagen, wie weit die einzelnen Werte einer Variable in einer Stichprobe vom gemeinsamen Durchschnitt (meist arithmetischer Mittelwert) abweichen. Dabei kennzeichnet die Spannweite die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Wert einer Variable. Die Spannweite reagiert jedoch zu sehr auf Extremwerte. Als Ergänzung können für ordinal- und intervallskalierte Variablen Perzentile berechnet werden, die die geordnete Verteilung der gesamten Stichprobe in einem bestimmten Verhältnis in zwei Teilgruppen trennt. Das 50 %-Perzentil ist der zuvor beschriebene Median. Der Quartilsabstand gibt die Differenz zwischen dem dritten (75 %) und dem ersten Quartil (25 %) der Verteilung an. Die Darstellung der Quartile und des Medians erfolgt in der Regel in Form sog. Boxplots. In SPSS wird der Median durch einen schwarzen Strich innerhalb eines Rechtecks gekennzeichnet. Die untere Grenze der Box beschreibt das 25 %-Perzentil und die obere Grenze das 75 %-Perzentil. Innerhalb des durch die Box dargestellten Wertebereichs liegen somit die mittleren 50% der Werte. Dünne Querstriche ober- und unterhalb der Box geben den größten bzw. kleinsten Wert aus der jeweiligen Stichprobe an, der noch keinen Ausreißer oder Extremwert darstellt. Als Ausreißer und Extremwerte gelten in diesem Zusammenhang solche Werte, die um mehr als das 1,5-fache der Höhe der grauen Box (also des Wertebereichs mit den mittleren 50% der Werte) über oder unterhalb der Box liegen. Dabei sind Ausreißer solche Werte, deren Entfernung zur Box zwischen dem 1,5-fachen und dem 3-fachen der jeweiligen Boxhöhe beträgt. Extremwerte liegen dagegen um mehr als das Dreifache der Boxhöhe über dem 75%-Perzentil bzw. unter dem 25%-Perztentil. In den Grafiken werden Ausreißer als Kreise und Extremwerte durch Sternchen gekennzeichnet [Brosius 2002, S. 376] (s. Abbildung 4-4).

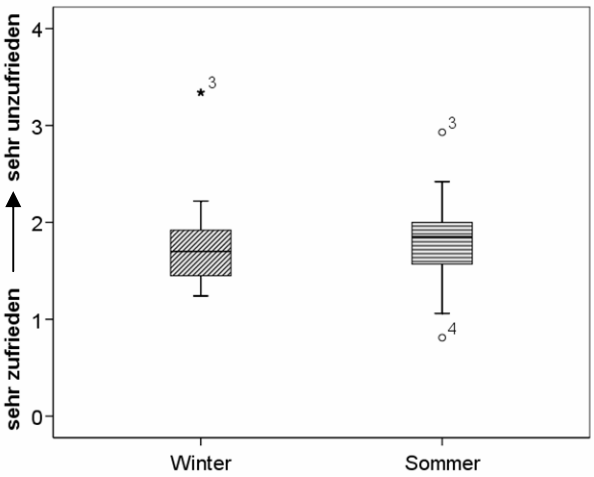


Abbildung 4-4: Für die Auswertung verwendete Boxplotdarstellung

Für intervallskalierte Daten wird die Varianz als Maß der Variabilität verwendet. Diese berechnet sich aus der quadrierten Abweichung der Einzelwerte vom arithmetischen Mittelwert. Da die Größe der Stichprobe Einfluss auf das Ergebnis hat, wird das Ergebnis durch die Anzahl der Fälle dividiert (bzw. die um 1 verringerte Stichprobengröße N-1 als besserer Schätzung für die Varianz in der Grundgesamtheit).

Dabei ist ein Fall in der vorliegenden Untersuchung ein Nutzer, der verschiedene Antworten gibt. Die Gruppe der befragten Nutzer umfasst die Stichprobe. Diese kann unterschiedlich definiert werden, z. B. je Gebäude oder je Jahreszeit. Die Grundgesamtheit bezeichnet hier die Gesamtheit der Nutzer, die in Bürogebäuden arbeiten, die jedoch nicht alle an der Untersuchung teilgenommen haben.

Die Standardabweichung ist die positive Quadratwurzel der Varianz. Unter Streuung wird zumeist die Standardabweichung verstanden. Diese gibt ungefähr an, wie weit die einzelnen Werte im Durchschnitt vom Mittelwert abweichen. Dabei werden jedoch diejenigen Werte höher gewichtet, die einen größeren Abstand zum Mittelwert aufweisen. Mittelwert und Standardabweichung betreffen nur die untersuchte Stichprobe. Diese Kennwerte können aber in unterschiedlichen Stichproben mehr oder weniger voneinander abweichen.

Der Standardfehler hingegen ist ein Maß für die Streuung der Mittelwerte verschiedener (potenzieller) Stichproben um den Mittelwert der Grundgesamtheit. Er wird berechnet aus dem Quotienten der Standardabweichung der untersuchten Stichprobe und der Wurzel der Anzahl der Beobachtungen bzw. gültigen Werte in der Stichprobe. Damit misst der Standardfehler die Stärke der Streuung um den „wahren“ Mittelwert bezogen auf eine Grundgesamtheit.

4.2.3 Korrelation

Zusammenhangsmaße dienen dem Zweck, die Stärke eines Zusammenhangs zwischen zwei Variablen zu bestimmen und durch die Berechnung einer Maßzahl zu quantifizieren. Dabei gibt es jedoch kein allgemein anwendbares Maß, das für alle Arten von Daten geeignet wäre. Insbesondere hängt – wie schon zuvor bei den Lagemaßen – die Anwendbarkeit eines Zusammenhangs von dem Skalenniveau der betrachteten Variable ab. Für die unterschiedlichen Skalenniveaus stehen verschiedene Maße zur Verfügung, deren Anwendung z. B. in [Brosius 2002] beschrieben wird.

Um die Stärke des Zusammenhangs zweier Variablen zu bestimmen, kann ein Korrelationskoeffizient R berechnet werden. Er versucht die Stärke des linearen Zusammenhangs in einer einzigen zwischen -1 (entgegen gesetzter Zusammenhang) und +1 (gleichgerichteter Zusammenhang) liegenden Maßzahl auszudrücken. Mit der Berechnung des Korrelationskoeffizienten nach Spearman können ordinal- und intervallskalierte Variablen untersucht werden.

Tabelle 2 zeigt eine in den Sozialwissenschaften übliche Wertung der Korrelationskoeffizienten, wie sie im Laufe der Auswertung verwendet wird. Diese Einteilung hat sich im Laufe vieler statistischer Auswertungen bewährt. Es existieren jedoch je nach Anwendungsbereich

auch andere Interpretationen wie z. B. das Effektstärkemaß *r* nach [Cohen 1988] mit |r| ≈ 0.1: schwacher Effekt, |r| ≈ 0.3: mittlerer Effekt, |r| ≈ 0,5: starker Effekt.

Tabelle 2: Interpretation der Beträge von Korrelationskoeffizienten [Brosius 2002]

Betrag des Korrelationskoeffizienten	mögliche Interpretation
0	keine Korrelation
über 0 bis 0,2	sehr schwache Korrelation
0,2 bis 0,4	schwache Korrelation
0,4 bis 0,6	mittlere Korrelation
0,6 bis 0,8	starke Korrelation
0,8 bis unter 1	sehr starke Korrelation
1	perfekte Korrelation

Ab einer Stichprobengröße von 20 Personen kann eine Korrelation von |r| = 0,3 als bedeutsam oder nicht zufällig angesehen werden [Wirtz, Nachtigall 2002, S. 108]. Dabei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass schiefe Merkmalsverteilungen und Ausreißer den Zusammenhang verfälschen. Die Signifikanz (Fehlerwahrscheinlichkeit) der Korrelation wird mit *p* bezeichnet. Eine Korrelation ist dann signifikant, wenn $p < 0{,}05$ ist und hochsignifikant, wenn $p \leq 0{,}001$ ist.

Im Verlauf dieser Untersuchung wurden Korrelationen zwischen den allgemeinen und den speziellen Fragen zu jedem Thema (wie z. B. Tageslicht, Raumklima und Geräusche) errechnet, um das Vorhandensein, die Richtung (positiver oder negativer Zusammenhang) und die Stärke der Zusammenhänge zwischen einzelnen Merkmalen herauszufiltern.

Aufgrund der Beobachtung eines Zusammenhangs lässt sich nicht eindeutig eine kausale Wirkungsbeziehung beweisen. Mit der Frage, wie Hinweise auf kausale Wirkrichtungen besser identifiziert werden können, befassen sich zum einen die Regressionsanalyse (s. Abschnitt 4.2.6) und zum anderen so genannte pfadanalytische Modelle, auf die im Abschnitt 4.2.11 eingegangen wird. Diese Methoden wurden im Rahmen der Arbeit dazu verwendet, Abhängigkeiten zwischen Variablen aufzudecken.

4.2.4 Handlungsrelevanzmatrix

Eine in der Analyse von Kundenzufriedenheiten geläufige Darstellung der kombinierten Ausprägungen von einzelnen Wichtigkeiten und den entsprechenden Zufriedenheiten ist die Handlungsrelevanzmatrix. Hier werden die durchschnittlich über alle Fälle hinweg gemittelten Zufriedenheiten nach ihrer Priorität für die Gesamtzufriedenheit dargestellt. Diese Darstellungsform wurde in dieser Arbeit für die Gegenüberstellung der individuellen Zufriedenheitsparameter und ihrer statistisch geschätzten Wichtigkeit für die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitplatz in den Gebäuden übernommen.

Wenn die Wichtigkeit für die einzelnen Aspekte der Zufriedenheit nicht explizit erfragt wurde, kann die Relevanz der Merkmale über die Korrelationsrechnung zwischen den einzelnen Zufriedenheitsmerkmalen mit der Gesamtzufriedenheit implizit ermittelt werden. Hierfür wird der nichtparametrische Korrelationskoeffizient nach Spearman gewählt. Je höher der Betrag des jeweiligen Korrelationskoeffizienten ausfällt, desto wichtiger ist die betreffende Einzelzufriedenheit an der Gesamtzufriedenheit. Durch ein direktes Abfragen der Wichtigkeiten steigt der Befragungsaufwand und es besteht die Gefahr, dass die Befragten dazu tendieren, alle Merkmale als „wichtig“ einzustufen. Dieser sog. Deckeneffekt konnte beim Testdurchlauf der Nutzerbefragungen bestätigt werden, so dass dadurch keine ausreichende Differenzierung der einzelnen Items möglich war.

In einem zweidimensionalen Streudiagramm werden zunächst auf der x-Achse die im Falle der vorliegenden Untersuchung statistisch errechnete Wichtigkeit, auf der y-Achse die erfragten Zufriedenheiten abgetragen. Anschließend werden die einzelnen Merkmale im Koordinatenkreuz positioniert. Damit ergibt die grafische Darstellung eine gute Übersicht über die Stärken und Schwächen im Hinblick auf das Ziel erhöhter Nutzerzufriedenheit, denn die einzelnen Sachverhalte lassen sich auf diese Weise nicht nur positionieren, sondern auch klassifizieren (s. Abbildung 4-5).

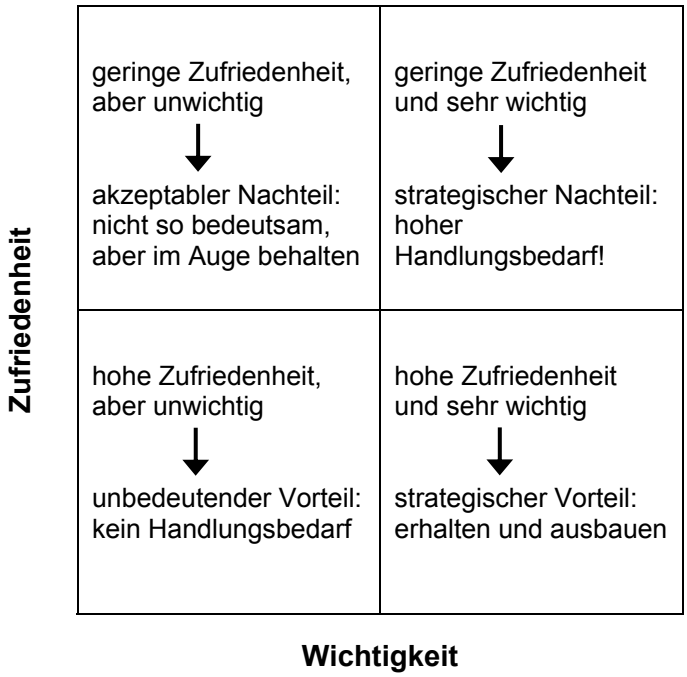


Abbildung 4-5: Interpretation der Handlungsrelevanzmatrix (angelehnt an Schulungsunterlagen der Firma SPSS)

Es kann also direkt abgelesen werden, ob ein Merkmal, mit dem die Nutzer unzufrieden sind, gleichzeitig auch als wichtig eingestuft wurde. Damit besteht ein großes Potential zur Erhöhung der Nutzerzufriedenheit: Da aus einer Zufriedenheitsanalyse bei festgestellter Unzufriedenheit mit einem oder mehreren Attributen unmittelbar Veränderungen folgen sollten, zeigt die Handlungsrelevanzmatrix deutlich auf, wo erste Maßnahmen ansetzen sollten. Dabei richtet sich die Interpretation des Diagramms nach den möglichen

Ausprägungen der Zufriedenheits- bzw. Wichtigkeitsvariablen und ihren Anordnungen auf den Achsen.

4.2.5 Kreuztabellen

Eine Kreuztabelle dient dazu, die gemeinsame Häufigkeitsverteilung zweier Variablen darzustellen. Ein Beispiel ist die gemeinsame Darstellung des Geschlechtes und der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur in einer Tabelle. Diese zeigt dann, wie viel Prozent der Frauen mit der Raumtemperatur zufrieden sind und wie viel Prozent der Männer. Mit Hilfe der Kreuztabellierung können je nach Fragestellung und Stichprobe zwei unterschiedliche Dinge untersucht werden:

1) Es kann eine Homogenitätsprüfung der Daten stattfinden bei der untersucht wird, ob die Verteilung eines Merkmals in unterschiedlichen Stichproben identisch ausfällt.
2) Mit Hilfe der Kontingenzanalyse kann untersucht werden, ob zwischen nominal- oder ordinalskalierten Variablen ein statistischer Zusammenhang besteht.

Der Chi²-Test ermöglicht dabei die Überprüfung der Signifikanz von Zusammenhängen zwischen zwei kategorialen Variablen. Für die Ermittlung des Chi²-Wertes werden in der Stichprobe vorhandene Häufigkeitsverteilungen mit theoretisch erwarteten Häufigkeiten verglichen. Die erwartete Verteilung ist diejenige, die auftreten würde, wenn zwischen den Variablen keine Beziehung bestünde, sie also unabhängig voneinander wären. Der resultierende Wert berechnet sich aus den Abweichungen zwischen den Häufigkeiten in allen Zellen der Kreuztabelle gleichzeitig. Dabei wird immer von der Nullhypothese ausgegangen, nämlich dass kein Zusammenhang zwischen den untersuchten Variablen besteht. Die Prüfgröße Chi² ist ein Messwert für die Stärke der Abweichung der beobachteten Verteilung von der erwarteten Verteilung in einer Kreuztabelle. Im Allgemeinen gilt, je größer die Differenzen zwischen beobachteten und erwarteten Werten sind, desto höher ist der Wert des Koeffizienten [Wirtz, Nachtigall 2002/ Backhaus et al. 2006]. Der Chi²-Wert ist unter anderem eine Funktion des Stichprobenumfangs, d. h. je größer die Stichprobe, um so höher fällt der Wert aus. Deswegen kann mit der Chi²-Statistik nur ermitteln werden, ob ein systematischer Zusammenhang vorliegt, aber nicht wie stark dieser ist oder wie er gerichtet ist [Lienert 1978/ Backhaus 2006]. Bei Stichprobenumfängen zwischen 20 und 60 Einheiten wird die korrigierte Teststatistik nach Yates empfohlen, bei Einheiten unterhalb 20 Fällen der exakte Fisher-Test [Backhaus et al. 2006/ Brosius 2002]. Je größer die Stichprobe, um so eher lässt sich die Signifikanz auch schwacher Zusammenhänge nachweisen. Deswegen sollte man hier Vorsicht bei der Interpretation der Ergebnisse walten lassen.

Als Indikator für die Stärke eines entdeckten Zusammenhangs zwischen dichotomen Merkmalen (in 2x2-Tabellen) dient der φ-Koeffizient. Dieser errechnet sich aus der Chi²-Statistik und ist vergleichbar mit dem Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten von Pearson. Je größer der φ-Koeffizient ist, um so stärker ist ein vorgefundener Zusammenhang zwischen zwei Variabeln. φ-Koeffizienten aus unterschiedlichen Stichproben lassen sich jedoch nicht miteinander vergleichen. Für eine Aussage über einen Zusammenhang zwischen mehr als

zwei Variablen wird der sog. Kontingenzkoeffizient (cc) berechnet. Sein Wert liegt immer zwischen 0 und 1 [Backhaus et al. 2006/ Janssen, Laatz 2005].

Ein Grund für die häufige Anwendung des Chi²-Tests ist, dass Variablen mit unterschiedlichen Skalenniveaus gemeinsam untersucht werden können. Dazu müssen jedoch die Daten aus höheren Skalenniveaus herunter transformiert werden, wodurch ein Informationsverlust entsteht. Auch ist die Interpretation der Ergebnisse oft mit zu großen Unsicherheiten behaftet. Aus diesen Gründen wurde diese Methode im Lauf der Untersuchung nur in wenigen Fällen angewandt.

4.2.6 Regression

Die Regressionsanalyse kommt vor allem zur Anwendung, wenn Kausalbeziehungen (Ursache-Wirkungs-Beziehungen) zwischen einer abhängigen und einer oder mehreren unabhängigen Variablen untersucht werden sollen. Dabei ist die abhängige Variable z. B. die Zufriedenheit mit der Büroausstattung, die durch die Zufriedenheit mit der Möblierung, der akustischen Situation und der Farbgebung als unabhängige Variablen beeinflusst wird. Ändert sich der Wert der unabhängigen Variablen, so ändert sich - durch diese verursacht - der Wert der abhängigen Variablen. Eine Vorstellung darüber, welche Einflüsse auf bestimmte Variablen bestehen könnten, sollte vorhanden sein. Dabei resultiert der Wert des jeweiligen Modells daraus, dass es einfacher als die Realität ist und es sollte sich auf die Wiedergabe wichtiger struktureller Aspekte begrenzen [Backhaus et al. 2006/ Lienert, Raatz 1998].

Die Regressionsanalyse ist anwendbar, wenn alle Variablen Intervallskalenniveau besitzen. Unter bestimmten Voraussetzungen lassen sich jedoch auch nominalskalierte Variablen mit einbeziehen [Backhaus et al. 2006]. Dabei muss eine Korrelation zwischen der abhängigen und der unabhängigen Variablen vorhanden sein, damit eine aussagekräftige Vorhersage- oder Regressionsgleichung aufgestellt werden kann. Je stärker der Zusammenhang zwischen den Variablen ist, um so genauer kann die Vorhersage ausfallen. Zwischen den erklärenden (unabhängigen) Variabeln sollte nach Möglichkeit jedoch keine Korrelation bestehen. Falls dies doch der Fall ist und aus methodischen Gründen alle Variablen mit in die Untersuchung einfließen sollen, können die untereinander korrelierenden, unabhängigen Variablen z. B. durch einen Faktor ersetzt werden (s. Abschnitt 4.2.9).

Globale Gütemaße zur Prüfung der Regressionsfunktion sind das Bestimmungsmaß R^2, die F-Statistik und der Standardfehler. Die quadrierte Korrelation wird als Bestimmtheitsmaß oder Determinationskoeffizient bezeichnet. Sie errechnet sich aus der erklärten Streuung geteilt durch die Gesamtstreuung. Multipliziert man r^2 mit 100 %, so erhält man den prozentualen Anteil der durch die unabhängige Variabeln aufgeklärten Varianz an der abhängigen Variable. Die Regressionskoeffizienten haben somit eine wichtige inhaltliche Bedeutung, da sich mit ihnen der Effekt der unabhängigen auf die abhängige Variable quantifizieren und beschreiben lässt. Die Größe des Regressionskoeffizienten darf jedoch nicht als Maß für die Wichtigkeit der betreffenden Variablen angesehen werden. Für diesen Vergleich steht der standardisierte β-Wert zur Verfügung. Dieser errechnet sich aus dem Quotienten der

Standardabweichung der unabhängigen Variable durch die Standardabweichung der abhängigen Variable. Dadurch werden unterschiedliche Messgrößen eliminiert.
Das korrigierte (standardisierte) Bestimmtheitsmaß vermindert das einfache Bestimmtheitsmaß um eine Korrekturgröße und berücksichtigt dadurch die Tatsache, dass der hinzukommende Erklärungsanteil durch unabhängige Variablen an der abhängigen Variable zufällig bedingt sein kann. Die Korrekturgröße nimmt mit wachsender Zahl der Regressoren (unabhängige Variablen) und sinkender Zahl Freiheitsgrade zu. Die Anzahl der Freiheitsgrade ist die Anzahl der Werte, die in einem statistischen Ausdruck frei variieren können und beträgt n-1. Dadurch kann das korrigierte Bestimmtheitsmaß im Gegensatz zum unkorrigierten Bestimmtheitsmaß durch Aufnahme von weiteren unabhängigen Variablen auch abnehmen [Backhaus et al. 2006, S. 68].

Bei der Anwendung der schrittweisen Regressionsanalyse mit SPSS weist die erste berücksichtigte Variable die höchste Korrelation mit der abhängigen Variable auf. In den Folgeschritten wird jeweils diejenige Variable aufgenommen, die die höchste partielle Korrelation aufweist. Aus der Rangfolge der aufgenommenen Variablen lässt sich qualitativ die statistische Wichtigkeit der erklärenden Variablen erkennen.

Die F-Statistik dient der Prüfung der Nullhypothese und ob die Gültigkeit des geschätzten Modells auch auf die Grundgesamtheit anwendbar ist. Der F-Wert errechnet sich aus dem Stichprobenumfang, den Streuungskomponenten und der Anzahl der Freiheitsgrade. Dabei kennzeichnet der α-Wert das Signifikanzniveau des Tests (s. Abschnitt 4.2.3).

Der t-Test dient der Überprüfung einzelner Regressionskoeffizienten. Dabei gilt, dass der empirische t-Wert gleich dem Quotienten aus dem Regressionskoeffizienten und dem Standardfehler ist. Der Wert muss von 0 abweichen, um die Nullhypothese verwerfen zu können. Im Gegensatz zum t-Test kann der F-Test zur Überprüfung mehrer Variablen angewendet werden. Im Hinblick auf die Überprüfung einer einzelnen Variable gilt die Abhängigkeit $F = t^2$.

Der Standardfehler bei der Schätzung durch die Regressionsfunktion kennzeichnet, welcher mittlere Fehler bei der Verwendung der jeweiligen Funktion zur Schätzung der abhängigen Variable gemacht wurde.

4.2.7 Varianzanalyse

Die Varianzanalyse gibt Antwort auf die Frage, ob sich zwei oder mehrere Gruppen hinsichtlich der durchschnittlichen Ausprägung eines intervallskalierten Merkmals signifikant bzw. systematisch unterscheiden. Während der t-Test geeignet ist, zwei Mittelwerte zu vergleichen und ihre evtl. Differenz auf Signifikanz zu prüfen, können mit der Varianzanalyse mehrere Mittelwerte zugleich untersucht werden [Brosius 2002/ Backhaus 2006/ Wirtz, Nachtigall 2002b]. Die Varianzanalyse hat dabei zwei Zielsetzungen:

1) Sie dient der Überprüfung der Signifikanz des Unterschiedes von Mittelwertdifferenzen. Sie zeigt dabei auf, ob mindestens ein Unterschied zwischen multiplen Vergleichsgruppen signifikant ausfällt. Darüber, um welche es sich handelt, ermöglicht sie keine Aussage. Als Signifikanztest wird der F-Test verwendet.
2) Sie dient zur Ermittlung des von einer oder mehreren unabhängigen Variablen erklärten Anteils der Gesamtvarianz.

Außer den Mittelwerten werden die Gesamtstreuung der Stichprobe, die Streuung innerhalb der Gruppen und die Streuung zwischen den Gruppen miteinander ins Verhältnis gebracht. Zum Beispiel kann hier untersucht werden, ob ein Unterschied in der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur zwischen der Sommer- und der Winterbewertung bei mehreren Gebäuden besteht. Dies kann mit Hilfe der univariaten ANOVA in SPSS berechnet werden. Zur Überprüfung einzelner signifikanter Gruppendifferenzen, d. h. zwischen welchen Gebäuden ein Unterschied in der Bewertung besteht, werden sog. Post-hoc-Mehrfachvergleiche angeboten, die vergleichbar mit dem t-Test-Verfahren sind. Für die Ermittlung des Unterschiedes in der Bewertung zwischen Sommer und Winter innerhalb eines Gebäudes kann der t-Test für unabhängige Stichproben verwendet werden.

Die Verfahren der Varianzanalyse testen nur die Tatsache eines Zusammenhangs oder Unterschiedes, nicht jedoch die Stärke des entdeckten Zusammenhangs.

Um einen einheitlichen Maßstab zu haben, mit dem Mittelwertsdifferenzen aus unterschiedlichen Untersuchungen mit unterschiedlichen Stichproben und Messinstrumenten verglichen werden können, kann das sog. Effektstärkemaß *d* berechnet werden. Dieses gibt an, um wie viele Standardabweichungen sich die untersuchten Mittelwerte unterscheiden. Dabei gilt d~0,2 als schwacher Effekt, d~0,5 als mittlerer Effekt und d~0,8 starker Effekt [Wirtz und Nachtigall 2002a, S. 91].

Die auf mehr als zwei Gruppen bezogenen Ergebnisse einfaktorieller Varianzanalysen können über das Korreationsäquivalent η (griech.: eta) zusammengefasst werden. Der Koeffizient eta unterscheidet zwischen abhängiger und unabhängiger Variable. Er wird für den Fall angewandt, dass die unabhängige Variable nominal- oder ordinalskaliert ist. Das quadrierte eta misst den Teil der Streuung in der abhängigen Variable, der durch die unabhängige Variable erklärt werden kann. Dabei ist es nicht erforderlich, dass der Zusammenhang zwischen den Variablen linear ist [Bortz, Döring 2003/ Brosius 2002].

4.2.8 Diskriminanzanalyse

Die Diskriminanzanalyse kommt immer dann zum Einsatz, wenn verschiedene Gruppen in mehr als einer abhängigen Variable untersucht und auftretende Unterschiede erklärt werden sollen. Hierbei ist die abhängige Variable nominalskaliert (Gruppenzugehörigkeit). Die unabhängigen Variablen haben metrisches Skalenniveau (Merkmalsvariabeln). Dabei lassen sich in der Regel folgende Fragen beantworten:

1) Unterscheiden sich die Gruppen signifikant voneinander hinsichtlich bestimmter Variablen?
2) Welche Variablen sind zur Unterscheidung zwischen den Gruppen geeignet bzw. ungeeignet?

Ein Beispiel ist die Untersuchung der Unterschiede im Hinblick auf verschiedene Variablen zum Thema Temperaturzufriedenheit und -empfinden zwischen selbst gewählten Gebäudegruppen (s. Abschnitt 5.1.6). Dabei lassen sich vorhandene Strukturen in den Merkmalen prüfen, aber auch neue Elemente (Gebäude) aufgrund ihrer Merkmalsausprägung in die gegebenen Gruppen einordnen. Im Gegensatz zur Clusteranalyse, bei der aus ungruppierten Daten Gruppen aufgrund von ähnlichen Merkmalsausprägungen erzeugt werden, werden bei der Diskriminanzanalyse aufgrund sachlogischer Überlegungen gebildete Gruppen auf ihre Unterschiede hin untersucht. Es können aber auch die zur Clusterung verwendeten Variablen im Nachhinein auf ihre Eignung überprüft werden [Hair et al.1995].

Bei der Diskriminanzanalyse werden, vergleichbar mit der Varianzanalyse, der Mittelwert und die Streuung innerhalb und zwischen den Gruppen herangezogen. Wenn die Gruppen stark streuen, wird eine Trennung der Merkmale schwierig. Das Diskriminanzkriterium ist dabei das Verhältnis von erklärter zu nicht erklärter Streuung. Ziel der Diskriminanzanalyse ist es, mit einer minimalen Anzahl von Diskriminanzfunktionen eine maximale Trennung der Gruppen zu ermöglichen. Dabei gibt es verschiedene Gütemaße zur Überprüfung der Diskriminanzfunktionen, die im Folgenden beschrieben werden.

Der sog. Eigenwert γ (erklärter Varianzanteil) ist ein Maß für die Güte der Gruppentrennung. Ein hoher Wert spricht dabei für eine gute Trennung, dieser ist jedoch nicht auf Werte zwischen 0 und 1 normiert.

Der kanonische Korrelationskoeffizient (c) stellt das Bestimmtheitsmaß dar und bringt die Stärke des Zusammenhangs zwischen den Diskriminanzwerten und den Gruppen zum Ausdruck. Dieser Wert entspricht dem eta der Varianzanalyse. Im Zwei-Gruppenfall entspricht der Wert dem Pearsonschen Korrelationskoeffizienten zwischen der Diskriminanzvariablen und der Gruppenvariablen.

Mit Wilk's Lambda wird überprüft, ob die jeweilige Diskriminanzfunktion signifikant zwischen den gewählten Gruppen unterscheiden kann. Ein kleiner Wert bedeutet eine gute Trennleistung. Die Diskriminanzleistung aller Diskriminanzfunktionen kann mit dem multivariaten Wilk's Lambda überprüft werden, welches über eine Multiplikation der univariaten Wilk's Lamda gebildet wird [Backhaus 2006, S. 183].

Da es sich bei den Gruppenvariablen um Nominaldaten handelt, kann zur Überprüfung der Gleichheit der Chi²-Test, aber auch der F-Test angewendet werden. Ein signifikanter Chi²-Wert bedeutet, dass die Gruppen durch die Diskriminanzfunktion unterschieden werden können. Je höher der Chi²-Wert, desto unterschiedlicher sind die Gruppen. Über die Strukturmatrix wird die Größe der absoluten Korrelation zwischen den jeweiligen Variablen und der entsprechenden Diskriminanzfunktion ausgegeben.

Für die multivariate Beurteilung der diskriminatorischen Bedeutung einer Merkmalsvariablen wird der Diskriminanzkoeffizient herangezogen. Willkürliche Skalierungseffekte können durch eine Standardisierung beseitigt werden, indem man die betreffende Variable mit der Standardabweichung multipliziert (sog. z-Standardisierung).

Die Prüfung der Diskriminanzfunktion kann auf mehreren Wegen erfolgen [Backhaus 2006]. In jedem Falle sollte die korrekte Klassifizierung der Elemente anhand von Häufigkeitstabellen überprüft werden. Dabei werden die tatsächliche und die durch die Diskriminanzfunktion bestimmte Gruppenzugehörigkeit überprüft. Im Idealfall sollten alle Elemente auf der Diagonalen liegen (entspricht einer korrekten Zuordnung jedes Elementes in die vorhergesagte Gruppe).

4.2.9 Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse dient der Identifikation von Variablengruppen, die ähnliche Informationen erfassen. Mit ihr wird eine Strukturierung und Vereinfachung von Datensätzen ermöglicht, indem hoch korrelierte Variablen in einem übergeordneten Faktor zusammengefasst werden. Zugleich können voneinander unabhängige (Einfluss)faktoren für die weitere Analyse herauskristallisiert werden, die als Grundlage für weitere Korrelations- und Regressionsanalysen dienen können. Die Grundannahme für dieses Verfahren ist, dass für die Korrelation zwischen zwei oder mehreren Variablen eine dahinter stehende hypothetische Größe verantwortlich ist. Ein Nachteil der Verdichtung mehrerer Variablen zu Faktoren ist, dass der erklärte Varianzanteil abnimmt (Informationsverlust). Ein Vorteil ist die Variablenverdichtung und damit oft überschaubarere Datenmenge. Voraussetzung für die Faktorenanalyse ist das Intervallskalenniveau der untersuchten Variablen.

Das Kaiser-Meyer-Olkin-Krietrium (MSA bzw. KMK) ist ein Test der Korrelationsmatrix auf die Eignung der verwendeten Variablen für die Faktorenanalyse [Backhaus et al. 2006/ Brosius 2002/ Bortz, Döring 2003]. Das Kriterium erlaubt sowohl eine Beurteilung der Gesamtheit der Variablen in der Faktorenanalyse als auch eine Beurteilung einzelner Variablen. Der Wertebereich des MSA-Wertes liegt zwischen 0 und 1. Bei Werten kleiner 0,5 liegt keine Eignung der Merkmale für eine Faktorenanalyse vor. Werte über 0,7 gelten als gut; wünschenswert sind Werte größer oder gleich 0,8.

Am häufigsten wird bei sozialwissenschaftlichen Untersuchungen die Hauptkomponentenanalyse in Verbindung mit der Varimax-Rotation verwendet. Die Varimax-Rotation geht davon aus, dass die Faktoren untereinander nicht korreliert sind, also orthogonal zueinander stehen. Das Ziel der Hauptkomponentenanalyse liegt in der möglichst umfassenden Reproduktion der Datenstruktur durch möglichst wenige Faktoren und die Benennung der Faktoren durch Sammelbegriffe. Die gewonnen Faktoren müssen somit inhaltlich interpretierbar sein. Wiederum gilt, dass das Ergebnis (die gewonnen Faktoren) den Vorüberlegungen bei der Untersuchung entsprechen sollte.

Für die Bestimmung der Anzahl der Faktoren aus den Variabeln gibt es keine Vorschrift, sondern sie wird anhand der subjektiven Entscheidung des Untersuchenden festgelegt.

Ein statistisches Hilfsmittel für die Entscheidung ist das Kaiser-Kriterium [Backhaus et al. 2006/ Bortz, Döring 2003], welches nur solche Faktoren berücksichtigt, die eine Eigenwert >1 haben (bei standardisierten Variablen). Der Eigenwert ist die Summe der quadrierten Faktorladungen eines Faktors über alle Variablen und ist ein Maß für die durch den jeweiligen Faktor erklärte Varianz der Beobachtungswerte. Dies entspricht jedoch nicht dem erklärten Varianzanteil.

4.2.10 Reliabilitätsanalyse

Die Reliabilitätsanalyse dient zur Konstruktion und Überprüfung sogenannter „Summated Rating„- oder auch Likert-Skalen. Das sind Messinstrumente, die mehrere gleichwertige Messungen additiv zusammenfassen (z. B. alle Fragen, die die Tageslichtbewertung betreffen). Der Sinn der Zusammenfassung mehrerer gleichwertiger Messungen besteht darin, die Zuverlässigkeit (Reliabilität) der Messungen einer Variablen zu erhöhen. Bei im Prinzip nur sehr ungenau messbaren Sachverhalten ist die Summe (oder der Durchschnitt) der Werte mehrerer gleichwertiger Messungen ein besserer Schätzer des wahren Wertes als das Ergebnis einer einzigen Messung. Für die Auswahl der Einzelfragen (Items) für eine Skala reicht oft eine hohe Korrelation zwischen den Items aus [Janssen, Laatz 2005, S. 562].

Am gebräuchlichsten für die Überprüfung der Qualität einer Skala ist der Cronbachs-Alpha-Koeffizient (Zuverlässigkeitskoeffizient). Als Hauptkriterium für die Brauchbarkeit eines Items gilt dabei die Korrelation der Messwerte dieses Items mit denen der Gesamtmessung. Am besten sind Items mit hohen Koeffizienten. Cronbachs Alpha ist eigentlich ein Koeffizient zur Beurteilung der Reliabilität der Gesamtskala. Dabei steht ein Wert von 1 für eine perfekte Reliabilität, ein Wert von 0 für eine vollständig fehlende. Es existiert keine Konvention für die Höhe des Reliabilitätskoeffizienten, ab dem eine Skala als hinreichend zuverlässig angesehen wird. Mindestwerte von 0,7 oder 0,8 werden häufig empfohlen [Bortz, Döring 2003/ Brosius 2002].

4.2.11 Strukturgleichungsmodelle

Die bisher betrachteten Analysemethoden gehen davon aus, dass alle Variablen in der Realität beobachtbar und messbar sind. Mit Hilfe von Strukturgleichungsmodellen (SEM) kann man auch sog. hypothetische (latente) Variablen untersuchen. Hypothetische Konstrukte sind z. B. Einstellung, Verhaltensintentionen, Motivation, Image und im vorliegenden Fall z. B. die Gesundheit am Arbeitsplatz, Arbeitsbelastung und das Gebäude als beeinflussender Faktor. Der Versuch einer Erklärung dieser Variablen erfolgt über andere, messbare Größen (Variablen) [Backhaus et al. 2006, S. 342].

Mit Hilfe der SEM können eine Vielzahl von statistischen Verfahren, wie z. B. die multiple Regressionsanalyse, die Faktorenanalyse und die (M)ANOVA miteinander kombiniert gerechnet werden [Nachtigall 2003]. Mit Hilfe von Strukturgleichungsmodellen ist man auch in der Lage, kausale Abhängigkeiten zwischen bestimmten Merkmalen (Variablen) zu analysieren. Vor dessen Anwendung muss ein Hypothesensystem auf der Grundlage von Vorüberlegungen oder Vorwissen über Beziehungen zwischen den zu untersuchenden

Merkmalen feststehen. Mit Hilfe der Kausalanalyse wird dann überprüft, ob die theoretisch aufgestellten Beziehungen mit den empirisch gemessenen Daten übereinstimmen.

Ein Spezialfall der Strukturgleichungsanalyse ist die konfirmatorische Faktorenanalyse, welche für eine Auswahl der Daten gerechnet wurde [Gossauer et al. 2006b]. Die konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) ermöglicht es zu überprüfen, wie gut die gemessenen Variablen (Merkmale) eine kleinere Anzahl von Faktoren (latente Variablen) widerspiegeln (Erforschung von Begründungszusammenhang: Hypothesen prüfend). Für die CFA muss der Untersuchende die Anzahl der Faktoren spezifizieren und die Variablen bestimmen, welche auf diesen Faktor hoch laden. Im Vergleich dazu können mit einer explorativen Faktorenanalyse (EFA) die Daten untersucht werden und der Untersuchende wird mit Informationen darüber versorgt, wie viele Faktoren benötigt werden, um die Daten zu repräsentieren (Entdeckungszusammenhang: Hypothesen generierendes Instrument [Byrne 2001/ Kline 1998/ Hair et al. 2006].

Im Zusammenhang mit der Erklärung der Faktorenanalyse wurden statistisch ermittelte Variablen als Faktoren bezeichnet. Diese entsprechen den latenten Variablen in der SEM [Backhaus et al. 2006, S. 347/ Reinecke 2005, S. 10]. Im Messmodell der Faktorenanalyse wird unterstellt, dass sich die Korrelationen zwischen den direkt beobachtbaren Variablen auf den Einfluss der latenten Variablen zurückführen lassen, d. h. die Korrelationen werden nicht kausal erklärt (β = standardisierter Pfadkoeffizient entspricht der Korrelation). Die latente Variable bestimmt damit als verursachende Variable den Beobachtungswert der Indikatorvariable (Begründung für Pfeilspitzenrichtung auf jeweilige Indikatorvariable, s. Abbildung 4-6). Die kausalen Begründungszusammenhänge sind ähnlich wie bei der Regressionsanalyse: Eine Änderung in der Variable x ruft eine Änderung in der Variable y hervor.

Für eine ausreichende Zuverlässigkeit der Parameterschätzung sollte der Standardfehler der Schätzung möglichst klein sein und der quadrierte multiple Korrelationskoeffizient als Grenzwert mindestens 0,4 betragen. Inhaltlich werden dann 40 % oder mehr der Varianz einer Messvariablen durch den dahinter stehenden Faktor erklärt. Die Beurteilung der Gesamtstruktur erfolgt im Verlauf der Analyse mit dem sog. “Root Mean Square Error of Approximation” (RAMSEA) [Backhaus et al. 2006, S. 381 f].

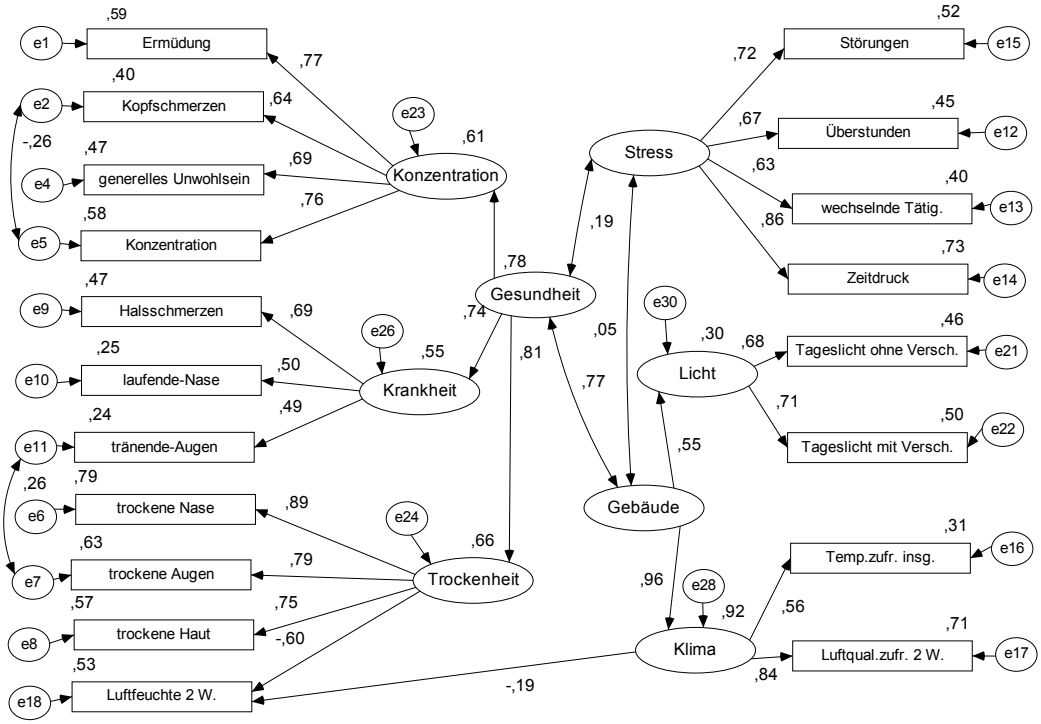


Abbildung 4-6: Pfadmodell (Zusammenfassung der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Faktoren)

5 Ergebnisse

Die Darstellung der aus den Befragungen gewonnen Ergebnisse erfolgt nicht in der thematischen Reihenfolge des Fragebogens, sondern nach der aufgrund der Analyse bewerteten Relevanz der einzelnen Themen für die Nutzer.

Die Entwicklung des Verständnisses des menschlichen Komfortempfindens und eine Vielzahl an bereits ermittelten Einflussfaktoren wurde am Anfang der Arbeit ausführlich beschrieben.

Da eine umfassende Grundlagendarstellung aller ermittelten Zufriedenheitsparameter zu Beginn sehr unübersichtlich geworden wäre, gibt es als Einleitung der nachfolgenden Kapitel jeweils eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten aktuellen Forschungsergebnisse sowie einige Literaturhinweise. So entsteht ein engerer Bezug zu den jeweiligen Themengebieten.

Erläuterungen und Interpretationen, die dem direkten Verständnis der Ergebnisse dienen, werden ebenfalls an entsprechender Stelle im Text aufgeführt.

5.1 Thermischer Komfort

Die hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die Fragen zum thermischen Komfort – genauer gesagt auf die Zufriedenheit mit der empfundenen Raumtemperatur. Dabei wurde vorausgesetzt, dass das Temperaturempfinden nicht ausreichend ist für eine Aussage über die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur (s. auch Abschnitt 2.2). Parameter, welche diese vermutlich zusätzlich beeinflussen sowie Unterschiede zwischen den Winter- und den Sommerbewertungen und den an der Untersuchung teilnehmenden Gebäuden wurden hier auf Grundlage der Nutzerbefragungen ermittelt.

Ziel war es, Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern aufzudecken und Einflussgrößen auf das Temperaturempfinden und die Zufriedenheit mit der Temperatur am Arbeitsplatz zu ermitteln. Es geht an dieser Stelle nicht um einen Vergleich mit bestehenden Komfortmodellen oder mit Ergebnissen aus Laboruntersuchungen. Die Anonymisierung der Befragung und die nur stichprobenweise Messungen der Raumtemperaturen würden diesen Vergleich nicht zulassen. Dieser war auch nicht Bestandteil der vorliegenden Untersuchung. Dennoch werden die vorhanden Messwerte den Einschätzungen der Nutzer in Abschnitt 5.1.4 einander gegenüber gestellt, um einen Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, ob eine Verbindung zwischen der Zufriedenheit z. B. mit der subjektiv empfundenen Raumtemperatur und den in den Gebäuden gemessenen Daten besteht.

Folgende Hypothesen aus Abschnitt 3.1 werden an dieser Stelle auf den Bereich „Thermischer Komfort“ angepasst und überprüft:

4) Es existieren Unterschiede in den Bewertungen des Temperaturempfindens und der Temperaturzufriedenheit zwischen Sommer und Winter.

5) Die Nutzer lassen sich auf Grundlage der Antworten zum thermischen Komfort in Gruppen einteilen, die sich den technischen Gebäudekonzepten zuordnen lassen.

6) Die Zufriedenheit mit den raumklimatischen Parametern wie z. B. Luftfeuchte, empfundene Raumtemperatur etc. hat einen Einfluss auf das Wohlbefinden und die subjektive Einschätzung der Gesundheit der Nutzer.
7) Arbeitsbedingte Faktoren haben einen Einfluss auf die Bewertung des thermischen Komforts.

Weiterhin wurden mögliche Wirkungsmechanismen von Blendung, der empfundenen Luftqualität der empfundenen Luftfeuchte und Zugluft auf die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur untersucht.

5.1.1 Klimabeschreibung

Die astronomischen Jahreszeiten sind definiert als die Zeitperioden, während der sich die Sonne in bestimmten Abschnitten ihrer scheinbaren jährlichen Bahn befindet. Die je nach Abschnitt unterschiedlichen Sonnenstände verursachen letztlich auch die verschiedenen Witterungsabschnitte. Nach der astronomischen Berechnung beginnt der Sommer meistens am 21. Juni und endet am 22. September. Der Winter dauert vom 21. Dezember bis zum 19. März.

Die meteorologischen Jahreszeiten sind nach den Kalendermonaten unterteilt. Die Einteilung ist so gewählt, dass sie in der Regel besser mit den charakteristischen Klimabedingungen übereinstimmt als die astronomische Einteilung. Ein weiterer Grund für diese Einteilung mag die einfachere Auswertung von Statistiken sein. Nach der meteorologischen Aufteilung umschließt der Winter die Monate Dezember bis Februar und der Sommer die Monate Juni bis August. Allerdings kam es in den vergangenen Jahren schon zu einigen Abweichungen, vor allem einem verspäteten Beginn der kalten Jahrszeit und abwechselnd sehr heißen, trockenen und kühleren, regenreichen Perioden im Sommerquartal.

Die Befragungen haben jeweils zwischen Mitte Januar und Mitte März für den Winter und zwischen Mitte Juni und Mitte September für den Sommer – also in den astronomischen Jahreszeiten – stattgefunden, um eventuelle Unterschiede vor allem in den Temperaturbewertungen, aber auch Einflüsse auf die übrigen Zufriedenheiten zu analysieren. Dies hatte in der Hauptsache mit der Abwesenheit der meisten Mitarbeiter während der Weihnachtsferien und einem dann ausreichenden Abstand zur Winterbefragung zu tun. In bisherigen Studien [z. B. ASHRAE 55/ Bischof et al. 2003] hat diese Unterteilung der Bewertungen nicht stattgefunden.

Dem Versuch, auch kurzfristig auf klimatische Situationen zu reagieren (Ausnutzen von besonders warmen bzw. heißen Perioden), standen z. T. die unterschiedlichen Urlaubszeiten in den einzelnen Bundesländern und weitere organisatorische Umstände wie z. B. die Zugänglichkeit der Gebäude entgegen.

Im Folgenden werden Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes [http://www.dwd.de/de/-FundE/Klima/KLIS/daten/online/nat/index_tageswerte.htm, 02.02.2007, Messhöhe 2 m] bzw. von Gebäude nahen Wetterstationen dazu verwendet um zu klären, ob die Einteilung in Sommer- und Winterbefragung erfolgen kann, oder ob ein Teil der Befragungen in die

Übergangsjahreszeit gerechnet werden muss. Die Messzeiträume, Orte der Wetterstationen sowie Angaben zu Messwertkorrekturen sind im Anhang beschrieben (s. Anhang Abbildung A1 und Tabelle A4).

In Abbildung 5-1 sind die Tagesmittelwerte der Außentemperaturen für die jeweiligen Gebäudestandorte während der 14 Tage vor den Befragungen aufgetragen. In Abbildung 5-2 ist die Verteilung der Extremwerte der Außentemperatur für die Befragungszeiträume gezeigt.

Es ist ein deutlicher Unterschied in den Mittelwerten zwischen den Sommer- und den Winterwerten festzustellen und es gibt keinerlei Überschneidungen in den Tagesmittelwerten (s. Abbildung 5-1). Abweichungen zwischen den DWD-Daten und dem lokalen Mikroklima an den Standorten der Gebäude sind bekannt und können bis zu 3 K betragen [Wagner et al. 2006/ Rozynski 2006]. Da jedoch keine zuverlässigen Vergleichsdaten existieren, muss auf der Grundlage des vorliegenden Datenbestandes eine Einteilung in die Jahreszeiten stattfinden.

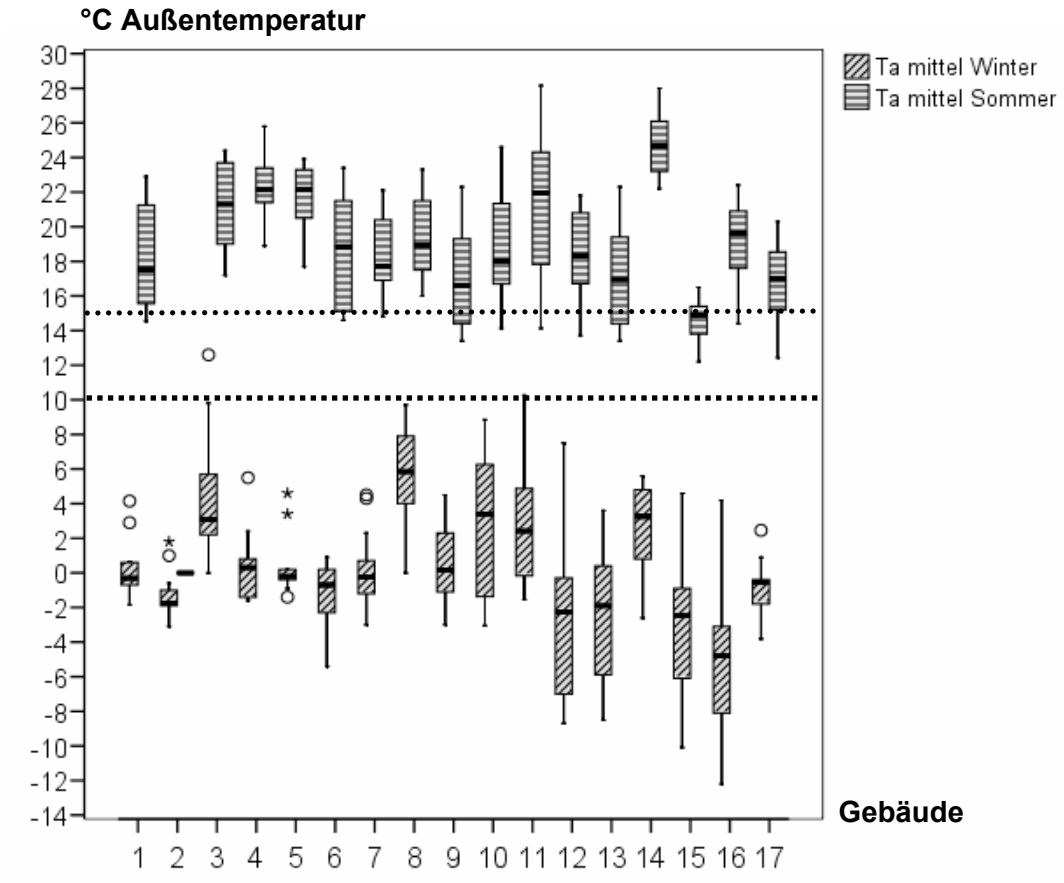


Abbildung 5-1: Boxplotdarstellung über die Tagesmittelwerte der Außentemperaturen über jeweils zwei Wochen vor den Befragungen (Messwerte DWD in 2 m Höhe über dem Erdboden). Der Median (50%-Perzentil) der 14 Tagesmittelwerte wird durch einen schwarzen Strich innerhalb eines Rechtecks gekennzeichnet. Die untere Grenze der Box beschreibt das 25%-Perzentil und die obere Grenze das 75%-Perzentil. Zur näheren Erklärung der Boxplotdarstellung s. 4.2.2. Die beiden gestrichelten Linien beschreiben die Heizgrenztemperatur bei ≥ 10 °C in gut gedämmten Gebäuden [Empfehlung aus DIN 4710-2] und die Tagesmitteltemperatur bei ≥ 15 °C, ab der in einigen Gebäuden die Raumtemperatur gekühlt wird.

Laut meteorologischer Definition ist dann ein Sommertag, wenn die Tages-Maximaltemperatur über 25 °C liegt (s. gestrichelte Linie in Abbildung 5-2). Da jedoch die Bewertung über einen Zeitraum von zwei Wochen erfolgte, ist an dieser Stelle eine Aussage darüber erforderlich, ob der zu bewertende Zeitraum im Sommer bzw. Winter lag oder nicht. Deswegen wurde festgelegt, dass die maximale Außentemperatur entweder an insgesamt fünf Tagen aus der Bezugsperiode oder an mindestens drei Tagen unmittelbar vor der Befragung (aufgrund höherer Gewichtung bezüglich der Erinnerung [Boerstra et al. 2003/ Morgan et al. 2002]) 25 °C und mehr betragen musste. Somit kann nur ein Gebäude aus dem Messzeitraum 02.08. – 16.08.2005 nicht in den Sommer gerechnet werden (s. Abbildung 5-2, Gebäude 15).

Der Winterfall wird nach der Heizgrenze definiert, die laut [Recknagel et al. 2000, S. 14] für gut gedämmte Gebäude bei 12 °C bzw. 10 °C mittlerer Außentemperatur liegt. Nach dieser Definition fallen alle Untersuchungszeiträume zwischen Januar und Mitte März in den Winter (s. Abbildung 5-1).

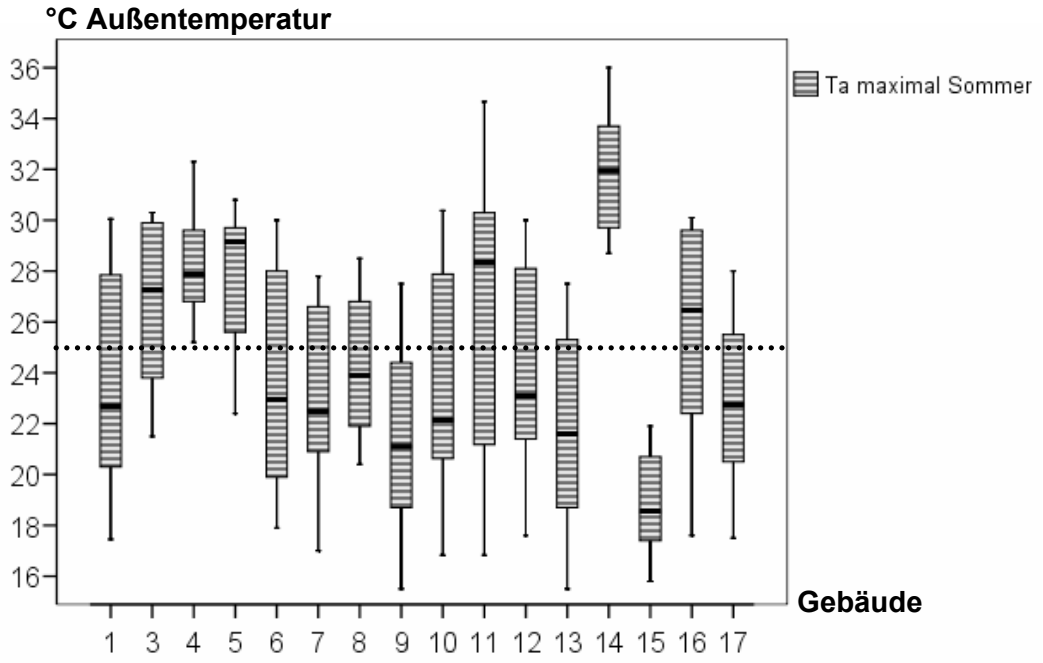


Abbildung 5-2: Boxplotdarstellung über die Tagesmaximalwerte der Außentemperaturen über jeweils zwei Wochen vor den Befragungen. Zur näheren Erklärung der Boxplotdarstellung s. Abschnitt 4.2.2.

5.1.2 Nutzerantworten zum thermischen Komfort

Die Fragen zum Thema Raumklima befassen sich mit der momentan empfundenen Raumtemperatur am Tag der Befragung und mit der empfundenen Temperatur über einen rückblickenden Zeitraum von zwei Wochen. Diese ist aufgeteilt in eine Vormittags- und eine Nachmittagsbewertung. Außerdem wird die Möglichkeit der Einflussnahme auf die Raumtemperatur, die empfundene Wirksamkeit von gewünschten Temperaturänderungen sowie abschließend die allgemeinen Zufriedenheit mit der Raumtemperatur (mit dem thermischen Komfort) erfragt. Zusätzlich gibt es je eine Frage zur empfundenen Luftfeuchte und der

Luftqualität. Ausgenommen von der momentanen Bewertung des Temperaturempfindens beziehen sich alle Angaben auf einen rückblickenden Zeitraum von zwei Wochen vor dem Befragungszeitpunkt. Der verwendete Fragebogen mit den genauen Fragenformulierungen ist in [Voss et al. 2005] und im Anhang zu finden.

Da im Laufe der Untersuchung die Frage aufkam, ob sich die Befragten tatsächlich nur auf einen Zeitraum von zwei Wochen bei ihrer Antwort beschränken, wurden etwa nach der Hälfte des Evaluationszeitraumes zwei weitere Fragen mit in den Fragebogen aufgenommen: Ob sich die Beantwortung der Fragen (vor allem zum thermischen Komfort) tatsächlich auf einen rückblickenden Zeitraum von zwei Wochen (oder kürzer) beziehen, oder ob eine längere Zeitperiode für die Beantwortung herangezogen wurde. Desweiteren wurde gefragt, ob der Bezugszeitraum von zwei Wochen vor der Befragung als repräsentativ für die jeweilige Jahreszeit angesehen wurde. Auf diese ergänzenden Fragen haben insgesamt 943 Personen geantwortet. Von diesen gaben im Winter 49 % an, sich auf die letzten zwei Wochen zu beziehen und 44 % auf einen längeren Zeitraum in der jeweiligen Jahrszeit. Nur 7 % gaben an, dass auch Erinnerungen aus der selben Jahreszeit im vergangenen Jahr mit in die Beantwortung mit einflossen. Im Sommer gaben 55 % der Befragten an, dass sich ihre Antworten auf einen Zeitraum von zwei Wochen beziehen und 36 %, dass auch ein länger zurückliegender Zeitraum berücksichtigt wurde. Nur 9 % gaben an, Erinnerungswerte aus derselben Jahreszeit im vergangenen Jahr für die Beantwortung verwendet zu haben. Im Sommer bezogen sich somit laut Angaben mehr Personen auf den vorgegeben Zeitraum von zwei Wochen als im Winter. Der Chi²-Test hat ergeben, dass dieser Unterschied signifikant ist ($p = 0{,}024$).

Im Winter waren 80 % der befragten Mitarbeiter der Meinung, dass die zurück liegenden zwei Wochen für die jeweilige Jahreszeit repräsentativ waren, im Sommer waren es noch 50 %. Laut dem Chi²-Test nach Pearson ist der Unterschied in der jahreszeitlichen Repräsentanzbewertung hochsignifikant ($p \leq 0{,}001$).

Bei der Betrachtung der Häufigkeitsverteilungen zwischen denjenigen Personen, die angegeben haben, dass sie sich auf einen längeren Zeitraum als zwei Wochen bei der Beantwortung der Fragen bezogen haben, gab es im Winter keinen Unterschied bei der Repräsentanzbewertung zu denjenigen, die sich auf zwei Wochen beschränkten. Im Sommer hingegen gibt es eine leichte, jedoch laut dem Chi²-Test nicht statistisch signifikante ($p = 0{,}12$), Verschiebung: Diejenigen, die sich hier auf einen längeren Zeitraum bezogen (nicht auf das vergangene Jahr!), waren eher der Meinung, dass der Bezugszeitraum nicht repräsentativ sei (56 % gegenüber 46 %). Es scheint also keinen Unterschied in der Beantwortung der Fragen auszumachen, welchen Bezugszeitraum die Nutzer wählen.

In Abbildung 5-3 wird gezeigt, welcher Prozentsatz an Befragten je Gebäude im Sommer der Meinung waren, dass der Bezugszeitraum repräsentativ für die jeweilige Jahreszeit war. In den Gebäuden 15 und 17 waren nur 16 bzw. 20 % der Befragten der Meinung, dass das Wetter der vergangenen zwei Wochen repräsentativ für die Jahreszeit war, was aus den Mittel- und Maximalwerten der Außentemperaturen gut ableitbar ist (s. Abbildung 5-1 und

Abbildung 5-2). Auch für die Gebäude 9 und 13 ist eine gute Übereinstimmung der Außentemperaturverteilung und der Einschätzung zur Repräsentativität festzustellen.

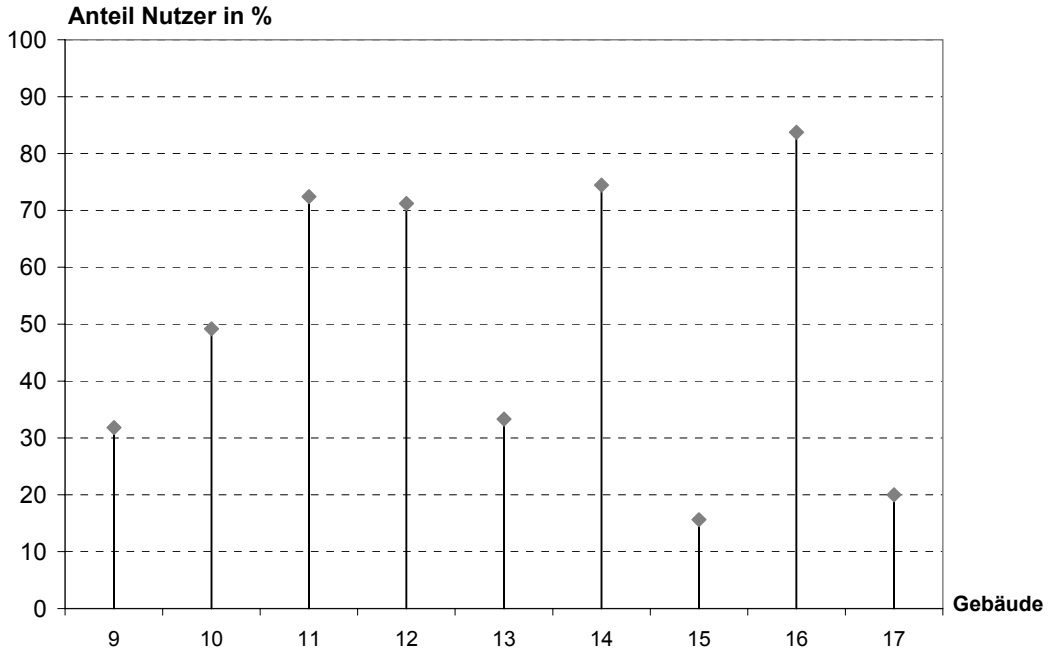


Abbildung 5-3: Anteil derjenigen Nutzer [%], die gesagt haben, dass die vergangenen zwei Wochen vor der Befragung repräsentativ für den Sommer waren. Dies Frage konnte nicht in allen Gebäuden beantwortet werden, da sie nachträglich eingefügt wurde.

Insgesamt besteht keine nachweisbare Korrelation zwischen den Angaben und den Klimadaten, auch wenn sich in einigen Gebäuden eine Tendenz zwischen Messwerten und Antworten ablesen lässt. Dazu kommt, dass bei den zur Verfügung stehenden Messwerten der Wetterstationen des DWD bzw. der Korrektur der Messwerte durchaus Abweichungen zu den tatsächlichen lokalen Außentemperaturen möglich sind. Ein Einfluss der vorhergehenden Temperaturperioden ist aufgrund der Nutzerantworten zu den Bezugszeiträumen nicht unmittelbar ableitbar.

In bisherigen Veröffentlichungen wurde aufgrund mangelnder Stichproben aus den jeweiligen Jahreszeiten ein Unterschied im Temperaturvotum der Nutzer zwischen Sommer und Winter eher in Frage gestellt [z. B. Hellwig 2005, S. 81]. Bei der vorliegenden Untersuchung hat der Test auf Mittelwertsunterschiede (t-Test für unabhängige Stichproben auf ein zweiseitiges Signifikanzniveau mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 0,05) für die Variable „Zufriedenheit mit der Raumtemperatur“ sowie für alle weiteren Variablen zum Temperaturempfinden über alle Gebäude betrachtet einen hochsignifikanten Unterschied in den Bewertungen zwischen Sommer und Winter ergeben (siehe Anhang Tabelle A5). Deswegen werden im Folgenden die Unterschiede in der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur sowie damit zusammenhängenden Variablen, wie z. B. das Temperaturempfinden und die wahrgenommene Einflussmöglichkeit, in Abhängigkeit von der Jahreszeit dargestellt.

In Abbildung 5-4 werden die Mittelwerte der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur für die Sommer- und die Winterbefragungen aus den Jahren 2004 - 2006 für jedes der untersuchten Gebäude gezeigt. Bis auf das Gebäude 2 konnte die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur

für beide Jahreszeiten dargestellt werden. Die Unterschiede in den Bewertungen der Temperaturzufriedenheit innerhalb der Gebäude wurden ebenfalls mittels t-Test für unabhängige Stichproben (da nicht immer die gleichen Personen zu beiden Jahreszeiten teilnahmen) ermittelt. Die Signifikanzwerte (p) sind in Abbildung 5-4 eingefügt.

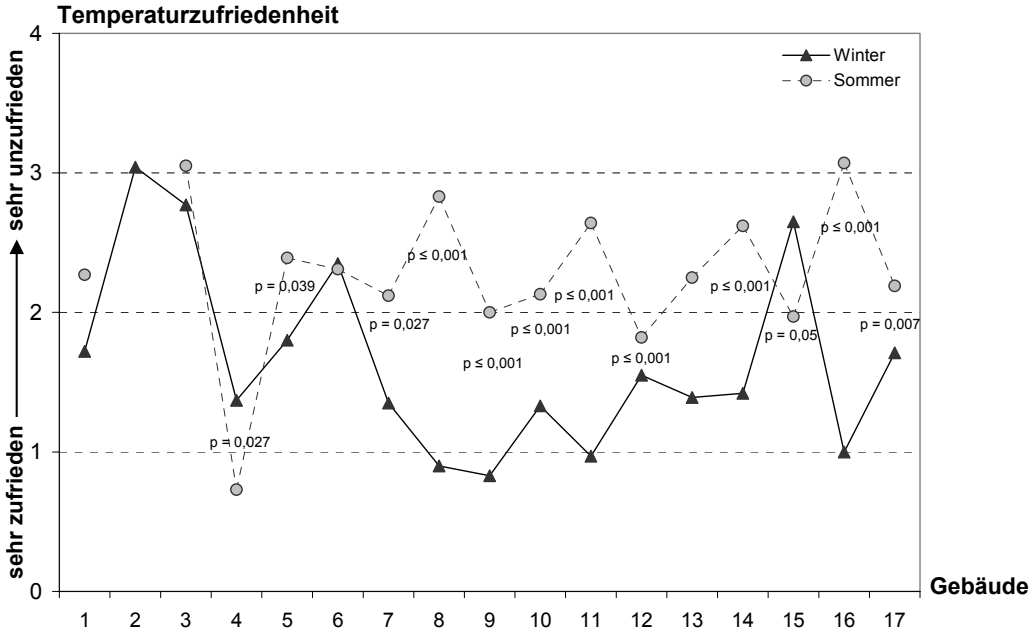


Abbildung 5-4: Mittelwerte der Temperaturzufriedenheit für Sommer und Winter für alle Gebäude

Insgesamt ist die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur im Sommer niedriger als im Winter, wie in Abbildung 5-5 anhand der Darstellung der Gebäudemittelwerte zu sehen ist.

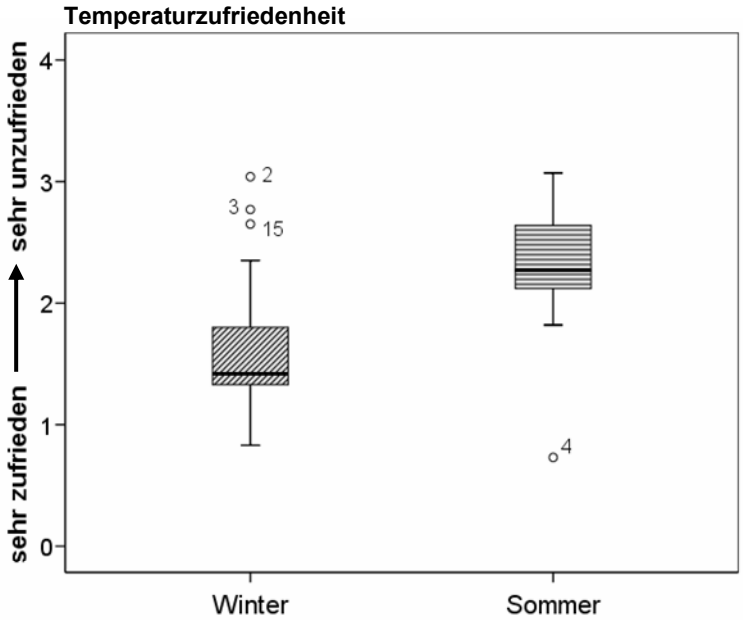


Abbildung 5-5: Boxplotdarstellung der Mittelwerte der Temperaturzufriedenheit über alle 17 Gebäude im Sommer und im Winter

In 50 % der Gebäude liegt die Beurteilung der Raumtemperatur zur kalten Jahreszeit im Bereich „zufrieden“ bis „akzeptabel“. Im Sommer hingegen liegt die Beurteilung der Raum-

temperatur im Bereich „akzeptabel“ bis „unzufrieden“. Unterschiedliche Bewertungen treten auch zwischen den Gebäuden innerhalb einer Jahreszeit auf (Ergebnis der univariaten ANOVA: $p \leq 0{,}001$).

Nur in 4 von 17 Gebäuden ist kein Unterschied in den Bewertungen statistisch messbar. In zwei von den Gebäuden (4 und 15) fällt die Zufriedenheit im Sommer positiver aus als im Winter. Im Winter fielen die Bewertungen der Gebäude 2, 3 und 15 überdurchschnittlich negativ aus. Aus den Einzelauswertungen wurde ersichtlich, dass die hohe Unzufriedenheit in den Gebäuden 2 und 3 unter anderem mit stark wahrgenommenen Temperaturschwankungen je nach Witterung und zu hohen Temperaturen an sonnigen Wintertagen zusammenhing. In Gebäude 15 hingegen gab es Probleme mit dem hydraulischen Abgleich der Heizung, so dass die hohe Unzufriedenheit eher mit zu niedrigen Raumtemperaturen in Verbindung gebracht werden kann. Die Nutzer in Gebäude 4 waren vor allem im Sommer besonders zufrieden mit der Raumtemperatur. Das Gebäude erfüllt fast Passivhausstandard und die Haustechnik (unter anderem die Bauteilkühlung in den Bürodecken) wird optimal betrieben. Nachweislich treten hier auch an heißen Sommertagen kaum Überhitzungsstunden mit Temperaturen oberhalb 26 °C auf [Pfafferott 2004].

In den Abschnitten 5.1.3 - 5.1.5 wird gezeigt, inwieweit die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur (der thermische Komfort) mit den Angaben zur empfundenen Raumtemperatur, mit gemessenen Temperaturen und weiteren Einflussgrößen zusammenhängt.

5.1.3 Temperaturempfinden und -zufriedenheit

Wie die Temperaturzufriedenheit wird auch das Temperaturempfinden in einigen der Gebäude signifikant unterschiedlich bewertet (s. Anhang Tabelle A5). Die Frage nach dem Temperaturempfinden ist im Fragebogen aufgeteilt in eine Momentanbewertung (zum Zeitpunkt des Ausfüllens), und eine rückblickende Bewertung des Temperaturempfindens über einen Zeitraum von zwei Wochen. Der T-Test für eine Stichprobe hat ergeben, dass es sowohl im Winter als auch im Sommer einen signifikanten Unterschied ($p < 0{,}05$) zwischen den Angaben zum Temperaturempfinden momentan, vormittags und nachmittags gibt. Dabei ist die Momentanbewertung in fast allen Gebäuden positiver ausgefallen als die rückblickende Bewertung. Diese Beobachtung ist in der Psychologie unter dem Begriff „negativer Retrospektionseffekt“ bekannt [Fahrenberg et al. 2002].

Bei der ersten Befragungsrunde wurde bei der rückblickenden Bewertung nicht zwischen vormittags und nachmittags unterschieden (s. Abbildung 5-6). Für die weitere Auswertung wurden die Werte der Vormittags- und der Nachmittagsbewertung zum Teil zugunsten der besseren Vergleichbarkeit zu einer Ganztagsbewertung gemittelt.

In Abbildung 5-6 und Abbildung 5-7 wird dargestellt, wie das Temperaturempfinden im Sommer und im Winter mit dem Votum „unzufrieden“ und „sehr unzufrieden“ zusammenhängt. Es werden hier nur diejenigen Nutzer dargestellt, die diese beiden Kategorien bei der Frage zur Zufriedenheit mit der Raumtemperatur gewählt haben. Auf diese beiden Kategorien entfallen im Winter 198 von insgesamt 718 teilnehmenden Befragten.

Zum einen fällt auf, dass diejenigen, die zum Zeitpunkt der Befragung die Raumtemperatur als „genau richtig“ empfunden haben, insgesamt unzufriedener mit der Raumtemperatur sind als diejenigen, die rückblickend die Raumtemperatur als „genau richtig“ empfunden haben (auch wenn die neutrale Kategorie rückblickend seltener gewählt wurde).

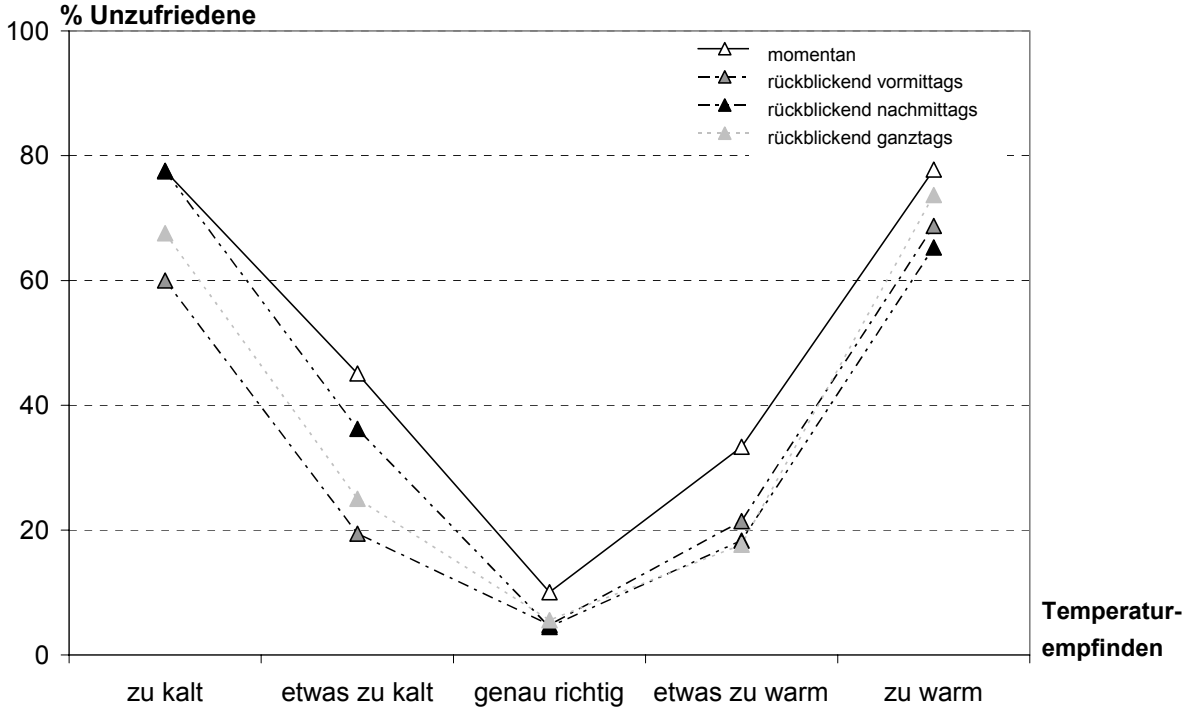


Abbildung 5-6: Unzufriedenheit mit der Raumtemperatur über das Temperaturempfinden zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Winter, Anteil in [%] „Unzufriedene“ und „sehr Unzufriedene“ der Befragten (N = 198 von 718)

Bei der Bewertung in Richtung „zu warm“ fällt im Winter auf, dass der Prozentsatz Unzufriedener zwischen vormittags und nachmittags sehr ähnlich ist. Von der Kategorie „etwas zu warm“ bis „zu warm“ gibt es bei der rückblickenden Bewertung einen großen Sprung: 3½ mal so viele Nutzer sind unzufrieden mit der Raumtemperatur, wenn sie diese als „zu warm“ empfanden, als diejenigen die die Kategorie „etwas zu warm“ gewählt haben. Bei den Nutzern, die in Richtung „zu kalt“ geantwortet haben, ist schon bei der ersten Kategorie „etwas zu kalt“ vor allem bei denjenigen, die es zum Zeitpunkt der Befragung und rückblickend an den Nachmittagen als „etwas zu kalt“ empfunden haben, die Anzahl der Unzufriedenen höher als bei der „etwas zu warm“ Bewertung. Es scheint also im Winter eine leichte Verschiebung des Temperaturempfindens in Richtung „etwas zu warm“ eher akzeptiert zu werden als in Richtung „zu kalt“. Insgesamt sind bei der Wahl der äußeren Kategorien maximal etwa 80 % der Befragten „unzufrieden“ oder „sehr unzufrieden“ mit der Raumtemperatur.

In Abbildung 5-7 wird noch einmal die Aussage aus Abschnitt 5.1.2 bestätigt, dass die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur im Sommer insgesamt geringer ist als im Winter. Zur warmen Jahreszeit wählten 353 von 737 Befragten Nutzern die Kategorien „unzufrieden“ und „sehr unzufrieden“ mit der Raumtemperatur. Trotz des Votums „genau richtig“ waren je nach

Bezugszeitraum bis zu etwa 36 % der Befragten dieser Kategorie unzufrieden mit der Raumtemperatur.

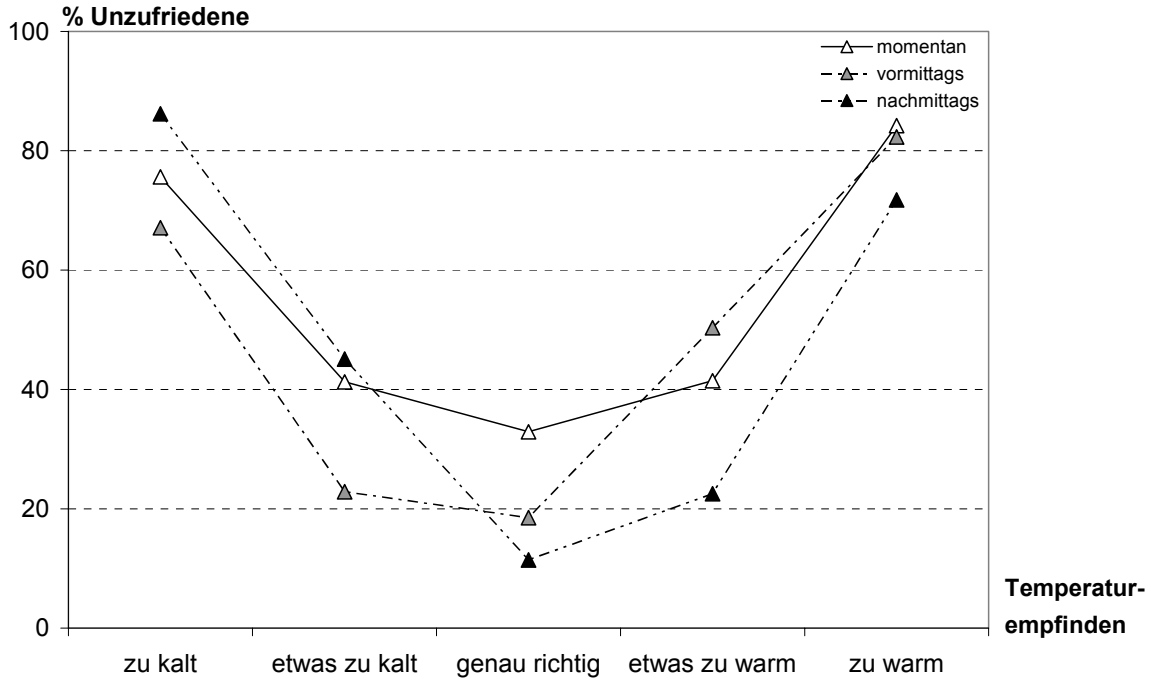


Abbildung 5-7: Unzufriedenheit mit der Raumtemperatur über das Temperaturempfinden zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Sommer, Anteil in [%] „Unzufriedene“ und „sehr Unzufriedene“ der Befragten (N = 335 von 737)

Wurde rückblickend die Raumtemperatur an den Vormittagen als „etwas zu warm“ empfunden, so war der Prozentsatz Unzufriedener höher, als wenn die Raumtemperatur als „etwas zu kalt“ empfunden wurde. Umgekehrt ist es bei der Nachmittagsbewertung: Jetzt wurde das Empfinden, dass die Raumtemperatur eher zu kalt ist weniger akzeptiert, als wenn diese als eher zu warm empfunden wurde. Bei der Bewertung des momentanen Temperaturempfindens, die über den Tag verteilt stattfand, gleicht sich dieser Effekt wieder aus, was an der nahezu symmetrischen Verteilung der Unzufriedenen über das Temperaturempfinden zu sehen ist. Wenn man die Antworten zum momentanen Temperaturempfinden in eine Vormittags- und eine Nachmittagsbewertung aufteilt, ergibt sich allerdings ein ähnlicher Effekt wie bei der rückblickenden Bewertung (s. Abschnitt 5.1.4). Demnach wurden insgesamt vor allem vormittags (bzw. morgens bei Betreten des Raumes) zu warme Temperaturen anscheinend als unangenehm empfunden, wohingegen an den Nachmittagen eine zu kühle Umgebung als nicht wünschenswert erscheint: Diese Bewertung wird vermutlich auch durch Erwartungen an das Raumklima und die sitzende Tätigkeit verursacht, die im Laufe des Tages gleiche oder ähnliche Raumtemperaturen als kühler erscheinen lassen [Fiala 2003].

In Abbildung 5-8 ist der Anteil Unzufriedener in Verbindung mit den Angaben zum momentanen Temperaturempfinden nach Männern und Frauen aufgeteilt. Für den Winter ergibt sich kein signifikanter Unterschied in der Temperaturzufriedenheit zwischen den Geschlechtern. Hier sieht man noch einmal deutlich, dass das Empfinden der Raumtemperatur als „etwas zu

kalt“ im Winter von allen weniger akzeptiert wird als eine Temperaturverschiebung in Richtung „eher zu warm“. Wenn die Raumtemperatur als „zu kalt“ empfunden wurde, sind vor allem die Männer unzufrieden mit der Raumtemperatur.

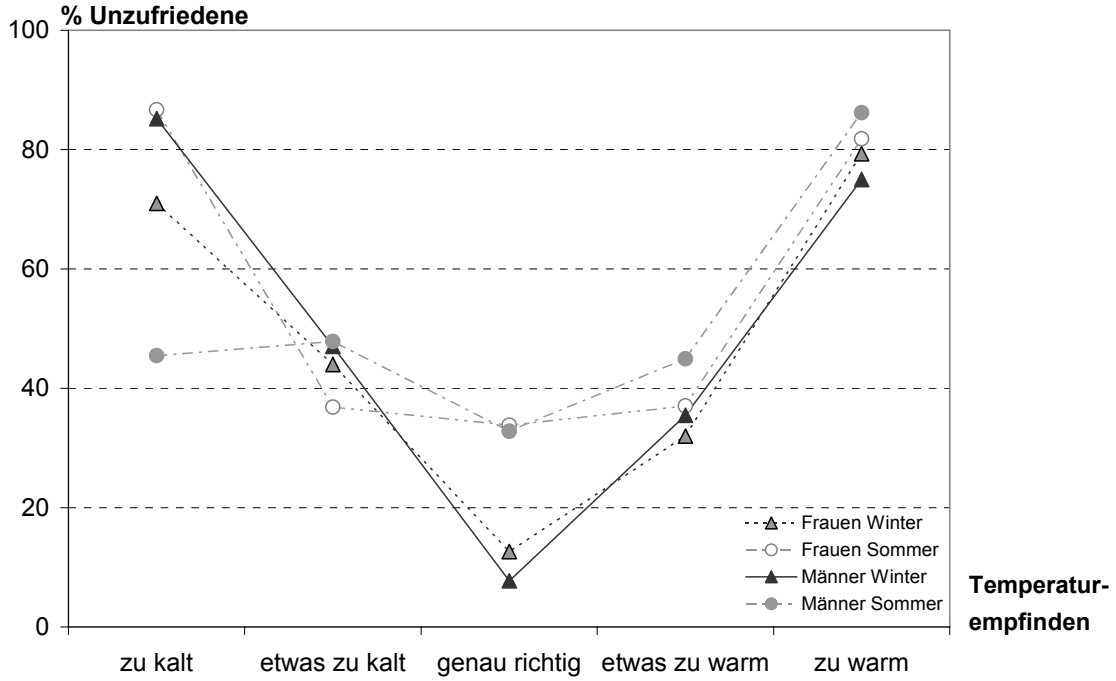


Abbildung 5-8: Unzufriedenheit mit der Raumtemperatur über das momentane Temperaturempfinden im Sommer und im Winter aufgeteilt nach Männern und Frauen, Anteil in [%] „Unzufriedene“ und „sehr Unzufriedene“ der Befragten (N Winter: Frauen = 109 von 355/ Männer 88 von 355, N Sommer: Frauen = 175 von 383/ Männer 158 von 346)

Im Sommer hingegen war der t-Test auf Mittelwertunterschiede für die Variable „momentanes Temperaturempfinden“ zwischen Männern und Frauen signifikant unterschiedlich (p = 0,002). Eine mögliche Erklärung dafür, dass der Unterschied in der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur vor allem bei der Kategorie „zu kalt“ auftritt, liegt vermutlich in dem unterschiedlichen Bekleidungsgrad der männlichen und weiblichen Mitarbeiter.

Die Erfassung des Bekleidungsgrades war nicht Bestandteil der Arbeit. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass es vor allem im Sommer einen Unterschied in der Bekleidung zwischen Männern und Frauen gibt [Wagner et al. 2006/ Hellwig 2005]:
„Der Unterschied zwischen der Bekleidungsdämmung von Männern und Frauen im Sommer ist signifikant und als ein mittlerer Effekt einzustufen. Im Winter sind die Unterschiede zwar auch signifikant, aber als eher schwach einzustufen. Frauen haben vor allem im Sommer eine geringere Bekleidungsdämmung“ [Hellwig 2005, S. 92]. Das würde erklären, dass vor allem die Frauen die als „zu kalt“ empfundene Raumtemperatur als störend wahrnehmen, da sie diese nicht mit Hilfe der Kleidung kompensieren können. Bezüglich des „zu kalt“-Votums bei den Männern fällt auf, dass hier die Unzufriedenheit mit der Raumtemperatur um einiges geringer ist als im Winter. Im Sommer scheinen die Männer eine zu kalte Raumtemperatur eher zu akzeptieren als im Winter. Unterstützt wird diese Hypothese durch die Tatsache, dass insgesamt auch nur halb so viele Männer (ca. 10 %) die Raumtemperatur im Sommer

als zu kalt empfinden wie Frauen (ca. 20 %). Zusätzlich wurden die Gebäude eingeteilt in eine Gruppe mit „Dresscode“ und eine andere „ohne Dresscode“ und auf signifikante Mittelwertunterschiede in den Temperaturbewertungen hin untersucht. Daraus resultierte, dass im Sommer tatsächlich vor allem bei den Frauen bei allen Fragen bezüglich des Temperaturempfindens, der Temperaturschwankungen, der Einflussnahmehäufigkeit auf die Raumtemperatur und die Zufriedenheit mit der Wirksamkeit von gewünschten Temperaturänderungen ein signifikanter Unterschied zwischen den Gebäuden mit und ohne Dresscode besteht ($p \leq 0{,}005$). Dabei wird von den Frauen in Gebäuden mit Dresscode die Raumtemperatur in der Regel als wärmer empfunden und die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur ist geringer. Dazu zählt auch, dass häufiger der Versuch unternommen wird, etwas an der Raumtemperatur zu verändern. Die Zufriedenheit mit der Wirksamkeit der Temperaturänderungen ist jedoch geringer. Zudem werden Temperaturschwankungen stärker wahrgenommen als in Gebäuden ohne Dresscode (siehe Anhang Tabelle A6) - eventuell da eine Anpassung in der Bekleidung nur begrenzt stattfinden kann.
In Bezug auf die im Fragebogen vorgegebenen fünf Alterskategorien hat sich in den Raumklimabewertungen (einschließlich Luftfeuchte, Zugluft und Luftqualität) weder im Winter noch im Sommer ein signifikanter Unterschied ergeben.

Bei dem Vergleich der Zufriedenheitsrate mit der Raumtemperatur in Verbindung mit dem momentanen Temperaturempfinden fällt auf, dass ein deutlicher Unterschied zwischen Sommer und Winter besteht: Trotz jeweils neutralem Temperaturvotum ist die Unzufriedenheit im Sommer um etwa 20 Prozentpunkte höher als im Winter. Es ist offensichtlich, dass zusätzliche Faktoren die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur beeinflussen, welche die unterschiedliche Zufriedenheit erklären. Auf diese wird im Abschnitt 5.1.5 eingegangen.

5.1.4 Temperaturempfinden und Messwerte

In Abbildung 5-9 sind die Mittelwerte der gemessenen Innenraumtemperatur über die Mittelwerte der jeweiligen Tagesaußentemperatur aufgetragen. Im Sommer zeigt die eingefügte Regressionsgerade, dass die Innenraumtemperatur mit zunehmender Außentemperatur ansteigt. Im Winter liegen die Raumtemperaturen im Mittel zwischen 20,5 °C und 24 °C. Im Gegensatz zum Sommer ist keine eindeutige Abhängigkeit der Innenraumtemperaturen von der Außentemperatur festzustellen.

In Abbildung 5-10 sind die Mittelwerte der empfundenen Raumtemperatur (zu kalt, etwas zu kalt, genau richtig, etwas zu warm, zu warm) je Gebäude und Befragungstag über die am Tage der Befragung gemessenen Raumtemperaturen zwischen 10 und 15 Uhr abgetragen. Hierbei erkennt man, dass im Winter (schwarze Dreiecke) die Regressionsgerade die neutrale Bewertungslinie bei knapp über 23 °C schneidet. Im Sommer schneidet die Regressionsgerade die neutrale Bewertungslinie bei 23,5 °C. Es fällt auf, dass die Schnittpunkte der beiden Geraden auf der neutralen Achse sehr nahe beieinander liegen (23,2 °C und 23,5°C). In der DIN EN ISO 7730 sind für den Winter 22 °C und für den Sommer 24,5 °C als optimale Raumtemperatur vorgegeben. Für diese Fälle sollte laut DIN 94 % Akzeptanz der Raumtem-

peratur vorliegen. Bei ± 2,5 °C Abweichung sollten noch 85 % Akzeptanz bei den Nutzern vorhanden sein.

Im Winter ist die Steigung der Geraden etwas flacher als im Sommer. Das könnte bedeuten, dass niedrige Raumtemperaturen durch zusätzliche Kleidung oder andere Maßnahmen im Winter gut ausgeglichen werden können. Da keine höheren Messwerte der Raumtemperaturen zur Verfügung stehen, ist nicht geklärt, wie das Empfinden der Raumtemperaturen in höheren Temperaturbereichen im Winter aussieht. Im Sommer steigt die Gerade steiler an. Es scheint ein engerer Temperaturbereich als angenehm empfunden zu werden. Kühlere Temperaturen werden nun weniger akzeptiert (kann nicht beliebig durch mehr Kleidung ausgeglichen werden) und höhere Temperaturen werden als zu warm empfunden. Eine explorative Berechnung der Unterschiede zwischen den beiden Regressionsgeraden über ein Strukturgleichungsmodell hat jedoch ergeben, dass sich die beiden Geraden in den vorliegenden Stichproben (N1 = 15 und N2 = 20) nicht signifikant voneinander unterschieden (p = 0,063). Im Laufe weiterer Untersuchungen mit zusätzlichen Messergebnissen kann untersucht werden, ob sich für beide Jahreszeiten zusammen ein nicht-linearer Zusammenhang ergibt.

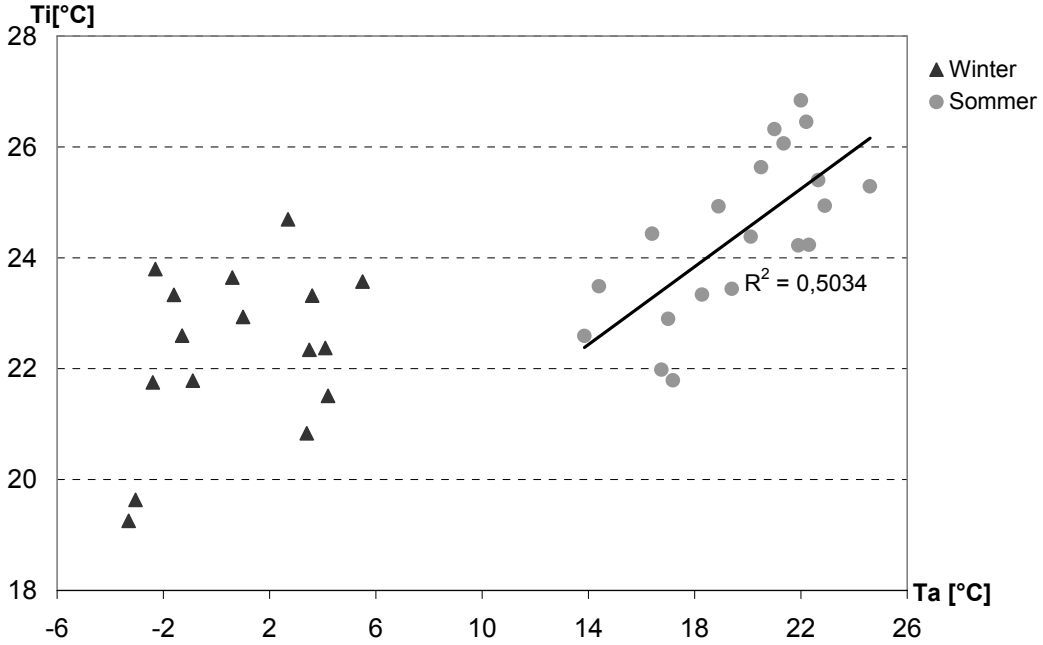


Abbildung 5-9: Mittelwerte der gemessenen Innenraumtemperatur (Ti) aus sechs Räumen je Gebäude aufgetragen über der mittleren Außentemperatur (Ta) am Tag der Befragung [°C]

Da im Mittel keine Raumtemperaturen oberhalb von 27 °C gemessen wurden, ist unklar, wie sich das Temperaturvotum in den oberen Temperaturbereichen in den Gebäuden entwickelt (Annahme gestrichelte Linie). Insgesamt scheint das Temperaturempfinden im Winter zwischen 21,5 °C und 24 °C und im Sommer zwischen 22 °C und 25 °C verhältnismäßig neutral zu sein.

Dabei ist die Zuverlässigkeit der Aussage aufgrund der Messungen in sechs beispielhaften Räumen im Sommer (R^2 = 0,788) höher als im Winter (R^2 = 0,514). Das eingekreiste Dreieck

(s. Abbildung 5-10) zeigt die im Vergleich mangelhafte Zuverlässigkeit der Aussage, wenn in nur zwei Räumen im Gebäude gemessen wurde. Dieser Punkt wurde für die Vorhersage der Regressionsgeraden im Winter ausgeschlossen. Die Vorhersage des Temperaturempfindens mit Hilfe der Mittelwerte der Messungen aus sechs Räumen scheint in den Gebäuden vor allem im Sommer hinreichend zuverlässig zu sein. Im Winter ist die Aussage wahrscheinlich deswegen weniger genau, da das Nutzerverhalten zur kalten Jahreszeit einen größeren Einfluss auf die Raumtemperatur hat. Durch unterschiedliches Heizverhalten oder Öffnen der Fenster können größere Temperaturunterschiede hervorgerufen werden als im Sommer.

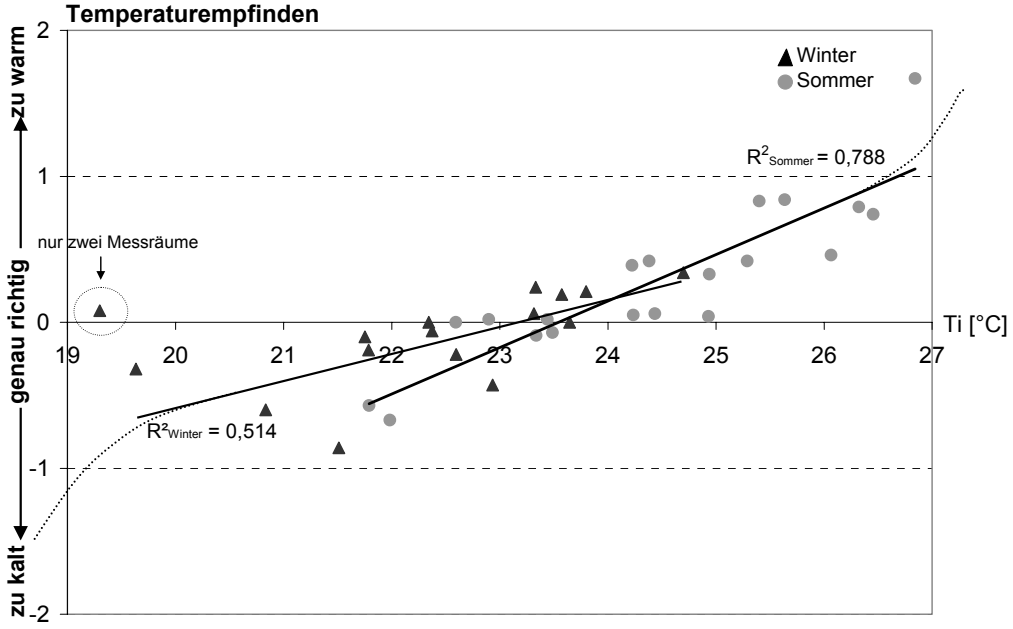


Abbildung 5-10: Mittelwerte der empfundenen Raumtemperatur über die Mittelwerte der gemessenen Raumtemperatur am Tag der Befragung im Winter und im Sommer

Wie im vorangegangenen Abschnitt im Hinblick auf das Temperaturempfinden im Zusammenhang mit der Temperaturzufriedenheit schon beschrieben, wird in Abbildung 5-11 noch einmal deutlich, wie sich das Temperaturempfinden in Abhängigkeit von der Raumtemperatur bei unterschiedlicher Bekleidung im Sommer unterscheidet. Berücksichtigt wurden hier diejenigen Gebäude mit ähnlichen Innentemperaturen (nicht Gebäude 16).

Die Temperatur des neutralen Empfindens liegt in den Gebäuden, in denen die Mitarbeiter vermutlich einem Dresscode unterliegen, etwas unterhalb des neutralen Punktes der Gebäude, in welchen keinerlei Bekleidungsvorschriften gelten. Bei gleichen Raumtemperaturen ist das Temperaturvotum in den Gebäuden mit Bekleidungsvorschriften jeweils höher als in den Gebäuden ohne Bekleidungsvorschriften, wobei die Vorhersagegüte in den Beispielgebäuden mit Dresscode (auch aufgrund der kleineren Stichprobe) schlechter ist als in den Gebäuden ohne Dresscode. Die Werte sind aufgrund des begrenzten Messzeitraumes und der Auswahl der Räume ohne Personenzuordnung nur Annäherungen.

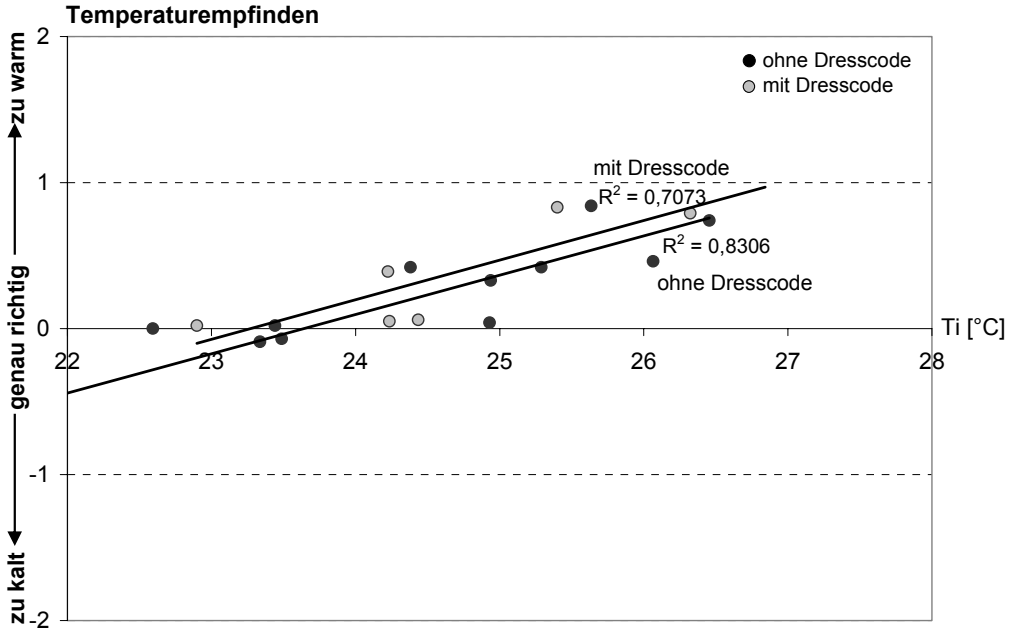


Abbildung 5-11: Mittelwerte der momentan empfundenen Raumtemperatur über den Mittelwerten der gemessenen Raumtemperatur aufgeteilt nach Gebäuden mit und ohne Bekleidungsvorschriften im Sommer

Die rückblickende Bewertung des Temperaturempfindens hat einen signifikanten Unterschied zwischen der Vormittags- und der Nachmittagsbewertung ergeben (s. Abschnitt 5.1.3). Aus diesem Grund wurde die momentane Temperaturbewertung ebenfalls in eine Vormittags- und eine Nachmittagsgruppe unterteilt (Trennung der Beantwortungszeit zwischen 12 und 13 Uhr). Der t-Test für unabhängige Stichproben hat im Winter, vor allem aber im Sommer einen signifikanten Unterschied in der Bewertung des unterteilten momentanen Temperaturempfindens ergeben ($p_{Winter} = 0{,}037$/ $p_{Sommer} \leq 0{,}001$ bei gleicher Varianz der Stichproben). Dabei wurde im Winter die Raumtemperatur vormittags über alle Gebäude gemittelt als eher „zu kühl“ bewertet ((N = 449): -0,13) und nach 13 Uhr als „neutral“ ((N=236): 0,03). Im Sommer wurde die Raumtemperatur vormittags im Mittel als fast „neutral“ ((N=480): 0,16) und nach 13 Uhr als eher „zu warm“ empfunden ((N=236): 0,52) (s. Abbildung 5-12).

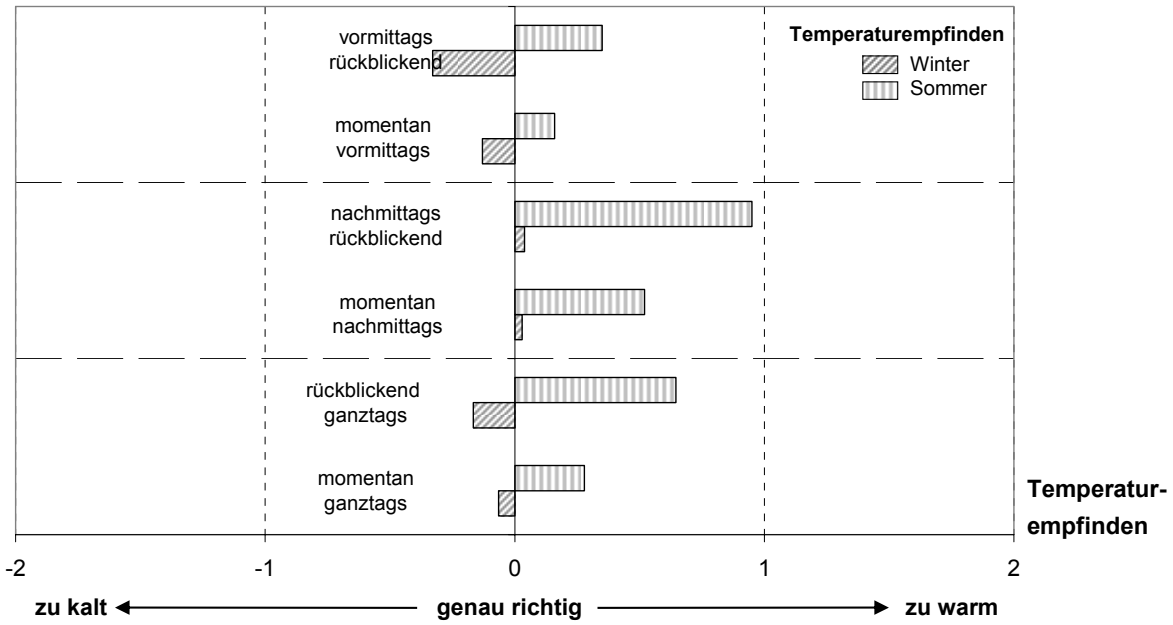


Abbildung 5-12: Temperaturempfinden vormittags, nachmittags und ganztags für den Tag der Befragung (momentan) und rückblickend über die vergangenen zwei Wochen vor der Befragung. Mittelwerte über alle Gebäude

Vor allem im Winter herrschte in den meisten Gebäuden in der gemessenen Zeit (in der auch die Beantwortung der Fragen stattfand) ein sehr kontinuierliches Raumklima. Das ΔT an den Messtagen im Winter betrug zwischen vormittags und nachmittags (Bezugszeitraum 10 - 15 Uhr) zwischen -0,31 K und +0,55 K und im Sommer zwischen -0,11 K (klimatisiertes Gebäude) und +0,9 K. Auch wenn in manchen der untersuchten Gebäude kein Unterschied in der Vormittags- bzw. Nachmittagsbewertung vorliegt, so ist insgesamt betrachtet vor allem im Sommer ein deutlicher Unterschied im momentanen Rating zu vermerken, der nicht ausschließlich auf ansteigende Raumtemperaturen zurückzuführen ist. Auch die Abweichung zu den beiden Extremen „zu kalt“ im Winter und „zu warm“ im Sommer von der momentanen zu der rückblickenden Bewertung kann in den seltensten Fällen über abweichende Raumtemperaturen aufgrund von heißeren Perioden vor der Befragung erklärt werden (s. Abschnitt 5.1.1). Hier haben vermutlich andere Faktoren wie z. B. die „Erwartungshaltung“ einen Einfluss auf die Bewertung des Temperaturempfindens (s. auch Abschnitt 5.1.5).

Aufgrund dieser Annahme und des offensichtlichen Retrospektionseffektes im Antwortverhalten wurden die Langzeitmessungen aus den Gebäuden nicht für die weitere Auswertung im Zusammenhang mit den Nutzerantworten herangezogen. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass für eine zuverlässige Bewertung des Temperaturempfindens im Feld vor allem im Sommer längerfristige Messungen und eine direkte Zuordnung von Nutzerantworten und Messungen notwendig sind, um Verzerrungen durch anderweitige Einflüsse weitestgehend zu vermeiden.

Abbildung 5-13 zeigt den Zusammenhang zwischen der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur und den gemessenen Temperaturmittelwerten am Tag der Befragungen für Sommer und Winter. Es zeigt sich, dass die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur mit ansteigender

gemessener Raumtemperatur abnimmt, wobei die Vorhersagegüte zwischen am Befragungstag gemessener Raumtemperatur und dem subjektiven Votum der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur im Sommer wiederum höher als im Winter ist. Auffällig ist der nur sehr schwache Zusammenhang zwischen der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur im Winter mit den Mittelwerten der gemessenen Raumtemperatur. Auch darf hier nicht linear in Richtung kältere Temperaturen extrapoliert werden, da bei kühleren Raumtemperaturen die Unzufriedenheit mit Sicherheit wieder ansteigt. Wenn man unter anderem den als behaglich festgelegten Temperaturbereich der DIN EN ISO 7730 betrachtet, für den im Winter zwischen 19,5 °C und 24,5 °C bzw. im Sommer zwischen 22 °C und 27 °C 85 % Akzeptanz oder Zufriedenheit) bei den Nutzern vorliegen sollte, überrascht die hohe Unzufriedenheitsrate vor allem im Sommer (s. auch Abschnitt 5.1.3) [Pfafferott 2007].

Es fällt vor allem auf, dass die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur zum einen bei neutralem Temperaturvotum und zum anderen bei ähnlichen gemessenen Raumtemperaturen (zwischen 23 °C und 24 °C) im Sommer geringer ist als im Winter - und dies bei höheren Außentemperaturen im Sommer.

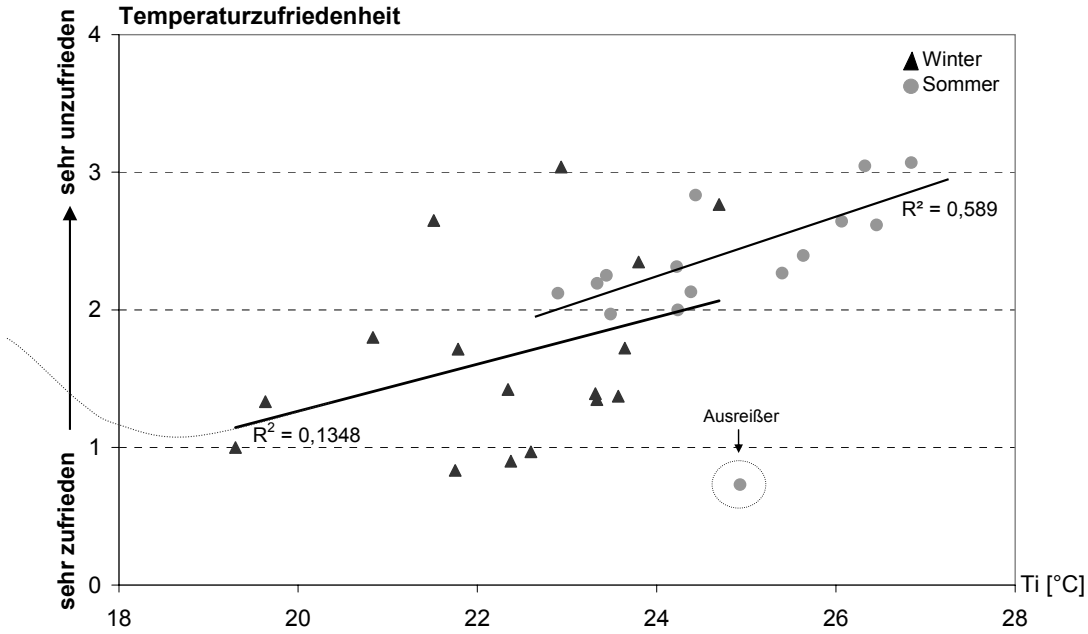


Abbildung 5-13: Mittelwerte der Temperaturzufriedenheit über Mittelwerten der gemessenen Raumtemperatur je Gebäude

Die auf Grundlage der Nutzerantworten ermittelten statistische Einflussgrößen auf das Temperaturempfinden und die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur, die nicht durch einen Unterschied in den gemessenen Raumtemperaturen erklärbar sind, werden in Abschnitt 5.1.5 beschrieben. Zunächst wird auf die physiologischen Einflussgrößen Zugluft, Luftfeuchte und Luftqualität und ihre Bewertungen durch die Nutzer eingegangen.

5.1.4.1 Zugluft

„Die natürliche Wärmekonvektion erfolgt über die den Körper umgebende 4 bis 8 mm dicke Luftgrenzschicht, die laminar langsam aufwärts gleitet (0,16-0,25 m/s) und durch externe

Luftbewegungen geringer Geschwindigkeit kaum durchbrochen werden kann“ [Fanger et al. 1975]. Luftbewegungen höherer Geschwindigkeit verwirbeln und durchbrechen die Grenzschicht, forcieren die lokale Wärmeabgabe und können dann wahrgenommen und als unangenehm empfunden werden [Griefahn 1999, S.6].

Zugluft wird im Allgemeinen durch die mittlere Luftgeschwindigkeit beschrieben [Berechnung in DIN EN 27726:1993]. Die Schwelle für das Empfinden von Luftbewegungen scheint im Temperaturbereich von 20 °C bis 26 °C bei etwa 0,2 m/s zu liegen, wobei aber große interindividuelle Unterschiede bestehen [Fanger, Christensen 1986]. Houghten und McIntyre treffen die Annahme, dass die Wahrnehmungsschwelle niedriger ist, wenn die Zugluft kühler als die Umgebungsluft ist [Houghten et al. 1938/ McIntyre 1979]. Weiterhin haben die Bekleidung, die Tätigkeit, der Turbulenzgrad [Gräff et al. 1995], die zeitliche Verteilung, die Richtung und die räumliche Ausdehnung sowie die Oberflächentemperaturen einen Einfluss auf das Zugluftempfinden [Toftum 1994].

In modernen Büros liegt die gemessene Luftgeschwindigkeit in beheizten und in natürlich belüfteten Räumen meist unter 0,2 m/s [siehe hierzu auch Untersuchungen zu Gebäude14 in Wagner et al. 2006]. In der Nähe von Eingängen und Austrittsöffnungen klimatechnischer Anlagen kann die Geschwindigkeit allerdings bis zu 1,2 m/s erreichen [Kähkönen, Ilmarinen 1989]. Auch Strahlungstemperaturunterschiede spielen in diesen Gebäuden thermophysiologisch in der Regel keine Rolle. Gemessene Differenzen in den Oberflächentemperaturen lagen zwischen 1 K und 2 K [Griefahn 1999], können jedoch in Abhängigkeit vom Dämmstandard oder dem Anteil der Fensterflächen auch höher liegen. Der aktuelle Kenntnisstand zum Thema Zugluft resultiert im wesentlichen aus Felduntersuchungen über klimatisierte Gebäude bzw. damit verbundene gesundheitliche Störungen im Sinne psychovegetativer Reaktionen, die unter dem Begriff Building Illness Syndrom (BIS) oder des Sick- Building-Syndrome (SBS) zusammengefasst werden [Griefahn 1999]. In den meisten dieser Untersuchungen wurde das allgemeine thermische Empfinden als hauptsächlich bestimmender Faktor der Zugluftwirkung mittels 7-stufiger Skalen erfasst [Toftum, Nielsen 1996a und b/ prEN ISO 10551:1997]. Ergänzend dazu wurden die thermischen Präferenzen erhoben, d. h. die Angabe, ob das aktuelle Klima angenehm war oder ob eine höhere oder niedrigere Temperatur bevorzugt wurde. Im Zuge der von Griefahn getätigten Untersuchungen zum Thema Zugluft klagte etwa 1/3 der Büroangestellten über Zugluft, hingegen waren es 2/3 an Arbeitsplätzen mit mäßiger Kälte, so dass sie den Schluss nahe legt, dass Angaben über Zugluft auch mit Kälteempfinden verwechselt werden können [Griefahn 1999].

In der vorliegenden Untersuchung wurde das Zugluftempfinden auf einer 5-stufigen Skala ermittelt. Luftgeschwindigkeitsmessungen wurden aufgrund der oben genannten üblichen Luftgeschwindigkeiten in modernen Bürogebäuden und der eher allgemein gehaltenen Fragestellung nicht durchgeführt. Es wurde vor allem nach dem Auftreten von störenden Zuglufterscheinungen gefragt. Wie in Abbildung 5-14 zu sehen ist, weicht das Empfinden von Zugluft zwischen den Jahreszeiten in nur fünf Gebäuden signifikant voneinander ab (t-Test auf Mittelwertunterschiede mit einem Signifikanzniveau von 0,05). Im Sommer wurde über alle Gebäude betrachtet etwas stärker Zugluft wahrgenommen als im Winter (s. Abbildung

5-14 und Abbildung 5-15): Im Winter wurde von etwa 14 % und im Sommer von 18 % der Befragten Zugluft häufig oder immer (als störend) angegeben. Aufgrund der Angaben zur Häufigkeit von Zuglufterscheinungen kann jedoch noch nicht notwendigerweise auf eine negative Bewertung (wie in der Fragestellung impliziert) geschlossen werden. Aus den Textantworten der Nutzer ging vor allem im Sommer hervor, dass die Zugluft im Sinne einer Kühlung im Raum oft gewünscht wird (in Gebäude 5 und 16).

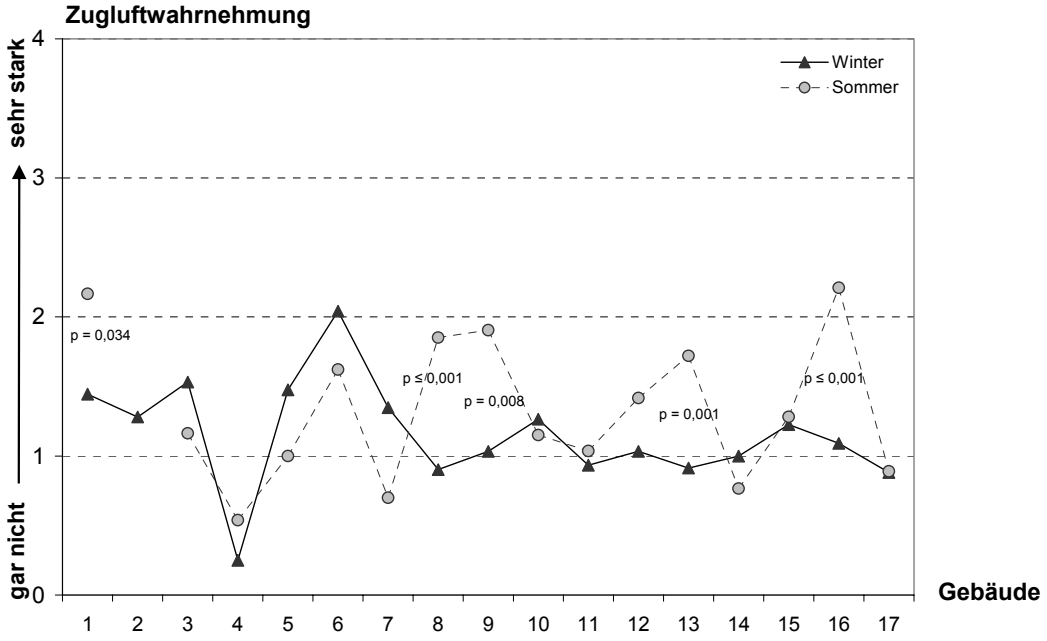


Abbildung 5-14: Mittelwerte der Angaben zu Zugluft in den Gebäuden im Winter und im Sommer

In den Gebäuden 5, 8 und 14 bestehen signifikante Korrelationen (R = -0,34 – 0,55; p ≤ 0,034) zwischen dem Empfinden zu kalter Raumtemperaturen und Angaben zu wahrgenommener Zugluft. Die Textantworten aus Gebäude 5 belegen, dass im Winter die Zugluft als störend empfunden wurde, da zu dieser Zeit zu kühle Luft über die Zuluftgitter im Brüstungsbereich in den Innenraum nachströmte. Die beabsichtigte Vorerwärmung der Außenluft über die Heizkörper funktionierte nicht wie geplant. Im Gebäude 6 wurde Zugluft als für die Jahreszeit verhältnismäßig störend angegeben (s. Abbildung 5-15). Allerdings besteht hier keine Korrelation zum Temperaturempfinden oder der Temperaturzufriedenheit. In den Textantworten wurde des Öfteren angegeben, dass die vertikalen, schmalen Lüftungsöffnungen Grund für die Unzufriedenheit sind, da die Luft zu „konzentriert“ in den Raum eintritt. (Von weiter entfernten Arbeitsplätzen wurde bemängelt, dass diese nicht genügend Frischluft erreiche.) Im Gebäude 4, welches auch bezüglich der Raumtemperatur sehr positiv bewertet wurde, wurde vor allem im Winter kaum Zugluft wahrgenommen. Aufgrund des Zieles möglichst geringer Energieaufwendung für den Gebäudebetrieb wurde unter anderem auch eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung realisiert. Die Art der Belüftung (z. B. Quell- oder Mischlüftung) sowie die die Anordnung und Ausführung der Luftauslässe ist dabei ausschlaggebend für die Zugluftwahrnehmung vor allem in Winter. Die Wärmerückgewinnung verringert durch die Annäherung der Zulufttemperatur an die Raumlufttemperatur dabei die Chance von Zugluftwahrnehmungen.

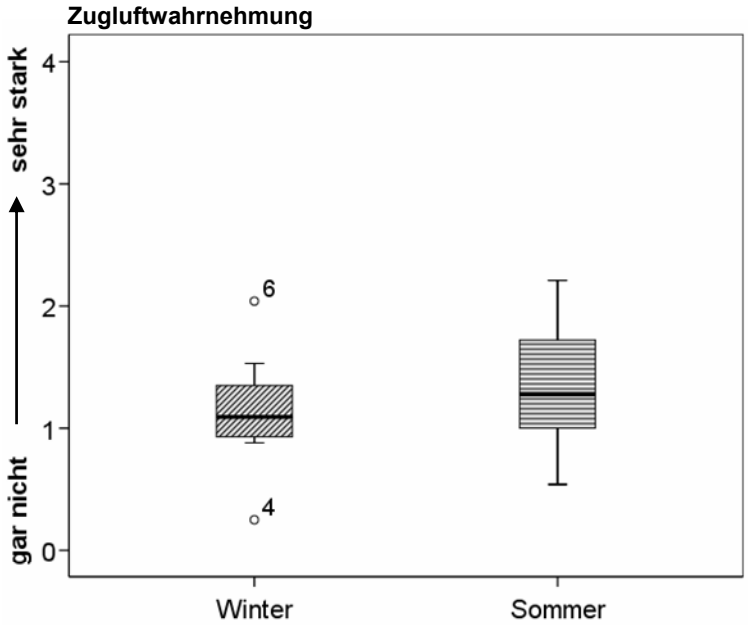


Abbildung 5-15: Boxplotdarstellung über die Mittelwerte der Angaben zu Zugluft in den Gebäuden

Über alle Gebäude betrachtet ist die Varianz der Antworten auf die Frage nach störender Zugluft zu gering, um eine Aussage über Zusammenhänge mit weiteren Raumklimaparametern zu treffen: Die Betrachtung der Korrelationen und der Ergebnisse der schrittweisen Regression über alle Gebäude hat ergeben, dass die Angaben der wahrgenommenen Zugluft im Winter nur schwach mit den Angaben zu empfundenen Temperaturschwankungen sowie der Temperaturzufriedenheit zusammenhängen (korrigiertes $R^2 = 0{,}081$; $p \leq 0{,}001$). Der Erklärungsanteil für das Modell liegt demnach in den vorliegenden Gebäuden auch im Sommer bei unter 10 %. Der Zusammenhang mit dem Temperaturempfinden ist insgesamt betrachtet nicht sehr groß. Wie jedoch zuvor gezeigt wurde, bestehen in einzelnen Gebäuden höhere Korrelationen z. B. zwischen zu kalter Luft im Winter und dem Auftreten von Zugluft. Andere Einflüsse wie die Art der Lüftungsöffnungen dürfen jedoch nicht unberücksichtigt bleiben.
Im Sommer stehen vor allem die Häufigkeit unternommener Temperaturänderungen im Zusammenhang mit den Angaben zu Zugluft ($R = 0{,}31$; $p \leq 0{,}001$). Das erscheint einleuchtend, da für einen gewünschten Abkühlungseffekt in den Gebäuden, in denen diese Möglichkeit gegeben ist, in der Regel die Fenster geöffnet werden. Es besteht hier aber kein Zusammenhang zwischen den Angaben zur Zugluft und den geschätzten Fensteröffnungszeiten. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass Zugluft und die Aktion des Fensteröffnens eher temporäre Erscheinungen sind.

Ein Zusammenhang mit dem Lüftungskonzept (reine Fensterlüftung, Abluftanlage, Zu- und Abluftanlage) oder der Größe der Büroeinheiten bzw. Sitzentfernung von der Fassade konnte für die Gebäude nicht ermittelt werden.

5.1.4.2 Luftfeuchte

Als weiterer Einflussfaktor für die thermische Behaglichkeit wird die Luftfeuchte genannt (s. Abschnitt 2.2). Bei der Analyse der Nutzerantworten im Zusammenhang mit den Messwerten fällt auf, dass die Bewertung der empfundenen Raumluftfeuchte im Mittel nicht sehr stark zwischen den Jahreszeiten differiert (s. Abbildung 5-16) und im Mittel über die Gebäude betrachtet vor allem im Bereich „eher zu trocken“ angesiedelt ist (s. Abbildung 5-17).

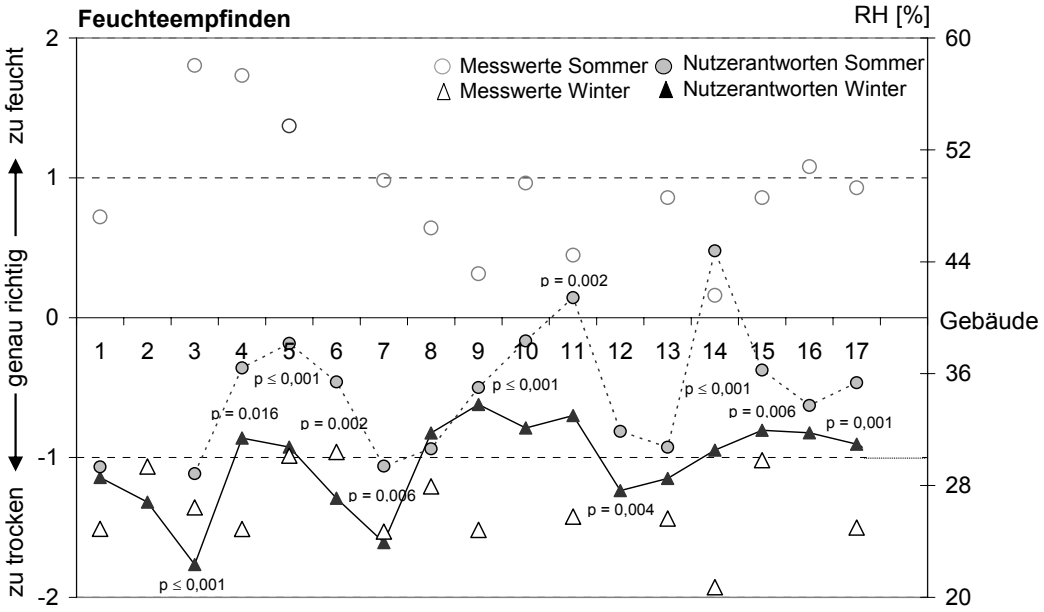


Abbildung 5-16: Mittelwerte des Feuchteempfindens und Mittelwerte der gemessenen Luftfeuchte für die Tage der Befragungen je Gebäude und Jahreszeit

Die Korrelation der gemessenen relativen und absoluten Raumluftfeuchte mit den Einschätzungen der Nutzer zur Raumluftfeuchte ergab keine nachweisbare Abhängigkeit. Der Mensch hat zum einen nachweislich keine Sensorik für das Feuchtempfinden und im Temperaturbereich 22 °C – 26 °C und 30 % – 70 % relativer Luftfeuchte spielt diese für die Thermoregulation auch keine entscheidende Rolle. Zum anderen war vor allem im Sommer die Varianz der Nutzerantworten und im Winter die Varianz der Messwerte nicht sehr hoch.

Das Empfinden der Raumluftfeuchte hat vor allem im Winter einen signifikanten Effekt auf die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur ($R = -0{,}33$; $p \leq 0{,}001$) und die empfundene Raumluftqualität ($R = -0{,}52$; $p \leq 0{,}001$). Das bedeutet, je trockener die Raumluft von jemandem empfunden wird, desto unzufriedener ist diejenige Person mit der Temperatur und vor allem mit der Luftqualität im Winter. Der Zusammenhang zwischen der empfundenen Raumluftfeuchte und der Temperaturzufriedenheit sowie der empfundenen Raumluftqualität ist im Sommer sehr viel geringer ($R = -0{,}19$ bzw. $0{,}26$; $p \leq 0{,}001$) was auch daran liegen mag, dass insgesamt sehr viel mehr Nutzer in der Kategorie „genau richtig“ geantwortet haben.

Weitere Zusammenhänge zwischen der Bewertung der Luftfeuchte und Angaben zu sensorischen Missempfindungen der Schleimhäute werden in Abschnitt 5.5.1 behandelt.

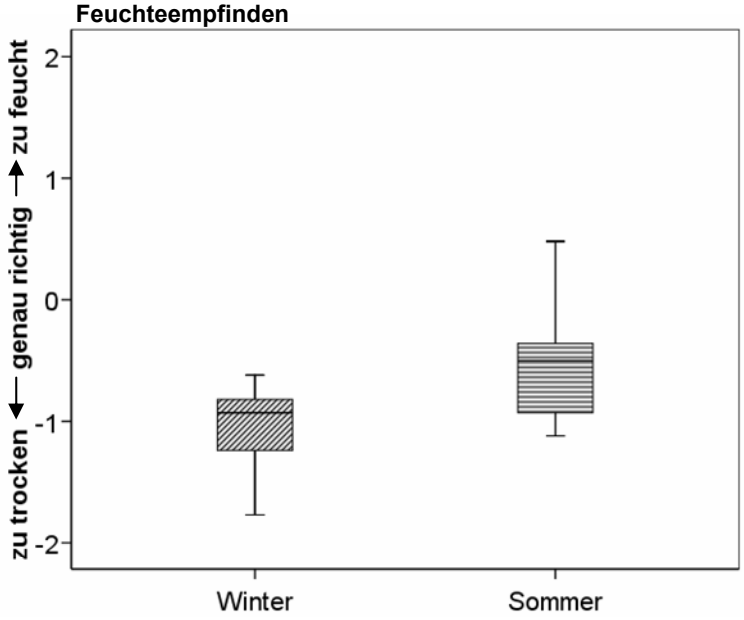


Abbildung 5-17: Boxplots über die Mittelwerte des Feuchteempfindens je Gebäude für Winter und Sommer

5.1.4.3 Luftqualität

Auch die jahreszeitliche Beurteilung der Raumluftqualität unterscheidet sich innerhalb nur weniger Gebäude signifikant voneinander (s. Abbildung 5-18). Zudem fällt diese im Sommer nicht grundsätzlich positiver aus als im Winter, was aufgrund der unterschiedlichen Öffnungszeiten der Fenster (Lüftung), die von Herkel [Herkel et al. 2005] in Abhängigkeit von der Außentemperatur am Beispiel von Gebäude 11 untersucht wurden, erstaunen mag.

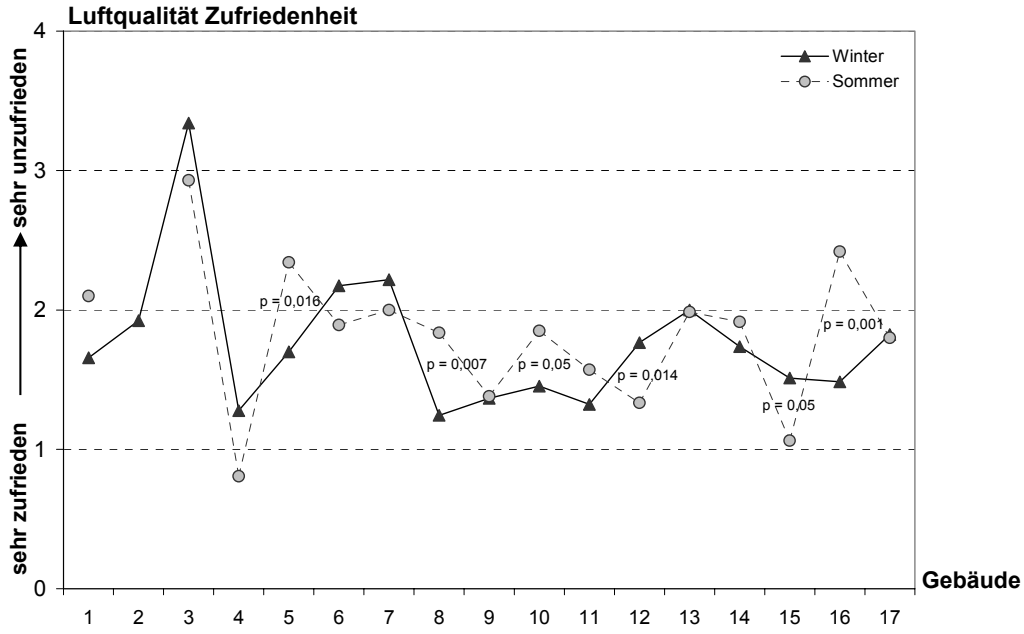


Abbildung 5-18: Mittelwerte der Zufriedenheit mit der Luftqualität im Sommer und im Winter je Gebäude

Der Median der Nutzerantworten liegt zu beiden Jahreszeiten im Bereich „akzeptabel“ (s. Abbildung 5-19). Im Winter hängt die Bewertung der Luftqualität nur schwach mit dem

Lüftungsverhalten (eingeschätzte Fensteröffnungszeit) zusammen (R = 0,15; p ≤ 0,001), im Sommer jedoch nicht. Im Winter werden die Fenster laut Angaben der Nutzer vor allem aufgrund verbrauchter Luft geöffnet und im Sommer bei als „zu warm“ empfundener Raumluft.

Wie in Abschnitt 5.1.4.2 bereits beschrieben, wird im Winter eine negative Einschätzung der Raumluftqualität hauptsächlich mit dem Empfinden trockener Raumluft in Verbindung gebracht (R = -0,52; p ≤ 0,001). Im Sommer wird eine als schlecht empfundene Raumluft eher in Verbindung mit zu warmer Raumluft gesetzt (R = 0,32; p ≤ 0,001). Dieser Zusammenhang ist in einigen Gebäuden sogar noch stärker ausgeprägt (bis etwa R = 0,6).

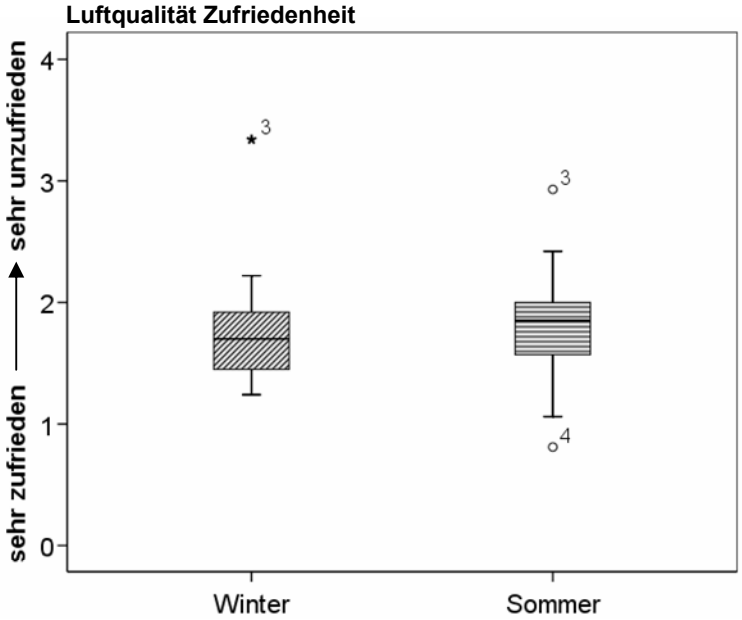


Abbildung 5-19: Boxplots über die Gebäude-Mittelwerte zur Zufriedenheit mit der Luftqualität

Im Sommer besteht dieser Zusammenhang insbesondere in den Gebäuden, in denen die Raumtemperatur rückblickend als eher „zu warm“ empfunden wurde. Die Anzahl von Mitarbeitern in den Büros scheint hingegen einen nur geringen Einfluss auf die Bewertung der Luftqualität zu haben (R = 0,18; p ≤ 0,001). Zwischen der Bewertung der Luftqualität und Angaben zu generellem Unwohlsein während der Arbeitszeit besteht ein schwacher Zusammenhang (R ~0,3; p ≤ 0,001).

Zu beiden Jahreszeiten wurde ein schwacher Zusammenhang zwischen der Variable „Luftqualität“ und den Angaben zur Variable „Gemisch aus Gerüchen“ (R ~ 0,3; p ≤ 0,001) ermittelt. Die drei Fragen zu wahrgenommenen Gerüchen lassen sich nicht gut zu einer Skala zusammenfassen (Cronbach’s alpha = 0,55). Aufgrund der geringen Varianz in den Antworten und der mangelhaften Vorhersagekraft für die Zufriedenheit mit der Luftqualität können die Fragen zu Gerüchen in diesem Zusammenhang vernachlässigt werden. Bislang ist es auch in anderen Untersuchungen noch nicht gelungen zu belegen, nach welchen Kriterien die Bewertung der Luftqualität durch den Menschen erfolgt. Zum Beispiel konnte keine Korrelation zwischen der Bewertung der Raumluft und darin enthaltenen flüchtigen organischen Schadstoffen festgestellt werden [Bischof et al. 2003].

5.1.5 Zusammenhänge zwischen Raumklimavariablen

Zu Beginn der Untersuchung bestand die Annahme, dass die empfundene Raumtemperatur die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur am stärksten beeinflusst, dass es jedoch noch weitere Einflussfaktoren gibt. Die dazugehörigen, zu Anfang formulierten Hypothesen sind die folgenden:

2) Es bestehen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Zufriedenheitsaspekten „thermischer“, „visueller“, „akustischer“ Komfort, Luftqualität und Büroausstattung.

6) Die Zufriedenheit mit z. B. dem Raumklima hat einen Einfluss auf das Wohlbefinden und die subjektive Einschätzung der Gesundheit der Nutzer.

Die Zusammenhänge und Einflussfaktoren wurden aus den Nutzerantworten mit Hilfe der Spearman-Rangkorrelation und der schrittweisen Regressionsanalyse statistisch ermittelt. Folgende Zusammenhänge wurden dabei angenommen (s. Abbildung 5-20):

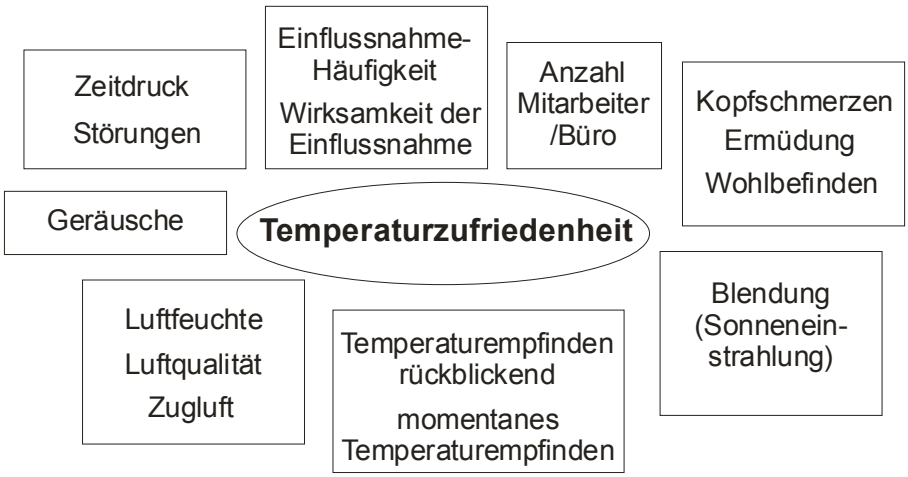


Abbildung 5-20: Vermutete Korrelationen zwischen verschiedenen Parametern mit der Temperaturzufriedenheit

Die auffälligsten Ergebnisse aus der Berechnung der Rangkorrelationen sind, dass im Winter das Temperaturempfinden einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur hat ($R = -0{,}17$; $p \leq 0{,}001$). Im Sommer hat das Temperaturempfinden einen mittleren Einfluss auf die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur ($R = 0{,}42$; $p \leq 0{,}001$): Je wärmer im Sommer die Raumtemperatur empfunden wird, um so unzufriedener ist der betroffene Nutzer mit der Raumtemperatur (s. Abbildung 5-21).

Weiterhin weisen im Winter und im Sommer die Bewertungen der Luftqualität und der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur eine mittlere Korrelation auf ($R_{Winter} = 0{,}47$; $p \leq 0{,}001$/ $R_{Sommer} = 0{,}52$; $p \leq 0{,}001$). Im Winter gibt es einen schwachen Zusammenhang zwischen der Bewertung der Luftqualität und der Nachmittagsbewertung des Temperaturempfindens. Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass die im Vergleich zum Vormittag als wärmer wahrgenommene Raumtemperatur trotz zum Teil keinem oder nur geringem Temperaturanstieg im Zusammenhang mit der Bewertung der Luftqualität steht. Im Sommer ist dieser Zusammenhang sogar noch stärker ausgeprägt. Die Luftqualität wurde in den meisten Gebäuden im Winter und im Sommer ähnlich bewertet. Die Berechnung der partiellen Korre-

lation zwischen der Variable Temperaturzufriedenheit und der Variable Luftqualität nach Auspartialisierung der Kontrollvariablen „empfundene Luftfeuchte“ liefert vermutlich die Erklärung für dieses Phänomen: Während im Sommer der Korrelationskoeffizient annähernd gleich bleibt, reduziert die Variable Luftfeuchte im Winter den Korrelationskoeffizienten von R = 0,47 auf R = 0,36 (mit jeweils $p \leq 0{,}001$) . Das bedeutet, dass die Bewertung der Luftfeuchte im Winter einen eindeutigen Einfluss auf das Empfinden der Luftqualität hat, wohingegen im Sommer die empfundene Raumtemperatur den stärkeren Einfluss hat (s. auch Abbildung 5-21).

Das Wahrnehmen von Temperaturschwankungen und die Häufigkeit der Einflussnahme auf die Raumtemperatur stehen zu beiden Jahreszeiten in einem schwachen bis mittleren Zusammenhang mit der Temperaturzufriedenheit (R = 0,34; $p \leq 0{,}001$/ R = 0,35 bzw. 0,46; $p \leq 0{,}019$). Hingegen hat wahrgenommene Zugluft zu beiden Jahreszeiten einen nur geringen Einfluss. Dies resultiert vermutlich aus dem hohen Standard der untersuchten Gebäude, in denen im Winter kaum Zugluft wahrgenommen wird und im Sommer stärkere Luftbewegungen zur Abkühlung oft erwünscht sind (s. auch 5.1.4.1).

Im Sommer besteht häufiger der Wunsch nach einer Temperaturveränderung als im Winter. Dies lässt sich den Antworten auf die Frage nach der Häufigkeit der Einflussnahme auf die Raumtemperatur entnehmen (Mittelwert S = 1,97/ W = 1,32). Zudem ist die Zufriedenheit mit der Wirksamkeit der unternommenen Temperaturänderungen im Sommer geringer als im Winter (S = 2,5/ W = 1,6). Die Zahl der Eingriffe steht im Sommer in unmittelbarem Zusammenhang mit der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur (R = 0,46; $p \leq 0{,}001$).

Die stärkste Korrelation besteht zwischen der Variable „Temperaturzufriedenheit“ und der empfundenen Wirksamkeit von Temperaturänderungen ($R_{Winter/\ Sommer} > 0{,}73$; $p \leq 0{,}001$). Das bedeutet, dass die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur größer war, wenn die Nutzer das Gefühl hatten, Einfluss auf die Raumtemperatur nehmen zu können. Demnach ist in der Regel der Einfluss der tatsächlich empfundenen Raumtemperatur (zu kalt, zu warm) auf die Gesamtzufriedenheit geringer als die wahrgenommene Möglichkeit, etwas an der Temperatur verändern zu können [Gossauer 2006a]. Eine Übersicht der wichtigsten ermittelten Zusammenhänge ist in Abbildung 5-21 zu finden. Auch wenn die Korrelation zwischen zwei Variablen keine Wirkungsrichtung beschreibt, so wurde doch aus den theoretischen Vorüberlegungen eine Richtung des vermuteten Einflusses auf die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur angenommen.

Diese konnte durch die Regressionsanalyse bestätigt werden. Dafür wurden alle relevanten Items zum Thema Raumklima als mögliche Prädiktoren berücksichtigt. Aus der Regressionsrechnung resultiert, dass im Winter vor allem die Anzahl der versuchten Temperaturänderungen und ihre subjektiv spürbare Wirksamkeit, aber auch die empfundene Trockenheit der Raumluft eine entscheidende Rolle bei der Bewertung der allgemeinen Zufriedenheit mit der Raumtemperatur spielt. Im Sommer beeinflussen ebenfalls die Anzahl der versuchten Temperaturänderungen und ihre subjektiv spürbare Wirksamkeit aber auch die empfundene Raumluftqualität die allgemeine Zufriedenheit mit der Raumtemperatur am stärksten.

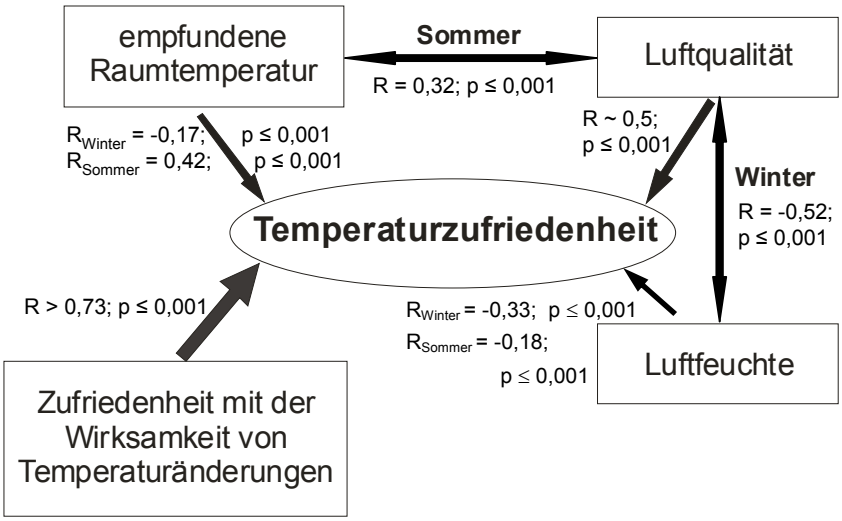


Abbildung 5-21: Einflüsse und Wechselwirkungen zwischen den abgefragten Variablen zum Thema Raumklima mit Korrelationskoeffizienten der Spearman-Rangkorrelation

Deshalb kann die größere Unzufriedenheit mit der Raumtemperatur im Sommer unter anderem wahrscheinlich damit erklärt werden, dass die Möglichkeit der Einflussnahme auf die Raumtemperatur im Sommer bzw. ihr spürbarer Effekt geringer ist als im Winter. Dies wurde in Abschnitt 5.1.3 bereits für die je nach Geschlecht oder Dresscode gegebene Anpassungsmöglichkeit an die Raumtemperatur durch die Bekleidung gezeigt.

Durch die Variable „Wirksamkeit von Temperaturänderungen“ wird zu beiden Jahreszeiten etwas mehr als die Hälfte der Variable „Temperaturzufriedenheit“ erklärt (s. Tabelle 3). Der standardisierte β-Koeffizient beschreibt, dass mit der Variable „Wirksamkeit der Temperaturänderung“ zu beiden Jahreszeiten über 4-mal so viel an der Temperaturzufriedenheit erklärt werden kann wie mit der Variable „Einflussnahmehäufigkeit“. Das Temperaturempfinden wird zu keiner der beiden Jahreszeiten im Modell berücksichtigt, da der zusätzlich erreichbare Erklärungsanteil zu gering ist.

Wie in Tabelle 3 zu sehen ist, wird bei der Regressionsrechnung im Sommer auch die Variable „Zufriedenheit mit Geräuschen am Arbeitsplatz“ berücksichtigt. Die Spearman-Rangkorrelation zeigt einen schwachen Zusammenhang mit der Zufriedenheit mit dem allgemeinen Geräuschpegel im Büro ($R \sim 0{,}3$; $p \leq 0{,}001$). Diese Beobachtung tritt zu beiden Jahreszeiten auf (im Sommer stärker ausgeprägt) und wurde an anderer Stelle bereits untersucht [Hellwig 2005]. Da außer einer generellen Sensitivität (ebenfalls mittlerer Zusammenhang mit der Zufriedenheit mit der Sauberkeit) keine sachlogische Erklärung für diese Korrelation vorliegt, wurde vermutet, dass die Art der Büros (Anzahl Personen/ Büro) den eigentlichen Zusammenhang erklären könnte: Je mehr Personen in einem Büro zusammen arbeiten, um so größer ist die Unzufriedenheit aufgrund verstärkter Geräuschbelastung (s. Abschnitt 5.3.1). Zugleich ist die Möglichkeit der Einflussnahme auf die Raumtemperatur in größeren Büroeinheiten eingeschränkt. Die Belegungsdichte der Büros steht bei der gewählten Gruppeneinteilung jedoch nur in einem schwachem Zusammenhang mit der Temperatur-

zufriedenheit und die Berechnung der partiellen Korrelation zwischen den beiden Variablen vermindert sich nicht unter Berücksichtigung der Belegungsdichte.

Tabelle 3: Modellzusammenfassung der schrittweisen Regression mit den Variablen im Winter und im Sommer. An erster Stelle des Modells (grau markiert) befinden sich die Variablen mit dem höchsten Erklärungsanteil an der abhängigen Variablen „Temperaturzufriedenheit".

Jahreszeit	Modell		R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
Winter	1	Wirksamkeit der Temperaturänderung	,740	,548	,547	,810
	2	Einflussnahmehäufigkeit	,756	,572	,570	,789
	3	empfundene Luftfeuchte	,769	,591	,587	,773
	4	Temperaturschwankungen	,773	,597	,593	,767
Sommer	1	Wirksamkeit der Temperaturänderung	,745	,555	,554	,831
	2	empfundene Luftqualität	,762	,581	,579	,807
	3	Einflussnahmehäufigkeit	,774	,600	,598	,789
	4	Ermüdung	,781	,610	,608	,779
	5	Geräusche	,785	,617	,613	,774
	6	Temperaturschwankungen	,787	,620	,616	,771

Des Weiteren wurde im Sommer die Variable „Ermüdungserscheinungen am Arbeitsplatz" in das Regressionsmodell mit aufgenommen. Grund für die Berücksichtigung war, dass die Antworten zu beiden Jahreszeiten in einem schwachen Zusammenhang mit der Temperaturzufriedenheit stehen ($R = 0{,}33$; $p \leq 0{,}001$). Vermutet wurde ein stärkerer Zusammenhang zwischen „Ermüdung" und dem „Temperaturempfinden" vor allem von zu warmer Raumluft. Dieser ist jedoch nur sehr schwach und auch nur im Sommer nachzuweisen. Zusätzlich stehen die Antworten auf die Frage nach Ermüdungserscheinungen am Arbeitplatz in einem schwachen Zusammenhang mit der „Zufriedenheit mit Geräuschen" ($R \sim 0{,}3$; $p \leq 0{,}001$). Wenn nun die Variable „Ermüdungserscheinungen" als Kontrollvariable zwischen der Geräuschzufriedenheit und der Temperaturzufriedenheit fungiert, verringert sich der Korrelationskoeffizient zu beiden Jahreszeiten auf etwa 0,2. Dasselbe gilt für den Zusammenhang zwischen der Zufriedenheit mit den Geräuschen und dem Temperaturempfinden im Sommer. Das gibt einen Hinweis darauf, dass ein übergeordneter Faktor hinter der Korrelation zwischen Temperaturzufriedenheit, Temperaturempfinden („zu warm" im Sommer) und der Geräuschbelastung am Arbeitsplatz steht.

Eine Wechselwirkung zwischen arbeitsbezogenen Faktoren wie Zeitdruck, Überstunden, Störungen bei der Arbeit oder Verhältnis zu Kollegen und Vorgesetzten mit der Temperaturzufriedenheit konnte nicht gefunden werden.

5.1.6 Sachlogische Klassifizierung der Gebäude

Parameter, die den Wärmehaushalt des Menschen beeinflussen, sind die Bekleidung, der Aktivitätsgrad, die Temperatur, die Luftfeuchte und die Luftgeschwindigkeit. Diese werden im Gebäude durch den Gebäudestandard (Dämmung und Dichtigkeit der Gebäudehülle), die Beheizung, die Lüftungsart, eventuelle Kühlung sowie die Nutzung (z. B. Verschattung, Öffnung der Fenster etc.) des Gebäudes bestimmt.

Die untersuchten Gebäude wurden alle innerhalb der vergangenen 15 Jahre erstellt und bezogen und weisen einen insgesamt hohen Gebäudestandard auf. Zudem wurden in einigen Gebäuden innovative Energiekonzepte wie z. B. Bauteilaktivierung oder Erdreichwärmetauscher für die Zuluftkonditionierung realisiert [Voss et al. 2005/ Plesser 2005a und b].

In Abschnitt 3.1 wurde die folgende These formuliert:

5) Die Nutzer lassen sich auf Grundlage der Antworten in den Fragebögen in Gruppen einteilen, die den jeweiligen Gebäuden/ Gebäudetypen zuordnen werden können.

Im Laufe der Untersuchung wurde anhand einer hierarchischen Clusteranalyse untersucht, ob sich die untersuchten Gebäude hinsichtlich verschiedener Parameter in Gruppen einteilen lassen (sog. „Cluster“), die sich durch ähnliche Mittelwerte in den Nutzerbewertungen der ausgewählten Variablen ergeben [Gossauer 2006a]. Es stellte sich jedoch dabei heraus, dass die einzelnen Variablen in den Gebäuden so unterschiedlich bewertet wurden, dass auf diesem Wege keine eindeutige Einteilung der Gebäude erfolgen konnte, die einen Rückschluss auf bestimmte architektonische oder technische Merkmale zugelassen hätte. Aus diesem Grund wurde dazu übergegangen, anhand der technischen Gebäudekonzepte eine sachlogische Einteilung in Gruppen vorzunehmen [Pfafferott, Kalz 2007], um dann mit Hilfe der Diskriminanzanalyse zu untersuchen, wo die Unterschiede oder Ähnlichkeiten in den Bewertungen der Nutzer liegen (s. Abschnitt 5.1.7).

Als Grundlage für die Diskriminanzanalyse werden im Folgenden die evaluierten Gebäude in drei Gruppen verschiedener technischer Gebäudeausrüstung unterteilt, um eventuelle Unterschiede in den Bewertungen zum thermischen Komfort und der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur zu beiden Jahreszeiten zu analysieren (s. Tabelle 4). Da in den meisten der untersuchten Gebäude Hybridsysteme verwendet werden (Abluft, Zuluft und Abluft, Bauteilaktivierung), wurde nicht in „klimatisiert“ und „nicht klimatisiert“ unterschieden, sondern zwischen Gebäuden mit eingeschränkter Lüftungsmöglichkeit (zu diesen wurde auch das einzige vollklimatisierte Gebäude gezählt), Gebäuden mit wassergeführter Kälte- (und Wärme-) Versorgung und Gebäuden mit reiner Luftführung (auch mit vorkonditionierter Luft z. B. über einen Erdreichwärmetauscher):

1. Gebäude mit eingeschränkter Lüftungsmöglichkeit (zu diesen wurde auch das einzige vollklimatisierte Gebäude gezählt),
2. Gebäude mit Fensterlüftung (auch mit vorkonditionierter Luft z.B. über einen Erdreichwärmetauscher) und
3. Gebäude mit Fensterlüftung sowie wassergeführter Kälte- (und Wärme-) Versorgung.

Bei dem Versuch der Einteilung der Gebäude mit annähernd vergleichbaren Konzepten fällt bereits auf, dass schon einzelne Gebäude in sich nicht eindeutig zu klassifizieren sind, wenn diese z. B. Büros beinhalten, die zum Atrium aber auch zu einer Außenseite hin orientiert sind. Diese haben dann zumeist ein unterschiedliches Lüftungskonzept, verschiedene Sonnenschutzsysteme (Blendschutz innen liegend oder Sonnenschutz außen liegend), unterschiedliche Fensterflächenanteile und Verglasungsvarianten etc. Zunächst werden die Gebäude aufgrund von Ähnlichkeiten in der Konzeption als Ganzes in die Analyse mit einbezogen. An späterer Stelle erfolgt in Teilbereichen bzgl. Raumklima, Luftqualität, Belichtung und Geräusche eine gesonderte Betrachtung der Nutzerbewertungen zwischen Atrienbüros und den außen liegenden Büros in den jeweiligen Gebäuden.

Tabelle 4: Beispiel einer Klassifizierung der untersuchten Gebäude, i = innen liegender Sonnenschutz, z = Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum oder in der Doppelfassade, a = außen liegender Sonnenschutz. Kreuze in Klammern bedeuten, dass die betreffende Funktion nur eingeschränkt oder nicht in allen Gebäudeteilen zur Verfügung steht.

	vollklimatisiert/ Doppelfassade			**luftgeführt**										**wasser- und luftgeführt**			
Gebäude	**7**	**3**	**6**	**1**	**9**	**15**	**5**	**10**	**11**	**14**	**8**	**16**	**17**	**2**	**4**	**13**	**12**
Nat. Lüftung	(x)	(x)	(x)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nachtlüftung		x				x	x	x	x	x			x		x	x	
Zuluft	x		(x)	(x)				x		(x)			x		x	x	
Vorkonditionierung	x	x											x				
Abluft	x	x	(x)	(x)			x	x	x	(x)			x		x	x	
Luftbefeuchtung	x		(x)														
Heizkörper	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
BKT	x	(x)	x											x	x	x	x
Atrium	x		x			x							x	(x)		x	x
Doppel Fassade		x	x										(x)				(x)
abgeh. Decke				(x)	(x)					(x)	x						
Sonnenschutz	i	z	z	a	a	a	a	a	a	a	a	i	(a)	z	i	i	a

Mit Hilfe der Varianzanalyse (univariate ANOVA) wurden Unterschiede in den Nutzerbewertungen zwischen den drei Gruppen „klimatisiert“, „luftgeführt“ und „luft- und wassergeführt“ ermittelt. Die Gruppe 1 (klimatisiert/ Doppelfassade) umfasst im Winter etwa 94 Fälle bzw. Nutzer und im Sommer 130, die Gruppe 2 (luftgeführt im Winter 408 und im Sommer 416 und die Gruppe 3 (luft- und wassergeführt) im Winter 224 und im Sommer 160.

Das Ergebnis der Varianzanalyse beschreibt, ob insgesamt ein signifikanter Unterschied zwischen den gewählten Gruppen in der Nutzerbewertung vorhanden ist. Daraus lässt sich jedoch noch nicht ablesen, zwischen welchen Gruppen die jeweiligen Raumklimaparameter unterschiedlich bewertet wurden. Der Post-hoc-Test (Tukey B) schlägt dabei auf Grundlage der für die Gruppeneinteilung ausgewählten Variablen Gruppenzugehörigkeiten vor (mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von bis zu 5 %), die dann mit der zuvor getroffenen sachlogischen Einteilung verglichen werden können. Die Zuordnung der Gebäudegruppen errechnet sich aus den Mittelwerten und der Varianz der jeweiligen Variablen innerhalb einer Gruppe und zwischen den Gruppen. Im Anhang sind die Ergebnisse der Varianzanalyse (s. Anhang Tabelle A8 und A9) sowie des Post-hoc-Tests (s. Anhang Tabelle A10) für die ausgewählten Variablen (für beide Jahreszeiten) aufgeführt.

Die ausgewählten Variablen sind:

- momentanes Temperaturempfinden,
- Temperaturempfinden ganztags rückblickend,
- Temperaturempfinden rückblickend vormittags und nachmittags,
- empfundene Luftfeuchte,
- wahrgenommene Temperaturschwankungen,
- Häufigkeit vorgenommener Temperaturänderungen,
- Zufriedenheit mit der Wirksamkeit vorgenommener Temperaturänderungen,
- allgemeine Zufriedenheit mit der Raumtemperatur,
- wahrgenommene Zugluft,
- empfundene Luftqualität und
- Ermüdungserscheinungen.

Aus dem Ergebnis der Varianzanalyse resultiert, dass im Sommer Gruppenunterschiede hinsichtlich fast aller ausgewählten Variablen (bis auf wahrgenommene Zugluft) zum Raumklima auftreten (s. Anhang Tabelle A8). Am stärksten unterscheiden sich die Gruppen im Sommer in der Bewertung des rückblickenden Temperaturempfindens (Mittelwert aus Vormittags- und Nachmittagsbewertung). Dabei wurde das Gebäude 5 aufgrund der Wettersituation vor und während des Befragungszeitraumes von der Analyse ausgeschlossen.
Im Winter finden sich die größten Abweichungen bei der Bewertung der Luftqualität gefolgt vom Empfinden der Luftfeuchte (s. Anhang Tabelle A9). Keine Gruppenunterschiede gibt es hinsichtlich wahrgenommener Temperaturschwankungen sowie der Anzahl versuchter Temperaturänderungen. Das bedeutet, dass je nach Jahreszeit unterschiedliche Kriterien des Raumklimas zu einer Gruppenbildung führen.

Der Post-hoc-Test zeigt für die evaluierten Gebäude, welche Gruppen gebildet werden können, ohne dass sich der maximale und der minimale Gruppenmittelwert nicht signifikant voneinander unterscheiden. Im Sommer entspricht die statistische Gruppeneinteilung der auf Grundlage der technischen Gebäudekonzepte vorgenommenen Unterteilung in drei Gruppen für die Variablen des Temperaturempfindens vormittags und ganztags rückblickend, für die Bewertung der Luftqualität und wahrgenommene Temperaturschwankungen

Im Winter unterscheiden sich alle drei Gruppen in den Variablen momentanes Temperaturempfinden, Temperaturempfinden nachmittags rückblickend sowie der Bewertung der Luftfeuchte. Bezüglich der übrigen Raumklimavariablen sind im Winter die Werte der Gruppen 2 (luftgeführt) und 3 (luft- und wassergeführt) sehr ähnlich und im Sommer der Gruppen 1 (klimatisiert/ mit Doppelfassade) und 2 (luftgeführt).

Im Sommer steigen die Mittelwerte des rückblickenden Temperaturempfindens von der Gruppe „luft- und wassergeführt“ über die „klimatisierten bzw. mit Doppelfassade“ bis hin zu den rein“,luftgeführten“ an (s. Abbildung 5-22). In den luft- und wassergeführten Gebäuden ist das Temperaturempfinden im Sommer am neutralsten.

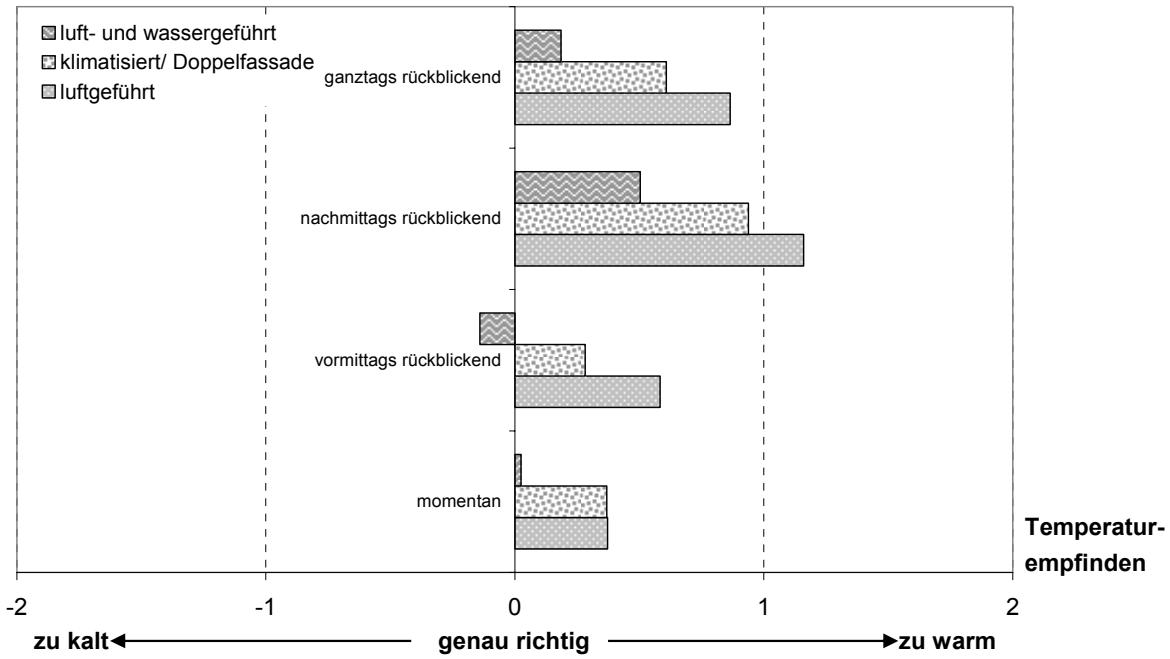


Abbildung 5-22: Gruppenmittelwerte der Variablen zum Temperaturempfinden über die drei gewählten Gebäudegruppen im Sommer

Im Winter tendiert das Temperaturempfinden in den Gebäuden der Gruppen 2 (luftgeführt) eindeutig in Richtung eher „zu kalt“. In der Gruppe 3 (luft- und wassergeführt) fällt die Vormittagsbewertung in Richtung eher „zu kühl“ und die Nachmittagsbewertung in Richtung eher „zu warm“ aus. Die Momentanbewertung der Raumtemperatur ist jedoch insgesamt neutral. In den Gebäuden der Gruppe 1 (klimatisiert bzw. mit Doppelfassade) hingegen wurde im Winter die Raumtemperatur im Mittel als eher „zu warm“ empfunden (s. Abbildung 5-23). Allerdings trägt hinsichtlich des Temperaturempfindens in der Gruppe 1 (klimatisiert/ Doppelfassade) zu beiden Jahreszeiten vor allem das Gebäude 3 zur Trennung bei. Schließt man dieses aus der Analyse des Post-hoc-Tests aus, befinden sich die Mittewerte des Temperaturempfindens im Winter eher im neutralen Bereich.

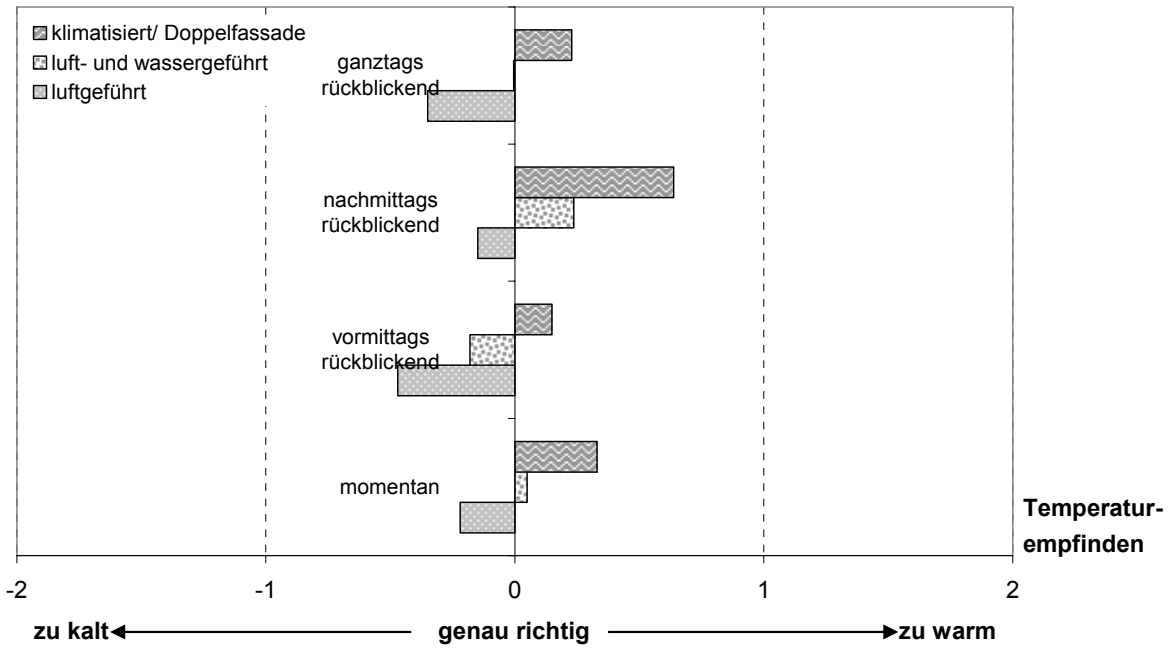


Abbildung 5-23: Gruppenmittelwerte der Variablen zum Temperaturempfinden über die drei gewählten Gebäudegruppen im Winter

Im Sommer wurde in der Gruppe der luft- und wassergeführten Gebäude die Raumluft im Mittel als trockener empfunden als in den nur luftgeführten (s. Abbildung 5-24), aber nicht signifikant trockener als in den Gebäuden der Gruppe 1 (s. Anhang). Die Unterschiede im Empfinden der Luftfeuchte entsprechen im Winter denen der Sommerbefragungen, nur stärker in Richtung „zu trocken“ orientiert. Zudem sind nun die Unterschiede in den Bewertungen zwischen allen drei Gruppen größer.

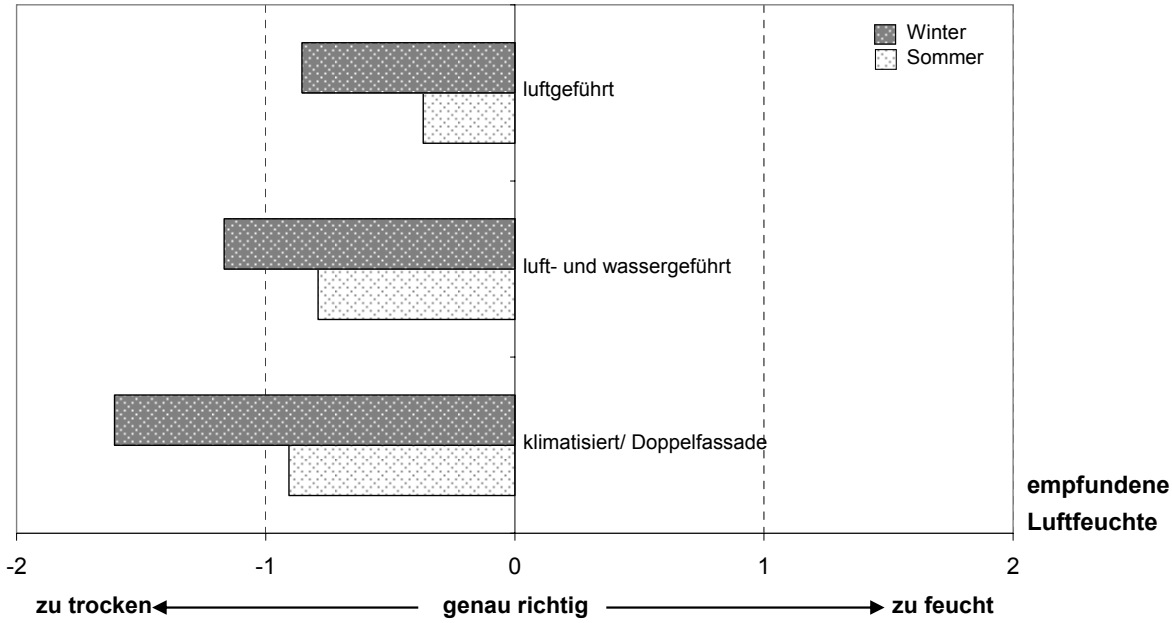


Abbildung 5-24: Gruppenmittelwerte der empfundenen Luftfeuchte im Winter und im Sommer

Abbildung 5-25 zeigt die Mittelwerte der Zufriedenheit mit der Luftqualität. Die Bewertung der Luftqualität fiel im Sommer in der Gruppe der luft- und wassergeführten Gebäude am positivsten aus. Im Winter waren die Nutzer in den luftgeführten Gebäuden im Mittel am zufriedensten mit der Luftqualität. Es zeigte sich jedoch ein nur geringfügiger Unterschied zu den Bewertungen aus der Gruppe der luft- und wassergeführten Gebäude. In den Gebäuden der Gruppe 1 (klimatisiert bzw. mit Doppelfassade) war die Zufriedenheit mit der Luftqualität zu beiden Jahreszeiten am geringsten.

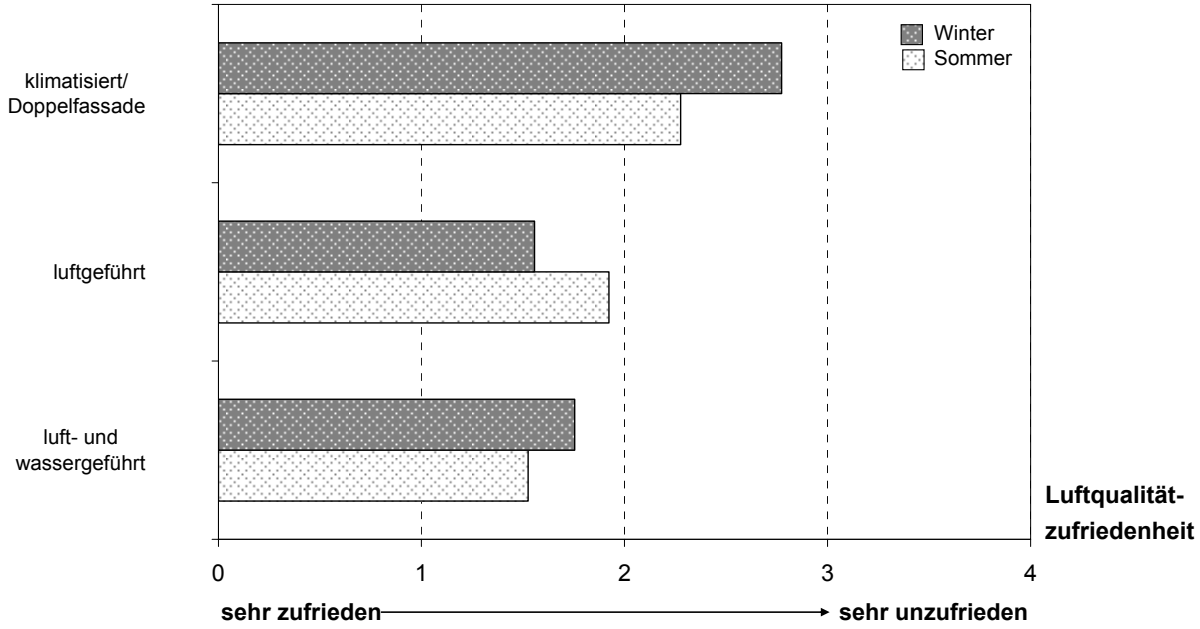


Abbildung 5-25: Mittelwerte der Zufriedenheiten mit der Luftqualität

Im Winter gibt es keinen signifikanten Unterschied im Empfinden von Temperaturschwankungen zwischen den Gruppen. Im Sommer wurden Temperaturschwankung in den luft- und wassergeführten Gebäuden am geringsten wahrgenommen (zwischen „etwas“ und „mäßig“) und in den klimatisierten stärksten (zwischen „mäßig“ und „stark“).

Die Häufigkeit der Einflussnahme auf die Raumtemperatur ist zur warmen Jahreszeit in den rein luftgeführten Gebäuden am höchsten. Dies resultiert vermutlich vor allem aus den mangelnden Möglichkeiten zur Einflussnahme in den klimatisierten und zum Teil auch in den luft- und wassergeführten Gebäuden. In der Gruppe 3 (luft- und wassergeführt) besteht wie es scheint auch eine geringere Notwendigkeit einer Temperaturänderung, da zum einen das Temperaturempfinden am neutralsten und zum anderen die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur am höchsten ist. Zusätzlich ist die Zufriedenheit mit der Wirksamkeit von unternommenen Temperaturänderungen in der Gruppe der luft- und wassergeführten Gebäude am höchsten. Am wenigsten zufrieden sind diesbezüglich die Nutzer aus den klimatisierten Gebäuden, wohl auch aufgrund der fehlenden Möglichkeit einer Einflussnahme auf die Raumtemperatur.

Die Temperaturzufriedenheit ist im Sommer in der Gruppe der luft- und wassergeführten Gebäude im Vergleich zu den Gebäuden aus den beiden anderen Gruppen am höchsten (bei „akzeptabel“). Die Mittelwerte der Bewertungen aus den Gruppen 1 und 2 liegen

zwischen „akzeptabel“ und „unzufrieden“ mit der Raumtemperatur. Im Winter ist die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur in den Gebäuden der Gruppe 1 (klimatisiert/ Doppelfassade) am geringsten. Die Nutzer aus der Gruppe der luftgeführten Gebäude sind im Winter im Mittel am zufriedensten mit der Raumtemperatur, aber nicht signifikant mehr als diejenigen aus den luft- und wassergeführten (s. Abbildung 5-26).

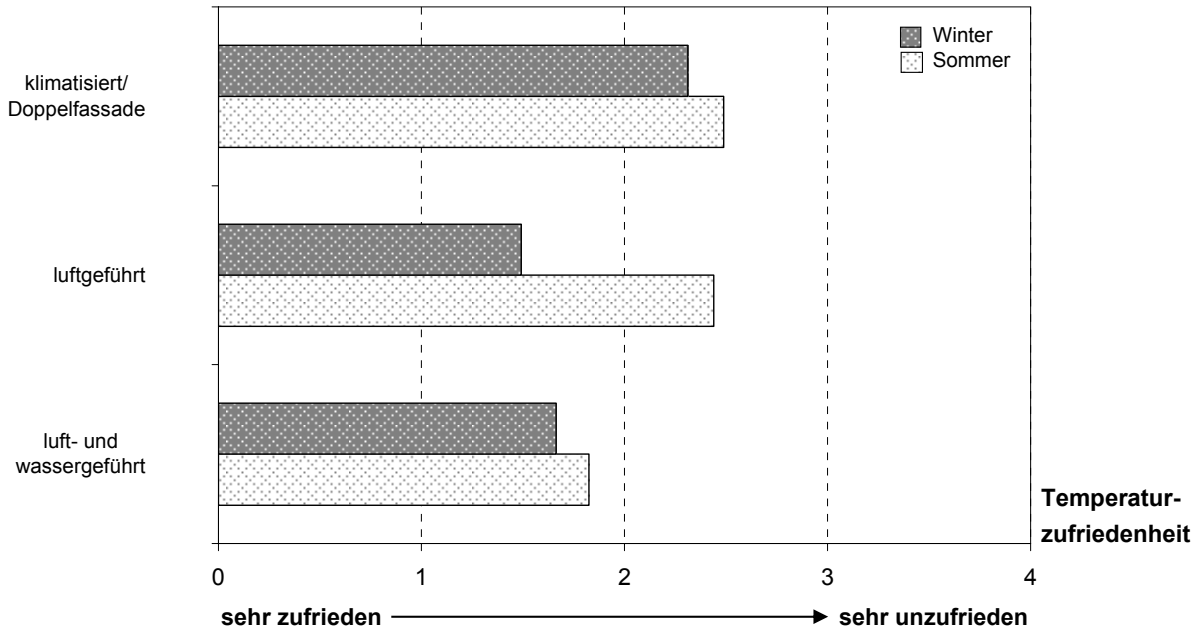


Abbildung 5-26: Mittelwerte der Temperaturzufriedenheit im Sommer und im Winter für die drei Gebäudegruppen

Wie im Sommer fehlt den Nutzern aus den Gebäuden der Gruppe 1 die ausreichende Möglichkeit, Einfluss auf die Raumtemperatur zu nehmen. Zwischen dem Antwortverhalten der Nutzer aus den Gebäuden der Gruppen 2 und 3 besteht bezüglich der Zufriedenheit mit dem Raumklima im Winter kein signifikanter Unterschied. Tendenziell sind die Nutzer aus den luftgeführten Gebäuden im Winter am zufriedensten mit der Raumtemperatur – trotz der im Mittel als kälter empfundenen Raumtemperaturen (s. auch Abschnitt 5.1.5). Bezüglich der Häufigkeit der Einflussnahme besteht interessanterweise in den Gebäudegruppen kein signifikanter Unterschied im Winter – vermutlich aufgrund der insgesamt größeren Zufriedenheit mit der Temperatur zur kalten Jahrszeit in Gruppe 2 und 3 und den mangelnden Möglichkeiten in Gruppe 1.

Ermüdungserscheinungen treten zu beiden Jahreszeiten vor allem in der Gruppe der klimatisierten, am wenigsten in den luft- und wassergeführten Gebäuden auf. Dabei liegen die Gruppenmittelwerte recht nahe beieinander. Die Mittelwerte der drei Gebäude aus Gruppe 1 unterscheiden sich dabei kaum voneinander.

Insgesamt ähneln sich im Winter die die Gruppen 2 (luftgeführt) und 3 (luft- und wassergeführt) und im Sommer die Gruppen 1 (klimatisiert/ mit Doppelfassade) und 2 (luftgeführt) hinsichtlich der Beantwortung einer Mehrheit der erfragten Raumklimavariablen.

5.1.7 Statistische Klassifizierung der Gebäude

Mit Hilfe der Diskriminanzanalyse können folgende Fragen untersucht werden:

1) Unterscheiden sich die zuvor gewählten Gruppen signifikant voneinander hinsichtlich bestimmter Variablen?
2) Welche Variablen sind zur Unterscheidung zwischen den Gruppen geeignet bzw. ungeeignet?

Für die Berechnung der Diskriminanzanalyse wurden für den Winter die Variablen

- Temperaturempfinden rückblickend ganztags,
- empfundene Luftfeuchte,
- Zufriedenheit mit der Luftqualität und
- Ermüdungserscheinungen während der Arbeitszeit

aufgenommen. Die unterschiedlichen Gruppengrößen wurden bei der Berechnung berücksichtigt. Dabei wurden 674 von 729 Fällen in die schrittweise Analyse mit aufgenommen. Die folgenden Diskriminanzfunktionen haben sich aus den durch SPSS berechneten nicht standardisierten Diskriminanzkoeffizienten für den Winter ergeben:

D_1 = -1,459 + 0,39*Temperaturempfinden - 0,641*Luftfeuchte + 0,492*Luftqualität - 0,012*Ermüdung

D_2 = -0,929 - 0,359*Temperaturempfinden + 0,851*Luftfeuchte + 0,504*Luftqualität + 0,648*Ermüdung

Am meisten trägt die Variable „ empfundene Luftfeuchte“ zur Erklärung der Gruppenzugehörigkeit bei. Insgesamt können mit den beiden Diskriminanzfunktionen knapp 60 % der Fälle (Nutzer) den drei Gebäudegruppen zugeordnet werden. Die größte Vorhersagegenauigkeit findet in den luftgeführten Gebäuden statt (s. Tabelle 5): Fast 90 % der Nutzer werden im Winter der Gruppe „luftgeführte Gebäude“ aufgrund der Diskriminanzfunktionen richtig zugeordnet und immerhin fast 40 % der Gruppe klimatisiert/ mit Doppelfassade (Davon trägt das Gebäude 3 mit über 50 % Vorhersagegenauigkeit den größten Anteil).

Tabelle 5: Klassifizierungsergebnisse der Diskriminanzanalyse für die drei Gruppen klimatisiert/ Doppelfassade, luftgeführt und luft- und wassergeführt im Winter

			vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit			
		Gebäudeklassifizierung	klimatisiert/ Doppel-fassade	luftgeführt	luft- und wasser-geführt	Gesamt
Original	Anzahl	klimatisiert/ Doppelfassade	35	42	16	93
		luftgeführt	16	327	34	377
		luft- und wassergeführt	24	150	41	215
	%	klimatisiert/ Doppelfassade	37,6	45,2	17,2	100,0
		luftgeführt	4,2	86,7	9,0	100,0
		luft- und wassergeführt	11,2	69,8	19,1	100,0

58,8 % der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

Am wenigsten lassen sich die Nutzer der luft- und wassergeführten Gebäude im Winter ihrer Gruppe zuordnen. Der Unterschied in den Antworten zu den luftgeführten Gebäuden ist zu

gering. Deswegen werden im Winter fast 70 % der Fälle aus Gruppe 3 der Gruppe der rein luftgeführte Gebäude zugeordnet.

Für den Sommer wurden die Variablen

- Temperaturempfinden ganztags rückblickend,
- empfundene Luftfeuchte,
- Häufigkeit der Einflussnahme,
- wahrgenommene Zugluft und
- Temperaturzufriedenheit

in die Analyse mit aufgenommen. Betrachtet wurden 680 von 711 Fällen. Am stärksten tragen die beiden Variablen „Temperaturempfinden ganztags“ und die „empfundene Luftfeuchte“ zur Klassifizierung bei. Mit den beiden resultierenden Diskriminanzfunktionen lassen sich knapp 67 % der Fälle den vorgegebenen Gruppen zuordnen. Es werden 95 % der Fälle der luftgeführten Gebäude, 18 % der Fälle der luft- und wassergeführten Gebäude und sogar nur 6 % der Fälle der klimatisierten Gebäude richtig zugeordnet. Die meisten Fälle der Gruppen 1 und 3 werden der Gruppe 2 zugeordnet. Daraus resultierte, dass die ausgewählte Gebäudeklassifizierung für den Sommer ungeeignet ist.

Deshalb wurden die Gebäude in einem zweiten Schritt für den Sommer in nur zwei Gruppen eingeteilt:

- „luftgeführt ohne zusätzliche Kühlung“ (Gruppe 1) und
- „luftgeführt mit Kühlung“ (Gruppe 2).

Unter zusätzlicher Kühlung wurde dabei die Betonkerntemperierung (BKT), Luftkühlung durch einen Erdreichwärmetauscher (EWT) oder eine Klimaanlage verstanden. Nachtlüftung wurde nicht als zusätzliche Kühlung angesehen. In Tabelle 6 sind die Gebäudenummern den beiden Konzepten zugeordnet.

Tabelle 6: Gebäudeklassifizierung nach Kühlmöglichkeiten im Sommer

Gebäude ohne Kühlung	Gebäude mit Kühlung	Bemerkungen
1		
3		Kühlung über BKT nicht ausreichend
	4	BKT, Zu- Abluftanlage (mit Vorkühlung)
5		
	6	BKT (in Teilbereichen defekt)
	7	Vollklimatisiert
8		
9		
10		
11		
12		BKT nur im Hochhaus
	13	BKT im Neubau
14		
15		
16		
	17	Luftvorkühlung über Erdreichwärmetauscher

Die erneut berechnete Varianzanalyse ergab, dass nun die Gruppenmittelwerte vor allem bei den rückblickenden Temperaturbewertungen sehr viel deutlicher voneinander abweichen. Die resultierende Diskriminanzfunktion lautet:

D = - 0,876 + 0,97*Temperaturempfinden + 0,203*Lufttfeuchte + 0,144*Temperaturzufriedenheit

Anhand dieser Diskriminanzfunktion lassen sich insgesamt über 70 % der Fälle den beiden Gruppen richtig zuordnen (s. Tabelle 7).

Tabelle 7: Klassifizierungsergebnisse der Diskriminanzanalyse für die zwei Gruppen luftgeführt mit Kühlung und luftgeführt ohne zusätzliche Kühlung im Sommer

			Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit		
		Gebäudeklassifizierung	luftgeführt ohne Kühlung	luftgeführt mit Kühlung	Gesamt
Original	Anzahl	luftgeführt ohne Kühlung	264	85	349
		luftgeführt mit Kühlung	109	222	331
	%	luftgeführt ohne Kühlung	75,6	24,4	100,0
		luftgeführt mit Kühlung	32,9	67,1	100,0

71,5 % der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

Der Hauptunterschied zwischen den beiden Gruppen liegt in der Bewertung des Temperaturempfindens (s.

Abbildung 5-27). Dabei wird von den Nutzern der Gebäude aus Gruppe 1 (luftgeführt ohne zusätzliche Kühlung die Raumtemperatur in der Mehrheit im Sommer als „zu warm“ empfunden und von den Nutzern aus Gruppe 2 im Mittel als eher „neutral“.

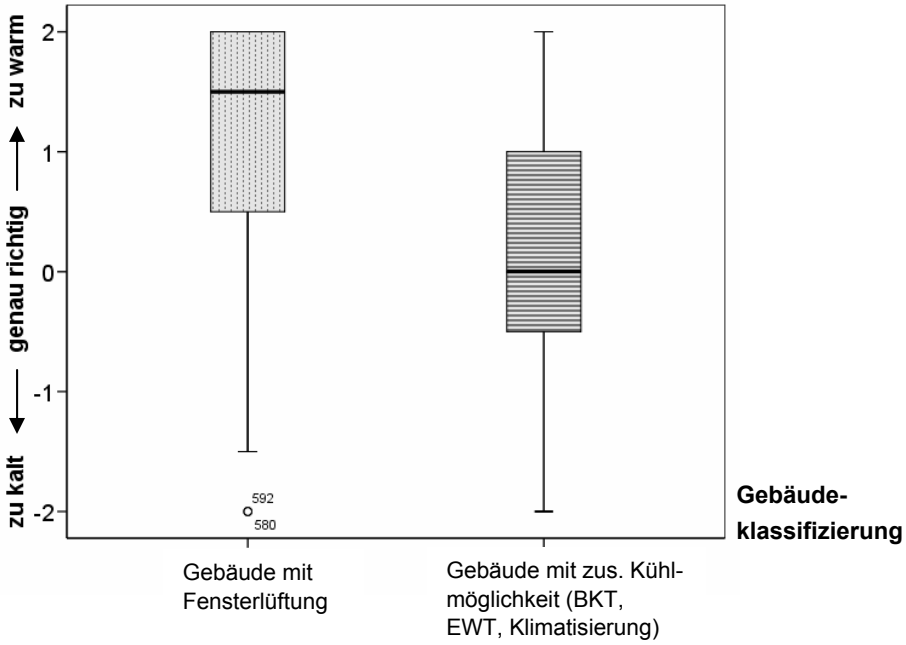


Abbildung 5-27: Boxplots über alle Fälle des Temperaturempfindens ganztags rückblickend für die zwei Gebäudegruppen der Varianzanalyse im Sommer

Zusätzlich tragen die beiden Variablen „empfundene Luftfeuchte“ und „Temperaturzufriedenheit“ zur Trennung in die beiden Gruppen bei. Dabei wird in der Gruppe 1 die Luftfeuchte als

eher „genau richtig“ empfunden und in der Gruppe 2 als eher „zu trocken“. Die Temperaturzufriedenheit hingegen ist im Mittel in den Gebäuden aus Gruppe 1 schlechter als in denen aus Gruppe 2 (s. Abbildung 5-28).

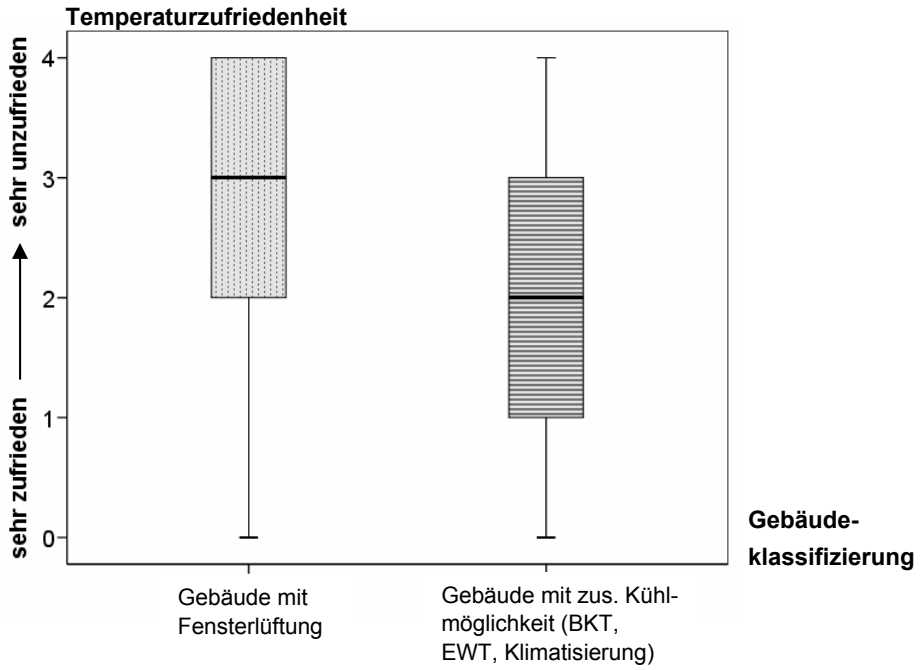


Abbildung 5-28: Boxplots über alle Fälle der Temperaturzufriedenheit ganztags rückblickend für die zwei Gebäudegruppen der Varianzanalyse im Sommer

Desweiteren wurde anhand der Diskriminanzfunktion die vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit der Nutzer je Gebäude untersucht. Die Beschreibung der uneindeutigen Fälle sowie die statistische Zuordnungstabelle sind im Anhang zu finden (s. Tabelle A11 im Anhang).

Fazit ist, dass eine Unterteilung in die Gebäudegruppen, die anhand des Energiekonzeptes getroffen wurde, stattfinden kann. Dies ist daran erkennbar, dass sich die Nutzer anhand ihrer Antworten auf die Fragen zum Raumklima den unterschiedlichen Konzepten zuordnen lassen. Im Winter ist die Trennung der Gruppen nicht ganz so eindeutig, da insgesamt die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur höher ist. Hier stechen vor allem die Gebäude heraus, die aufgrund ihrer hohen Verglasungsanteile und mangelnde Lüftungs- und Kühlmöglichkeiten zu hohe Raumtemperaturen aufweisen. Die Unterscheidung findet im Winter vor allem anhand der hoch korrelierten Variablen „Luftqualität“ und „Luftfeuchte“ statt. Im Sommer hat sich eine Unterteilung in nur zwei Gruppen als sinnvoll erwiesen: die gekühlten und die nicht zusätzlich gekühlten Gebäude. Die Trennung der Nutzerbewertungen in die zwei Gruppen findet im Sommer fast ausschließlich anhand der Variable „Temperaturempfinden ganztags rückblickend“, aber auch anhand der „empfundenen Luftfeuchte“ und der „Temperaturzufriedenheit“ statt. Es fällt dabei auf, dass die zur Klassifizierung der Gebäude herangezogenen Variablen fast ausschließlich psychologische Konstrukte sind. Zum einen lässt sich das Empfinden der Luftfeuchte nicht aus Messwerten vorhersagen, zum anderen spielen offensichtlich auch in das rückblickende Temperaturempfinden Einflüsse hinein, die sich nicht nur durch die Messwerte der Raumtemperaturen aus dem entsprechenden Bezugszeitraum erklären lassen sondern vermutlich auch aus Extremwetterperioden mit

hineinfließen. Fest steht jedoch auch, dass die Raumtemperatur in den nicht zusätzlich gekühlten Gebäuden im Mittel als zu warm empfunden wird. Weitere Einflüsse, vor allem auf die Variable „empfundene Luftfeuchte“ und „empfundene Luftqualität“, sind jedoch nach wie vor ungeklärt.

Leider standen nur für wenige Gebäude zuverlässige Daten über den abgefragten rückblickenden Zeitraum aus dem Gebäude-Monitoring zur Verfügung bzw. die Aussagefähigkeit war aufgrund der zu geringen Anzahl an Messräumen nicht zuverlässig genug. Diese und auch die Wetterdaten aller Gebäude lassen jedoch darauf schließen, dass die Konditionen in den Räumen über den erfragten Zeitraum nicht grundsätzlich schlechter waren, als am Tag der Befragung. So müssen in die rückblickende Bewertung noch andere Einflüsse hineinkommen, die zum einen unabhängig von der tatsächlichen Raumtemperatur sind, zum anderen aber vermutlich auch durch noch weiter zurück liegende Erfahrungen hinsichtlich extremer Wetterkonditionen mit den entsprechenden Raumklimabedingung beeinflusst werden. Diese Annahme wird auch getroffen, obwohl die meisten Nutzer (80 %) im Sommer angaben, sich nur auf eine rückblickenden Zeitraum von zwei Wochen zu beziehen.

5.1.8 Bedeutung des thermischen Komforts für die Gesamtzufriedenheit

Um zu erfahren, welchen Stellenwert die individuellen Zufriedenheitsparameter für die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz haben, können die jeweiligen Angaben zu den individuellen Zufriedenheitsparametern mit dieser korreliert werden. Daraus resultieren statistisch geschätzte Wichtigkeiten der Zufriedenheitsparameter, die in Zusammenhang mit der Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz stehen. Auf diese Weise können die folgenden Hypothesen untersucht werden:

1) Durch einen Fragebogen werden Schwachstellen in einem Gebäude gezielt aufgedeckt. Die Ergebnisse können als Grundlage für Verbesserungsmaßnahmen im Komfortbereich eines Gebäudes genutzt werden.

3) Die Zufriedenheit mit den einzelnen Parametern hat einen Einfluss auf die allgemeine Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz.

Wenn man den Einfluss der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur auf die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz betrachtet, so tauchen Unterschiede sowohl zwischen den Bewertungsmitteln der einzelnen Gebäude als auch zwischen den jahreszeitlichen Bewertungen innerhalb der meisten Gebäude auf (s. Abbildung 5-29).

Auf der x-Achse sind die Werte der statistisch geschätzten Wichtigkeit der Zufriedenheitsparameter für die Gesamtzufriedenheit von 0 = gar nicht wichtig bis 1 = sehr wichtig abgetragen. Auf der y-Achse die anhand des Fragebogens ermittelte mittlere Zufriedenheit mit den jeweiligen Zufriedenheitsparametern je Gebäude und Jahreszeit von 0 = sehr zufrieden bis 4 = sehr unzufrieden. Die Grenzen der Quadranten sind folgendermaßen gewählt:
Die horizontale Unterteilung stellt den Mittelwert der Nutzerantworten zur Zufriedenheit mit der Raumtemperatur dar. Die Werte liegen im Winter und im Sommer jeweils etwas unterhalb bzw. etwas oberhalb des Skalenpunktes, bei dem die Nutzer im Mittel weder zufrieden

noch unzufrieden sind. Die vertikale Begrenzung beschreibt den Wert, bei dem Korrelationen in der Psychologie und den Sozialwissenschaften als relevant angegeben. Es werden nur signifikante ($p < 0{,}005$) Werte angezeigt.

Die Gebäude, die in den Feldern A und B angesiedelt sind, haben in Bezug auf die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz keinen vornehmlichen Verbesserungsbedarf hinsichtlich der Raumtemperatur. Hier sind die Nutzer im Durchschnitt zufrieden mit der Raumtemperatur. Hingegen besteht vor allem in den Gebäuden, die in Feld D angesiedelt sind, Handlungsbedarf bezüglich einer Verbesserung der Zufriedenheit mit dem thermischen Komfort. Hier ist sowohl die Unzufriedenheit am größten als auch der Stellenwert für die Gesamtzufriedenheit. Wie zuvor gezeigt, muss das nicht zwingend in einer Optimierung der Raumtemperatur liegen, sondern vor allem in der Bereitstellung von effektiven Maßnahmen zur Regulation der Raumtemperatur.

Die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur ist im Winter im Allgemeinen größer als im Sommer. Hinzu kommt, dass über alle Gebäude betrachtet mit sinkender Zufriedenheit im Sommer der Stellenwert für die Gesamtzufriedenheit zunimmt. Allerdings kann sich die statistische Gewichtung bei veränderten Rahmenbedingungen wie z. B. anderes Außenklima, dichtere Raumbelegung etc. verändern, wobei vermutlich das Erinnerungsvermögen und die Erwartungshaltung an das Gebäude einen verhältnismäßig stabilen Anteil an der Varianz der Temperaturzufriedenheit ausmachen, da sonst der Zusammenhang mit den abgefragten Variablen größer wäre.

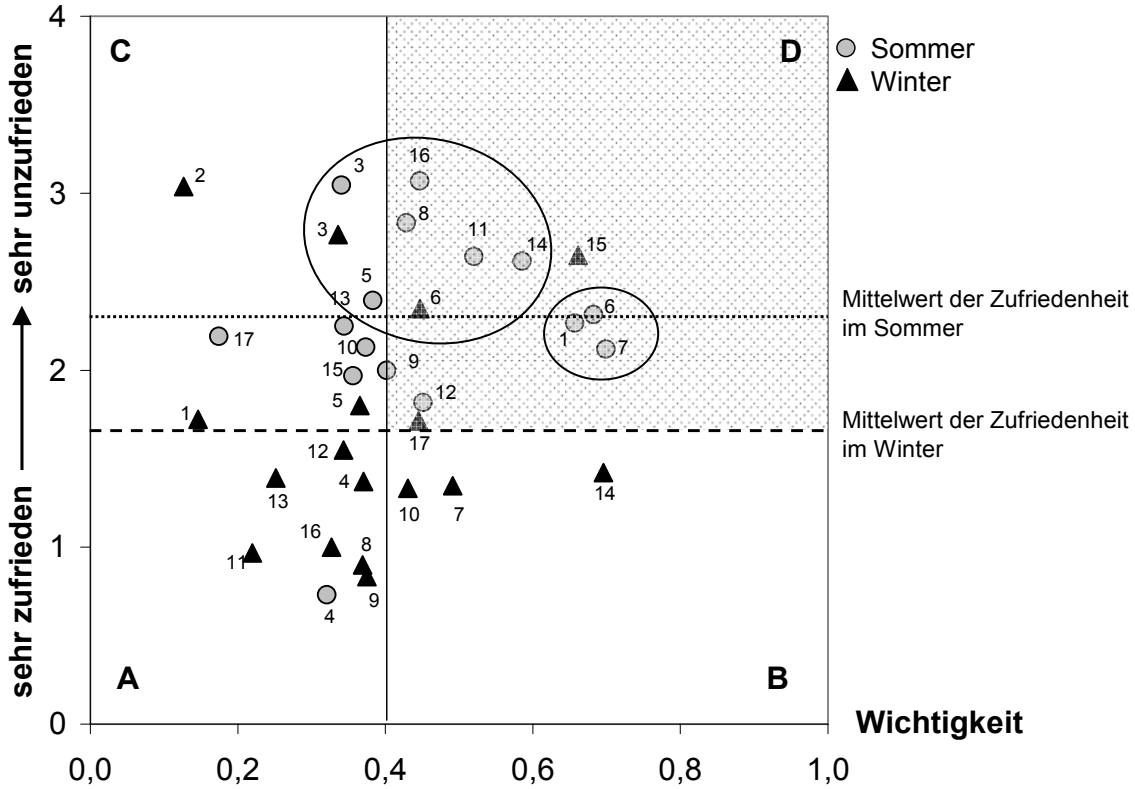


Abbildung 5-29: Handlungsrelevanzmatrix für die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur über der Gewichtung für die Gesamtzufriedenheit (Stichprobengrößen zwischen N = 22 und N = 98)

In den Gebäuden 3, 5, 8,11,14 und 16 wurde die Raumtemperatur rückblickend als zu warm empfunden (s. Abbildung 5-29). Diese Einschätzung entspricht den Messungen am Tag der Befragungen und Referenzmessungen aus anderen Jahren im Sommer [Pfafferott 2004/ Plesser 2005a/ b]. Dennoch ist der Stellenwert des Raumklimas für die Nutzer aus den Gebäuden 1, 6 und 7 im Sommer am höchsten (s. Abbildung 5-29), wobei das Gebäude 7 vollklimatisiert ist (keine Regelungsmöglichkeit für die Nutzer, Raumklima wird als stickig bezeichnet) und auch im Gebäude 6 ist der Einfluss auf das Raumklima eingeschränkt: Vor allem bei geschlossener Doppelfassade besteht keine Lüftungsmöglichkeit in den Außenbüros. In den zum Atrium orientierten Büros werden die schmalen Lüftungsflügel kritisiert. Der hohe Stellenwert der Raumtemperatur in Gebäude 1 für die Gesamtzufriedenheit ist nicht geklärt. Das Gebäude ließ sich auch auf Grundlage der Nutzerantworten am wenigsten genau in die vorgegeben Klassen eingruppieren. Eventuell besteht hier ein Zusammenhang mit den extrem großen Büroeinheiten, die sogar zwischen den Geschossen durch offene Treppen miteinander verbunden sind.

Die hier am Beispiel der Temperaturzufriedenheit beschriebene Handlungsrelevanzmatrix kann für jeden einzelnen Zufriedenheitsparameter und seine Bedeutung für die Gesamtzufriedenheit nach Gebäuden gesondert dargestellt werden.

5.2 Büroeinrichtung

Gegenüber früheren Zeiten ist die Büroarbeit mit der Einführung moderner Informations- und Kommunikationstechnologie anspruchsvoller geworden. Vor allem die Einführung von Computern verlangten den Arbeitnehmern höhere mentale Anforderungen ab. Dies bedeutet allerdings auch, dass an das Arbeitsumfeld höhere Anforderungen gestellt werden müssen.

Laut der Studie von Schneider et al. [Schneider et al. 2003] kann eine hohe Wohlbefindlichkeit der Mitarbeiter durch ein attraktives Büroambiente erreicht werden. Schlagwörter in diesem Zusammenhang sind Materialität, Wertigkeit, Gepflegtheit, Attraktivität sowie Repräsentativität des Büros bzw. der Möblierung. Dabei hat sich vor allem die Farbgebung der Büros (Vielfarbigkeit, warme Farbtöne und Materialien), eine attraktive, funktionale und ergonomisch hochwertige Möblierung sowie ein weitgehender Verzicht auf Kunststoffe als positiv erwiesen [Schneider et al. 2003, S. 119].

Das Großraumbüro ist eine Erfindung der 60er Jahre. In dieser Zeit dachte man, mit rationell organisierten, multifunktional besiedelten Flächen für Arbeitsgruppen (Bürolandschaften) optimale Bedingungen im Hinblick auf organisatorische, aber auch arbeitspsychologische und arbeitsmedizinische Aspekte zu erfüllen. Dies beinhaltete eine gleichmäßige Belichtung durch Kunstlicht, ein gleichmäßiges Raumklima durch Klimatisierung, einen gleichmäßigen Geräuschpegel und eine optimale technische Ausstattung mit ergonomisch richtigen Möbeln. Diese Einheiten waren zumeist flurlos und hatten einen Festpunkt mit Treppen, Aufzügen und Toiletten. Die Flächen reichten von 400–1000 m² und beinhalteten bis zu 200 Arbeitsplätze. Dieses Konzept ermöglichte eine maximale Flächenausnutzung der Gebäude (s. Abbildung 5-30). Je Mitarbeiter wurden zunächst 6–12 m² veranschlagt, heute sind es 12–15 m² (zuzüglich Platz für Publikumsverkehr und Besucherplätze) [Arbeitsstättenverordnung 2004, Arbeitsstättenrichtlinie 2001]. Dabei stellte sich im Laufe der Zeit heraus, dass die vermeintliche Gleichheit daran scheiterte, dass die Arbeitsplätze in den Randbereichen wegen der möglichen Tageslichtnutzung und dem stärkeren Bezug nach draußen bevorzugt wurden. Die Abhängigkeit von technischen Einrichtungen wurde als störend empfunden, da individuelle Änderungen der Raumklimabedingungen oder der Lichtverhältnisse gar nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich waren. Bei Raumtiefen von 20–30 m bestand somit eine eindeutige Ungleichwertigkeit der Arbeitsplätze, die an einem deutlichen Hierarchiegefälle von außen nach innen deutlich wurde. Außerdem standen Störungen durch Verkehrsbewegungen innerhalb der Bürozonen und durch Gespräche als visuelle und akustische Ablenkung im Vordergrund.

Das erklärt den Trend zu Gruppenbüros, der sich seit den 80er Jahren entwickelte. Die Gruppenbüros umfassen 3–15 Mitarbeiter und haben aufgrund der gewünschten Tageslichtnutzung und Lüftungsmöglichkeiten eine Maximaltiefe von 5,40–7,50 m zur Fassade. Die akustische und schalltechnische Trennung der Arbeitseinheiten wird durch raumhohe Wände und die Verlagerung der Verkehrswege auf Flure gewährleistet (s. Abbildung 5-31).

Abbildung 5-30: Beispiel für ein Großraumbüro

Abbildung 5-31: Beispiel für ein Gruppenbüro

Ende der 80er Jahre entstand in Skandinavien die Idee des Kombibüros. Dieses zeichnet sich durch eine offene, zentral gelegene Kommunikationszone aus, an welche fast ausschließlich Einzelarbeitsräume angrenzen (s. Abbildung 5-32). Die Kommunikationszone umfasst in der Regel auch Drucker, Kopierer und Aktenschränke. Die Mindestgröße der Büroeinheiten beträgt üblicher Weise 10–12 m². Kombibüros sind zumeist Räume mit Tageslichtnutzung (mit Zusatzbeleuchtung in der Gemeinschaftszone), natürlicher Fensterlüftung und stationär regelbarer Heizung. Nur im Ausnahmefall sind die Gebäude mit einer Zusatzlüftung oder einer Klimaanlage ausgestattet. Die vorgegebenen Mindestabmessungen für die Raumtiefe liegen dabei zwischen 3,80–4,50 m und die Raumtiefe der Gemeinschaftszone zwischen 7,20–7,80m [Knirsch 2002]. In Deutschland wurde das Kombibüro erstmals 1990 von Hans Struhk eingeführt.

Abbildung 5-32: Beispiel für Kombibüros

Abbildung 5-33: Beispiel für ein Zellenbüro

Zellenbüros gehören zu den bevorzugten Bürokonzeptionen (s. Abbildung 5-33). Dazu zählen Einpersonen-Zellenbüros und Mehrpersonen-Zellenbüros (2–5 Personen), die in der Regel einseitig oder zweiseitig an einem Flur, dem Verkehrsweg aufgereiht sind. Die Raumtiefe beträgt 5,40 m bis maximal 7,50 m. Problematisch sind oft die akustischen Verhältnisse in Mehrpersonen–Zellenbüros, in denen die Mitarbeiter auf kurzer Distanz nebeneinander oder sich einander gegenüber sitzen. Der Qualitätsunterschied zwischen den Arbeitsplätzen ist aufgrund der Anordnung meist nur gering. Der Arbeitsflächenbedarf in Mehrpersonenbüros beträgt 8–10 m² pro Mitarbeiter.

Für reibungslose Arbeits- und Kommunikationsabläufe ist neben einem angenehmen Raumklima, einem ausreichenden Tageslicht- und Flächenangebot zum Arbeiten auch eine geeignete Ausstattung mit Büroarbeitsmitteln (einschließlich Computer) sowie mit gebrauchstauglicher Software notwendig. Neben dem Einfluss der Arbeitsatmosphäre [Borg 2003] ist in vielen Fällen die persönliche Identifikation der Mitarbeiter mit dem Unternehmen für die Arbeitszufriedenheit und die Bewertung der Arbeitsumgebung von großer Wichtigkeit.

5.2.1 Ergebnisse zur Büroeinrichtung

Die untersuchten Gebäude beinhalten die verschiedensten Büroformen: von Einzel–/ bzw. Zellenbüros bis hin zu großen Einheiten mit bis zu 50 Personen über ein Geschoss verteilt, die jedoch – im Gegensatz zu den Großraumbüros von früher – einen Großteil der Arbeitsplätze in Fensternähe positioniert haben. Zum Teil sind auch unterschiedliche Bürokonzepte innerhalb eines Gebäudes verwirklicht, vor allem, wenn dieses unterschiedliche Firmen beherbergt.

Zur Ermittlung der Zufriedenheit mit der unmittelbaren Arbeitsplatzumgebung wurden Fragen zur Büroform (Einzel-, Gruppen- oder Kombibüros), zur Zufriedenheit mit dem Platzangebot auf Schreibtischen, im Raum und zum Unterbringen von Arbeitsmitteln gestellt. Ebenso wurde die Zufriedenheit mit verschiedenen Ausstattungsgegenständen (z. B. Stuhl, Computerausstattung) sowie der Materialwahl der Büroeinrichtung und den Umschließungsflächen ermittelt.

Vornehmliche Fragestellung dabei war, wie sich eine sorgfältig geplante Büroausstattung und –gestaltung sowie die Bürogröße auf das Wohlbefinden und die allgemeine Zufriedenheit der Nutzer mit dem Arbeitsplatz auswirkt und ob Zusammenhänge zu den anderen individuellen Zufriedenheitsparametern festzustellen sind.

Die Einteilung in unterschiedliche Bürogrößen [s. auch Gottschalk 1994] erfolgte dabei folgendermaßen (s. Abbildung 5-34):

- Einzelzimmer
- 2–4 Personenraum (kleinräumiges Prinzip)
- 5–15 Personen (großer Gruppenraum)
- 16 Personen und mehr (Geschossraum)

Eine Klassifizierung nach Raumgeometrie oder verfügbarer Fläche je Mitarbeiter war aufgrund der Anonymisierung der Befragung nicht möglich.

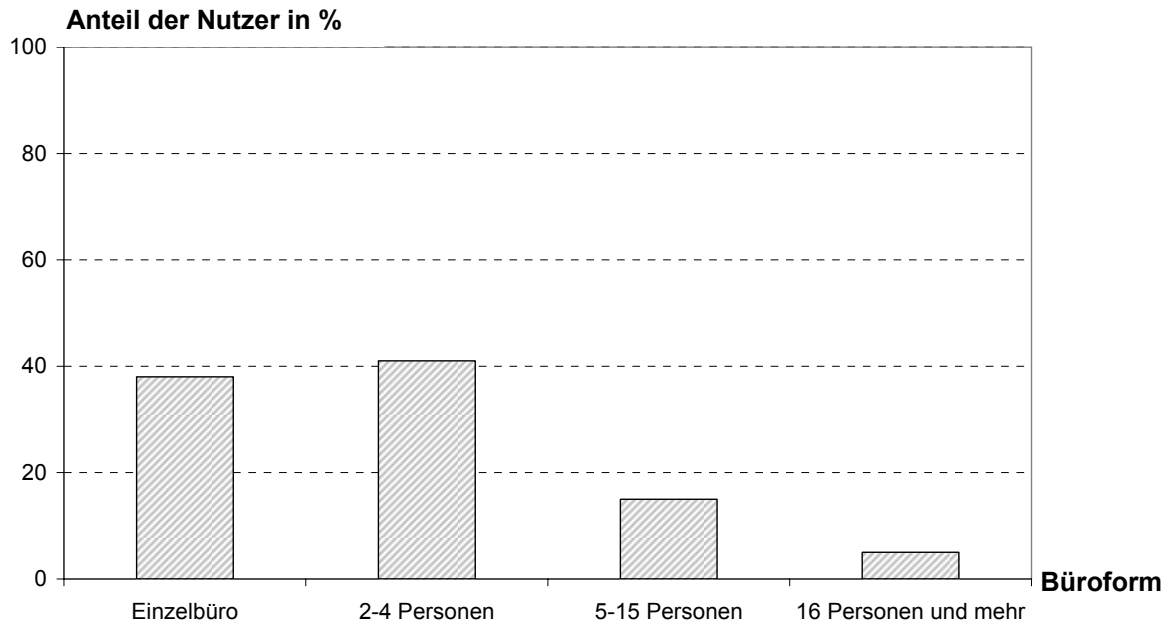


Abbildung 5-34: Anteil der Büroeinheiten in % über alle untersuchten Gebäude (Einzelbüro: 550 Befragte; 2–4 Personen: 610 Befragte); 5–15 Personen: 219 Befragte; ≥ 16 Personen: 72 Befragte)

In Abbildung 5-35 sind die Mittelwerte der Angaben zur Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung für alle untersuchten Gebäude und zu beiden Jahreszeiten abgebildet. Diese ist in allen Gebäuden hoch und variiert in den meisten Gebäuden im Verlauf des Jahres nicht.

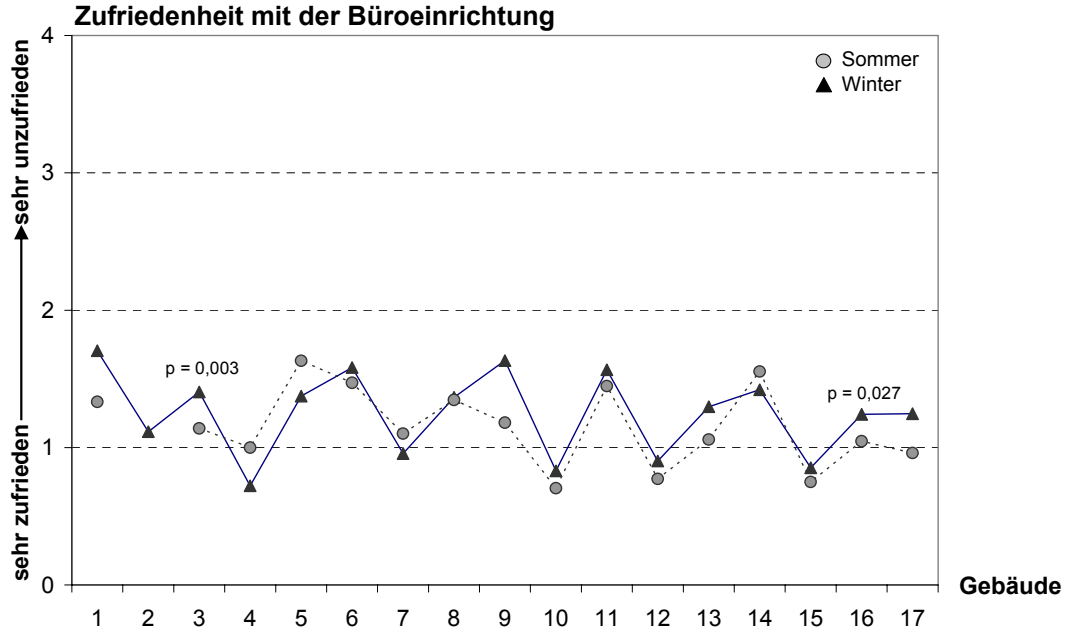


Abbildung 5-35: Mittelwerte der Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung je Gebäude für Sommer und Winter

Insgesamt sind über alle Gebäude betrachtet im Winter und im Sommer etwa 70 % der Nutzer „zufrieden“ oder „sehr zufrieden“ mit der Büroeinrichtung. Nur vereinzelte Fälle (Nutzer) gaben an, „sehr unzufrieden“ mit der Büroeinrichtung zu sein.

Nur in Gebäude 3 und in Gebäude 16 weicht die Bewertung zwischen Winter und Sommer signifikant voneinander ab. In Gebäude 3 kann die Abweichung zur positiveren Bewertung eindeutig mit der vorgenommen Umstrukturierung der Büroeinheiten erklärt werden, da hier eine Entzerrung der Platzsituation stattgefunden hat, die sich vor allem akustisch positiv für die Mitarbeiter ausgewirkt hat.

In Abbildung 5-36 sind die Boxplots über die fünf Kategorien der Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung aufgeteilt nach den unterschiedlichen Bürokonzepten bzw. -größen abgebildet. Hier ist deutlich zu sehen, dass vor allem die Personen mit einem Einzelbüro sehr zufrieden mit der Büroeinrichtung sind. Ab einem Zweipersonenbüro gibt es in den untersuchten Gebäuden keinen signifikanten Unterschied in der Bewertung (Ergebnis der univariaten ANOVA und des Post-hoc-Tests nach Tukey-B).

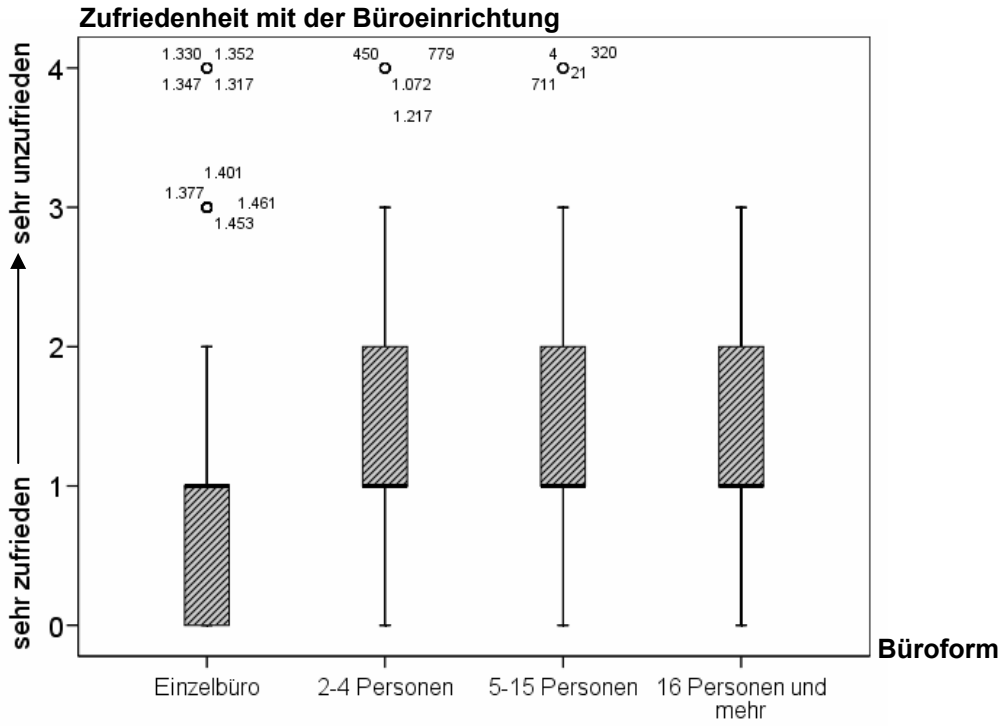


Abbildung 5-36: Boxplots über die Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung, aufgeteilt nach der Anzahl der Personen je Büroeinheit

Hinsichtlich der detaillierten Fragen zur Büroeinrichtung fällt im Mittel die Zufriedenheit über alle Gebäude betrachtet sehr hoch aus. Tendenziell am schlechtesten werden der Platz im Raum, das Material des Fußbodenbelags und vor allem das Farbkonzept sowie die allgemeine Sauberkeit im Büro empfunden. Bei letzterem liegt die Bewertung allerdings immer noch im Bereich „zufrieden“ bis „akzeptabel“.

Wie in Abbildung 5-37 zu sehen ist, variieren die Mittelwerte der Zufriedenheit mit dem Farbkonzept zwischen den Gebäuden sehr viel stärker als die allgemeine Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung.

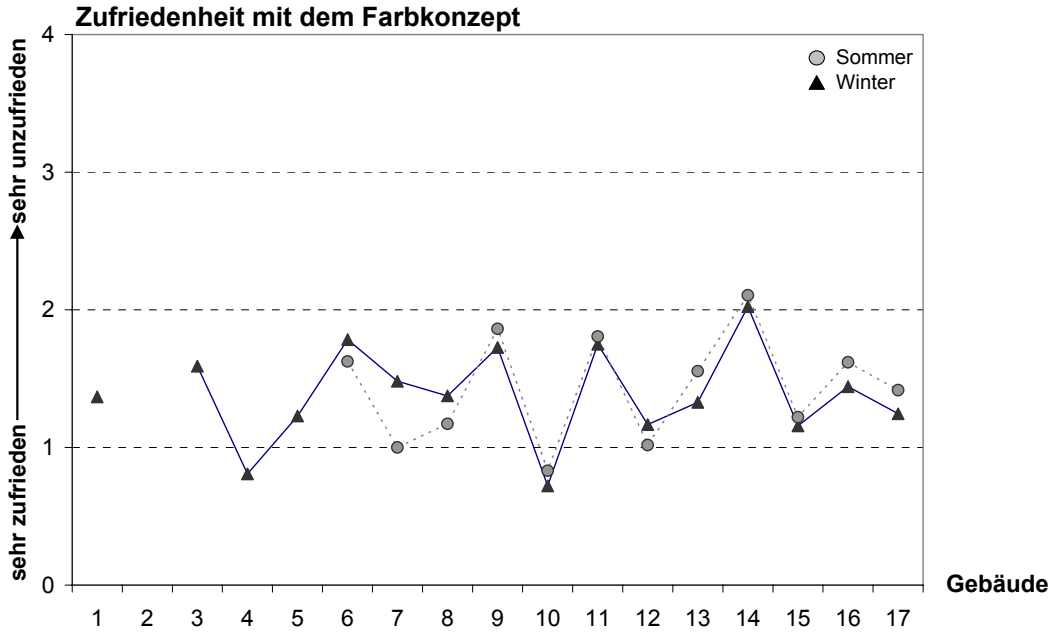


Abbildung 5-37: Mittelwerte der Zufriedenheit mit dem Farbkonzept der Büros je Gebäude für Sommer und Winter

Die Bewertung des Farbkonzeptes korreliert hoch mit der Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung (R = 0,61; p ≤ 0,001). Laut dem Ergebnis der schrittweisen Regressionsanalyse hat jene in den untersuchten Gebäuden den größten Einfluss auf die Gesamtzufriedenheit mit der Büroeinrichtung. Hierzu könnte im Bedarfsfall noch näher untersucht werden, welche Farbkonzepte besonders positiv bzw. besonders negativ bewertet werden. Aus den Textantworten war bereits zu entnehmen, dass vor allem die in manchen Gebäuden vorhandenen grauen Betonoberflächen nicht sehr positiv aufgenommen wurden.

Weiterhin ist die Zufriedenheit mit der unmittelbaren Arbeitsumgebung (also dem Schreibtisch) und ausreichend Platz für Arbeitsmittel und im Raum wichtig für eine hohe Zufriedenheit mit dem Büro. Mit diesen vier Variablen können bereits über 50 % der Varianz der Gesamtzufriedenheit mit der Büroeinrichtung erklärt werden (s. Anhang Tabelle A13). Die weiteren Items tragen nur noch wenig Erklärungsanteil dazu bei.

Die Reliabilitätsanalyse der neun detaillierten Fragen zum Platz auf dem Schreibtisch, für Arbeitsmittel und zum Platz im Raum, zur Zufriedenheit mit dem Stuhl und dem Tisch, der Tastatur und dem Bildschirm sowie dem Material der Möbel ergibt einen Cronbach's Alpha Koeffizienten von 0,859. Das bedeutet, dass die Fragen als Skala zusammengefasst werden können. Der Mittelwert der Skala korreliert hoch mit der Frage nach der Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung insgesamt (R = 0,65; p ≤ 0,001). Somit bilden die Fragen als Ganzes die Gesamtzufriedenheit mit der Büroeinrichtung gut ab (s. Anhang Tabelle A12).

In Abbildung 5-38 ist die Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung über den Stellenwert für die Gesamtzufriedenheit in Form der Handlungsrelevanzmatrix für jedes der untersuchten Gebäude abgebildet. Aufgrund der nur geringen Unterschiede in der Sommer- und der Winterbewertung werden hier beide Jahreszeiten zusammengefasst dargestellt.

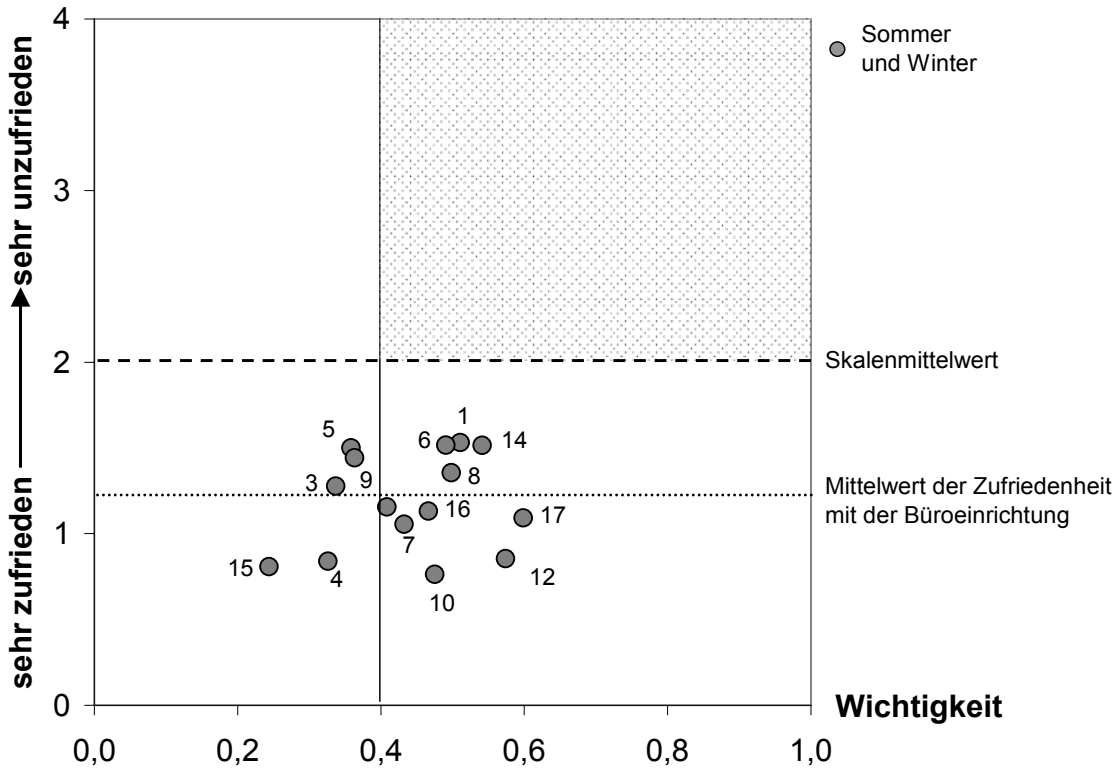


Abbildung 5-38: Handlungsrelevanzmatrix der Zufriedenheit mit dem Bürokonzept über der Gewichtung für die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz

Festzuhalten bleibt, dass der Stellenwert der Büroeinrichtung für die Gesamtzufriedenheit in einigen Gebäuden hoch ist. Die Büros weisen – bei unterschiedlichen Raumkonzepten und Ausstattungen – insgesamt einen sehr hohen Standard auf. Das ist an den Mittelwerten der Zufriedenheiten sowie der Varianz in den Antworten abzulesen. Da die Varianz im Bereich der Antworten zur Büroausstattung nicht sehr groß ist, können zum Teil keine stärkeren Zusammenhänge analysiert werden.

Themenübergreifend haben sich folgende Zusammenhänge ergeben: Die Angaben zum aktuellen Wohlbefinden hängen schwach mit der Bewertung der Bürogestaltung zusammen ($R = 0{,}31$; $p \leq 0{,}001$).

Die Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel steht über alle Gebäude betrachtet in einem schwachen Zusammenhang mit der Gesamtzufriedenheit mit der Büroausstattung ($R = 0{,}33$; $p \leq 0{,}001$). Bezogen auf die einzelnen Gebäude gibt es jedoch eindeutige Unterschiede in den Zusammenhängen und in der Bewertung. In einigen Gebäude, vor allem in solchen mit größeren Büroeinheiten, hat der Geräuschpegel einen weitaus größeren Einfluss auf die Bewertung der Bürogestaltung (bis $R = 0{,}53$; $p \leq 0{,}001$ bei Gebäude 5).

5.3 Geräusche und Akustik

Lärm ist eine wesentliche Stresskomponente im alltäglichen Leben. Auch bei der Bildschirmarbeit im Büro spielt Lärm im Sinne einer Produktivitätsminderung aber auch hinsichtlich möglicher Gesundheitsschädigungen eine wichtige Rolle. Negative Auswirkungen von Geräuschen können gemäß der für Büroumgebungen relevanten Norm [DIN EN ISO 9241-6] fünf unterschiedlichen Kategorien zugeordnet werden:

1. Schädigung unter anderem des Gehörs
2. Unerwünschte Reaktionen des zentralen und vegetativen Nervensystems
3. Behinderung bei der sprachlichen und sonstigen Kommunikation
4. Minderung der Leistungsfähigkeit und Wahrnehmungsfähigkeit
5. Lästigkeit

Die derzeitige Normung der Schalltechnik [VDI 2058 Blatt 3, S. 9 u. S. 12) führt ab einer Grundgeräuschbelastung von 40 dB Beeinträchtigungen bei der Ausübung überwiegend geistiger Tätigkeiten auf. Für Büroarbeitsplätze sind maximal 55 dB zugelassen.

Daher wird unter anderem in der Bildschirmarbeitsverordnung [BildscharbV 1996] gefordert, dass dem Lärm, der durch die zum Bildschirmarbeitsplatz gehörenden Arbeitsmittel verursacht wird, Rechnung zu tragen ist. Vor allem soll eine Beeinträchtigung der Konzentration und der Sprachverständlichkeit vermieden werden. Geeignete Maßnahmen können arbeitsplatzbezogen oder aber bereits durch die Auswahl von geräuscharmen IT-Produkten erfolgen.

Im Arbeitsschutzgesetz vom August 1996 [ArbSchG1996] wird im Abschnitt „Sicherheit und Gesundheit“ ein ganzheitlicher Schutz gefordert, ohne sich jedoch auf bestimmte Belastungen bzw. Schädigungen zu beziehen.

Im deutschen Arbeitsschutzrecht wurden bestimmte Grenzwerte für unerwünschten Schall festgelegt (85 dB(A) bei geringer geistiger Anforderung – 70 dB(A) bei mittlere geistiger Anforderung – 55 dB(A) bei hoher geistiger Anforderung [ArbStättV 2004, ASR 2001]). Die hier vorgegebenen Werte orientieren sich an mechanischen Schädigungen des Gehörs durch Geräusche (ab 90 dB nachweislich irreversibel). Die Werte gelten für den Beurteilungspegel und resultieren vor allem daraus, dass bei der Einführung der Computerarbeit in den 70er Jahren geräuscharme Computer und Drucker nicht verfügbar waren. Auch heutzutage sind trotz verbesserter Technik der Drucker und Lüfter die Geräuschentwicklungen der verwendeten Computer sehr unterschiedlich. Diese reichen von gar keiner Geräuschemission bis z. T. noch 60 dB. Der Lärm von Druckern wird mittlerweile durch den Papiertransport bestimmt sowie durch das Abführen der Wärme beim Laserdrucker durch die Lüfter (Fixierverfahren durch Wärmebehandlung). Neben den Computerlüftern und Druckern sind vor allem die Tastaturen heute erhebliche Geräuschverursacher im Büro. Die Schallemission bei 22 getesteten gebräuchlichen Tatstaturen lagen im Mittel bei 57db(A). Kopierer und Faxgeräte emittieren im Standby-Betrieb meistens keine Geräusche, im Betrieb kann der Schallpegel auch bei neuen Geräten bis zu 60 db(A) bei Kopierern und bis zu 48–54 db(A) bei Faxgeräten reichen [Cakir in Schneider et al. 2003]. Bezüglich Rechnerlaufwerken aus

den Jahren 2001 bis 2003 wurden zwischen 0 bis 55 dB(A) gemessen. Im Mittel betrug der Schallpegel bei neueren Geräten zwischen 31 und 36 dB(A) im aktiven Betrieb. Da dies aufgrund der Dauerbelastung oft sehr störend ist, geht der Trend hin zu immer leiseren Komponenten. In der EN ISO 11690 Teil 1 werden die Schalldruckpegel hinsichtlich ihrer Störwirkung auf die arbeitenden Personen bewertet.

An der Entwicklung in der Computerindustrie und der Bewertung von Schalldruckpegeln in der EN ISO 11690 ist zu sehen, dass der in der Arbeitsstättenverordnung vorgeschriebene Höchstwert von 55 dB(A) für Arbeitsplätze mit hohen Anforderungen an die Konzentration nicht ausreichend ist bezüglich der Empfehlungen an die akustische Arbeitsumgebung.

Sust simulierte Bürotätigkeiten unter Laborbedingungen bei einem Arbeitsumgebungspegel von 41 dB(A) und 35 dB(A) [Sust 1996]. Bei der Reduktion des Lärmpegels um 6 dB(A) verringerte sich die Fehlerhäufigkeit bei typischer Computerarbeit (Textverarbeitung) um 52 %.

Neben einem lärmarmen Arbeitsplatz spielt auch die Struktur des Lärms bzw. Schalls eine Rolle bei der Bewertung von Konzentrationsbeeinträchtigungen und Stress. Außer einer Reduktion der Arbeitsplatzdichte im Raum wird deshalb empfohlen, dass der vorhandene Schalldruckpegel nicht von einer einzigen, eindeutig identifizierbaren Quelle verursacht sein sollte (z. B. Kopierer, PC-Lüfter, Drucker). Zudem sollten Gespräche aus fremden angrenzenden Arbeitsbereichen nicht verstehbar sein. Der von allen Quellen, außer von der betrachteten Person am Arbeitsplatz selbst verursachte Schalldruckpegel sollte so leise wie möglich sein.

Ein Büro mit Hintergrundpegeln zwischen 20 und 30 dB(A) ist für Arbeiten mit mentalen Anforderungen optimal [Schneider et al. 2003, S. 125], da so einzelne, zeitlich begrenzte Schallquellen „abgepuffert“ werden können. Viele Einzelbüros weisen einen Pegel um 30 dB(A) auf, während man in Mehrpersonenbüros häufig einen Wert um 57 dB(A) messen kann. Dieser Wert ist typisch für Umgebungen, in denen in normaler Lautstärke gesprochen wird [Cakir in Schneider et al. 2003]. Folgende Geräusche werden heutzutage von den Mitarbeitern als hauptsächliche Störquellen benannt:

- Sprechende Personen,
- klingelnde Telefone,
- PC-Lüfter, PC-Laufwerke, Tastaturen, Drucker,
- weitere Bürogeräte (Scanner, Kopierer, Faxgeräte usw.).

Messungen zur Raumakustik (Nachhallzeit) und zum Schallpegel wurden im Rahmen einer Diplomarbeit [Jeyapalan 2005] in drei der betrachteten Gebäude mit vornehmlich offenen Bürokonzepten beispielhaft durchgeführt und bewertet (s. 5.3.2).

Auf die Akustik wird im Weiteren nicht eingegangen, da auch die Befragungsergebnisse hierzu durchweg positiv ausfielen.

5.3.1 Ergebnisse zur Geräuschbewertung

Auf Grundlage der beschriebenen Störgeräusche an Büroarbeitsplätzen wurden die im Folgenden beschriebenen Fragen zur Geräuschbewertung für die vorliegende Untersuchung formuliert. Diese beziehen sich auf interne Belastungen durch Telefonate und Gespräche, Geräusche von Computern und anderen Geräten sowie haustechnischen Anlagen. Als Ergänzung wird eine Geräuschbelästigung durch gebäudeexterne Faktoren sowie die empfundene akustische Qualität in den Büros erfragt.

In Abbildung 5-39 ist zu sehen, dass die mittlere Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel am Arbeitsplatz in den meisten Gebäuden im Bereich „zufrieden“ bis „akzeptabel“ liegt. In fast allen Gebäuden fällt die Zufriedenheit zu beiden Jahreszeiten zudem nicht signifikant unterschiedlich aus ($p < 0{,}005$).

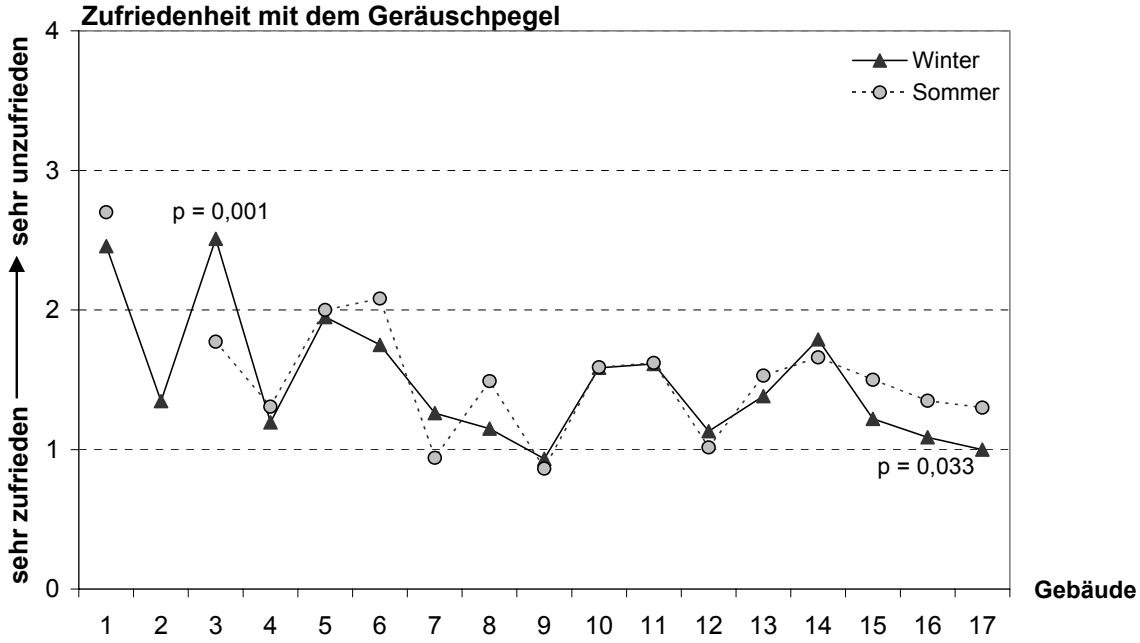


Abbildung 5-39: Mittelwerte der Geräuschzufriedenheit am Arbeitsplatz je Gebäude (N = 22 – 98)

In Gebäuden, in denen unterschiedliche Bürogrößen (Anzahl Mitarbeiter/ Raumeinheit) vorhanden sind, ist eindeutig eine Korrelation zwischen der Anzahl der Mitarbeiter und der Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel festzustellen. Über alle Gebäude betrachtet beträgt der Korrelationskoeffizient zwischen der Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel und der Bürogröße $R = 0{,}34$ ($p \leq 0{,}001$) und mit den Angaben zu Störungen durch Telefonate und Gespräche sogar $R = 0{,}64$ ($p \leq 0{,}001$).

In Abbildung 5-40 ist ein Anstieg der Unzufriedenheit mit dem Geräuschpegel in Abhängigkeit von der Bürogröße zu erkennen.

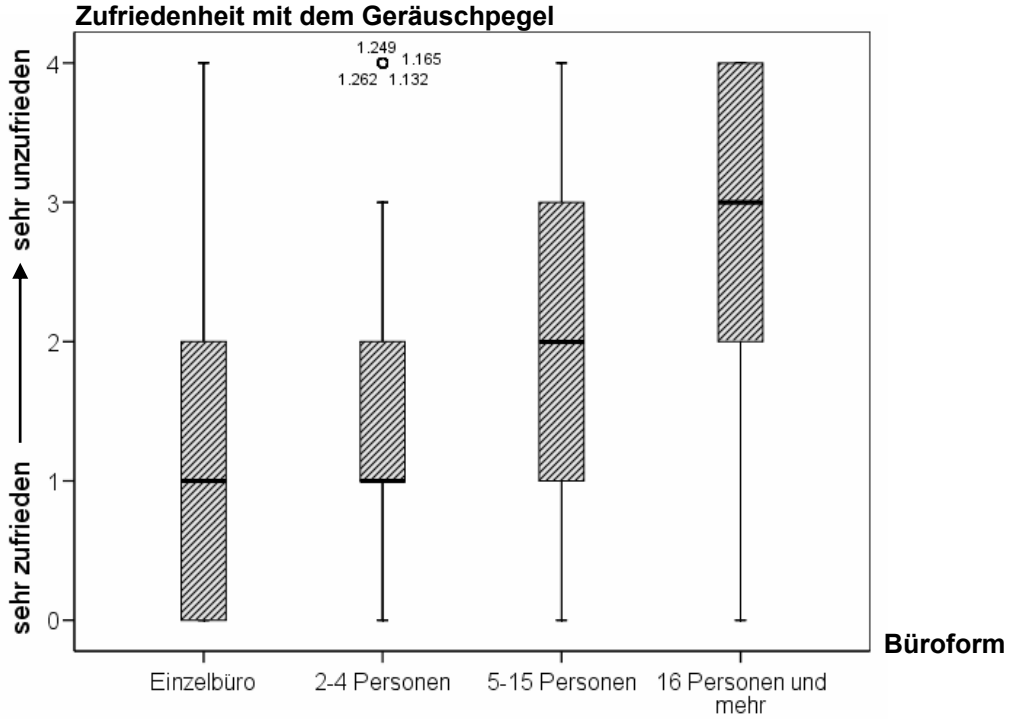


Abbildung 5-40: Boxplots über die Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel in Abhängigkeit von der Bürogröße

Die Akustikbewertung fällt in allen Gebäuden positiver aus als die Geräuschpegelbewertung und steht in einem mittleren Zusammenhang mit dieser ($R = 0{,}53$; $p \leq 0{,}001$). Das bedeutet, dass mit sinkender Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel in der Regel auch die Zufriedenheit mit der Akustik sinkt, aber immer noch positiver bewertet wird.

Über alle Gebäude betrachtet wurden im Sommer und im Winter alle erfragten Variablen zu Störungen durch Geräusche in das Modell der schrittweisen Regressionsanalyse mit aufgenommen. Diese sind:

1. Telefonate/ Gespräche im Raum,
2. Geräusche von Computern im Raum,
3. sonstige Geräusche im Raum,
4. Telefonate/ Gespräche aus Nebenräumen,
5. sonstige Geräusche aus Nebenräumen,
6. Geräusche von außen bei geschlossenen Fenstern,
7. Geräusche von außen bei offenen Fenstern.

Unter Berücksichtigung aller sieben Variablen können bezogen auf alle untersuchten Gebäude zu beiden Jahreszeiten über 40 % der Varianz der Variable „Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel“ aufgeklärt werden. Weitere 60 % der Varianz sind jedoch nicht über die im Fragebogen verwendeten Fragen zu Störungen durch Geräusche bei der Arbeit zu erklären. Es muss also noch weitere Faktoren geben, die die Gesamtzufriedenheit mit dem Geräuschpegel in den Gebäuden beeinflussen (z. B. psychologische Faktoren oder Einstellungsvariablen).

Die Berechnung des Reliabilitätskoeffizienten (Cronbach's Alpha) hat ergeben, dass sich die im Fragebogen verwendeten Fragen zu empfundenen Störungen durch Geräusche nicht als Skala zur Ermittlung der Gesamtzufriedenheit mit dem Geräuschpegel anbieten: Die Reliabilitätsanalyse wies im Winter nur einen Wert von 0,59 und im Sommer von 0,65 auf. Auch durch Weglassen einzelner der sieben Variablen verbessert sich der Reliabilitätskoeffizient nicht.

Bei genauerer Betrachtung stellte sich heraus, dass die Korrelationen zwischen der Gesamtzufriedenheit und den Einzelzufriedenheiten in den einzelnen Gebäuden zum Teil stark voneinander abweichen. In einem Gebäude stehen Geräusche aus dem eigenen Raum als Störfaktor im Vordergrund, in einem anderen Gebäude die Geräusche aus den Nebenräumen. Dies war abhängig von der Aufteilung der Büroeinheiten in den Gebäuden. In Abbildung 5-41 sind anhand von Netzdiagrammen beispielhaft für vier Gebäude die erfragten Störgeräusche zu sehen. In diesen kann auf einen Blick ermittelt werden, welche Geräusche – in Abhängigkeit von der Jahreszeit – nach Ansicht der Mitarbeiter im Mittel am meisten bei der Arbeit stören.

Am negativsten wird der Geräuschpegel in den Gebäuden 1 und 3 bewertet (s. Abbildung 5-39 und Abbildung 5-41). In diesen beiden Gebäuden sind die Büroeinheiten am größten (mit bis zum größten Teil weit über 10 Personen je Einheit). Bei den Angaben zu Größe der Büroeinheit fiel auf, dass die Einschätzung, wie viele Personen zur eigenen Büroeinheit gehören, in Gebäuden mit offenen Konzepten oft nicht eindeutig ist: Zählt man nun die ganze Ebene als eine Einheit oder nur bis zum nächsten Raumteiler? Somit lässt sich auch die sehr ähnliche Bewertung von Störungen durch Gespräche und Telefonate aus dem eigenen Raum und den Nachbarräumen z. B. in den Gebäuden 1 und 3 erklären (s. Abbildung 5-41).

Es fällt auch auf, dass vor allem im Gebäude 3 der Geräuschpegel im Sommer (bei der zweiten Befragungsrunde) hochsignifikant besser bewertet wurde als bei der ersten Befragungsrunde im Winter. Zwischen den beiden Befragungsrunden hatte eine Umstrukturierung mit einer Entzerrung der Arbeitsplatzsituation stattgefunden. Dies hat sich umgehend positiv auf die Bewertung der Nutzer ausgewirkt. Wie in Abschnitt 5.3 beschrieben, wird im Allgemeinen eine verringerte Anzahl Nutzer je m² Bürofläche unter anderem aus akustischen und schalltechnischen Gründen vor allem in größeren Einheiten empfohlen.

In allen vier Diagrammen ist zu sehen, dass die Angaben zu Störungen durch Geräusche von außen im Sommer höher ausfallen als im Winter. Im Anhang unter Abbildung 2 sind die Mittelwerte der Störwirkungen durch Geräusche für die übrigen Gebäude zu finden. Bei der Bewertung externer Störungen im Sommer ist anzunehmen, dass nicht die Intensität der Geräusche sondern die Expositionsdauer eine Rolle spielt (längere Fensteröffnungszeiten im Sommer). Nur in Gebäude 16 trägt (unter anderem) die vermehrte Geräuschbelästigung durch Geräusche von außen zu einer Verschlechterung der Gesamtzufriedenheit mit dem Geräuschpegel bei. In den übrigen Gebäuden verschlechtert sich diese nicht mit zunehmender Störung von außen bei geöffneten Fenstern. Dies resultiert vermutlich aus der Tatsache, dass das Öffnen der Fenster optional ist und vermehrter Lärm bewusst im Hinblick auf eine Durchlüftung der Räume in Kauf genommen wird. Über alle Gebäude betrachtet fällt

auf, dass bei zunehmender Geräuschwahrnehmung von außen intern verursachter Lärm weniger wahrgenommen wird.

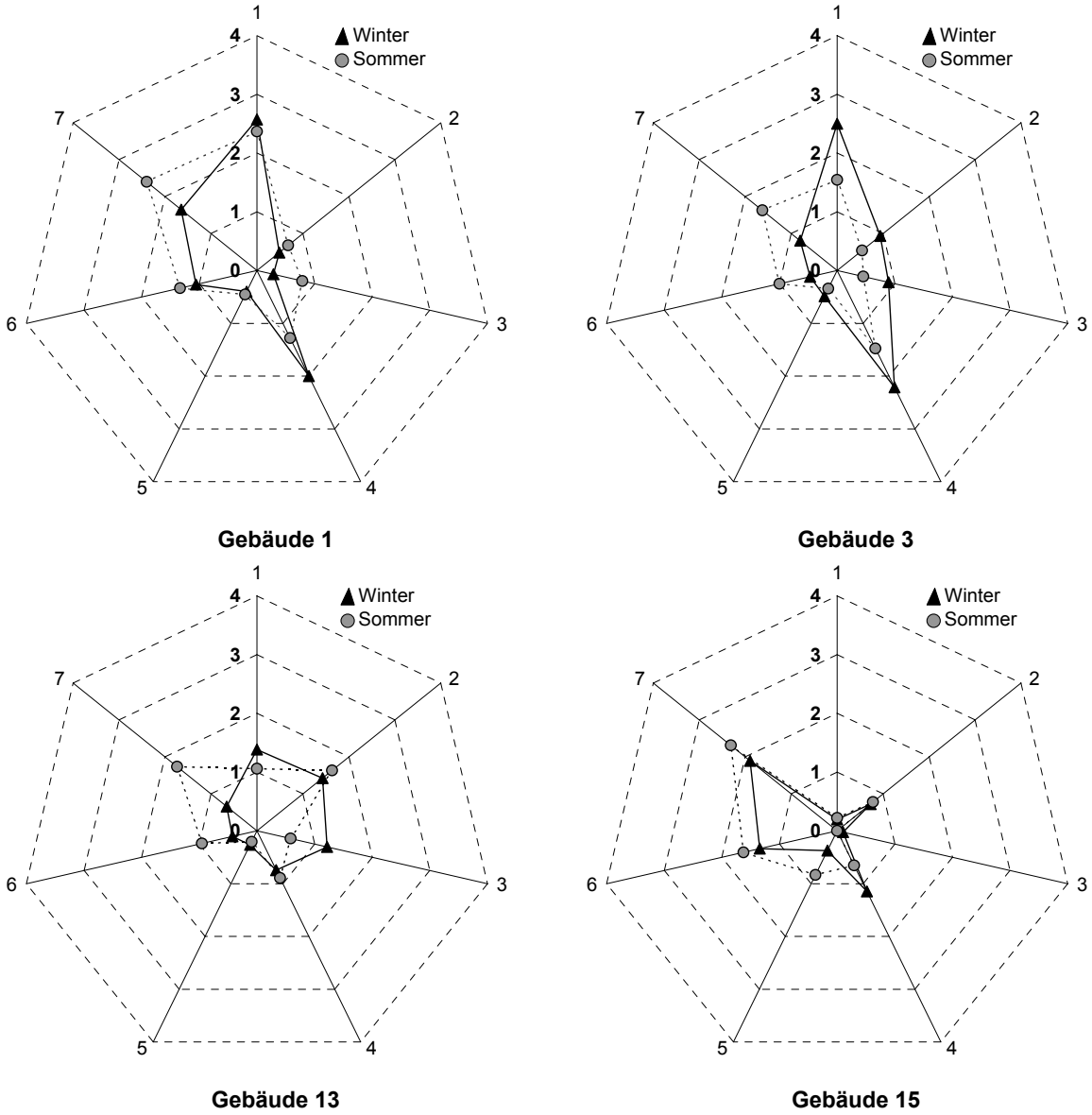


Abbildung 5-41: Beispiele von Störungen durch Einzelgeräusche in den Gebäuden mit 0 = gar keine Störung und 4 = starke Störungen. Dargestellt sind die Gebäude-Mittelwerte für Sommer und Winter der Variablen: 1 Telefonate/ Gespräche im Raum, 2 Geräusche von Computern im Raum, 3 sonstige Geräusche im Raum, 4 Telefonate/ Gespräche aus Nebenräumen, 5 sonstige Geräusche aus Nebenräumen, 6 Geräusche von außen bei geschlossenen Fenstern, 7 Geräusche von außen bei offenen Fenstern.

Die schrittweise Regressionsanalyse einzelner Gebäude hat ergeben, dass zu den beiden untersuchten Jahrszeiten unterschiedliche Einflussfaktoren die Gesamtzufriedenheit mit dem Geräuschpegel beeinflussen.

Beispielsweise stehen im Gebäude 11 im Winter (als einziges Gebäude) Störungen durch Geräusche vom Computer im Raum im Vordergrund (s. Anhang Abbildung 2), im Sommer Störungen durch Telefonate und Gespräche vom Nebenraum (und Flur). Dieser Unterschied kann dadurch erklärt werden, dass im Winter (Heizfall) die Bürotüren im Gebäude eher

geschlossen sind und im Sommer (Lüftung) geöffnet. Dadurch werden im Winter eher die Computergeräusche wahrgenommen und im Sommer werden diese von büroexternen Geräuschen überlagert. Die Gesamtzufriedenheit bleibt dennoch zu beiden Jahreszeiten gleich (s. Abbildung 5-39).

Insgesamt kann für die vorliegenden Gebäude verallgemeinert werden, dass derjenige Faktor oder diejenigen Faktoren, die eine Geräuschbelästigung verursachen, einen hauptsächlichen Einfluss auf die Gesamtzufriedenheit mit dem Geräuschpegel haben. Das erklärt auch, warum sich aus den Einzelfragen keine Skala bilden lässt: Die übrigen Faktoren, die nicht zu einer Beeinträchtigung führen, tragen nicht zu einer Abminderung der empfunden Gesamtbeeinträchtigung bei.

In Abbildung 5-42 ist die Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel im Winter und im Sommer über die statistisch ermittelte Wichtigkeit mit der Gesamtzufriedenheit mit dem Geräuschpegel in Form der Handlungsrelevanzmatrix zu sehen. Es ist auch hier eindeutig zu erkennen, dass vor allem in Gebäuden mit größeren Büroeinheiten die Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel niedriger ist. Interessant daran ist, dass vor allem in den Gebäuden mit Einheiten bis zu 20 Personen der Stellenwert für die Gesamtzufriedenheit größer ist als in den ganz großen Einheiten mit bis zu 50 Personen.

Eventuell hängt dies mit den Aufgabenbereichen zusammen oder auch mit anderen subjektiven Merkmalen wie „Identifikation mit der Firma“.

Abschließend ist zu sagen, dass eine Entzerrung, wie auch am Beispiel der Umstrukturierung in Gebäude 3 gezeigt werden konnte, zu einer Verbesserung der schalltechnischen Situation im Raum und damit einer Erhöhung der Zufriedenheit bei den Nutzern führt. Das einzige Gebäude, dass auch bei der zweiten Befragung eine im Verhältnis zu den anderen Gebäuden hohe Unzufriedenheit aufwies ist das Gebäude 1. Dieses beinhaltet fast ausschließlich Büroeinheiten, die über das gesamte Geschoss gehen und sogar noch über die Treppen zu den Ober- und Untergeschossen miteinander verbunden sind.

Störgeräusche sind neben den Gesprächen der Mitarbeiter oft auch Geräusche von zuschlagenden Türen, Druckern und Kopiergeräten im Raum.

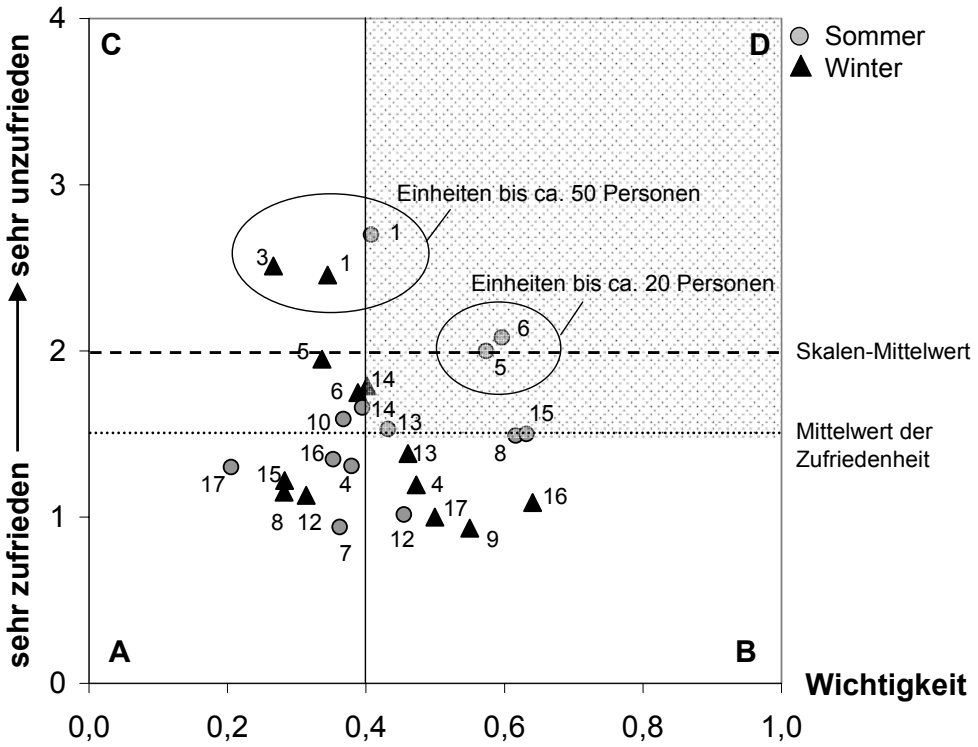


Abbildung 5-42: Handlungsrelevanzmatrix der Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel am Arbeitsplatz über der Gewichtung für die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz

5.3.2 Ergebnisse aus den akustischen Untersuchungen dreier ausgewählter Bürogebäude

In Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung wurde im Rahmen einer Diplomarbeit am Fachgebiet für Bauphysik und Technischen Ausbau der Universität Karlsruhe (TH) [Jeyapalan 2005] eine Studie zur Raumakustik und Schalltechnik in Kombibüros der Gebäude 3, 4 und 5 unternommen. Neben den Messungen wurden abschließend konstruktive Vorschläge zur Verbesserung der akustischen Raumsituation in den Gebäuden gemacht. Es sollte im Rahmen der Arbeit messetechnisch nachgewiesen werden, was den Nutzer laut Aussagen im Fragebogen im Raum am meisten stört. Für die Beurteilung der schalltechnischen und raumakustischen Situation wurden objektive Messungen, Frequenzspektrumanalysen und Nachhallzeitmessungen mit dem Schallmessgerät KS 610 der Firma Klimatherm durchgeführt.

Außerdem wurden subjektive Messungen anhand von Interviews mit den Nutzern und objektive Hörproben an den bestehenden Arbeitsplätzen durchgeführt. Bei den Hörproben handelt es sich um Aufnahmen mit Hilfe eines an ein Aufnahmegerät angeschlossenen Mikrophons. Aufgenommen werden die Geräusche, die von den Nutzern subjektiv wahrgenommen werden. Die Aufnahmen können nachträglich und frei von visuellen Störfaktoren durch unabhängige Hörer beurteilt werden.

Die Frequenzspektrumanalyse im Terzbereich bestimmt die Höhe der Schalldruckpegel in den einzelnen Frequenzen. Diese Unterteilung eines Geräusches in verschiedene Frequenzbänder wird Frequenzanalyse genannt, deren Ergebnisse graphisch dargestellt werden. Auf

diese Weise werden absolute Störpegel festgestellt und Materialien ausgewählt, um die Situation innerhalb der störenden Frequenzbereiche zu optimieren. Für die Gestaltung der Arbeitsplätze in Büros gelten die sogenannten Mittelungspegel am betrachteten Arbeitsplatz.

Unter Nachhallzeit versteht man diejenige Zeitspanne in Sekunden, während der der Schalldruckpegel nach Beenden der Schallsendung um 60 dB fällt [Wendehorst 1998, S. 193]. Ziel der Messung ist die Bewertung der raumakustischen Situation, die sich in der Verständlichkeit des gesprochenen Wortes bemerkbar macht.

Die akustischen Verhältnisse wurden von den befragten Nutzern in den drei untersuchten Gebäuden alles in allem positiv bewertet. Interne Geräuschbelastungen, die den Nutzer in seiner Konzentrationsfähigkeit beeinträchtigen, beschränken sich überwiegend auf personenverursachte Telefonate und Gespräche. Die Messungen zur Raumakustik haben ergeben, dass Direktschall und deutlichkeitserhöhte Anfangsreflexion ungehindert vom Sprecher zum Hörer fließen kann [Jeyapalan 2005, S. 92]. Die Nutzer können somit über größere Entfernungen Gespräche verstehen und sind deswegen in ihrer Konzentration beeinträchtigt. Das aktive Ausblenden der Störgeräusche kann sich als psychischer Stress negativ auf die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit (langsameres Lesen von Texten etc.) auswirken.

In Gebäude 4 zeigten sich relevante Schallpegel oberhalb des Toleranzbereiches im mittleren, sprachrelevanten Frequenzbereich (100 kHz bis 4 kHz), die den Nutzer in seinen Leistungen einschränken können. In Gebäude 5 und 3 haben die Frequenzspektrumanalysen überwiegend störende Schallpegel im unteren Frequenzbereich ergeben. Diese werden in Gebäude 5 vermutlich durch Körperschall (Infraschall) aus der an den untersuchten Raum angrenzenden Produktionshalle bzw. durch den Schifffahrtslärm außerhalb von Gebäude 3 verursacht.

Ein weiteres Ergebnis der Interviews, die im Rahmen der Diplomarbeit stattfanden, ist, dass in der Regel Büroeinheiten mit maximal vier Personen (je nach Aufgabenbereich) gewünscht werden.

5.4 Beleuchtung und Belichtung der Arbeitsplätze

Das Tageslicht am Arbeitsplatz sowie die Sicht nach draußen ist ein Bindeglied zur Umwelt. Beides ist angesichts der Zeit, die wir heutzutage im Innenraum verbringen, von großer Bedeutung. Durch das Tageslicht werden der biologische Rhythmus und die Psyche des Menschen gesteuert. Zudem kann mit Hilfe einer durchdachten Tageslichtausleuchtung Energie für zusätzliche Kunstlichtbeleuchtung eingespart werden.

Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Qualität der Beleuchtung auf das visuelle Leistungsvermögen des Menschen auswirkt. Dieses zeigt sich im Erkennen von Formen, Details und Farben und in der Schnelligkeit der Wahrnehmung. Durch schlechte Beleuchtung der Arbeitsplätze entstehen Fehlbeanspruchungen der Mitarbeiter. Dies hat einen Einfluss auf die Aktivität/ Motivation, auf das Wohlbefinden [Rangi, Osterhaus 1999] und die Leistungsfähigkeit sowie die Leistungsbereitschaft [BGI 856 2003, S. 7].

Visuelle Fehlbeanspruchungen können zudem Beschwerden wie Kopfschmerzen, Flimmern vor den Augen sowie brennende oder tränende Augen auslösen. Sie führen aber zu keiner bleibenden Schädigung der Augen. Körperliche Fehl- oder Zwangshaltungen können entstehen, wenn Mitarbeiter ungünstigen Lichtverhältnissen ausweichen müssen. Büroräume sollten daher über ausreichend große Fensterflächen verfügen, die einen ausreichenden Tageslichteinfall mit einer möglichst ungehinderten Sichtverbindung nach außen ermöglichen, durch die die Mitarbeiter die äußere Umgebung unverzerrt und unverfälscht wahrnehmen können.

So gab es z. B. in der alten Abeitsstättenverordnung [ArbStättenV 2004] und der noch gültigen Arbeitsstättenrichtlinie [ASR 7/1] Anforderungen an die Lage und Größe der Fenster in Abhängigkeit von Raumtiefe und Raumgröße, die bei der Planung und dem Bau von Bürogebäuden berücksichtigt werden müssen. Neben der Sichtverbindung nach draußen und genügend Tageslichteinfall sind nach DIN 5034-1 [DIN 5034 Teil 1] größere Abmessungen für die Fenster als in der Arbeitsstättenrichtlinie gefordert.

Auf der anderen Seite birgt ein Zuviel an Tageslicht das Risiko von Blendung und Überhitzung. In der Bildschirmarbeitsverordnung [BildscharbV 1996] wird deshalb zusätzlich gefordert, dass an den Fenstern geeignete Lichtschutzvorrichtungen angebracht sein müssen, um störende Blendung der Mitarbeiter und einen zu hohen Tageslichteinfall zu verhindern. Die Vorrichtungen müssen verstellbar sein. Neue, differenzierte Verschattungssysteme sind das Ergebnis dieser Erkenntnisse.

Blendung wird temporär wahrgenommen und kann durch geeignete Maßnahmen verringert, vermieden oder umgangen werden. Eine vergleichende Untersuchung von subjektiven Nutzereindrücken zu Blendung und Helligkeit am Arbeitsplatz in Verbindung mit unterschiedlichen Verschattungssystemen und Messungen wurde unter anderem von Wienold [Wienold 2007/ Wienold, Osterhaus 2006] durchgeführt und ausgewertet. Eines der Ergebnisse ist, dass Blendung zwar sehr individuell wahrgenommen und bewertet wird, aber dennoch über einen neuen Blend-Index, den sog. „dgp-Index“, gute Korrelationen mit den gemessenen Werten aufweist.

Bei der Belichtung mit Tageslicht werden laut Untersuchungen gegenüber der Beleuchtung mit Kunstlicht wesentlich höhere Beleuchtungsstärken bevorzugt und stärkere Störungen durch Blendung und höhere Leuchtdichten im Raum akzeptiert [BGI 856 2003/ Wienold 2007]. Dies kann wahrscheinlich damit begründet werden, dass Tageslicht mit seinen hohen Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten sowie seinem stetigen Wandel (Intensität, Farbspektrum und Richtung) als etwas Natürliches und Selbstverständliches angesehen wird.

Aufgrund der aufwändigen Messtechnik und der notwendigen Auswahl geeigneter Untersuchungssituationen (klarer Himmel) ging es in der vorliegenden Untersuchung um eine rein qualitative Bewertung der Tageslicht- und Kunstlichtsituation am Arbeitsplatz ohne zusätzliche Messungen. Weiterhin wurden Zusammenhänge zwischen der Tages- bzw. Kunstlichtbewertung und Faktoren wie Helligkeit und Blendung sowie dem Fensterflächenanteil oder der Verschattung untersucht.

5.4.1 Ergebnisse zum Tageslicht

Die Fragen zum Thema Tageslicht betreffen die Helligkeit am Arbeitsplatz, am Computer und im gesamten Raum sowie die allgemeine Zufriedenheit mit der Beleuchtungssituation. Das Thema Sonnen- und Blendschutz umfasst Fragen zur Lage des Sonnenschutzes, zur allgemeinen Zufriedenheit mit dem Sonnenschutz, zu Blendungserscheinungen auf verschiedenen Flächen sowie zur Häufigkeit, mit der während eines bestimmten Zeitraumes der Sonnenschutz verwendet wird.

Bei der ersten Befragungsrunde im Winter 2004 beinhaltete der Fragebogen nur eine abschließende Frage nach dem Tageslicht. Aufgrund der unterschiedlichen Sonnenschutzsysteme und Fensterflächenanteile wurde die Frage in der Folge aufgeteilt nach der „Zufriedenheit mit dem Tageslicht mit Verschattung“ und der „Zufriedenheit mit dem Tageslicht ohne Verschattung“. So konnte in Verbindung mit den Fragen nach Blendungserscheinungen und der Bewertung des Sonnenschutzsystems evaluiert werden, ob Zusammenhänge diesbezüglich bestehen, und wie unterschiedliche Sonnen- und Blendschutzsysteme vom Nutzer angenommen werden.

Anhand der Antworten wurde ermittelt, wie die Bewertung der Tageslichtsituation am Arbeitsplatz in den verschiedenen Gebäuden ausfällt und ob es Unterschiede zwischen den Jahreszeiten und z. B. in Abhängigkeit von der Verglasungsfläche oder dem verwendeten Sonnen- bzw. Blendschutz gibt.

Knapp 90 % der Arbeitsplätze sind bis zu 2 m vom Fenster entfernt. Die Hälfte bis 1 m, also im Prinzip direkt an der Fassade. Nur 2,4 % der Arbeitsplätze sind über 4 Meter von der Fassade entfernt und z. B. in einer Mittelzone positioniert.

5.4.1.1 Gesamtzufriedenheit mit der Tageslichtsituation

In Abbildung 5-43 und Abbildung 5-44 sind die Mittelwerte der Zufriedenheit mit dem Tageslicht für die einzelnen Gebäude aufgetragen.

An den Ergebnissen kann man erkennen, dass sowohl im Sommer als auch im Winter die Bewertung der Tageslichtsituation „mit Verschattung“ im Allgemeinen negativer ausfällt als „ohne Verschattung“. Aber nicht in allen Gebäuden ist dieser Unterschied auch statistisch signifikant.

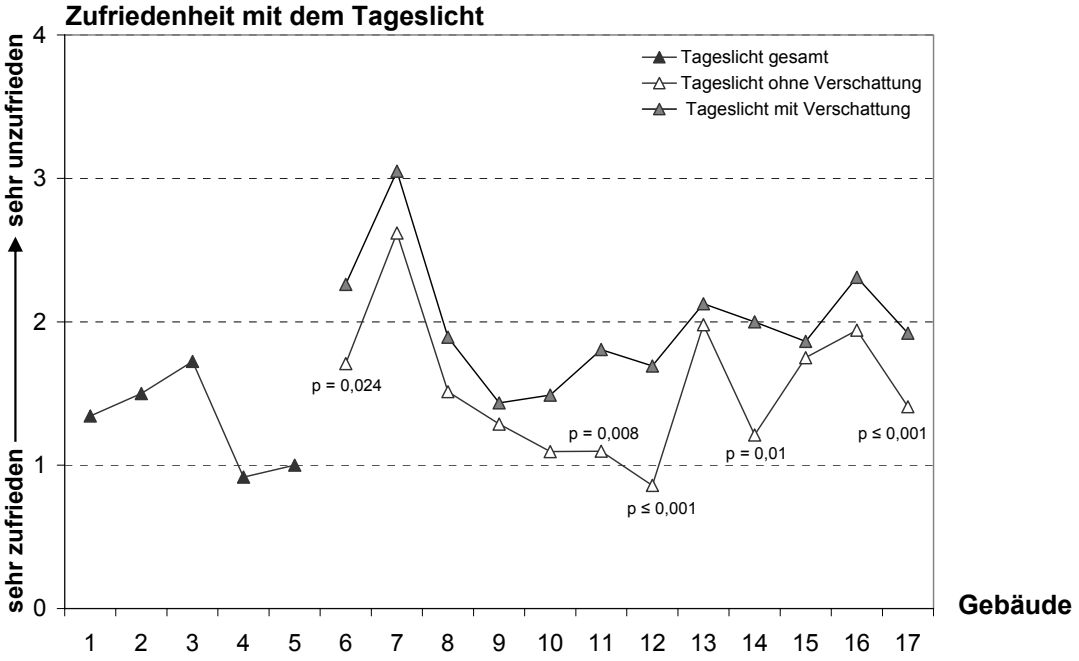


Abbildung 5-43: Mittelwerte der Zufriedenheit mit dem Tageslicht (insgesamt, mit und ohne Verschattung) je Gebäude im Winter

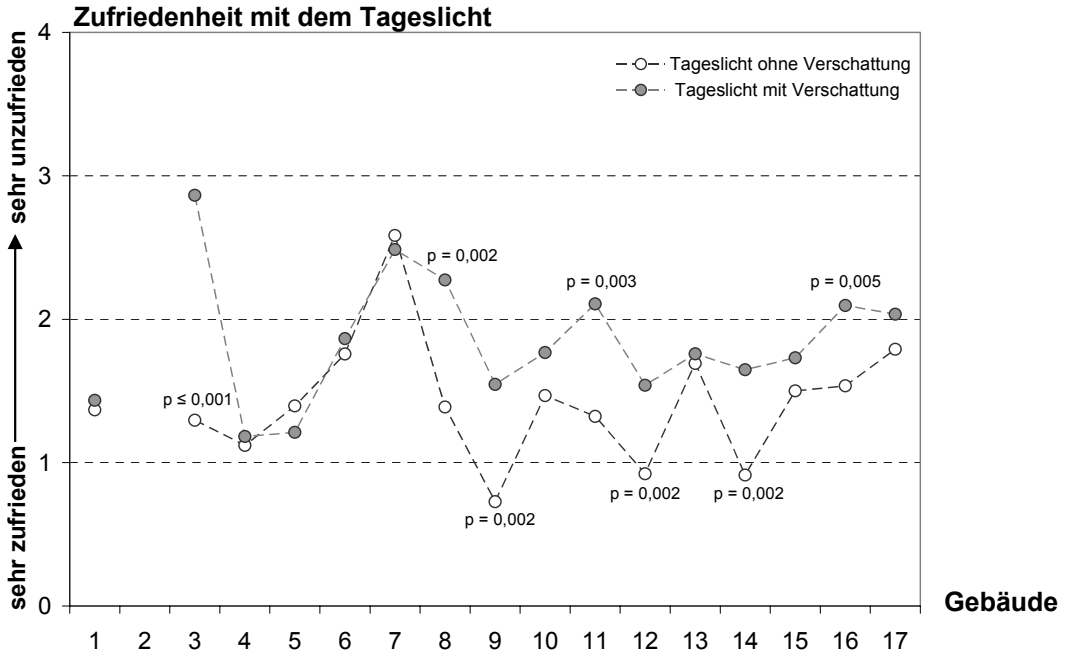


Abbildung 5-44: Mittelwerte der Zufriedenheit mit dem Tageslicht (mit und ohne Verschattung) je Gebäude im Sommer

Insbesondere in Gebäude 3 weicht die Zufriedenheit mit dem Tageslicht „mit Sonnenschutz“ deutlich von der „ohne Sonnenschutz“ ab. Hier besteht eine mittlere Korrelation mit der Zufriedenheit mit dem Sonnenschutz ($R = 0{,}51$; $p \leq 0{,}001$). Die negative Bewertung des Sonnenschutzes in diesem Gebäude hängt eventuell mit der sehr Raum prägenden roten Farbgebung zusammen. Festzuhalten bleibt, dass es sinnvoll sein kann, nach beiden Bewertungen – mit und ohne Sonnenschutz – zu fragen, da die von den Nutzern bei der ersten Befragungsrunde angegebene Gesamtzufriedenheit mit der Tageslichtsituation im Falle von Gebäude 3 im akzeptablen Bereich liegt, aber bei getrennter Bewertung diejenige mit Verschattung um einiges negativer ausfällt. Somit kann man mehr über die Akzeptanz der im Gebäude verwendeten Systeme erfahren.

Analysiert man hingegen die Nutzerantworten bezüglich jahreszeitlicher Unterschiede, so fällt auf, dass die jeweiligen Tageslichtbewertungen „mit“ und „ohne Sonnenschutz“ in den Gebäuden im Sommer und im Winter sehr ähnlich ausfallen (t-Test auf Mittelwertsunterschiede für unabhängige Stichproben). Das spricht für eine jahreszeitliche und wetterbedingte Anpassung an wechselnde Tageslichtverhältnisse (s. auch Abbildung 5-46).

Nur in Gebäude 17 unterscheidet sich die Bewertung der Tageslichtsituation ohne Verschattung signifikant zwischen Winter und Sommer ($p = 0{,}03$). Allerdings hat dieses Gebäude, wie auch die Gebäude 6 und 13, eine Besonderheit: Es gibt sowohl Büros, die zu einem Atrium ausgerichtet sind, als auch Büros mit Ausrichtung nach Außen. Die Einzelauswertung des Gebäudes 17 hat erhebliche Unterschiede in der Zufriedenheit mit dem Tageslicht zwischen den beiden Bürotypen gezeigt. Der Vergleich mit den Bewertungen aus Atrienbüros der anderen untersuchten Gebäude hat gezeigt, dass die Tageslichtsituation in den Atrienbüros generell schlechter bewertet wird. Die Differenzen sind in Abbildung 5-45 dargestellt.

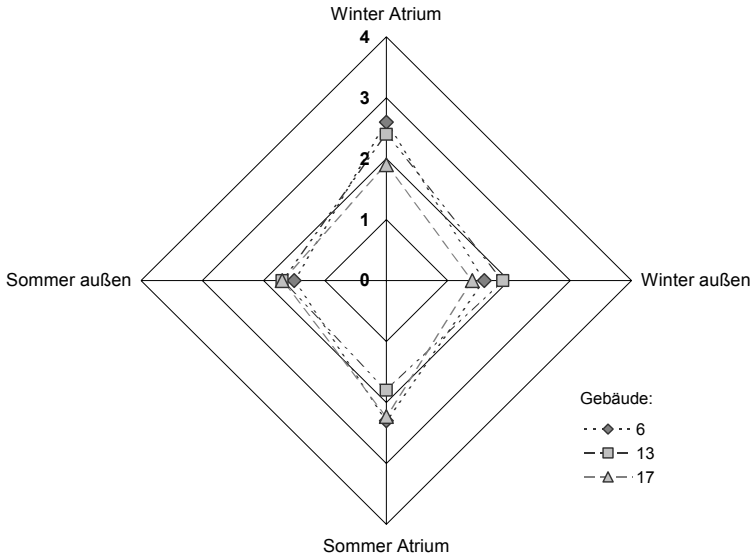


Abbildung 5-45 Zufriedenheit mit der Tageslichtsituation allgemein (0 = „sehr zufrieden“ bis 4 = „sehr unzufrieden“) im Vergleich zwischen zum Atrium und nach außen hin orientierten Büros

Die Ergebnisse geben einen Hinweis darauf, dass vor allem die Lichtverhältnisse im Raum, als zu dunkel empfunden werden. Dies hat einen deutlichen Einfluss auf die Bewertung der allgemeinen Tageslichtsituation (mit und ohne Verschattung zusammengefasst).

Signifikant schlechter als in den Außenbüros fällt die Bewertung in den Atrienbüros der Gebäude 6 (p = 0,027) und 17 (p = 0,045) aus.

In Abbildung 5-46 sind die Gebäudemittelwerte der Gesamtzufriedenheit mit der Tageslichtsituation in Form von Boxplots für beide untersuchten Jahreszeiten abgebildet. In Gebäude 7 ist die Zufriedenheit mit dem Tageslicht vor allem im Winter im Verhältnis zu den übrigen Gebäuden sehr gering. Dies kann dadurch erklärt werden, dass die Mehrzahl der untersuchten Büros (außer im obersten Geschoss) zu einem Atrium ausgerichtet sind.

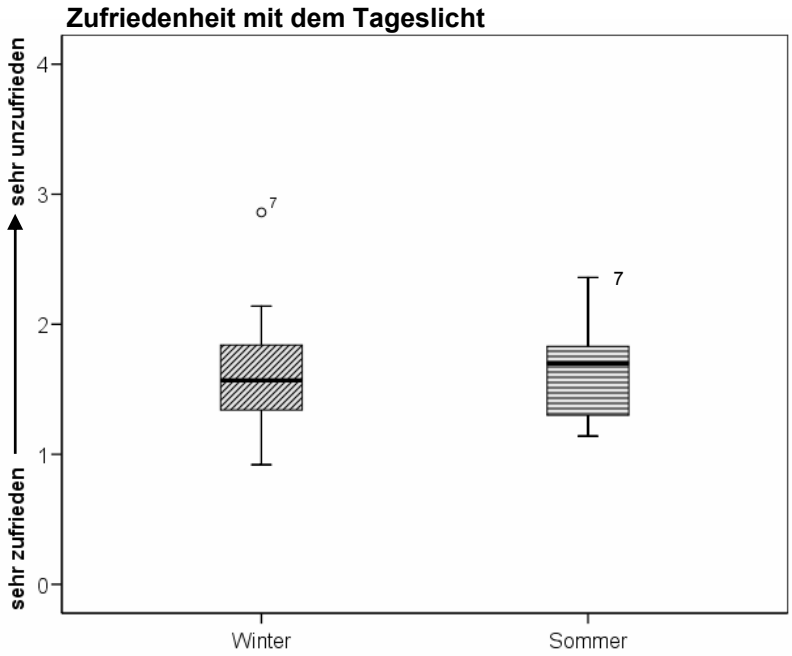


Abbildung 5-46: Boxplots über die Mittelwerte der Zufriedenheit mit dem Tageslicht mit und ohne Verschattung (Zusammengefasst in einen Wert) je Gebäude im Winter und im Sommer

5.4.1.2 Bewertung der Helligkeit und der Blendung

Generell liegen über 50 % der Bewertungen für die Helligkeit im Raum, am Arbeitsplatz und am Bildschirm im Winter im Bereich „genau richtig“ bis „zu dunkel“. Im Sommer trifft dies für den Arbeitsplatz und den Raum zu. Die Belichtung am Bildschirm hingegen wird im Sommer von über 50 % über alle Gebäude betrachtet als „genau richtig“ bis „zu hell“ empfunden. Diese Ergebnisse verdeutlichen die Schwierigkeit, mit Hilfe des Tageslichts ein ausgewogenes Verhältnis für den Raumeindruck und gleichzeitig für das Arbeiten am Bildschirm zu ermöglichen.

In Abbildung 5-47 sind die Helligkeitsbewertungen des Raumes, des Arbeitsplatzes und am Bildschirm zusammengefasst dargestellt.

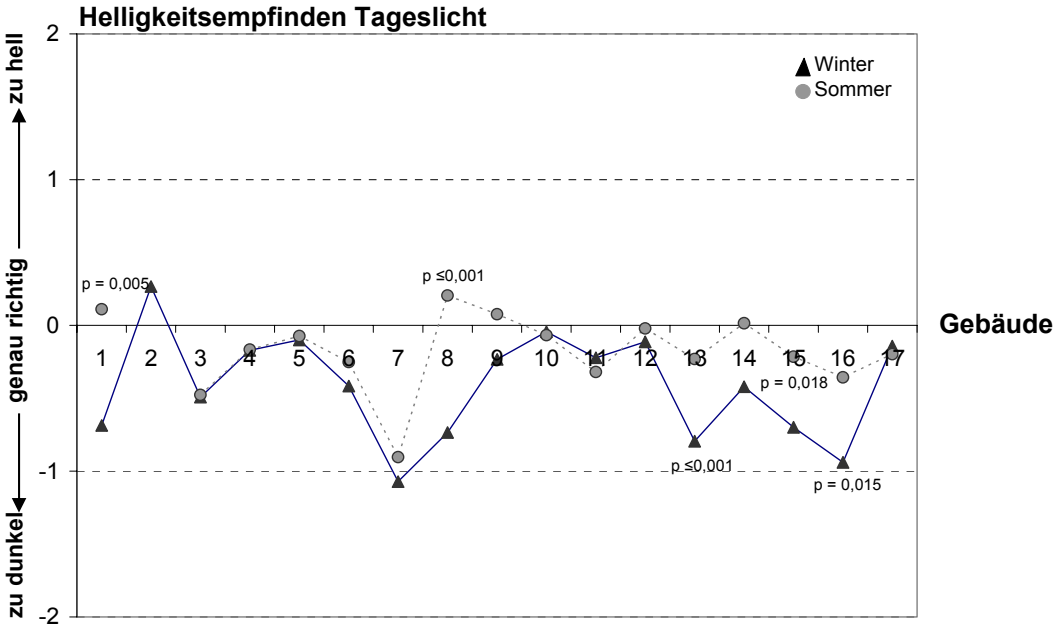


Abbildung 5-47: Mittelwerte der Helligkeitsbewertung (Skala) hinsichtlich der Ausleuchtung durch Tageslicht

Fasst man die Aussagen aus allen untersuchten Gebäuden zusammen, so besteht ein signifikanter Unterschied in der Helligkeitsempfindung zwischen Winter und Sommer ($p \leq 0{,}001$); und zwar werden die Räume bzw. die Arbeitsumgebung im Winter eher als „zu dunkel“ empfunden.

Hingegen ist bezüglich der Angaben zu Blendungserscheinungen kein Unterschied zwischen den Jahreszeiten festzustellen. In Abbildung 5-48 sind die Skalenmittelwerte zu Blendungserscheinungen aufgetragen. Die Werte variieren zwischen den Jahreszeiten nur in wenigen Gebäuden signifikant voneinander.

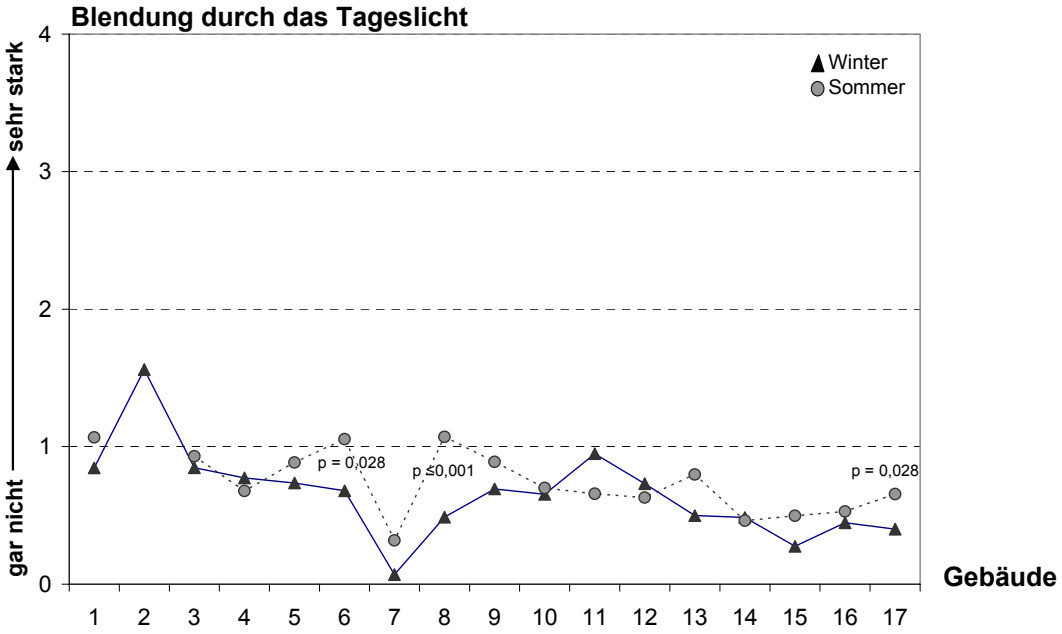


Abbildung 5-48: Mittelwerte der Blendungsempfindungen je Gebäude, Skalenwert aus allen fünf Fragen zur Blendung

Insgesamt wird Blendung zu beiden Jahreszeiten am ehesten am Bildschirm und durch die Fenster benannt (s. Abbildung 5-49). Die Werte liegen im Großen und Ganzen im Bereich „keine Störungen“ bis „geringe Störungen“ durch Blendungserscheinungen. Zumeist sind diese nur temporäre Erscheinungen, denen durch Verschattung der Fenster oder einer Änderung der Sitzposition in der Regel Abhilfe geschaffen werden kann.

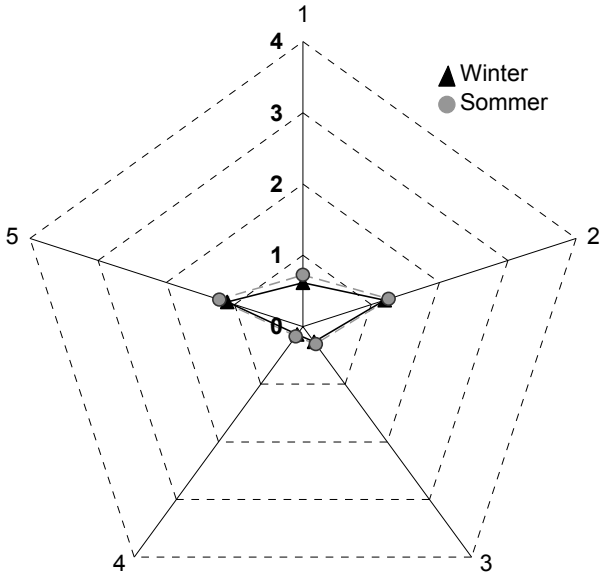


Abbildung 5-49: Mittelwerte der Blendungserscheinungen über alle Gebäude. 1 = Blendung auf den Tischen, 2 = Blendung am Bildschirm, 3 = Blendung Wände, 4 = Blendung Fußboden, 5 = Blendung Fenster. Skala von 0 = „keine Blendung“ bis 4 = „starke Blendung“

5.4.1.3 Ermittelte Einflussfaktoren auf die Zufriedenheit mit dem Tageslicht

Für die Berechnung der Korrelationen wurde aus den Fragen zur Helligkeit und zur Blendung je eine Skala (Cronbach’s Alpha = 0,91 bzw. 0,77), also der Mittelwert aus den Nutzerantworten gebildet.

Es treten schwache bis mittlere Korrelationen zwischen der Zufriedenheit mit dem Tageslicht und der Helligkeitsbewertung am Arbeitsplatz, im Raum und am Bildschirm auf (s. Anhang Tabelle A14). Je dunkler die gesamte Arbeitsumgebung bewertet wird, umso geringer ist die Zufriedenheit mit der Tageslichtsituation. Dieser Effekt wirkt sich stärker noch bei der Bewertung mit Verschattung aus, da dann der Raum bzw. der Arbeitsplatz als noch dunkler empfunden wird.

Nimmt man die Antworten aller befragten Nutzer zusammen, ist kein Zusammenhang zwischen der Zufriedenheit mit dem Tageslicht und den Angaben zu Blendungserscheinungen festzustellen. Indirekt hängen jedoch die Angaben zu den Blendungserscheinungen mit denen der Helligkeitsbewertung zusammen: Das Blendungsempfinden wird durch eine starke Helligkeitswahrnehmung beeinflusst (R_{Winter} = 0,26; $p \leq 0{,}001$/ R_{Sommer} = 0,35).

Die Belichtung im Raum und am Arbeitsplatz wird zu beiden Jahreszeiten tendenziell als eher zu hell bewertet, wenn die Fensterflächen zu groß sind ($R > 0{,}14$; $p = \leq 0{,}001$). Auch die Angaben zum Blendungsempfinden vor allem durch die Fenster aber auch am Bildschirm

stehen in Zusammenhang mit den Angaben zur Bewertung der Fenstergröße (R > 0,16; p ≤ 0,001). Über alle Gebäude betrachtet fällt dieser Effekt kaum auf, da die Varianz in den Antworten zu gering ist: In fast allen Gebäuden wird die Fensterfläche als genau richtig empfunden. Nur in den Gebäuden 1, 2 und 3 wird diese von einer Mehrheit als zu groß empfunden. In Abbildung 5-50 sind die Angaben der Nutzer zur empfundenen Fenstergröße je Gebäude als Boxplots dargestellt.

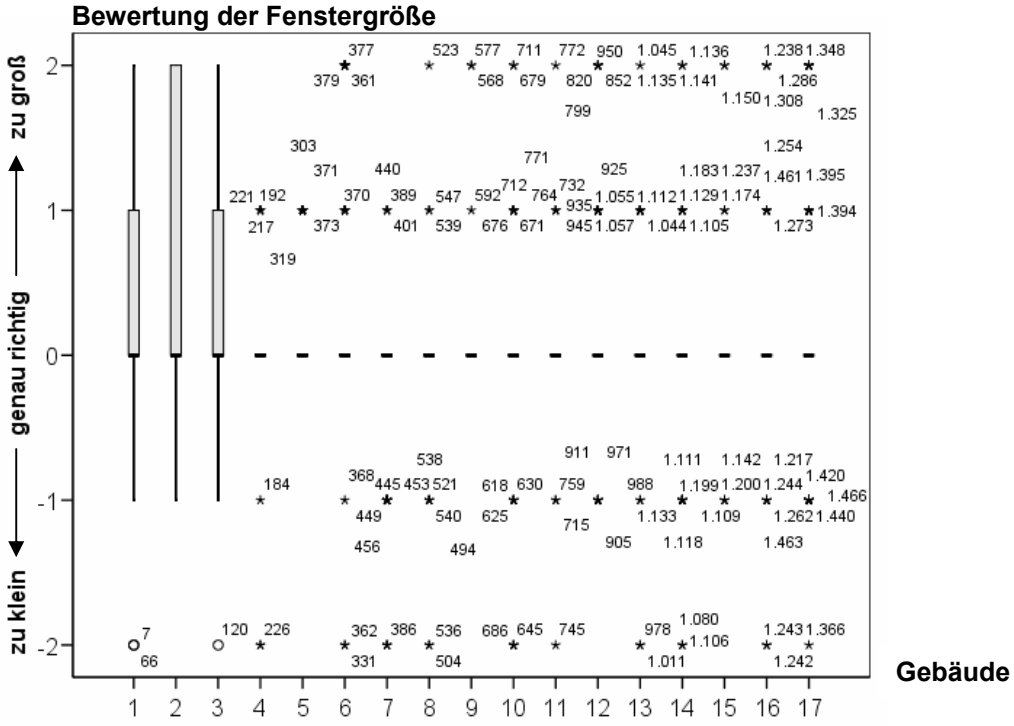


Abbildung 5-50: Boxplots über die Angaben zur empfundenen Größe der Fensterflächen je Gebäude. Hier ist zu sehen, dass in den Gebäuen 4-17 kaum Varianz in den Antworten vorhanden ist. Die Betrachtung der Häufigkeitsverteilung hat ergeben, dass über 75 % der Nutzer in den Gebäuden die Größe der Fenster als genau richtig empfindet.

Bei getrennter Betrachtung dieser drei Gebäude steigt der Korrelationskoeffizient zwischen den Angaben zur empfundenen Fenstergröße und den Blendungserscheinungen im Winter auf R = 0,32 (p ≤ 0,001) und im Sommer sogar auf R = 0,76 (p = ≤ 0,001) an. Interessanterweise ist dies nicht für den Zusammenhang mit der Helligkeitsbewertung festzustellen.

Der Zusammenhang zwischen der Arbeitsplatzentfernung vom Fenster und der Helligkeitsbewertung ist nur schwach ausgeprägt. Dies wird vermutlich durch die fast ausschließlich fensternahen Arbeitsplätze (geringe Varianz in den Antworten) in den Gebäuden verursacht.

In Tabelle 8 sind die Fassaden der einzelnen Gebäude mit ihren durchschnittlichen Verglasungsanteilen beschrieben. Weitere Unterscheidungen z. B. bezüglich eines Minderungsfaktors aufgrund von unterschiedlicher Transmission der Verglasungsarten wurden nicht getroffen, da diese nur für einige der Gebäude bekannt waren. Dasselbe trifft auf eine Unterteilung in Verglasungsanteil in Bezug auf die Hauptnutzfläche zu. Von Hoffmann und Voss [Hoffmann, Voss 2005] wurden für einige der untersuchten Gebäude aus dem Projekt

Solarbau der Fensterflächenanteil in Bezug auf die Hauptnutzfläche untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass der Anteil der Verglasung an der Hauptnutzfläche im Mittel (mit nur geringen Abweichungen) bei 25 % liegt. Dies gilt auch für das Gebäude 2, bei dem der Fensterflächenanteil der Fassade sehr viel höher ist, aber auch die Büroeinheiten entsprechend größer ausfallen. Deswegen und da der Anteil an fensternahen Arbeitsplätzen sehr hoch ist, wurde dieser Wert für die Auswertung nicht als geeignet erachtet.

Tabelle 8: Beschreibung der Gebäude hinsichtlich des Tageslichtangebotes. Dunkelgraue Spalten beinhalten diejenigen Gebäude mit mehr als 60 % Verglasungsanteil in mindestens einer Fassade. a = außen liegender Sonnenschutz, z = im Scheibenzwischenraum (bzw. in der Doppelfassade) liegender Sonnenschutz, i = nur innen liegender Sonnen- und Blendschutz

Gebäude	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Atrium		(x)				x	x					x	x		x		x
Doppel - fassade			x			x						(x)					(x)
Sonnen-schutz	a	z	z	i	a	z	i	a	a	a	a	a	i	a	a	i	(a)
Zusätzlich Blendschutz																	
Vergla-sungsanteil an der Fassade	60	30 - 90	72	33	49	23	55	32	30	45	37	52 - 70	35 - 65	?	39	20 - 71	35

Die Gebäude 1-3 besitzen im Vergleich zu den anderen Gebäuden insgesamt den höchsten Verglasungsanteil. Für eine weiterführende Analyse der Nutzerantworten im Zusammenhang mit dem Verglasungsanteil und der Orientierung der Büros ist aufgrund der zum Teil stark unterschiedlichen Fassadenausbildungen zu den Himmelsrichtungen, aber auch zwischen den Geschossen, eine eindeutige Zuordnung der Sitzplätze notwendig, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung unter anderem aufgrund der Anonymisierung nicht stattfinden konnte.

Die schrittweise Regressionsanalyse hat ergeben, dass im Winter vor allem die Variablen „Belichtung am Arbeitsplatz“ und „Büroeinrichtung“ die Zufriedenheit mit dem Tageslicht beeinflussen. Diese beiden Parameter erklären allerdings nur etwas über 20 % der Variable „Zufriedenheit mit dem Tageslicht“ (s. Anhang Tabelle A15).

Im Sommer haben noch weitere Variablen Einfluss auf die Gesamtzufriedenheit mit dem Tageslicht: Neben der „Belichtung am Arbeitsplatz“ hat die Belichtung des gesamten Raumes einen Einfluss auf die Bewertung. Weitere Faktoren sind die empfundene „Blendung durch die Fenster“ und das „Farbkonzept“ der Räume. Trotz der erhöhten Anzahl von Einflussfaktoren im Sommer ist der erklärte Anteil der Varianz an der Variable „Zufriedenheit mit dem Tageslicht“ geringer und beträgt nun noch etwa 17 %.

Dies verdeutlicht, dass Helligkeit und Blendung neben der Zufriedenheit mit dem Farbkonzept und der Büroeinrichtung (Aufteilung, Größe, Positionierung der Arbeitsplätze) nicht

ausreichen, um die Zufriedenheit mit dem Tageslicht zu beschreiben. Andere, vermutlich stärker affektiv und emotional bedingte Einflussfaktoren spielen in Bezug auf die Tageslichtbewertung offensichtlich eine sehr viel größere Rolle.

Die Tageslichtsituation wird insgesamt von Frauen etwas schlechter bewertet als von Männern. Der Mittelwert der Bewertung über alle Gebäude liegt für die Frauen im Bereich „akzeptabel“. Männer sind diesbezüglich etwas zufriedener (s. Anhang Tabelle A16 und A17). Dieser Unterschied ist signifikant ($p = 0{,}03$). Die Unterscheidung hängt vor allem von der Bewertung mit verschatteten Fenstern/ Fassadenflächen ab: Die Tageslichtsituation mit Verschattung wird von Frauen signifikant schlechter bewertet als von Männern ($p = 0{,}002$). Bei der Bewertung ohne Verschattung tritt kein Unterschied auf.

Die Unterscheidung nach Alterskategorien zeigte keinen nachweisbaren Einfluss auf die Bewertung der Helligkeit, der Blendung oder der allgemeinen Tageslichtbewertung.

5.4.1.4 Bedeutung der Zufriedenheit mit dem Tageslicht für die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz

Über alle Gebäude sowie über beide Jahreszeiten betrachtet korrelieren die Bewertungen der Tageslichtsituation mit und ohne Verschattung nur schwach miteinander ($R = 0{,}31$; $p \leq 0{,}001$). Einzeln betrachtet ist dieser Zusammenhang in vielen Gebäuden jedoch stärker ausgeprägt; das heißt, dass die Zufriedenheit mit dem Tageslichtangebot mit und ohne Verschattung ähnlich ausfällt. Nur in Gebäuden, in denen der Sonnenschutz einen zu dunklen Raumeindruck (oder Farbveränderungen) hervorruft, weichen die Angaben innerhalb der Gebäude stärker voneinander ab.

In Abbildung 5-51 ist die berechnete Wichtigkeit der Tageslichtsituation (mit und ohne Verschattung zusammengefasst) für die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz getrennt nach Winter und Sommer für die einzelnen Gebäude dargestellt. Nicht immer ist das Ergebnis der Korrelation signifikant. Die entsprechenden Datenpunkte wurden in der Darstellung ausgelassen. An der Anzahl der Punkte im Koordinatenkreuz ist bereits zu erkennen, dass im Winter in mehr Gebäuden das Tageslicht einen signifikanten Stellenwert für die Gesamtzufriedenheit hat als im Sommer.

In den meisten der untersuchten Gebäude ist die Zufriedenheit mit dem Tageslichtangebot zu beiden Jahreszeiten recht hoch.

Vor allem in den Gebäuden 3, 6, 7, 13 und 16 besteht Optimierungsbedarf hinsichtlich der Tageslichtsituation und der damit zusammenhängenden Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz. Die Gebäude 6, 7 und 13 haben einen großen Anteil an Atrienbüros. Hier wird es schwierig sein, etwas an der Tageslichtqualität in den Büros zu verändern.

Deshalb sollte bereits in der Planungsphase von Gebäuden auf eine gute Belichtung der Büros geachtet werden. Dabei spielen vor allem die Proportionen der Räume, die Lage und Größe der Fensterflächen und die Farbgebung der Oberflächen eine wichtige Rolle. Lichtlenkende Systeme können zudem helfen, eine bessere Raumausleuchtung zu schaffen [BINE 2000].

In den Gebäuden 3 und 16 besteht der Optimierungsbedarf aller Voraussicht nach in einer Veränderung der Verschattungssysteme (Farbgebung bzw. bessere Abschattung).

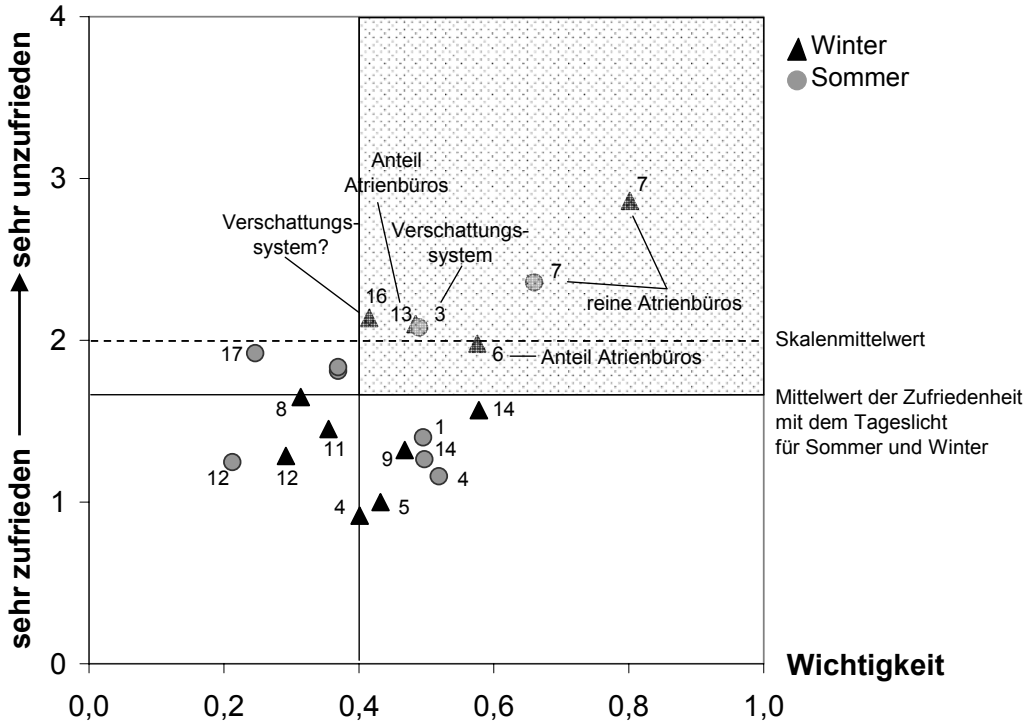


Abbildung 5-51: Handlungsrelevanzmatrix der Zufriedenheit mit dem Tageslicht über die Gewichtung für die die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz

Der Einfluss der Tageslichtsituation bzw. der Zufriedenheit mit dem Tageslichtangebot auf das Wohlbefinden wird in 5.5.1 beschrieben.

5.4.2 Ergebnisse zum Kunstlicht

Bei der heute üblichen Planung von künstlicher Beleuchtung für Büroräume wird überwiegend auf die Einhaltung der lichttechnischen Gütemerkmale geachtet: Licht soll in ausreichender Menge vorhanden sein (optimales Erkennen von Arbeitsmittel/ Aufgaben). Es darf nicht blenden. Farbwiedergabe und Blendung sollen dem Anwendungszweck angemessen sein. Neben der Beleuchtungsstärke sind die Lichtfarbe, die Leuchtdichteverteilung und die Farbgebung der Raum umschließenden Flächen einschließlich der Reflexionsgrade weitere Einflussfaktoren auf die Bewertung der Kunstlichtsituation. Um Energie zu sparen, wird außerdem häufig eine tageslichtabhängige Beleuchtungsregelung vorgesehen. Diese hat die Aufgabe, die Beleuchtungsstärke auf der Nutzebene konstant zuhalten.

Bestimmungen für die Auslegung von künstlicher Beleuchtung an Arbeitsplätzen sind in verschiedenen Normen festgehalten. Die hauptsächlichen sind die:

- ASR 7/3 künstliche Beleuchtung und die
- DIN EN 12464-1 (ehemals E DIN 5035-7): „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten und Innenräumen“.

In den untersuchten Gebäuden sind zum größten Teil vor allem auf Energieeinsparung bedachte Beleuchtungskonzepte verwirklicht worden. Dies sind zum einen tageslichtabhängig gedimmte Stehleuchten, Präsenzmelder sowie Kombinationen von indirekten und direkten Lichtanteilen bei Decken- und Stehleuchten. Tischleuchten wurden in einigen Gebäuden aus energetischen und konzeptionellen Gründen vermieden.

Untersuchung von Fleischer [Fleischer 2001] im Labor und in Großraumbüros haben ergeben, dass viele Beleuchtungsanlagen, die allen diesen Vorgaben gerecht werden, trotzdem nur eine geringe Benutzerakzeptanz erreichen. Die Lichtsituation in solchen Räumen besitzt also anscheinend eine negative Komponente, die sich nicht mit den von der Normung vorgegebenen Gütemerkmalen erfassen lässt.

Dass Kunstlicht eine psychologische und physiologische Wirkung auf den Menschen hat, wurde bereits in Labor- aber auch in Feldversuchen nachgewiesen (z. B. die motivierende und gegen depressive Verstimmungen wirkende, tageslichtweiße, künstliche Beleuchtung).

Da Messungen zu den Faktoren der künstlichen Beleuchtung im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht durchgeführt wurden, sollte in erster Linie ermittelt werden, ob es Unterschiede in der jahreszeitlichen Bewertung des Kunstlichtes gibt und inwieweit diese von dem Helligkeits- sowie dem Blendungsempfinden abhängt. Als weitere Einflussfaktoren wurden die Bewertung des Tageslichtes in den Gebäuden sowie die allgemeine Bewertung der Büroausstattung sowie des Farbkonzeptes vermutet. Zudem wurden Zusammenhänge zwischen den Angaben zur Zufriedenheit mit dem Kunstlicht und gesundheitlichen Beschwerden wie z. B. Kopfschmerzen während der Arbeitszeit angenommen.

Die Fragen zum Thema Kunstlicht betreffen die Helligkeit am Arbeitsplatz, am Bildschirm und im gesamten Raum sowie auftretende Blendung auf unterschiedlichen Flächen und durch die Leuchten. Abschließend konnte die allgemeine Qualität der künstlichen Beleuchtung im Büro bewertet werden.

In Abbildung 5-52 sind die Mittelwerte der Zufriedenheit mit dem Kunstlicht aufgetragen. Diese liegen in allen Gebäuden im Bereich „zufrieden“ bis „mäßig zufrieden“ mit dem Kunstlicht. Keiner der Werte gilt als Ausreißer in der Bewertung. Die erfragte Zufriedenheit unterscheidet sich in keinem der Gebäude zwischen der Sommer- und der Winterbefragung ($p > 0{,}05$). Das Ergebnis überrascht, da anzunehmen gewesen wäre, dass z. B. in Gebäuden mit höherer Unzufriedenheitsrate im Winter diese im Sommer niedriger sei, da man dann weniger auf das Kunstlicht angewiesen ist.

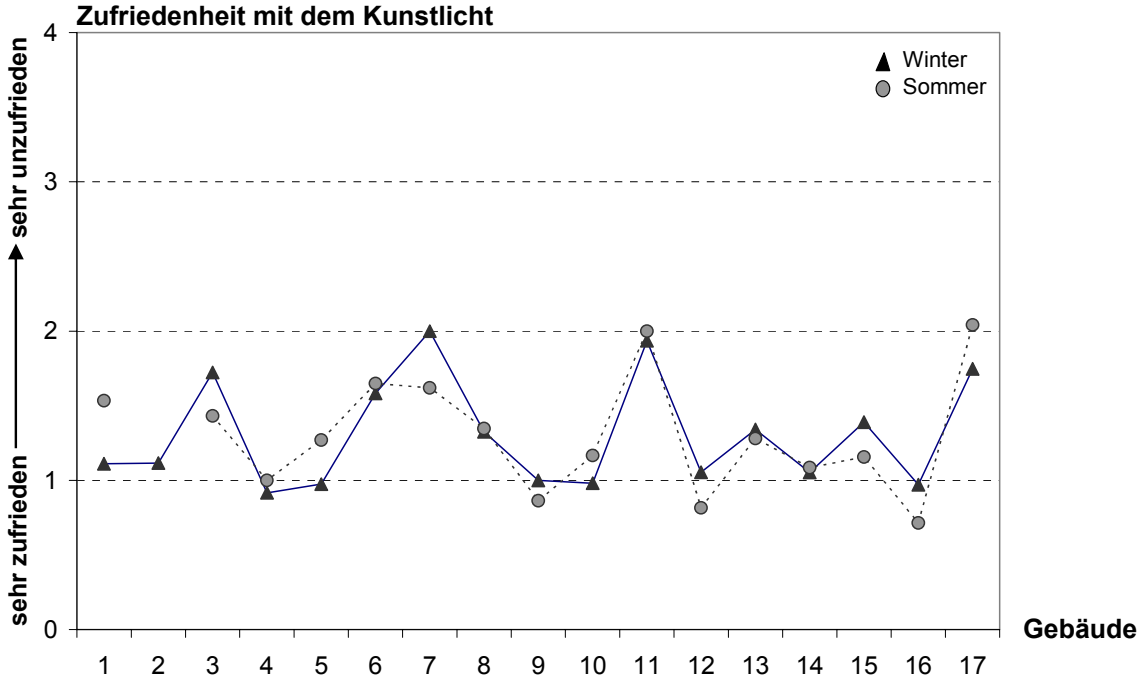


Abbildung 5-52: Mittelwerte der Zufriedenheit mit dem Kunstlicht in den Gebäuden im Sommer und im Winter

Insgesamt waren sowohl im Winter als auch im Sommer 65 % der Nutzer in den evaluierten Gebäuden „zufrieden“ oder „sehr zufrieden“ mit der künstlichen Beleuchtung an ihrem Arbeitsplatz. Weniger als 10 % der Nutzer geben zu beiden Jahreszeiten an, durch das Kunstlicht „manchmal“ bis „immer“ geblendet zu werden.

Die jeweiligen Angaben zur Helligkeit der Beleuchtung im Raum, am Arbeitsplatz und am Bildschirm werden nicht unterschiedlich zwischen den Jahreszeiten bewertet. Über 65 % der befragten Nutzer empfinden die Helligkeit des Kunstlichtes als „genau richtig“. Von den weiteren 35 % wird die Beleuchtung im Raum und am Arbeitsplatz tendenziell als „eher zu dunkel“ bewertet; am Bildschirm ist das Verhältnis zwischen der Bewertung „eher zu hell“ und „eher zu dunkel“ gleich. In Abbildung 5-53 sind die Angaben zur Helligkeitsbewertung des Kunstlichtes der einzelnen Gebäude als Mittelwert der Helligkeits-Skala dargestellt. Der Cronbach’s Alpha Koeffizient für die drei Fragen der Helligkeitsbewertung liegt bei 0,882. Die Fragen zur Helligkeit können also zu einer Skala zusammengefasst werden.

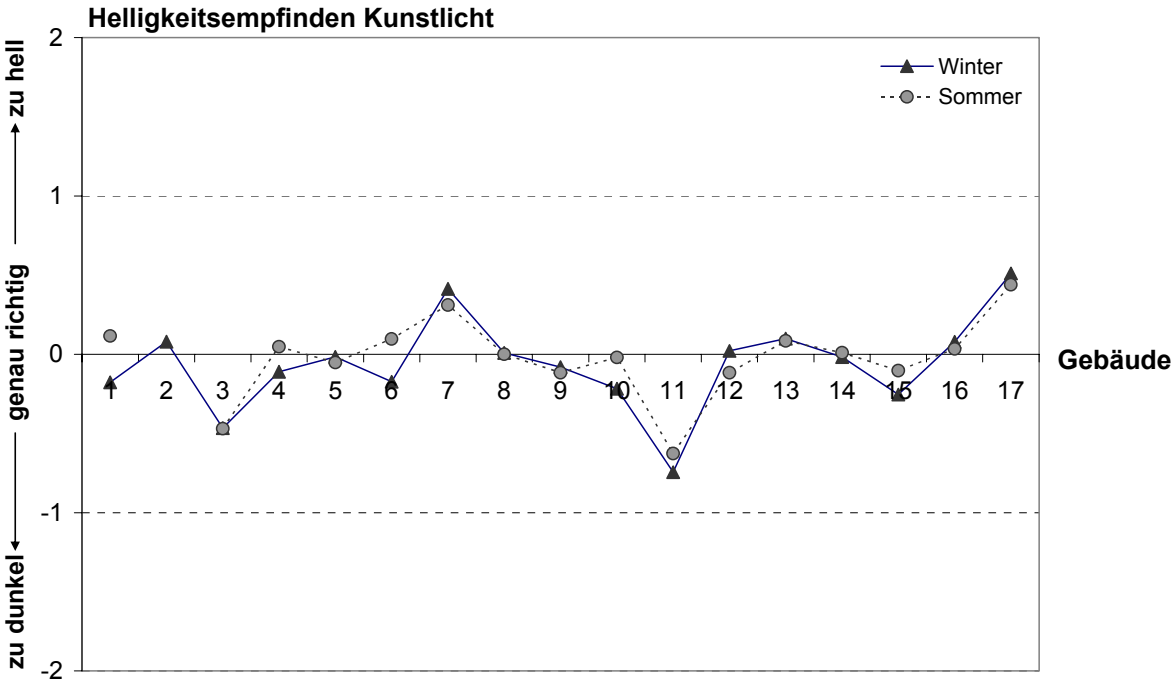


Abbildung 5-53: Skalenmittelwerte der Helligkeitsbewertung je Gebäude für Sommer und für Winter

Die Kunstlichtbewertung hängt über alle Gebäude betrachtet nur schwach mit der Tageslichtbewertung zusammen (R_{Winter}/ R_{Sommer} = 0,29/ 0,26; $p \leq 0{,}001$). Bezogen auf die einzelnen Gebäude weichen die Korrelationskoeffizienten zum Teil stark voneinander ab. Folgende Korrelationen wurden festgestellt:

- Keine Korrelation zwischen der Zufriedenheit mit dem Kunstlicht und den Angaben zu Blendung durch die künstliche Beleuchtung und zur empfundenen Helligkeit (z. B. in Gebäude 2).
- Zusammenhang zwischen der Zufriedenheit mit dem Tageslicht und mit dem Kunstlicht (z. B. in Gebäude 3 mit R = 0,72; $p \leq 0{,}001$). Hier korrelieren auch die Angaben zur Zufriedenheit mit dem Kunstlicht und den Helligkeitsangaben zum Kunstlicht (-0,57; $p \leq 0{,}001$ mit dem Skalenwert zur Helligkeit).
- Korrelation zwischen der Zufriedenheit mit dem Kunstlicht und den Angaben zur Helligkeit im Raum, am Arbeitsplatz oder am Bildschirm (nicht jedoch mit dem Skalenwert zur Helligkeit) (z. B. in Gebäude 1 ($R_{Arbeitsplatz}$ = -0,76; $p \leq 0{,}001$/ $R_{Bildschirm}$ = -0,62; $p \leq 0{,}001$), 11 ($R_{Arbeitsplatz}$ = -0,63; $p \leq 0{,}001$/ R_{Raum} = -0,62; $p \leq 0{,}001$) und 17 ($R_{Arbeitsplatz}$ = 0,43; $p \leq 0{,}001$/ R_{Raum} = 0,49; $p \leq 0{,}001$).

Den Ergebnissen nach zu urteilen kommt es auf die Lichtverhältnisse in unterschiedlichen Bereichen an, von welchen Faktoren die Zufriedenheit mit dem Kunstlicht abhängt. In einigen Gebäuden steigt die Unzufriedenheit mit „zu dunkel“ empfundener Belichtung, z. T. auch in Abhängigkeit mit der Tageslichtsituation und der Verschattung wie z. B. in Gebäude 3. In anderen Gebäuden steigt die Unzufriedenheit mit dem Kunstlicht mit „zu hell“ empfundener Belichtung, wie z. B. in Gebäude 17.

Wenn man die Ergebnisse aus Abbildung 5-52 in Zusammenhang mit den unterschiedlichen Korrelationskoeffizienten zwischen der Zufriedenheit mit dem Kunstlicht und der Helligkeitsbewertung betrachtet, wird deutlich, dass die empfundene Helligkeit nur in einigen Fällen der hauptsächlich beeinflussende Faktor auf die Nutzer ist.

Die Regressionsanalyse hat ergeben, dass Im Winter „Blendungserscheinungen durch die Leuchte“ (hauptsächlich durch die Schreibtischleuchte), die „Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung insgesamt“ und die „Zufriedenheit mit der Tageslichtsituation“ die hauptsächlich beeinflussenden Faktoren auf die Zufriedenheit mit dem Kunstlicht sind. Diese drei Faktoren erklären jedoch nicht einmal 20 % der Varianz der Variable „Zufriedenheit mit dem Kunstlicht“. Im Sommer sind die nachgewiesenen beeinflussenden Faktoren die Blendung durch Kunstlicht auf dem Bildschirm und die Zufriedenheit mit dem Farbkonzept im Raum. Diese beiden Faktoren erklären jedoch auch nur 32 % der Varianz der Variable „Zufriedenheit mit dem Kunstlicht“.

Hinsichtlich der Gebäude 7, 11 und 17, in denen die Zufriedenheit mit der Kunstlichtsituation im Verhältnis mit den anderen Gebäuden am negativsten ausfällt, hat die Regressionsanalyse ergeben, dass jeweils unterschiedliche Faktoren einen Einfluss auf die Kunstlichtbewertung haben. In Gebäude 7 sind dies hauptsächlich das Farbkonzept sowie die Helligkeit am Arbeitsplatz und im Raum, in Gebäude11 die Beleuchtung am Arbeitsplatz und Blendungserscheinungen durch die künstliche Beleuchtung auf der Tischfläche und in Gebäude 17 die Beleuchtung im Raum.

In den Textangaben werden am ehesten die Positionierung der Deckenleuchten (nicht auf die Arbeitsplätze abgestimmt), die zu grelle Lichtfarbe oder fehlende Tischleuchten bemängelt.

Wie das Tageslicht wird auch das Kunstlicht von den Frauen signifikant schlechter bewertet als von Männern (s. Anhang Tabelle A16). Allerdings ist der Unterschied sehr gering und liegt in beiden Fällen zwischen den Bewertungen „zufrieden“ und „akzeptabel“. Untersuchungen von Leslie [Leslie et al. 1990] haben ergeben, dass Männer generell höhere Beleuchtungsstärken wählen als Frauen. Dies kann durch das Ergebnis der vorliegenden Untersuchung insofern bestätigt werden, dass Frauen im Mittel die Beleuchtung im Raum und am Arbeitsplatz als „genau richtig“ empfinden und Männer im Mittel als „eher zu dunkel“ ($p \leq 0{,}001$). Bezüglich der Helligkeitsbewertung durch Kunstlicht am Bildschirm gibt es keine signifikanten Unterschied.

Hinsichtlich der prozentualen Angaben zur Bildschirmarbeit, Arbeit am Schreibtisch und Besprechungen konnte kein Zusammenhang mit der Zufriedenheit mit dem Kunstlicht oder der Helligkeitsbewertung bzw. Blendungsangaben festgestellt werden.

In Abbildung 5-54 ist die berechnete Wichtigkeit der Kunstlichtsituation für die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz getrennt nach Winter und Sommer für die einzelnen Gebäude dargestellt. Nicht immer ist das Ergebnis der Korrelation signifikant. Die entsprechenden Datenpunkte wurden in der Darstellung ausgelassen. Zum Teil ändert sich die Gewichtung der Bedeutung des Kunstlichtes für die Gesamtzufriedenheit zwischen den Jahreszeiten.

Auch wenn in Gebäude 6 die Bedeutung der Zufriedenheit mit dem Kunstlicht für die Gesamtzufriedenheit am größten ist, so scheint doch insgesamt kein ganz dringender Handlungsbedarf zu bestehen, da die Zufriedenheit mit dem Kunstlicht noch im Bereich „zufrieden“ bis „akzeptabel“ liegt.

Der Stellenwert des Kunstlichtes für die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz ist insgesamt zu beiden Jahreszeiten gleich (R ~ 0,30; p ≤ 0,001). Er verändert sich nur zum Teil innerhalb der Gebäude.

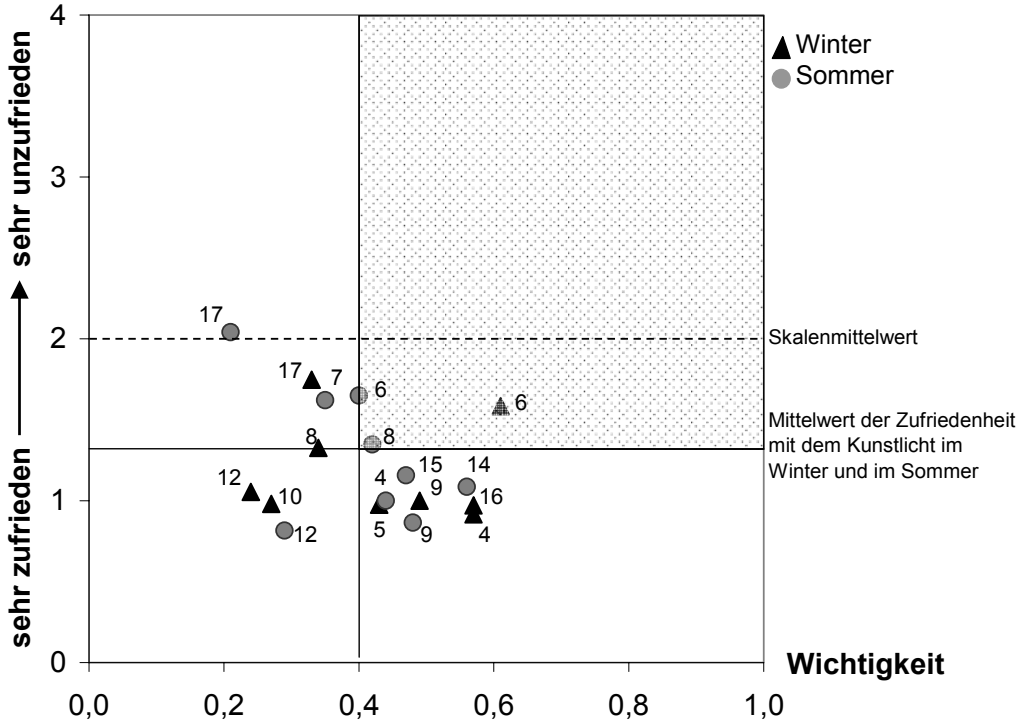


Abbildung 5-54: Handlungsrelevanzmatrix der Zufriedenheit mit dem Kunstlicht über der Gewichtung für die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz

Die Zufriedenheit mit dem Kunstlicht ist im Allgemeinen als recht hoch einzustufen, was es zum Teil schwierig macht, Einflussfaktoren auf die Bewertung zu analysieren. Zudem unterscheiden sich die Gründe für eine positive oder negative Bewertung in den einzelnen Gebäuden wohl hauptsächlich aufgrund der verschiedenen realisierten Beleuchtungs-Konzepte.

5.5 Gesundheit und Konzentrationsfähigkeit

Zunehmender Markt- und Zeitdruck verändert die Belastungsprofile der Büroarbeit. Es wurde eine Zunahme von psychischen und psychosozialen Belastungen in der Büroarbeit festgestellt [vgl. unter anderem Kleinbeck 1996, Pech 2002]. Vor allem die andauernde Softwaremodernisierung hat einen Einfluss auf das gestiegene Anforderungsniveau von Büroarbeit.

Durch psychische Belastungen am Arbeitsplatz können Stress und Ermüdung auftreten. Stress, psychische Ermüdung, Monotonie und psychische Sättigung sind kurzzeitige, beeinträchtigende Folgen von Über- und Unterforderung, die erfassbar sind und im Verlauf eines Arbeitstages auftreten können (Definition zu psychischer Belastung und Beanspruchung in [DIN 33 405]). Laut einer Befragung von Beschäftigten einer Computerfirma steigen Befindlichkeitsstörungen und ärztlich diagnostizierte Krankheiten infolge des Stressors „Arbeitsverdichtung“ signifikant an [Wilkening 1998]. Dies hat einen nachweisbaren Einfluss auf die Gesundheit und die sichere und effektive Tätigkeitsausführung.

Laut BIBB/IAB-Erhebung [BIBB/IAB 2002] steht starker Termin- und Leistungsdruck mit einem Bewertungsmittel von 3,5 Skalenpunkten (Bewertungsskala von 1–5) an erster Stelle für Beeinträchtigungen gefolgt von Störungen bei der Arbeit mit 3,3 Skalenpunkten sowie „neue Arbeiten und verschiedene Arbeiten oder Vorgänge gleichzeitig verrichten“ mit 3,2.

Eine europaweite Umfrage in den Jahren 1991 und 1992 über die Arbeitsumwelt hat ergeben, dass der Anteil der Beschäftigten, der sich über Stress verursachende Organisationsprobleme beklagen, größer ist als derjenige Anteil, der sich über physische Probleme beschwert. Dabei ergaben sich folgende Angaben [Richter, 2000, S. 27]:

- 20% stehen ständig unter hohem Zeitdruck.
- 35-40% beklagen sich über mangelnden Einfluss bei der Arbeit.
- 25% haben ständig wiederkehrende Aufgaben kurzer Dauer als Dauerproblem.
- 60% geben ständig wiederkehrende Aufgaben als zeitweises Problem an.

Dabei gibt es nach Branchen, aber auch nach einzelnen Berufsgruppen große Unterschiede in der Höhe des Krankenstandes [Drupp in Schneider et al. 2003].

Weitere Stress auslösende Ursachen sind nach Richter und Hacker [Richter 2000/ Hacker 1998]:

- Reizarmut der Gesamtsituation, z. B. durch Dunkelheit oder schwache Beleuchtung.
- Eintönig-rhythmische Dauerreize mittlerer Intensität, z. B. durch gleichförmige Fahrgeräusche in einem Wagen.
- Fehlende Möglichkeit zur körperlichen Bewegung zusammen mit Wärme im Arbeitsraum.

Demnach hat auch das Gebäude einen Einfluss auf das Wohlbefinden und die Arbeitseffektivität. Somit sollte die Arbeitsumgebung in jedem Fall so gestaltet werden, dass den Menschen am Arbeitsplatz ein konzentriertes und „behagliches“ Arbeiten ermöglicht wird.

5.5.1 Ergebnisse zur empfundenen Gesundheit am Arbeitsplatz

Zwei der zu Beginn formulierten Hypothesen der Untersuchung lauten:

6) Die Zufriedenheit mit individuellen, das Gebäude betreffenden Parametern hat einen Einfluss auf das Wohlbefinden und die subjektive Einschätzung der Gesundheit der Nutzer.
7) Arbeitsbedingte Faktoren haben einen Einfluss auf das Wohlbefinden und die Bewertung der gebäudebezogenen Zufriedenheiten.

So wurden neben den in Abschnitt 5.5 genannten Einflussfaktoren hinsichtlich der Arbeitsbelastung auf die empfundene Gesundheit am Arbeitsplatz auch Zusammenhänge mit den gebäudebezogenen Parametern untersucht. Allerdings war zu diesem Zeitpunkt noch offen, welche die vorherrschenden Einflussfaktoren sind. Mit in die Analyse einbezogen wurden neben den das Gebäude betreffenden individuellen Zufriedenheitsparametern alle Variablen, die bezüglich empfundener Belastung bei der Arbeit im Fragebogen evaluiert werden. Darunter zählen unter anderem „Zeitdruck“, „Störungen während der Arbeit“, „Verantwortung“, „Unterforderung“ und das „Verhältnis zu Kollegen und Vorgesetzten“.

Die Darstellungsweise der Handlungsrelevanzmatrix ermöglicht einen guten Weg, einzelne Gebäude mit ihren Schwachstellen und Zusammenhängen zwischen einzelnen Parametern darzustellen. Da jedoch die Korrelationen zwischen den Jahreszeiten und zwischen den einzelnen Gebäuden zum Teil stark abweichen, wurde anhand einer weiteren Methode untersucht, inwieweit übergeordnete Zusammenhänge zwischen den Parametern existieren und in welcher Weise diese das Wohlbefinden am Arbeitsplatz möglicherweise beeinflussen.

Indem man nur bivariate Korrelationen berücksichtigt, wird oft übersehen, dass Störeinflüsse zwischen mehreren Variablen auftreten können. Und die Regressionsanalyse berücksichtigt meist nur wenige Variablen als Einflussfaktoren auf einen Parameter. Weitere Faktoren, die auch einen Einfluss haben können, werden dann zu früh aus der Analyse ausgeschlossen.

Um zu sehen, ob ein Zusammenhang zwischen der empfundenen Gesundheit während der Arbeit und den arbeitsplatz- bzw. arbeitsbezogenen Parametern besteht, wurde eine konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) gerechnet (s. Abschnitt 4.2.11).
Aufgrund der zuvor ermittelten saisonalen Unterschiede in der Bewertung einiger Parameter wurde der Datensatz in „Winter“ und „Sommer“ aufgeteilt. Für eine Kreuzvalidierung wurden diese beiden Datensätze nochmals in je zwei Datensätze unterteilt, einen Entwicklungsdatensatz (trainig data) und einen Testdatensatz (testing data) (s. Tabelle 9).

Tabelle 9: Anzahl der befragten Nutzer in den Gruppen für die Entwicklung und Bestätigung des Modells

	Gruppen		Gesamt
	Training data	Testing data	
Winter	299	203	502
Sommer	500	328	828
Gesamt	799	531	1330

In einem ersten Schritt wurden alle Zufriedenheitsparameter im CFA-Modell berücksichtigt, aber es wurde keine zuverlässige Lösung gefunden. Das Modell passte nicht zu den Daten.

Deshalb wurden die nicht geeigneten Variablen (Zufriedenheitsparameter) wie z. B. die „Zufriedenheit mit dem Kunstlicht“ und die „Zufriedenheit mit der Sauberkeit am Arbeitsplatz“ von der Analyse ausgeschlossen und die Vorschläge mit den größten Verbesserungen der Modellpassung von AMOS wurden dazu genutzt, ein Modell mit besserer Passung zu erhalten [Byrne 2002]. Das resultierende Modell hatte eine weitaus bessere Passung (X^2= 532,390; df = 285; p < 0,001 X^2 / df = 1,868; TLI = ,930; CFI = 0,947; RMSEA = 0,033).

Diese Analyse wurde innerhalb des Entwicklungsdatensatzes für den Sommer und für den Winter durchgeführt. Die Kreuzvalidierung mit den Testdaten zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Modellen (df-Unterschied = 27; X^2-Unterschied = 34,519; p = 0,151).

In einem abschließenden Schritt wurde gezeigt, dass der Unterschied zwischen dem Winter und dem Sommermodell signifikant ist (df-Unterschied = 14; X^2-Unterschied = 31,380; p = 0,005), so dass davon ausgegangen werden kann, dass unterschiedliche Zusammenhänge zwischen Winter und Sommer bestehen.

Im Folgenden werden die beiden Modelle anhand der kompletten Winter- und Sommerdatensätze diskutiert (N_{Winter} = 502; N_{Sommer} = 838). Die Modelle weisen eine akzeptable Passung auf (X^2 = 680,925; df = 284; p < 0,001 X^2 / df = 2,398; TLI = 0,933; CFI = 0,950, RMSEA = 0,032).

Anhand der Faktorenanalyse wurden die einzelnen Fragen nach der empfundenen Gesundheit am Arbeitsplatz drei unterschiedlichen Faktoren zugeordnet. Diese sind sowohl für das Winter- als auch für das Sommermodell gültig und wurden mit „Konzentration“, „Krankheit“ (wie z.B. Erkältung) und „empfundene Trockenheit“ bezeichnet (s. Abbildung 5-55).

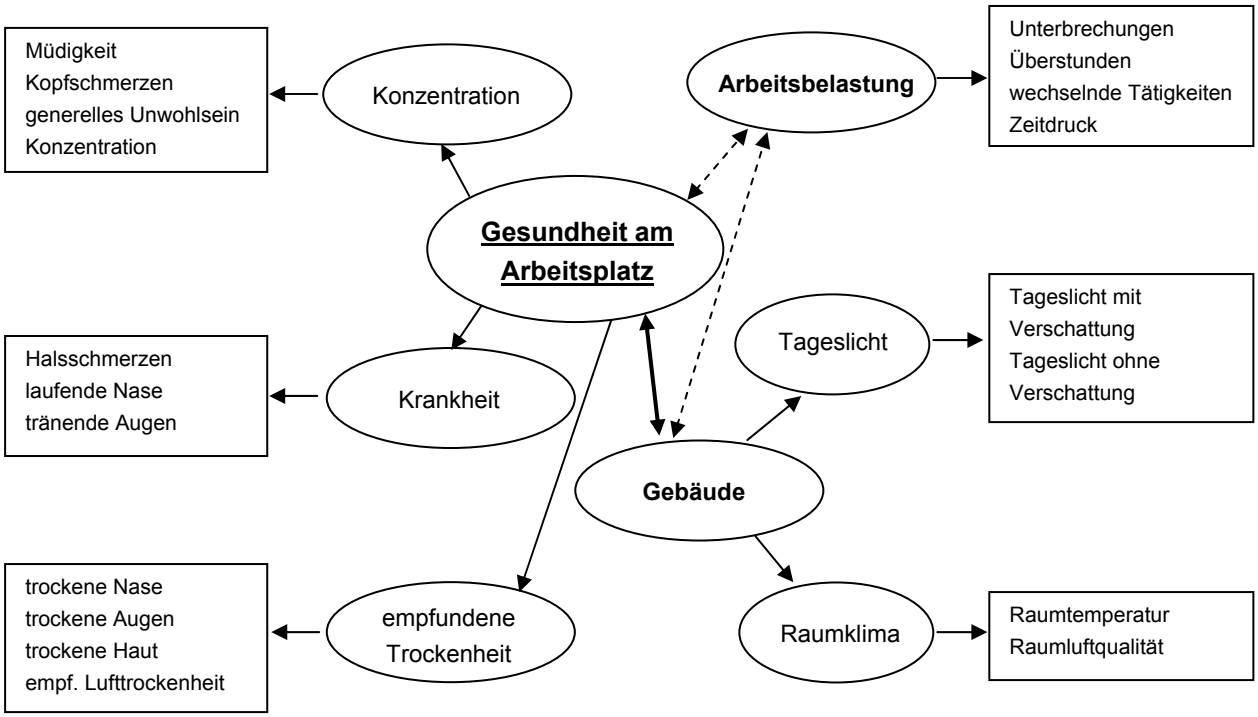


Abbildung 5-55: Strukturgleichungsmodell. Zusammenfassung der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Faktoren

Der Parameter „Krankheit" zeigt die schwächste erklärte Varianz (vermutlich da, wenn jemand wirklich krank ist, diejenige Person zu Hause bleibt und somit die Varianz in den Antworten automatisch gering ist). Andere Variablen wie z. B. „Verspannungen im Rücken" wurden aufgrund einer zu geringen Passung aus dem Modell ausgeschlossen.

Der Faktor „Gesundheit am Arbeitsplatz", der sich aus den drei genannten Parameter zusammensetzt, weist eine gute Passung für die Winter- und die Sommerdaten auf. Weitere Faktoren sind „Arbeitsbelastung" und die zwei gebäudebezogenen Faktoren „Tageslicht" und „Klima". Auch in diesem Zusammenhang wurden andere Gebäude bezogene Faktoren aufgrund einer nicht ausreichenden Passung aus dem ursprünglichen Modell ausgeschlossen. Am wenigsten geeignet für das Modell war die „Zufriedenheit mit dem Kunstlicht".

Andere Parameter, wie z. B. die „Geräuschbelastung am Arbeitsplatz" und die „Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung", zeigten einen Einfluss, mussten aber dennoch zugunsten einer besseren Passung der Kennwerte aus dem Modell ausgeschlossen werden. Allerdings sollten diese Faktoren bei der Planung eines komfortablen Arbeitsplatzes keinesfalls vernachlässigt werden.

Die standardisierten Regressionskoeffizienten für das Winter- und das Sommermodell sind in Tabelle A19 im Anhang zu finden. Dieser kann entnommen werden, dass die arbeitsbezogenen Faktoren (Stress etc.) sowohl mit der empfundenen Gesundheit am Arbeitsplatz als auch mit der Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz (an dieser Stelle ausgedrückt in der Zufriedenheit mit dem Tageslicht und dem Raumklima) nur schwach korrelieren (s. auch Abbildung 5-55). Dies trifft sogar noch stärker für den Winter als für den Sommer zu.
Die Angaben zu Überstunden, Zeitdruck und Störungen bei der Arbeit entsprechen dabei in etwa den Angaben aus anderen Untersuchungen [Richter 2000, S. 27]: 15 % geben an, „häufig" oder „immer" unter Überstunden zu leiden; zwischen 26 % und 27 % antworten in den Kategorien „häufig" und „immer" bezüglich Störungen während der Arbeit und „Belastung durch Zeitdruck".

Hingegen weisen die arbeitsplatzbezogenen Zufriedenheitsparameter „Zufriedenheit mit dem Tageslicht" und „Zufriedenheit mit dem Raumklima" einen hohen Zusammenhang mit der empfundenen Gesundheit am Arbeitsplatz auf (Winter: R = 0,83/ Sommer: R = 0,72).

Das Modell zeigt auch, dass im Winter ein schwacher Einfluss der empfundenen Trockenheit der Raumluft auf den Raumklimafaktor besteht (R = -0,23). Im Sommer ist dieser Einfluss so gering, dass man diesen Parameter ohne Verlust an der Modellpassung auf Null setzen kann. Zudem ist die Passungsgüte zwischen der Zufriedenheit mit der Raumluftqualität und dem Raumklimafaktor im Winter höher als im Sommer (Winter 0,86/ Sommer 0,76). Dies bestätigt das zuvor gewonnene Ergebnis aus der Untersuchung, bei dem die Empfindung der Raumluftfeuchte im Winter einen signifikanten Einfluss auf die Bewertung der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur und die empfundene Raumluftqualität hat, nicht jedoch im Sommer [Gossauer et al. 2006a].

Viele der gesundheitsbezogenen Variablen werden im Sommer und im Winter von Frauen - wenn auch nur geringfügig, aber dennoch signifikant - negativer bewertet als von Männern (s. Anhang Tabellen A22 und A23). Am häufigsten werden Beschwerden hinsichtlich „trockener Nasenschleimhäute“ und „trockener Augen“ gemacht (> 20 % Nennungshäufigkeit in den Kategorien „häufig“ und „immer“).

Abschließend sind an dieser Stelle noch einmal die in der vorliegenden Untersuchung hauptsächlich auftretenden Zusammenhänge zwischen den ermittelten Zufriedenheiten und der selbst eingeschätzten Konzentrationsfähigkeit bzw. Ermüdungserscheinungen während der Arbeitszeit dargestellt:
Am meisten korrelieren die Angaben zu „Ermüdungserscheinungen während der Arbeitszeit“ mit den arbeitsplatzbezogenen Faktoren „Tageslicht“, „Kunstlicht“, „Temperatur“ und „Geräusche“. Die Korrelationskoeffizienten liegen im Bereich $R = 0{,}25 – 0{,}35$ ($p \leq 0{,}001$).
Da die Variablen „Ermüdung“, „Konzentration“ und „Kopfschmerzen“ untereinander mittel bis stark korrelieren ($R > 0{,}5$; $p \leq 0{,}001$), ist davon auszugehen, dass diese, wie schon im Strukturgleichungsmodell gezeigt, bei hoher Unzufriedenheit mit den arbeitsplatzbezogenen Faktoren einen eindeutigen Einfluss auf das Wohlbefinden und die Konzentrationsfähigkeit bei der Arbeit haben. In der Regressionsanalyse wurden alle vier Variablen als Einflussfaktoren aufgenommen. Insgesamt können ca. 20 % der Varianz der Variable „Ermüdungserscheinungen“ erklärt werden. An erster Stelle steht dabei zu beiden Jahreszeiten die „Zufriedenheit mit der Raumtemperatur“.

5.5.2 Ergebnisse zu empfundenen Leistungseinschränkungen

Subjektiv empfundene Leistungseinschränkungen wurden zu folgenden Faktoren abgefragt: Beleuchtung, Geräusche, Raumtemperatur, Luftqualität, Raumgestaltung, Ergonomie der Möbel, Computerausstattung (einschließlich Software) und Arbeitsatmosphäre.

Dabei wurde zu Beginn der Untersuchung eine 5-er Skala verwendet, die von „gar keine Leistungseinschränkung“ bis „große Leistungseinschränkung“ ging. Später wurde diese in eine 7-er Skala geändert, bei der die Kategorien von „positive Beeinflussung bei der Arbeit“ über „neutral“ bis „negative Beeinflussung bei der Arbeit“ reichen. Je Gebäude wurde im Winter und im Sommer dieselbe Skala verwendet.

In Abbildung 5-56 sind die Mittelwerte der empfundenen Leistungseinschränkung für die verschiedenen Faktoren abgebildet, die anhand der 5er-Skala in 13 der untersuchten Gebäude ermittelt wurden.

Die empfundene Raumtemperatur und die empfundene Luftqualität werden vor allem im Sommer im Mittel als leistungseinschränkend empfunden. Geräusche sind laut dieser Skala in den Gebäuden zu beiden Jahrszeiten gleich bedeutsam für die Effektivität bei der Arbeit. Im Anhang sind in Abbildung 3 und Abbildung 4 die Boxplotdarstellungen der Antwortverteilung zu finden.

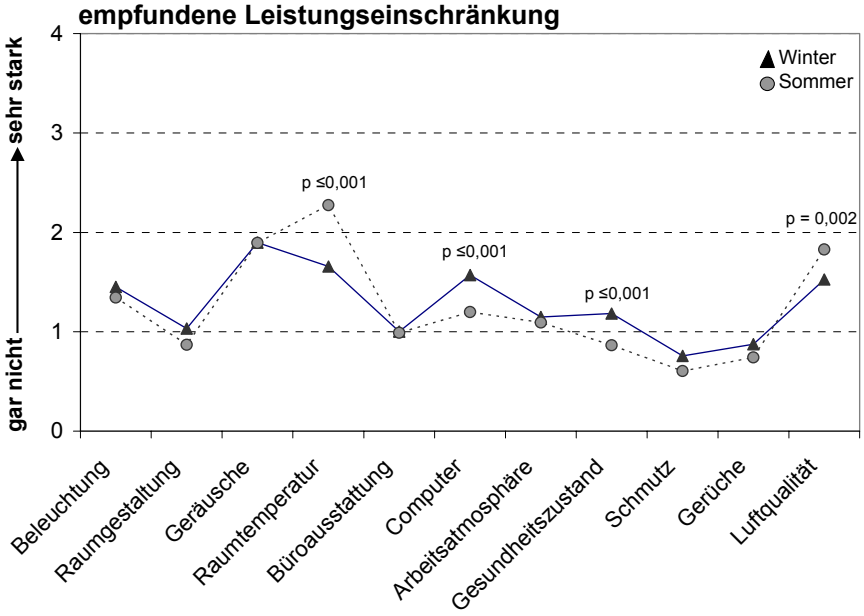


Abbildung 5-56: Mittelwerte der empfundenen Leistungseinschränkungen bei der Arbeit (5-er Skala), Gebäude 1-12,14

Die Berechnung der Spearman-Rangkorrelation hat ergeben, dass vor allem die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur und mit dem Geräuschpegel zu beiden Jahrszeiten stark mit der empfundenen Leistungseinschränkung durch diese beiden Faktoren zusammenhängt ($R > 0{,}6$; $p \leq 0{,}001$). Aber auch die Zufriedenheit mit dem Tageslicht und mit der Luftqualität stehen in Verbindung mit den Angaben zu der jeweils empfundenen Leistungseinschränkung durch diese Faktoren ($R > 0{,}35$, $p \leq 0{,}001$).

In Abbildung 5-57 sind die Mittelwerte der empfundenen Leistungseinschränkung für die verschiedenen Faktoren abgebildet, die anhand der 7er-Skala in vier der untersuchten Gebäude ermittelt wurden. Hierbei fällt auf, dass bei einer Verschiebung der Skala mit der Möglichkeit, auch positive Beeinflussungen anzugeben, die Bewertungen insgesamt „neutralisiert“ werden.

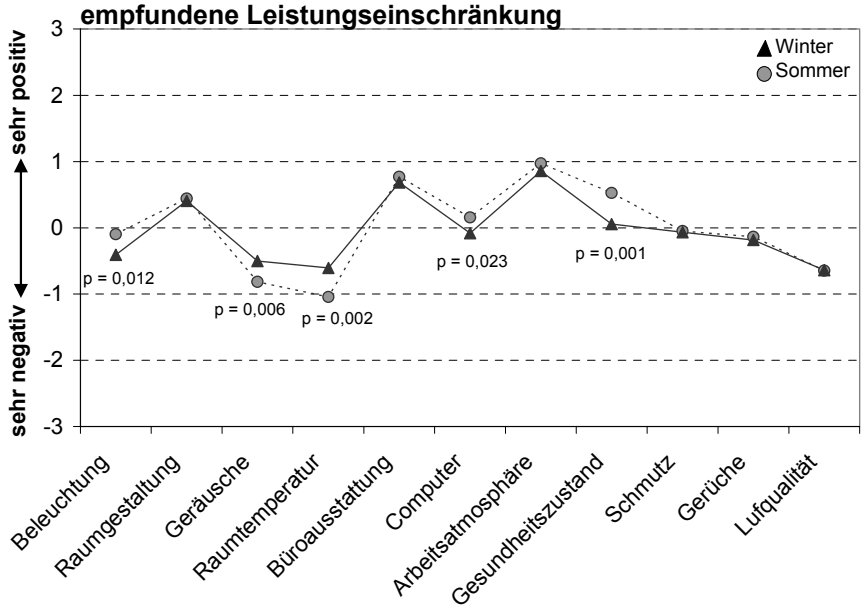


Abbildung 5-57: Mittelwerte der empfundenen Leistungseinschränkungen bei der Arbeit (7-er Skala), Gebäude 13,15-17

Die Raumtemperatur wird nach wie vor im Sommer als beeinträchtigender empfunden als im Winter. Dabei verzerren die Angaben aus Gebäude 15 diesen Wert etwas, da in diesem Gebäude die Nutzer im Winter unzufriedener mit der Raumtemperatur waren als im Sommer und deshalb zur kalten Jahreszeit eine stärkere Einschränkung bei der Arbeit empfunden haben. Im Allgemeinen ist es sinnvoll, für die 7er Skala noch weitere Gebäude zu untersuchen, um die daraus gewonnen Ergebnisse auf eine breitere Basis zu stellen und zu prüfen, ob die insgesamt neutralere Bewertung nicht nur mit der Auswahl der Gebäude zusammenhängt.

In jedem Fall stehen die Angaben zu den subjektiv empfundenen Leistungseinschränkungen im Zusammenhang mit den jeweiligen Zufriedenheiten, wobei die Zusammenhänge mit beiden Skalen ähnlich stark ausgeprägt sind.

Laut Untersuchungen von Leaman und Bordass [Leaman, Bordass 1999] steht zudem die selbst bewertete Produktivität der Mitarbeiter in einem signifikanten Zusammenhang mit der empfundene Einflussnahmemöglichkeit der Personen auf Heizung, Kühlung, Lüftung und Lärm.

In Abschnitt 5.6 wird gezeigt, dass die subjektive Einschätzung der Leistungseinschränkung durch bestimmte arbeitsplatzbezogene Parameter, nämlich die Raumtemperatur, die Luftqualität und die Geräusche mit der statistischen Gewichtung der Einzelzufriedenheiten für die Gesamtzufriedenheit übereinstimmt.

5.6 Gesamtüberblick über die Zufriedenheiten

In Abbildung 5-58 ist zu sehen, dass die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz in den meisten Gebäuden im Bereich „zufrieden“ liegt. Im Laufe der Analyse der Nutzerantworten und Einzelauswertungen der Gebäude hat sich herausgestellt, dass oft unterschiedliche Faktoren die Gesamtzufriedenheit am stärksten beeinflussen: z. B. in einem Gebäude der negativ bewertet thermische Komfort, in einem anderen Gebäude die negativ bewertet Lichtsituation. Positive Aspekte wie z. B. eine hohe Arbeitszufriedenheit oder ein angenehmes Raumambiente können negative Aspekte teilweise auch wieder ausgleichen [Humphreys 2005]. In den Gebäuden 1-3 jedoch fallen mehrere negativ empfundene Parameter zusammen, so dass hier die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz nur im Bereich „akzeptabel“ liegt.

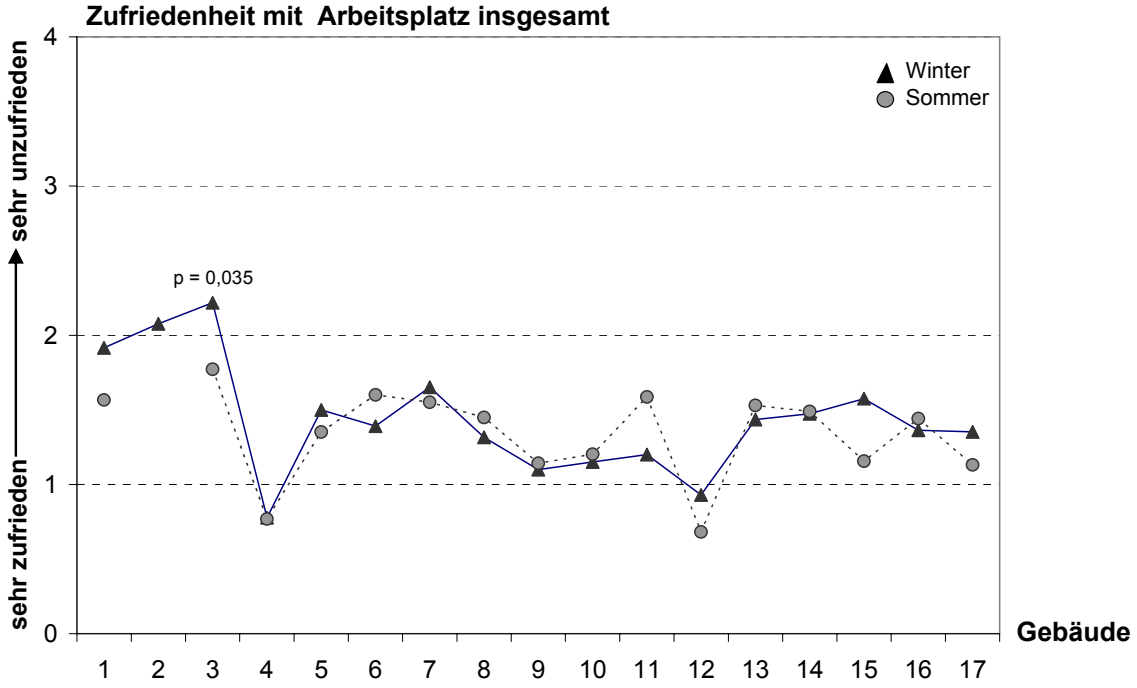


Abbildung 5-58: Mittelwerte der Gesamtzufriedenheit (bezogen auf die abgefragten individuellen Zufriedenheitsparameter) mit dem Arbeitsplatz

Nun stellt sich natürlich die Frage, ob und inwieweit sich im Allgemeinen mit den zuvor einzeln analysierten Einzelzufriedenheiten die ebenfalls erfragte Gesamtzufriedenheit abbilden lässt, d. h. ob die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz mit allen oder nur einigen wenigen Zufriedenheitsparametern zusammenhängt (siehe Hypothese 3 in Abschnitt 3.1). Um dies zu prüfen, wurde aus den individuellen Zufriedenheitsparametern eine Skala gebildet. Die einzelnen Parameter sind:

- Zufriedenheit mit dem Tageslicht,
- Zufriedenheit mit dem Kunstlicht,
- Zufriedenheit mit der Raumtemperatur,
- Zufriedenheit mit der Luftqualität,
- Zufriedenheit mit Geräuschen am Arbeitsplatz,

- Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung und
- Zufriedenheit mit der Sauberkeit im Büro.

Das bedeutet, dass die Werte der Antworten auf die einzelnen Zufriedenheiten in einem Wert zusammengefasst wurden. Zwei Größen werden im Folgenden beschrieben, die die Zuverlässigkeit und Reliabilität der Skala testen.

- Die Zuverlässigkeit der Skala wurde mit Hilfe des Cronbachs Alpha-Koeffizienten getestet. Dieser Koeffizient ist ein zentrales Ergebnis der Reliabilitätsanalyse. Es handelt sich hierbei nicht um das Ergebnis eines statistischen Tests, sondern um einen einfachen Koeffizienten. Je größer Cronbachs Alpha ist, desto höher ist die Validität der Gesamtskala. In der Literatur wird meistens ein Wert von mindestens 0,8, in einigen Fällen aber auch bereits ab 0,7 als Orientierung gegeben. Der aus der vorliegenden Skala resultierende Cronbachs Alpha Koeffizient beträgt 0,7. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die zusammengesetzte Skala als hinreichend zuverlässig angesehen werden kann. Die Reliabilität der Skala lässt sich nicht durch Auslassen einzelner Items verbessern.
- Der Korrelationskoeffizient (Spearman) des Skalenmittelwertes mit der abgefragten Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz beträgt über alle Gebäude gerechnet 0,685 ($p \leq 0{,}001$). Auch dieser Wert zeigt, dass der Mittelwert der Antworten auf die individuellen Zufriedenheitsparameter stark mit den Antworten zur Gesamtzufriedenheit zusammenhängt.

In Tabelle 10 sind die Cronbachs Alpha-Koeffizienten sowie die Korrelationskoeffizienten zwischen dem Skalenmittelwert der individuellen Zufriedenheitsparameter mit der Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz für die einzelnen Gebäude zu finden.

Tabelle 10: Reliabilitätsanalyse (Cronbachs Alpha) für die einzelnen Gebäude über beide Jahreszeiten

Reliabilitätsstatistiken

Gebäudebezeichnung	Cronbachs Alpha	Cronbachs Alpha für standardisierte Items	Anzahl der Items	**Spearman-Rangkorrelation** zwischen den Variablen „allgemeine Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz“ und dem Skalenmittelwert der individuellen Zufriedenheitsparameter
1	,713	,707	7	0,479 ($p \leq 0{,}001$)
2	,630	,658	7	-
3	,742	,747	7	0,545 ($p \leq 0{,}001$)
4	,712	,696	7	0,686 ($p \leq 0{,}001$)
5	,746	,751	7	0,598 ($p \leq 0{,}001$)
6	,769	,771	7	0,683 ($p \leq 0{,}001$)
7	,648	,645	7	0,771 ($p \leq 0{,}001$)
8	,697	,704	7	0,774 ($p \leq 0{,}001$)
9	,761	,764	7	0,576 ($p \leq 0{,}001$)
10	,644	,636	7	0,695 ($p \leq 0{,}001$)
11	,419	,416	7	0,603 ($p \leq 0{,}001$)
12	,658	,655	7	0,568 ($p \leq 0{,}001$)
13	,595	,602	7	0,533 ($p \leq 0{,}001$)
14	,773	,775	7	0,664 ($p \leq 0{,}001$)
15	,664	,657	7	0,572 ($p \leq 0{,}001$)
16	,631	,646	7	0,690 ($p \leq 0{,}001$)
17	,626	,623	7	0,538 ($p \leq 0{,}001$)

Auch wenn die Skala auf alle evaluierten Gebäude bezogen ein guter Indikator für die Gesamtzufriedenheit ist, so beeinflussen doch in jedem Gebäude und auch in Abhängigkeit von der Jahreszeit unterschiedliche Parameter den Grad der Gesamtzufriedenheit der Nutzer am meisten. Dies ist unter anderem auch an den unterschiedlichen Werten der Reliabilitätsanalyse in den einzelnen Gebäude zu erkennen. Um zu erfahren, inwieweit die individuellen Zufriedenheitsparameter die allgemeine Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz beeinflussen, wurden die jeweiligen Items mit der allgemeinen Zufriedenheit korreliert. Daraus resultieren geschätzte Wichtigkeiten der Zufriedenheitsparameter, die in Zusammenhang mit der allgemeinen Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz stehen. Dieses Schätzungsverfahren erwies sich in der Vergangenheit als praktikabler als die direkte Einschätzung von Wichtigkeiten durch die Nutzer, da diese in der Regel dazu neigen, fast ausschließlich für alle Items die Kategorien „wichtig“ und „sehr wichtig“ zu wählen, so dass durch diese Deckeneffekte keine Differenzierung der einzelnen Items möglich ist. Dieses Verfahren wurde in einem vorangegangenen Kapitel bereits erläutert und die Einzelergebnisse dazu dargestellt.

In Abbildung 5-59 ist die berechnete Wichtigkeit aller individuellen Zufriedenheitsparameter für die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz getrennt nach Winter und Sommer für alle Gebäude dargestellt. Hier wurde auch die Zufriedenheit mit der Arbeitstätigkeit mit aufgenommen, was im Zuge der Reliabilitätsanalyse nur geringfügig zu einer Erhöhung des Cronbachs Alpha Koeffizienten geführt hat.

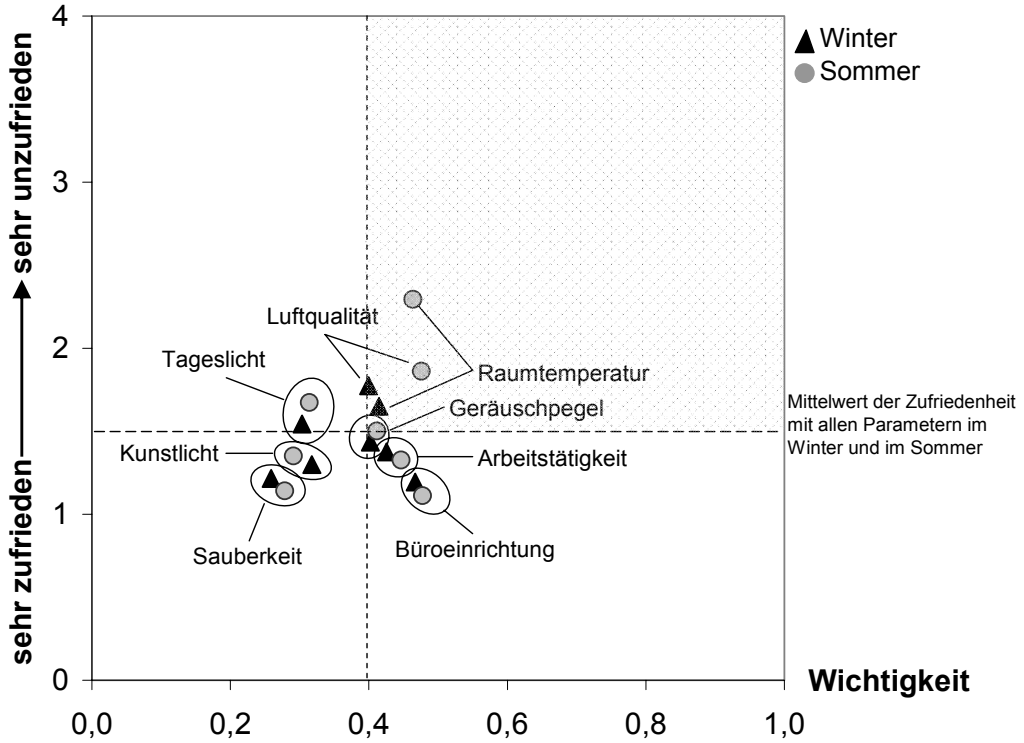


Abbildung 5-59: Handlungsrelevanzmatrix aller individuellen Zufriedenheitsparameter über alle evaluierten Gebäude

Im Gegensatz zu der Darstellung der einzelnen Gebäude (s. Abbildungen A5 - A21 im Anhang), verändert sich in der Gesamtstichprobe nur der Stellenwert der Luftqualität und der Raumtemperatur signifikant zwischen den Jahreszeiten für die Gesamtzufriedenheit. Alle weiteren individuellen Zufriedenheitsparameter weichen im jahreszeitlichen Vergleich in ihrem Stellenwert für die Gesamtzufriedenheit nicht bedeutend voneinander ab.

Wo letztlich die Grenzen zwischen „zufrieden“ und „unzufrieden“ bzw. „wichtig“ und „unwichtig“ gesetzt werden müssen, kann erst in einem weiteren Vergleich mit „schlechteren“ Gebäuden stattfinden, da die untersuchten Gebäude insgesamt einen hohen Standard aufweisen. Hierbei könnte man erfahren, ob sich ein niedrigerer Gebäudestandard signifikant auf die Zufriedenheiten und deren Stellenwert für die Gesamtzufriedenheit auswirkt.

In jedem Fall ist es möglich, mit den individuellen Zufriedenheitsparametern die Gesamtzufriedenheit hinreichend genau abzubilden. Selbstverständlich spielen hier noch weitere Faktoren mit hinein, wie z. B. die Verkehrsanbindung, die jedoch im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht von Interesse waren.

Die Gewichtung der einzelnen Zufriedenheiten für die Gesamtzufriedenheit spiegelt im Zusammenhang mit einer hohen Unzufriedenheit in den einzelnen Gebäuden sehr gut auch die empfundene Leistungseinschränkung durch die jeweiligen Parameter wider.

6 Diskussion

Im Folgenden werden die zu Beginn aufgestellten Hypothesen anhand der gewonnenen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit und mit Ergebnissen anderer Studien diskutiert. Die Abschnitte orientieren sich dabei an der Reihenfolge der Hypothesen.

6.1 Befragungen als Mittel der Gebäudeoptimierung

Hypothese 1: Durch einen Fragebogen werden Schwachstellen in einem Gebäude gezielt aufgedeckt. Die Ergebnisse können als Grundlage für Verbesserungsmaßnahmen im Komfortbereich eines Gebäudes genutzt werden.

Diese Hypothese konnte im Zuge der Auswertung der Nutzerantworten bestätigt werden. Es wurde eine Methode gefunden, mit Hilfe derer statistisch abgesichert Schwachstellen im Gebäude aufgedeckt werden können. So kann vermieden werden, dass der bislang übliche direkte Beschwerdeweg meist vereinzelter Personen über den Facility Manager überbewertetet oder auch nicht beachtetet wird.

Bislang wurden Feldstudien in erster Linie dazu genutzt, im Labor gewonnene Ergebnisse zu verifizieren [z. B. Brager, de Dear 1998] oder aber ein Gebäude-Ranking einzuführen [z. B. Leaman, Bordass 2001]. Auch wurden Abhängigkeiten zwischen physikalischen und chemischen Größen und der Gesundheit am Arbeitsplatz eingehend untersucht [z. B. Bischof et al. 2003]. McCartney und Nicol [McCartney, Nicol 2002] haben unter anderem versucht, anhand von Ergebnissen aus Felduntersuchungen in Bürogebäuden eine Methode zu entwickeln, die den Energieverbrauch in klimatisierten Gebäuden anhand eines adaptiven (witterungsabhängigen) Kontrollsystems reduziert.

Zu den mehr kommerziellen Projekten der Gebäudeevaluation zählen unter anderem BREEAM (www.breeam.org) in England, LEED (www.usgbc.org/LEED/) in den USA, CASBEE in Japan und BGTool (http://greenbuilding.ca/gbc2k/gbtool/gbtool-main.htm) in verschiedenen anderen Ländern. Mit Hilfe dieser Werkzeuge werden Gebäude vor allem in den Bereichen Management, Energieverbrauch, Gesundheit und Wohlbefinden am Arbeitsplatz, Umweltverschmutzung, Nachhaltigkeit der Materialien, Verkehr etc. untersucht.

Hingegen werden Nutzerbefragungen bisher nicht standardmäßig als gezielte Optimierungshilfe für den empfundenen Nutzerkomfort im Gebäudebetrieb angewendet. Ein Instrument dafür zu entwickeln war eines der Ziele der vorliegenden Untersuchung. Dazu wurde als einer der Schwerpunkte der Einfluss der individuellen Zufriedenheitsparameter auf die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz ermittelt.

Die Befragungen der zuvor genannten Projekte finden hauptsächlich auf elektronischem Wege statt. Dies ermöglicht es, einen großen und weit gestreuten Nutzerkreis äußerst zeitsparend zu erreichen. Die Erfassung der Daten ist damit sehr wirtschaftlich. Leider erfährt man auf diese Weise jedoch nur selten etwas über Rücklaufquoten und damit die Repräsentativität der gewonnenen Daten. Deswegen wurde in der hier vorgestellten Untersuchung bewusst die weniger wirtschaftliche Variante gewählt, indem die Fragebögen persönlich als

Papierversion ausgeteilt wurden. Dies hat einen guten Kontakt zu den Nutzern ermöglicht. Aufgrund dessen und auch wegen der meistens auf einen Tag beschränkten Zeit zum Ausfüllen des Fragebogens wurden hierbei hohe Rücklaufquoten erzielt.
Die Vor- und Nachteile der beiden Durchführungsvarianten hinsichtlich Rücklaufquote, Repräsentativität der Stichprobe, Vorteil der persönlichen Ansprache und Zeitaufwand für Durchführung und Dateneingabe müssen jedoch sicherlich in jedem Projekt aufgrund des zur Verfügung stehenden Budgets und der Anforderungen an die gewünschten Ergebnisse von Fall zu Fall abgeschätzt werden.

Eine ähnliche Vorgehensweise wie für die vorliegende Untersuchung wurde bei dem Projekt HOPE (www.hope.epfl.ch) angewandt. Diese beinhaltet eine eingehende Analyse der Gebäude einschließlich der Gebäudetechnik (z. B. durch Interviews mit Gebäudebetreibern) und die anschließende Befragung der Gebäudenutzer. Die Studie hatte zum Ziel, multivariate Zusammenhänge zwischen verschiedenen, die Gebäude betreffenden Parameter, zu evaluieren. Dazu wurden die Themen „Komfort“, „Energieverbrauch“ und „Gesundheit“ in die Befragung mit aufgenommen. Auch die Gebäudeauswahl ist mit ihrem niedrigen Energieverbrauch vergleichbar mit den hier untersuchten Bürogebäuden. Die Befragungen fanden innerhalb von drei Jahren in neun europäischen Ländern in 64 Gebäuden, jedoch nicht nach Jahreszeiten getrennt, statt. Aufgrund der Darstellungsweise der Daten ist es jedoch nicht möglich, die Ergebnisse mit denen der vorliegenden Arbeit miteinander zu vergleichen.

Die sehr große Datenmenge führte dazu, dass zunächst hauptsächlich eine Klassifizierung der Gebäude in grün, gelb und rot stattfand [Roulet et al. 2005a]. Die ideale Gebäudeanzahl für eine eingehende Analyse beträgt laut Leaman und Bordass 10 -15 [Leaman, Bordass 1999]. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu beachten, dass bei zu großen Datenmengen oft signifikante Ergebnisse erzielt werden, die sich in der Realität als unrealistisch erweisen. In die grüne Gruppe fielen alle Gebäude, die in sämtlichen Bereichen (Energieverbrauch, Komfortbewertung und SBS-Symptome) gut bewertet wurden, in die rote Gruppe alle Gebäude, die in diesen drei Bereichen negativ bewertet wurden. Anhand der multivariaten Analyse der Daten wurden anschließend mit Hilfe eines T-Tests signifikante Unterschiede in den Bewertungen der positiv und der negativ bewerteten Gruppe untersucht.

Für die Klassifizierung wurden die drei hauptsächlich evaluierten Themengebiete sowie die arbeitsplatzbezogenen Zufriedenheiten gleichwertig miteinander verrechnet. Es wurde jedoch nicht infrage gestellt, ob diese tatsächlich gleich gewichtet werden können, und was ein Zusammenfassen von Energieverbrauchsdaten und Zufriedenheiten bzw. den Angaben zur Gesundheit am Arbeitsplatz für eine Auswirkung auf die Interpretation der Daten, insbesondere der Gesamtzufriedenheit mit dem Gebäude und dem Arbeitsplatz, hat.
Dies wird auch in vielen anderen Projekten so gehandhabt, und es werden als Ergebnis Rankings und Noten vergeben, die jedem Themengebiet denselben Stellenwert beimessen.

Die vorliegende Untersuchung in 17 Bürogebäuden hat jedoch ergeben, dass je Gebäude und Thema eine unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Zufriedenheiten hinsichtlich der Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz stattfindet. Demnach kann bezüglich der Beurteilung der Gesamtzufriedenheit nicht jeder Parameter gleich behandelt werden. Das bedeutet,

dass z. B. der thermische Komfort einen viel größeren Einfluss auf die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz haben kann als die Zufriedenheit mit der Belichtung der Arbeitsplätze. Zusätzlich können die Gewichtungen der Zufriedenheiten für die Gesamtzufriedenheit in den einzelnen Gebäuden voneinander abweichen.

Anhand der Darstellungsweise der Handlungsrelevanzmatrix, die bislang vor allem in der Marktforschung ihre Anwendung findet, wurden in diesem Zusammenhang erstmals auch grafisch Unterschiede hinsichtlich der Gewichtung einzelner Faktoren in den Gebäuden für die Gesamtzufriedenheit aufgezeigt: Indem man die individuellen Zufriedenheitsparameter mit der allgemeinen Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz korreliert, erhält man einen Wert für die geschätzte Wichtigkeit der einzelnen Parameter in Bezug auf die allgemeine Zufriedenheit (0 = gar nicht wichtig, 1 = sehr wichtig).
Auf diese Weise bekommt man ein Bewertungssystem, welches einem bei der Optimierung des Gebäudebetriebs eine Unterstützung bietet. Das Optimierungspotential je Gebäude wird bestimmt, indem man eine Rangfolge der Zufriedenheitsparameter in ihrer Wichtigkeit für die Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz den jeweiligen Mittelwerten der individuellen Zufriedenheitsparametern gegenüber stellt. Man kann so auf einen Blick erkennen, wo die Schwachstellen im Gebäude aus Nutzersicht liegen. In Kombination mit den Mittelwerten der Zufriedenheit wird die Dringlichkeit, an einzelnen Dingen im Gebäuden etwas zu verändern und somit die Nutzerzufriedenheit zu erhöhen (und damit auch die Produktivität der Nutzer) transparent für den Gebäudemanager. Dies beinhaltet nicht nur den Betrieb technischer Anlagen, sondern auch die Abstimmung zwischen Nutzerverhalten und dem jeweiligen Gebäudekonzept.

Dieses Ergebnis wird unterstützt durch die Ergebnisse aus dem Projekt „Smart Controls and thermal Comfort“ (SCATs) [Humphreys 2005], in dessen Verlauf 26 Bürogebäude in fünf europäischen Ländern anhand von Messungen und Nutzerbefragungen evaluiert wurden. Schwerpunktmäßig wurden hierbei die Themen Raumklima, Licht, Akustik und Luftqualität in Zusammenhang mit aufwändigen Messungen und einer größtenteils direkten Zuordnung zu den Nutzern untersucht. Eines der Ziele der Untersuchung war ebenfalls, die Bedeutung der einzelnen Zufriedenheiten für die Gesamtzufriedenheit zu evaluieren. Dazu wurden anhand von unterschiedlichen Skalen die Zufriedenheit (7er-Skala) mit den einzelnen Parametern und die dazugehörige Präferenz (5er-Skala) abgefragt. Die Gesamtzufriedenheit wurde mit Hilfe einer 6er-Skala ermittelt. Für die Auswertung wurden für die Zufriedenheiten bzw. für die Präferenzen jeweils drei abschließende Kategorien gebildet. Zusätzlich wurde – wie in der vorliegenden Untersuchung – der Korrelationskoeffizient zwischen den einzelnen Zufriedenheiten und der Gesamtzufriedenheit ermittelt.
Über die Gesamtstichprobe kommen vergleichbare Werte heraus die besagen, dass die Luftqualität und die Raumtemperatur durch die Nutzer am höchsten gewichtet werden (in der vorliegenden Untersuchung gefolgt von der Büroeinrichtung). Die Belichtung am Arbeitsplatz hat nach dieser Methode ebenfalls den geringsten Einfluss auf die Gesamtbewertung. Auch die Angaben zur höchsten durchschnittlichen Unzufriedenheit sind sehr ähnlich. Diese betreffen vor allem das Raumklima und die Luftqualität. In der vorliegenden Arbeit wurden

durchgängig 5er-Skalen verwendet. Die Skalierung scheint demnach in der Tat für die statistische Auswertung eine nur untergeordnete Rolle zu spielen.

Unterschiede wurden auch in der Gewichtung der Einzelzufriedenheiten für die Gesamtzufriedenheit zwischen den einzelnen Ländern festgestellt. Die Gebäude, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurden, weisen insgesamt einen ähnlichen Gebäudestandard auf und befinden sich alle im selben Land. Deswegen kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse gut miteinander zu vergleichen sind.

Die Zuverlässigkeit der Darstellungsweise der Handlungsrelevanzmatrix für den Gebäudebetrieb wird dadurch unterstützt, dass Übereinstimmungen zwischen der Gewichtung der einzelnen Parameter für die Gesamtzufriedenheit (statistisch errechnete Wichtigkeiten) und den subjektiven Angaben zur empfundenen Leistungseinschränkung aufgezeigt werden konnten. Auch sind Veränderungen in der Gewichtung z. B. bezüglich der Büroeinrichtung nach vollzogener Umstrukturierung (wie in Gebäude 3) nachvollziehbar.

Beim Vergleich der Mittelwerte und der Unterschiede in den Werten der Zufriedenheitsparameter zwischen den Gebäuden muss noch geklärt werden, wo letztlich die Grenzen zwischen „zufrieden“ und „unzufrieden“ bzw. „wichtig“ und „unwichtig“ gesetzt werden müssen. Dazu sollte die Gebäudestichprobe auf eine derzeit repräsentative Stichprobe bezüglich des Gebäudestandards ausgedehnt werden, da die analysierten Gebäude insgesamt einen sehr hohen Standard aufweisen. Das führt dazu, dass die allgemeine Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz insgesamt recht hoch ist. Dennoch gibt es in einigen Gebäuden Schwachstellen, die behoben werden sollten.

6.2 Abhängigkeiten zwischen den Zufriedenheitsparametern

Hypothese 2: Es bestehen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Zufriedenheitsaspekten „thermischer“, „visueller“, „akustischer“ Komfort, Luftqualität und Büroausstattung.

Anhand der Faktorenanalyse und des Strukturgleichungsmodells wurde nachgewiesen, dass sich die individuellen Zufriedenheitsparameter in der Regel nicht gegenseitig beeinflussen.

In einigen wenigen Fällen konnte ein schwacher Zusammenhang festgestellt werden, z.B. zwischen der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur und der Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel. Dies deckt sich mit den Ergebnissen z. B. von Hellwig [Hellwig 2005]. Dennoch wird in der vorliegenden Arbeit vermutet, dass der Zusammenhang über eine weitere Variable, wie z. B. die Belegungsdichte und damit die Möglichkeit der Beeinflussung der Raumtemperatur zustande kommt. Dies konnte zwar im Rahmen der Untersuchung statistisch nicht eindeutig nachgewiesen werden, aber auch zwischen der Bewertung der Büroausstattung und der Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel gibt es einen Zusammenhang, der hauptsächlich über die Belegungsdichte zustande kommt. Zudem wurde bereits mehrfach nachgewiesen, dass vor allem die Möglichkeit der Einflussnahme auf die Raumtemperatur eine große Rolle für die thermische Behaglichkeit spielt [Brager, de Dear 1997/ Gottschalk 1994] und dass die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur vor allem im

Sommer in Zusammenhang mit der Zufriedenheit mit der Luftqualität steht (s. auch [Roulet et al. 2005]).

Im Großen und Ganzen ist es jedoch so, dass jemand, der z. B. mit der Raumtemperatur unzufrieden ist, mit der Lichtsituation oder der akustischen Qualität des Arbeitsplatzes durchaus zufrieden sein kann. Insgesamt sollte bei der Planung und Ausführung auf alle Aspekt des Komforts Rücksicht genommen werden.

Die Hypothese 2, die besagt, dass die einzelnen Zufriedenheitsparameter sich gegenseitig beeinflussen, wurde damit weitestgehend widerlegt. Eine Ausnahme davon bildet die nachgewiesene Abhängigkeit zwischen der Zufriedenheit mit der Luftqualität und der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur.

Hypothese 3: Die Zufriedenheit mit den einzelnen Zufriedenheitsaspekten hat einen Einfluss auf die allgemeine Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz.

Die statistische Analyse der Nutzerantworten hat im vorliegenden Fall ergeben, dass die individuellen Zufriedenheitsparameter insgesamt gut die abgefragte „Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz“ abbilden (s. Abschnitt 5.6). Somit wurde die Hypothese 3 als richtig angenommen.

Der Skalenmittelwert über die abgefragten einzelnen Zufriedenheiten korreliert hoch mit der ebenfalls erfragten Gesamtzufriedenheit. Für die Analyse wurde die Gesamtstichprobe, also ohne jahreszeitliche Trennung, betrachtet. Anhand der schrittweisen Regressionsanalyse wurde ermittelt, dass etwa 44 % der Varianz der Variable „Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz“ über sechs der individuellen Zufriedenheitsparameter erklärt werden können. Diese sind in der Reihenfolge ihrer Aufnahme in das Modell (das bedeutet Relevanz für die Gesamtzufriedenheit):

- „Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung“,
- „Zufriedenheit mit der Luftqualität“,
- „Zufriedenheit mit der Arbeitstätigkeit“,
- „Zufriedenheit mit der Raumtemperatur“,
- „Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel“ und
- „Zufriedenheit mit der Tageslichtsituation“.

Die Zufriedenheit mit dem Kunstlicht und mit der Sauberkeit im Büro wird hierbei aufgrund der zu schwachen Korrelation mit der Gesamtzufriedenheit nicht berücksichtigt. Den Textantworten konnte entnommen werden, dass vor allem auch Punkte wie z. B. die „Modernität“ des Gebäudes einen Einfluss auf die Gesamtbewertung haben kann. Dies wird durch die Untersuchungen von Gottschalk [Gottschalk 1994, S. 27] bestätigt, in welcher dieser Aspekt durch die Nutzer qualitativ bewertet wurde.

Der Anteil an aufgeklärter Varianz an der Gesamtzufriedenheit beträgt beim Project SCATs 23 % [Humphreys 2005]. Ein direkter Vergleich der aufgeklärten Varianz an der Gesamtzufriedenheit kann jedoch nicht stattfinden, da zum Teil unterschiedliche Parameter erfragt

wurden. Vermutlich tragen in der vorliegenden Arbeit die ermittelten Faktoren „Büroeinrichtung“ und „Arbeitstätigkeit“ einen erheblichen Teil an zusätzlicher Aufklärung bei.

Trotz ähnlicher Auswahl hinsichtlich der Energieeffizienz und der Gebäudequalität z. B. bei dem Projekt HOPE resultierten bei den einzelnen Zufriedenheiten zum Teil andere Ergebnisse. Am besten bewertet wurde bei der Schweizer Studie der akustische Komfort in den Büros, am schlechtesten die Luftqualität. Keines der Gebäude wurde insgesamt wirklich schlecht bewertet, was mit der hier vorgestellten Untersuchung übereinstimmt. Die Gesamtzufriedenheit ist über alle Gebäude hoch korreliert mit den einzelnen Zufriedenheiten [Roulet et al. 2005a]. Es konnte jedoch nicht gefunden werden, wie hoch der Zahlenwert ist. Dies muss für die Einzelgebäude jedoch nicht immer der Fall sein, wie anhand der Handlungsrelevanzmatrizen gezeigt werden konnte. Eine Verbindung zur Gesamtzufriedenheit wurde bei dem Projekt HOPE Projekt bislang nicht hergestellt.

Eine Indexbildung auf Grundlage der Gesamtzufriedenheit oder einer Kombination der Einzelzufriedenheit für ein Gebäuderanking wird zum derzeitigen Stand der Ergebnisse als nicht sinnvoll erachtet. Auch Humphreys zweifelt die Möglichkeit einer allgemein gültigen Indexbildung an [Humphreys 2005]. Ursprung dieser Überlegung war ein ausführlicher Vergleich verschiedener Komfortmodelle im Bereich Raumklimabewertung. Anhand der unterschiedlichen Bewertungsergebnisse wurde der logische Schluss gezogen, dass angesichts der Vielzahl an zur Verfügung stehender Gewichtungsformeln und kombinierter Indices sowie länderspezifischer Unterschiede in den Bewertungen nach wie vor keine hinreichend zuverlässige Aussage bezüglich einer Gesamtvoraussage zum Komfortempfinden und der Gebäudequalität getroffen werden kann. Dennoch wurde auch im Rahmen der SCATs-Studie die Möglichkeit einer Indexbildung überprüft.

Die Bildung von Konfidenzintervallen der einzelnen Zufriedenheitsparameter wurde in der vorliegenden Untersuchung ebenfalls fallengelassen, da die notwendigen „schlechten“ Referenzgebäude fehlen. Damit sollte eine Überschätzung der „Unzufriedenheiten“ vermieden werden.

6.3 Bewertungsunterschiede zwischen den Jahreszeiten.

Hypothese 4: Es existieren Unterschiede in den Bewertungen zwischen Sommer und Winter.

6.3.1 Thermischer Komfort

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die Bewertungen „zu kalt“ oder „zu warm“ je nach Jahreszeit einen signifikant unterschiedlichen Einfluss auf die Zufriedenheit mit dem Raumklima haben. Die Hypothese, dass ein signifikanter Unterschied in den Bewertungen zwischen Sommer und Winter besteht, konnte für die Antworten zum thermischen Komfort somit eindeutig belegt werden.

In bisherigen Veröffentlichungen wurde aufgrund mangelnder Stichproben aus den jeweiligen Jahreszeiten ein Unterschied im Temperaturvotum der Nutzer zwischen Sommer und

Winter eher in Frage gestellt [z. B. Hellwig 2005, S. 81] bzw. wurde erst gar nicht explizit untersucht.

Ein Ergebnis ist, dass im Winter bei neutralem Temperaturvotum mehr Mitarbeiter zufrieden mit der Raumtemperatur sind als im Sommer. Obwohl auch im Sommer die meisten der untersuchten Gebäude im Rahmen der Befragungszeiträume Raumtemperaturen aufwiesen, die im Komfortbereich der ISO 7730 lagen, waren nur knapp 30 % aller befragten Nutzer „zufrieden“ oder „sehr zufrieden“ mit der Temperatur an ihrem Arbeitsplatz.

Außerdem wurde anhand der statistischen Auswertung der Nutzerantworten belegt, dass die empfundene Raumtemperatur nur einen Einflussfaktor auf die Zufriedenheit mit dem Raumklima darstellt. So werden nicht wie zunächst angenommen bei höheren Außentemperaturen im Sommer auch entsprechend höhere Innenraumtemperaturen als angenehm empfunden. Die Nutzer sind im Gegenteil sogar bei ähnlichen Temperaturen wie zur kalten Jahreszeit unzufriedener mit dem Raumklima im Sommer. Einen bedeutenden Faktor für die Zufriedenheit mit dem Raumklima – mehr noch als die empfundene Raumtemperatur selbst – stellt die wahrgenommene Einflussmöglichkeit auf die Raumtemperatur dar [Brager, de Dear 1997]. Gottschalk kommt in diesem Zusammenhang zum gleichen Ergebnis: „Ein wichtiger Faktor – vielleicht sogar der entscheidende – ist die Beeinflussbarkeit der Arbeitsumgebung durch den Angestellten durch zu öffnende Fenster, regelbare Heizung, wählbare Beleuchtungskörper und – stärken (zentral, arbeitsplatzorientiert), Jalousien und Abschottungsmöglichkeiten“ [Gottschalk 1994, S. 27].

Da der Temperaturunterschied zwischen Innen und Außen im Sommer geringer ist als im Winter, ist z. B. der Effekt auf die Raumtemperatur beim Öffnen des Fensters im Winter größer als im Sommer. Somit fühlen die Nutzer im Sommer eine geringere Rückkopplung ihres Versuches, auf die Raumtemperatur Einfluss zu nehmen. Zusätzliche Einflussfaktoren sind die empfundene Luftqualität und die empfundene Luftfeuchte. Da diese jedoch nicht über Messwerte quantifiziert und in Zusammenhang mit den Nutzerbewertungen gebracht werden konnten, besteht hier noch ein eindeutiger Forschungsbedarf dahingehend, wie sich das Empfinden dieser beiden Raumklimaparameter zusammensetzt.

Ein signifikanter Unterschied bezüglich der Zufriedenheit mit dem Raumklima konnte auch hinsichtlich einer Gruppierung der Gebäude festgestellt werden, die die Bekleidungsart vor allem im Sommer betrifft. die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur war in denjenigen Gebäuden höher, in denen keine Kleidervorschriften bestehen.

Bezüglich der vorgenommen Messungen zum Raumklima kann festgestellt werden, dass für eine generelle Bewertung des Gesamtgebäudes eine Stichprobe von mindestens sechs Räumen sicherlich ausreicht, solange die Befragungen und die Messungen innerhalb eines Tages stattfinden. Wird ein größerer Zeitraum für Messungen und Befragungen berücksichtigt, ohne einen direkten Zusammenhang zwischen Messwert und Nutzerantwort herzustellen, korrelieren die objektiven Messwerte um so weiniger mit den subjektiven Nutzerantworten. Für eine genauerer Analyse der Raumklimabewertung sollte also möglichst mit nicht anonymisierten Befragungen gearbeitet werden, um die Antworten den jeweiligen Räumen

und Messwerten direkt zuordnen zu können. Auch kann auf diese Weise schneller herausgefunden werden, wo im Gebäude Mängel sind (z. B. bei einer defekten BKT oder Raumheizung in Teilbreichen, Überhitzung aufgrund zu hoher Fensterflächenanteile zu bestimmten Ausrichtungen bzw. Eckbüros etc.).

Wie auch in anderen Untersuchungen in Gebäuden mit hohem Gebäudestandard festgestellt wurde, kann auf Messungen der Raumluftfeuchte und der Luftgeschwindigkeit verzichtet werden. Auch wurden in anderen Studien keine Zusammenhänge zwischen der Messungen der CO_2-Kozentration in den Büros und den Nutzeraussagen zur Luftqualität festgestellt [z. B. Bischof et al. 2003].

Trotz unterschiedlicher Untersuchungsdesigns und der Länderauswahl der einzelnen Projekte sind wiederholt ähnliche oder gleiche Ergebnisse bei vergleichbaren Gebäudetypen zu beobachten, z. B. eine im Mittel als behaglich bewertete Raumtemperatur von 23,5 °C [Leaman, Bordass 1999].

Eine jahreszeitliche Trennung der Untersuchungen zum Raumklima ist dennoch unerlässlich, da die Zufriedenheit mit dem Raumklima, wie im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit gezeigt werden konnte, je nach Witterungsbedingungen von unterschiedlichen und vielfältigen Faktoren abhängt.

Der Energieverbrauch von Bürogebäuden zeigt je nach bauphysikalischer Ausführung, Nutzung und technischer Ausrüstung eine große Schwankungsbreite. Angesichts steigender Anforderungen an geringe Verbrauchswerte (EnEV, EU-Direktive „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“) erhält die Kontrolle von Energiekennwerten in Nichtwohnungsbauten zunehmende Wichtigkeit. Ein Vergleich der Energiekennwerte mit den Nutzerantworten wurde jedoch für nicht sinnvoll erachtet, da unklar ist, welcher Messwert bezüglich des Energieverbrauchs tatsächlich Komfort bedeutet. Insgesamt muss immer ein Kompromiss gefunden werden zwischen Architektur, Komfort und Energieverbrauch.

In den vergangenen Jahrzehnten wurde viel hinsichtlich einer besseren Wärmedämmung, moderner Heizungssysteme und die Luftdichtheit von Gebäuden getan. Ziel der Bemühungen war zum einen, den Energieverbrauch (und damit der CO_2-Ausstoß) zu senken und zum anderen die Behaglichkeit im Winter (z. B. durch Vermeidung von Zugluft durch Undichtheiten oder zu große Strahlungsasymmetrien der Oberflächentemperaturen) zu erhöhen.

Hinsichtlich der Kühlung von Gebäuden wird vielfach diskutiert, dass eine Adaption des Menschen an höhere Temperaturen stattfindet [Brager, de Dear 1998/ ASHRAE 55:2004] und dass diese unter anderem in Zusammenhang mit der Art der Belüftung der Gebäude steht (natürlich belüftet bzw. klimatisiert).
Die vorliegenden Ergebnisse und aktuelle Forschungstätigkeiten zu sinkender Produktivität am Arbeitsplatz im Zusammenhang mit Temperaturerhöhungen sprechen jedoch dafür, dass der Nutzer im Sommer bei hohen Temperaturen die Möglichkeit einer Kühlung bzw. Beeinflussung der Temperatur am Arbeitsplatz wünscht. Eine zukünftige Aufgabe liegt darin, dem Nutzer diese Möglichkeit unter energiesparenden Aspekten zu gewähren, wenn auf entsprechende Effektivität und Arbeitsplatzkomfort Wert gelegt wird.

6.3.2 Visueller Komfort

Im Gegensatz zum thermischen Komfort wurde in Bezug auf den visuellen Komfort die Hypothese, dass jahreszeitliche Unterschiede in den Nutzerbewertungen bestehen, für die vorliegende Gebäudestichprobe weitestgehend widerlegt.

Die Bewertungen bezüglich des Tageslichts sowie des Kunstlichts unterscheiden sich zwischen den Jahreszeiten Winter und Sommer in der Regel nicht signifikant voneinander. Hier scheint eine jahreszeitliche Anpassung an die Erwartung der Nutzer stattzufinden. Insgesamt fällt die Bewertung des Kunstlichtes positiver aus als die Bewertung des Tageslichtes. Bei letzterem ist zumeist die Bewertung mit Verschattung - da der Raum und der Arbeitsplatz dann dunkler sind - schlechter als ohne Verschattung. Der hauptsächliche Zusammenhang besteht hierbei zwischen der Zufriedenheit mit dem Tageslicht und der Bewertung der Helligkeit im Raum und am Arbeitsplatz.

Die Ergebnisse widersprechen den Annahmen von Weston [Weston 1954] und Aldworth [Aldworth, Bridges 1971]. Diese schreiben, dass die künstliche Beleuchtung nur dann eine genauso hohe Akzeptanz wie das Tageslicht haben wird, wenn eine Methode gefunden wird, das Kunstlicht auf geeignete Weise zu variieren und trotzdem dabei die Beleuchtungssituation hinsichtlich ihrer Annehmbarkeit konstant zu halten. In den evaluierten Gebäuden ist die Zufriedenheit mit dem Kunstlicht im Allgemeinen höher als mit dem Tageslicht. Allerdings ließ es sich im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht klären, nach welchen Kriterien der Nutzer das Kunstlicht bewertet.

Fleischer [Fleischer 2001] kam bei ihrer Felduntersuchung zu dem Ergebnis, dass bei Bildschirmarbeit eher niedrige Beleuchtungsstärken, bei Schreibtischarbeit eher höhere bevorzugt werden. Dies konnte bei der vorliegenden Untersuchung – auch ohne entsprechende Messungen – bestätigt werden, da die Beleuchtungssituation im Raum und am Arbeitsplatz als im Mittel eher zu dunkel empfunden wurde, am Bildschirm hingegen als ausreichend hell. Weitere Zusammenhänge z. B. zwischen der Zufriedenheit mit dem Kunstlicht und dem Beleuchtungskonzept hinsichtlich Indirekt- und Direktanteil an künstlichem Licht konnten aufgrund der fehlenden Informationen aus den Gebäuden nicht weiter verfolgt werden [s. hierzu Fleischer 2001, S. 77]. Ein Großteil der Unzufriedenheit mit der künstlichen Beleuchtung rührte von einer mangelnden individuellen Regelbarkeit z. B. über Schreibtischleuchten her. Das entspricht auch den Ergebnissen von Berutto [Berutto 1997], der im Rahmen von Feldstudien den Zusammenhang zwischen bevorzugten Leuchtdichten der Oberflächen im Raum und der Art der Tätigkeit untersuchte. Er kam zu dem Ergebnis, dass es eine Wahl zwischen zwei verschiedenen Beleuchtungssituationen geben sollte, da für die Arbeit am Bildschirm und am Schreibtisch unterschiedliche Leuchtdichteverhältnisse optimal sind. Dabei benötigt die Arbeit am Bildschirm eine weniger gleichmäßige Beleuchtung als die Arbeit am Schreibtisch.

Zudem belegen einige Untersuchungen [Collins 1990/ Fischer 1970/ Tops et al. 1998], dass die Beleuchtungsstärke, die in der In der DIN E DIN 5035-7 für Büroarbeitsplätze (500 lx) empfohlen wird, eher zu niedrig angesetzt ist. Eventuell kann hier ein besserer Kompromiss

zwischen Energieeinsparung und Beleuchtungsstärke sowie einer geeigneten Leuchtdichteverteilung gefunden werden.

Blendungserscheinungen werden in den evaluierten Gebäuden kaum genannt. Diese treten, wenn überhaupt, im Bereich der Fenster und auf dem Bildschirm auf. Signifikante Unterschiede in der jahreszeitlichen Blendungsbewertung treten nur in vereinzelten Gebäuden auf. Blendung wird aber auch offensichtlich in einem gewissen Rahmen hinsichtlich eines besseren Ausblicks in Kauf genommen. Osterhaus [Osterhaus in Wienold 2006] beschreibt in diesem Zusammenhang, dass das individuelle Wahrnehmen von Blendung zwischen den Jahreszeiten differieren kann, da eine Person im Winter z. B. eine höhere Akzeptanz bezüglich der Anwesenheit von Sonnenschein haben kann als im Sommer. Auch in den Untersuchungen von Wienold [Wienold 2007] wird erwähnt, dass Blendungserscheinungen, vor allem wenn diese nur temporär auftreten, zugunsten einer größeren Helligkeit am Arbeitsplatz und dem Ausblick nach draußen in Kauf genommen werden.

Insgesamt ist das Thema Tages- und kunstlicht über die erfragten Variablen Helligkeit und Blendung am wenigsten gut zu erfassen. Diese erklären nur eine geringen Anteil der Varianz der Gesamtzufriedenheit mit der Lichtsituation. Es scheint eine gute Anpassung an die wechselnden Verhältnisse stattzufinden und die Zufriedenheit ist bei Fensterflächeanteilen unterhalb von 60 % recht hoch. Hinsichtlich der Verschattungssysteme und der Kombination Blendschutz und Ausblick bzw. Steuerungsmöglichkeiten besteht sicherlich noch einiger Optimierungsbedarf in den Gebäuden und bei der Neuplanung.

Eine genauere Betrachtung der Beleuchtungsstärke und anderen Messungen zum Tageslicht und Kunstlicht erscheinen notwendig, um Einflussgrößen auf die Zufriedenheit mit der Belichtung und Beleuchtung bestimmen zu können.

6.3.3 Geräusche und Büroausstattung

In Bezug auf die Geräuschbewertung gibt es jahreszeitliche Unterschiede, die sich jedoch nur in den detaillierten Bewertungen auswirken, nicht jedoch in der Gesamtzufriedenheit mit dem Geräuschpegel.
Die Unterschiede, die im Zusammenhang mit der Bürobewertung festzustellen waren, wurden durch Umstrukturierungsmaßnahmen, nicht jedoch durch einen Wechsel der Jahreszeit verursacht.
Die aufgestellte Hypothese wurde damit auch in diesen Bereichen widerlegt.

Die durch die Nutzerantworten nachweisbare Zunahme an wahrnehmbaren Geräuschen von außen wird zum Teil durch eine Abnahme an wahrgenommen Geräuschen im Raum kompensiert. Außerdem bleibt dem Nutzer offen, das Fenster bei Bedarf wieder zu schließen und damit den vermehrten Geräuscheintrag von außen zu vermeiden. Dies funktioniert natürlich nur dann, wenn die klimatischen Verhältnisse nicht mit dem Bedürfnis der Raumbelüftung kollidieren, nur weil der Lärmeintrag von außen zu groß ist. In Gebäude 3 konnte ein signifikanter Unterschied in den Bewertungen festgestellt werden. Dieser ist auf eine Umstrukturierung im Gebäude zurückzuführen. Wie schon in anderen Untersuchungen

gezeigt [Pech 2002/ Knirsch 2002], werden kleinere Büroeinheiten sowohl hinsichtlich der allgemeine Bewertung als auch bezüglich des akustischen Komforts besser bewertet als große Büroeinheiten. Eine klare Trennung wurde hierbei noch nicht vollzogen. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse weisen aber darauf hin, dass vor allem Einzelbüros sehr positiv bewertet werden (s. Abschnitt 5.3.1).

6.4 Gruppeneinteilung auf Grundlage der Raumklimakonzepte

Hypothese 5: Die Nutzer lassen sich auf Grundlage der Antworten in den Fragebögen in Gruppen einteilen, die sich den jeweiligen Gebäuden/ Gebäudetypen zuordnen lassen.

Die Hypothese, dass die Nutzer sich auf Grundlage der Antworten in den Fragebögen in Gruppen einteilen lassen, die den jeweiligen Gebäudekonzepten entsprechen, trifft bedingt zu. Die Schwierigkeit an der Verifizierung dieser Hypothese ist, dass die Architektur und die Raumklimakonzepte der Gebäude sehr unterschiedlich sind. Auch hat die Art der Nutzung einen Einfluss auf die Bewertung durch die Nutzer. Somit steht immer die Frage im Vordergrund, nach welchen Kriterien die Gebäude unterteilt werden sollen. Dies hängt sicherlich mit der hauptsächlichen Fragestellung zusammen und wäre vermutlich anhand einer unmittelbaren Zuordnung von Messwerten, Raumklimakonzepten und Nutzerantworten leichter zu beantworten gewesen.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen dennoch, dass eine Unterteilung in Gebäudegruppen, die anhand der Raumklimakonzepte getroffen wurde, stattfinden kann. Dies ist daran erkennbar, dass sich die Nutzer anhand ihrer Antworten auf die Fragen zum Raumklima den unterschiedlichen Konzepten zuordnen lassen:

Im Sommer hat sich eine Unterteilung in nur zwei Gruppen als sinnvoll erwiesen: die gekühlten und die nicht zusätzlich gekühlten Gebäude. Die Trennung der Nutzerbewertungen in die zwei Gruppen findet im Sommer fast ausschließlich anhand der Variable „Temperaturzufriedenheit ganztags rückblickend“, aber auch anhand der „empfundenen Luftfeuchte“ und der „Temperaturzufriedenheit“ statt.
Im Winter ist die Trennung der Gebäude-Gruppen nicht ganz so eindeutig, da insgesamt die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur höher ist. Hier stechen vor allem die Gebäude heraus, die aufgrund ihrer hohen Verglasungsanteile und mangelnden Lüftungs- und Kühlmöglichkeiten zu hohe Raumtemperaturen aufweisen. Die Unterscheidung findet im Winter vor allem anhand der hoch korrelierten Variablen „Luftqualität“ und Luftfeuchte“ statt.

Hinsichtlich des thermischen Komforts konnte also belegt werden, dass vor allem die Gebäudetypen „gekühlt“ und „nicht gekühlt“ im Sommer unterschiedlich bewertet werden. In diesem Zusammenhang wurde deutlich, dass von den untersuchten Gebäuen vor allem diejenigen mit Hybridkonzept, die dem Nutzer noch immer Eingriffsmöglichkeiten in das Raumklima gewähren, diesbezüglich am positivsten bewertet wurden. Dies soll jedoch gut funktionierende Gebäude mit Nachtlüftungskonzept nicht von einer positiven Bewertung ausschließen.

Es fällt dabei auf, dass die zur Klassifizierung der Gebäude herangezogenen Variablen fast ausschließlich psychologische Konstrukte sind. Zum einen lässt sich das Empfinden der Luftfeuchte nicht aus den Messwerten vorhersagen, zum anderen spielen offensichtlich auch in das rückblickende Temperaturempfinden Einflüsse hinein, die sich nicht nur durch die Messwerte der Raumtemperaturen aus dem entsprechenden Bezugszeitraum erklären lassen, sondern vermutlich auch aus Extremwetterperioden mit hineinfließen. Fest steht jedoch auch, dass die Raumtemperatur in den nicht zusätzlich gekühlten Gebäuden im Mittel als zu warm empfunden wird. Weitere Einflüsse, vor allem auf die Variable „empfundene Luftfeuchte“ und „empfundene Luftqualität“, sind jedoch nach wie vor ungeklärt.

Die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse unterstützen auch die Vermutung, dass längerfristige Erlebnisse bezüglich des Raumklimas eine Rolle bei der rückblickende Temperaturbewertung, vor allem aber bezüglich der Temperaturzufriedenheit spielen. Deswegen sollten für die Raumklimabewertung nur unmittelbare Angaben mit den dazugehörigen Messwerten verwendet werden.

6.5 Einfluss auf das Wohlbefinden der Nutzer

Hypothese 6: Die Zufriedenheit mit individuellen Parametern hat einen Einfluss auf das Wohlbefinden und die subjektive Einschätzung der Gesundheit der Nutzer.

Anhand der multivariaten Analyse der Daten konnte gezeigt werden, dass in den hier untersuchten Gebäuden vor allem die Zufriedenheit mit dem thermischen Komfort und mit der Tageslichtsituation einen nachweisbaren Einfluss auf die die empfundene Gesundheit bzw. das Wohlbefinden am Arbeitsplatz haben. Die stärksten Zusammenhänge wurden hinsichtlich der Angaben zu Kopfschmerzen, Ermüdung und Konzentration festgestellt.

Damit wurde die Hypothese, dass die Zufriedenheit mit den individuellen Parametern einen Einfluss auf das Wohlbefinden und die subjektive Einschätzung der Gesundheit der Nutzer hat, für die untersuchten Gebäude bestätigt.

Einige Parameter, wie z. B. die „Zufriedenheit mit dem Kunstlicht“, zeigten keinen Einfluss auf die empfundene Gesundheit am Arbeitsplatz. Andere Parameter, wie beispielsweise die „Geräuschbelastung am Arbeitsplatz“ und die „Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung“, zeigten einen geringen Einfluss. Trotz der unterschiedlichen Gewichtung sollten diese Faktoren bei der Planung eines komfortablen Arbeitsplatzes weiterhin keinesfalls vernachlässigt werden.

Hypothese 7: Arbeitsbedingte Faktoren haben einen Einfluss auf die Bewertung der gebäudebezogenen Zufriedenheiten.

Hinsichtlich der arbeitsbezogenen Faktoren war vor allem ein Zusammenhang zwischen der Variable „Kommunikation mit Kollegen und Vorgesetzten“ und der Variable „Verspannungen“ festzustellen. Dieses Ergebnis entspricht einer durch das Niedersächsische AOK-Institut im Jahr 2000 durchgeführten Analyse von Befragungen bei 15 Projektbetrieben mit 6.249 Befragten. Diese wies einen signifikanten Zusammenhang zwischen psychosozialen

Bedingungen der Arbeitssituation und der subjektiven Befindlichkeit auf. In der Studie wurden die genannten Beschwerden in den Bereichen Kreuz- und Nackenschmerzen getrennt danach ausgewertet, ob der Befragte jeweils mit dem Betriebsklima zufrieden oder unzufrieden war. Ein signifikanter Zusammenhang war dort für die Bereiche Kollegenbeziehungen, Beziehungen zu Vorgesetzten, Organisation sowie Information und Mitsprache deutlich zu erkennen [Dr. Michael Drupp in Schneider et al. 2003].

Der Einfluss der Arbeitssituation, welche durch empfundenen Stress, Verhältnis zu Kollegen und Vorgesetzten sowie der Arbeitssicherheit auf die gebäudebezogenen Faktoren und das Wohlbefinden bewertet wurde waren im vorliegenden Fall unbedeutsam. Es darf aber wiederum nicht vernachlässigt werden, dass die Gebäudestichprobe einen sehr hochwertigen Standard widerspiegelt und dass je nach Gebäude und auch Berufszweig die Zusammenhänge zum Teil unterschiedlich ausfallen können. Dies hat z. B. auch eine Untersuchung von Gebäuden der Landesverwaltung gezeigt [Klages und Masser 2002], wo Beschwerderaten hinsichtlich vieler Faktoren sehr viel höher ausfallen. Aufgrund einer größeren Varianz in den Antworten vieler Variablen oder einer generell größeren Unzufriedenheitsrate können sich andere Zusammenhänge ergeben.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Mit Hilfe multivariater Untersuchungsmethoden in realen Gebäuden war es im Rahmen der Arbeit möglich, Zusammenhänge zwischen den vielfältigen Einflussfaktoren auf das Komfortempfinden des Menschen zu entdecken und zu validieren. Vorangegangene Studien und Experimente dienten dabei als Grundlage zur Quantifizierung der spezifischen kausalen Mechanismen vor allem bezüglich des thermischen Komforts und der Anpassungsfähigkeit der Gebäudenutzer. Die Ergebnisse unterstützen die Sinnhaftigkeit von Untersuchungen im Feld als eine Erweiterung der bisherigen Laboruntersuchungen.

In Bezug auf den thermischen Komfort haben sich dabei die eindeutigsten Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Variablen ergeben. Es wurde unter anderem offensichtlich, dass die empfundene Raumtemperatur nur einer von vielen Faktoren ist, der die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur (die thermische Behaglichkeit) beeinflussen. Beispielsweise steht die Möglichkeit der Gebäudenutzer, fühlbar Einfluss auf die Raumtemperatur nehmen zu können, in einem starken Zusammenhang mit der Zufriedenheit mit der thermischen Behaglichkeit.

Arbeitsbedingte Faktoren wie z. B. Stress, Verantwortung etc. wurden zwar in mit anderen Untersuchungen vergleichbarer Intensität genannt, hatten jedoch hier keinen bedeutenden Einfluss auf das Wohlbefinden oder die raumbezogenen Zufriedenheitsparameter wie das Tageslicht oder das Raumklima. Hingegen konnte ein Zusammenhang zwischen den Faktoren „Raumklima“ und „Tageslicht“ mit den Angaben zur empfundenen Gesundheit am Arbeitsplatz nachgewiesen werden.

Es konnte gezeigt werden, dass getrennte Befragungen im Winter und im Sommer für den Themenkomplex „Thermischer Komfort“ unablässig sind. Die Unterschiede zwischen der Sommer- und der Winterbefragung sind diesbezüglich am stärksten ausgeprägt. Dabei wurde unter anderem deutlich, dass die Bewertungen „zu kalt“ oder „zu warm“ je nach Jahreszeit einen signifikant unterschiedlichen Einfluss auf die Zufriedenheit mit dem Raumklima haben. Ein Ergebnis ist, dass im Winter bei neutralem Temperaturvotum mehr Mitarbeiter zufrieden mit der Raumtemperatur sind als im Sommer. Obwohl auch im Sommer die meisten der untersuchten Gebäude im Rahmen der Befragungszeiträume Raumtemperaturen aufwiesen, die im Komfortbereich der ISO 7730 lagen, waren nur knapp 30 % aller befragten Nutzer „zufrieden“ oder „sehr zufrieden“ mit der Temperatur an ihrem Arbeitsplatz.

Die untersuchten Gebäude lassen sich im Sommer anhand der Nutzerantworten zum thermischen Komfort eindeutig in zwei Gruppen einteilen: die Gebäude ohne Kühlung und die Gebäude mit Kühlung. Dabei wurde zum einen die Raumtemperatur in den nicht gekühlten Gebäuden als wärmer empfunden und die Zufriedenheit mit dem Raumklima war im Mittel niedriger – selbst wenn während der Befragungszeiträume die gemessenen Temperaturen gleich waren bzw. nicht stark voneinander abwichen.

Insgesamt wurde dabei deutlich, dass von den evaluierten Gebäuden vor allem diejenigen mit Hybridkonzept, die dem Nutzer noch immer Eingriffsmöglichkeiten in das Raumklima gewähren, diesbezüglich am positivsten bewertet wurden. Die Ergebnisse der Diskriminanz-

analyse unterstützen zudem die Vermutung, dass längerfristige Erlebnisse bezüglich des Raumklimas eine Rolle bei der rückblickenden Temperaturbewertung aber vor allem auch bezüglich der Temperaturzufriedenheit spielen.

Weitere Forschungstätigkeit ist hierzu notwendig, um die Zusammenhänge zwischen den Messwerten – auch Langzeitmessungen – und den Nutzerantworten zu analysieren und weitere Schlussfolgerungen über den Zusammenhang des Nutzerempfindens mit dem Energie- und dem architektonischen Konzept zu gewinnen.

In anderen Bereichen, wie z. B. der Geräuschbewertung am Arbeitsplatz oder der Büroausstattung sind die jahreszeitlichen Unterschiede eher gering. In wieder anderen Bereichen, z. B. der Zufriedenheit mit dem Tageslicht und dem Kunstlicht am Arbeitsplatz, scheint eine Anpassung im Verlauf des Jahres an die veränderten Lichtverhältnisse stattzufinden, da die Bewertungen innerhalb der Gebäude kaum voneinander abweichen. Für Befragungen in diesen Bereichen spielt daher eine Wiederholung der Evaluation zu unterschiedlichen Jahreszeiten eine untergeordnete Rolle.

Für die Neuplanung konnten anhand der Nutzerbefragungen konkrete Maßnahmen aufgezeigt werden, die zu einer erhöhte Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz führen:

- natürliche Belüftung der Büroräume,
- individuelle Temperaturregelung (im Sommer und im Winter),
- differenzierte Gestaltung aller Arbeitsbereiche,
- kleine Büroeinheiten (Einzelbüros),
- Atrienbüros vermeiden.

Hinsichtlich des optimalen Verglasungsanteils in der Fassade gibt es anhand der Ergebnisse einen Hinweis darauf, dass es einen ungefähren Grenzwert gibt, ab dem die Zufriedenheit mit der Belichtungssituation am Arbeitsplatz signifikant sinkt. Bei der vorliegenden Untersuchung liegt dieser bei etwa 60 %. Genauere Untersuchungen einschließlich einer Erfassung von lichttechnischen Messgrößen sowie einer Zuordnung der Nutzer zu den jeweiligen Fensterflächenanteilen sind hierbei jedoch für eine zuverlässige Bewertung notwendig.

Die statistische Analyse der Nutzerantworten hat ergeben, dass insbesondere in den Einzelbüros die Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung und dem akustischen Komfort insgesamt am höchsten war. In persönlichen Interviews wurden Bürogrößen mit bis zu maximal vier Personen als optimal benannt. In solch kleinen Einheiten ist auch die Einflussnahmemöglichkeit auf weitere Größen, wie z. B. die Lüftung, die Raumtemperatur, die Verschattung und das Kunstlicht am größten, was nachweislich die Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz steigert.

Die Untersuchung hat vor allem gezeigt, dass es mit Hilfe von Nutzerbefragungen möglich ist, Optimierungspotentiale im Gebäudebetrieb zu ermitteln. Indem man die individuellen Zufriedenheitsparameter mit der allgemeinen Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz korreliert, erhält man einen Wert für die geschätzte Wichtigkeit der einzelnen Parameter für die allgemeine Zufriedenheit. Eine solche Handlungsrelevanzmatrix kann für jeden einzelnen Zufriedenheitsparameter und seine Bedeutung für die Gesamtzufriedenheit nach Gebäuden

gesondert dargestellt werden. Damit kann das Optimierungspotential für jeden einzelnen Parameter je Gebäude ermittelt werden.

Auf diese Weise erhält man ein Bewertungssystem, welches z. B. dem Facility Management bei der Optimierung des Gebäudebetriebs eine Unterstützung bietet, indem es einem die Rangfolge der Zufriedenheitsparameter in ihrer Wichtigkeit für die Gesamtzufriedenheit der Nutzer den mittleren Zufriedenheiten gegenüber stellt. So werden auf einen Blick Schwachstellen im Gebäude aus Nutzersicht erkennbar. In Kombination mit den Mittelwerten der Zufriedenheit wird die Dringlichkeit, an einzelnen Dingen in Gebäuden etwas zu verändern und somit die Nutzerzufriedenheit zu erhöhen transparent für den Gebäudemanager. Dies beinhaltet nicht nur den Betrieb technischer Anlagen, sondern auch die Abstimmung zwischen Nutzerverhalten und dem jeweiligen Gebäudekonzept. Zudem stimmen die relevanten Parameter für die Gebäudeoptimierung in der Regel mit den durch die Nutzer eingeschätzten Beeinträchtigungen der Produktivität bei der Arbeit überein.

Durch die Befragungen wird der Nutzer in den Optimierungsprozess der Gebäude mit einbezogen, was sich zusätzlich zu eventuell notwendigen Veränderungen im Gebäudebetrieb oder der technischen Ausführung im Gebäude positiv auf die Mitarbeiter auswirken wird. Zudem haben Planer und Ausführende die Möglichkeit, ein Feedback zu erhalten und bei zukünftigen Bauvorhaben zu berücksichtigen. Auf diese Weise wird eine stärkere Entwicklung in Richtung anforderungsorientierter Planung ermöglicht.

In den hier untersuchten Gebäuden fallen viele der erfragten Zufriedenheiten sehr positiv aus. Dies spricht insgesamt für einen hohen Gebäudestandard der untersuchten Gebäude. Deshalb können die Grenzen zwischen „zufrieden“ und „unzufrieden“ bzw. „wichtig“ und „unwichtig“ für die Bestimmung von Optimierungspotentialen erst in einem weiteren Vergleich mit „durchschnittlicheren“ Gebäuden endgültig festgelegt werden. In diesem Zusammenhang könnte man erfahren, ob sich ein niedrigerer Gebäudestandard signifikant auf die einzelnen Zufriedenheiten und deren Gewichtung für die Gesamtzufriedenheit auswirkt.

Zur Anwendung dieser Methode als Standardwerkzeug bedarf es noch geringer Optimierungen. So könnte bei einem ersten Befragungsdurchgang eine verkürzte Form des Fragebogens, eventuell elektronisch, verteilt werden. Beim zweiten Durchlauf können diejenigen Themen genauer betrachtet werden, die ein Optimierungspotenzial aufgezeigt haben. Die Auswertung sollte für einen routinemäßigen Einsatz weiter automatisiert werden.

8 Literatur

[Aldworth, Bridges 1971] Aldworth, R.C.; Bridges, D.J. (1971) ‚Designs for Variety in Lighting', Lighting Research and Technology 3(1), 8-23

[ArbSchG 1996] ‚Arbeitsschutzgesetz' (1996-08), (BGBI. I S 1246), zuletzt geändert durch Artikel 6c des Gesetzes vom 19. Dezember 1998 (BGBI. IS 3843)

[ArbStättenV 2004] Verordnung über Arbeitsstätten (2004-08)

[ASR 5 1984] Arbeitsstättenrichtlinie ASR 5 (1984-09) ‚Lüftung'

[ASR 6 2001] Arbeitsstättenrichtlinie ASR 6 (2001-05) ‚Raumtemperaturen': Zu § 6 Abs. 1 und 3 der Arbeitsstättenverordnung

[ASR 7/1 1976] Arbeitsstättenrichtlinie ASR 7/1 (1976-04) ‚Sichtverbindung nach außen'

[ASR 7/3 1993] Arbeitsstättenrichtlinie ASR 7/3 (1993-11) ‚künstliche Beleuchtung'

[ASHRAE 55:2004] ASHRAE 55 (2004), American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 'ASHRAE 55 Standard 55 – thermal environmental conditions for human occupancy', ASHRAE Inc., Atlanta, USA

[Backhaus et al. 2006] Backhaus, K.; Erichson, B; Plinke, W.; Weiber, R. (2006) ‚Multivariate Analysemethoden', Springer Verlag

[Bauer 2003] Bauer, W. (2003) ‚Innovative Bürolösungen für erfolgreiche Unternehmen', Vortrag auf dem Forum: Bürodesign – Attraktive, behagliche, performante Büros, Fraunhofer Office Innovation Center Stuttgart

[Bedfort 1936] Bedfort, T. (1936) ‚The Warmth Factor in Comfort at Work', Industrial Health Bord Report, Bd. No. 76, London

[Berutto 1997] Berrutto, V. (1997) ‚Importance of Wall Illuminance on Users Satisfaction: Pilot Study on 73 Office Workers', Lux Europa, NSVV, 82-101

[BIBB/ IAB 2002] Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.) (2002) ‚Die Arbeitswelt im Wandel', Bertelsmann Verlag

[BGI 856 2003] ‚Beleuchtung im Büro. Hilfen für die Planung von Beleuchtungsanlagen. von Räumen mit Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen' (2003), Lichttechnische Gesellschaft (LiTG), Karlsruhe

[BildscharbV 1996] Bildschirmarbeitsverordnung (1996-12) ‚Verordnung zur Umsetzung von EG-Einzelrichtlinien zur EG-Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz', Artikel 3 Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten

[BINE 2000] BINE Informationsdienst (2000) ‚Tageslichtnutzung in Gebäuden'

[BINE 2003] BINE Informationsdienst (2003) ‚Passive Kühlung mit Nachtlüftung'

[BINE 2005] BINE Informationsdienst (2005) ‚Tageslichtnutzung in Gebäuden für mehr Ergonomie und Energieeffizienz'

[Bischof et al. 1993]	Bischof et. al. (1993) ‚Sick Building Syndrom – Forschung und Erkenntnisumsetzung', Verlag C.F. Müller, Karlsruhe
[Bischof et al. 2003]	Bischof, W.; Bullinger, M.; Kruppa, B.; Müller, B.; H.; Schwab, R. (2003) ‚Expositionen und gesundheitliche Beeinträchtigungen in Bürogebäuden', Ergebnisse des ProklimA-Projektes, Fraunhofer IRB Verlag
[Bischof et al. 2007]	Bischof, W. Hellwig, R.T., Brasche, S. (2007) ‚Thermischer Komfort – die extraphysikalischen Aspekte', Bauphysik 29(3), 208-212
[Bordass , Leaman 2004]	Bordass, B. , Leaman, A. (2004) ‚Closing the Loop – post-Occupancy evaluation: Next Steps - Probe: How it happened, what it found, and did it get us anywhere?', Proceedings of Windsor Conference on Comfort and Energy Use in Buildings, Windsor
[Bordass , Leaman 2005]	Bordass, B., Leaman, A. (2005) ‚Making feedback and post-occupancy evaluation routine 1: A portfolio of feedback techniques', Building research & information, vol. 33(4), 347-352
[Brager, de Dear 1997]	Brager, G.S., de Dear, R. (1997) 'Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference', Final Report, ASHRAE RP-884, Berkeley, USA
[Brager, de Dear 1998]	Brager, G. S., de Dear, R. (1998) ‚Thermal adaptation in the built environment: a literature review', Energy and Buildings, vol.27, 83-96
[Brager, de Dear 2003]	Brager, G. S., de Dear, R. J. (2003) ‚Historical and cultural influences on comfort expectations', Chap. 11 in Buildings, Culture and Environment: Informing local and global practices, R. Cole and R. Lorsch (eds.), Blackwell Publishing, London
[Brager et al. 2004]	Brager, G.S., Paliaga, G., de Dear, R. (2004) ‚Operable Windows, Personal Control and Occupant Comfort', Ashrae Transactions, vol. 110, Part 2, 17-35
[BREEAM]	BREEAM, http://www.breeam.org, Juni 2006
[Brickenkamp 1997]	Brickenkamp (1997) ‚Handbuch psychologischer und pädagogischer Tests', Hogrefe Verlag, Göttingen
[Borg 2003]	Borg, M. (2003) ‚Führungsinstrument Mitarbeiterbefragung: Theorien, Tools und Praxiserfahrung', Hofgrefe Verlag
[Bortz, Döring 2003]	Bortz, A.; Döring, M. (2003) ‚Forschungsmethoden und Evaluation', Springer Verlag
[Brosius 2004]	Brosius, F. (2004) ‚SPSS 12', MTP Verlag
[Byrne 2001]	Byrne, B. M. (2001) ‚Structural equation modelling with AMOS', Lawrence Erlbaum, New Jersey
[Canter 1975]	Canter, D. (1975) ‚Environmental Interaction', United Press, Surrey
[McCartney, Nicol 2002]	McCartney, K. J., Nicol, J.F. (2002) ‚Developing an adaptive control algorithm for Europe', Energy and Buildings, vol. 34, 623-635
[Chappells, H., Stove 2005]	Chappells, H., Stove, E. (2005) ‚Debating the future of comfort: environmental sustainability, energy consumption and the indoor environment', Building Research & Information, vol. 33(1), 32-40

[Collins 1990]	Collins, B.L. (1990) ‚Evaluation and the Role of Luminance Distribution in Occupant Response to Lighting', CIBSE National Lighting Conference, 1-10
[Cooper 1982]	Cooper, G. (1982) ‚Comfort theory and practice: barriers to the conservation of energy by building occupants', Applied Energy, vol. 11, 243-288
[Cooper 2001]	Cooper, I. (2001) ‚Post-occupancy evaluation – where are you?', Building Research and Information, vol. 29(2), 158-163
[de Dear et al. 1997]	de Dear, R. ; Brager, G.S.; Cooper, D. (1997) ‚Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference', Final report, ASHRAE RP-884
[deDear 1998]	deDear, R.J. (1998) ‚A global database of thermal comfort field experiments', ASHRAE Transactions SF-98-11-1 (RP-884),
[de Dear, Brager 2002]	deDear, R.J.; Brager, G.S. (2002) ‚Thermal Comfort in naturally ventilated buildings - revisions to ASHRAE Standard 55', Energy and Buildings 34, 649-561
[de Dear 2004]	de Dear, R. (2004) ‚Thermal comfort in practice', Indoor Air, vol. 14(7), 32-39
[DIN 1946]	DIN (1994) ‚Raumlufttechnik', Teil 2: ‚Gesundheitstechnische Anforderungen'
[DIN 4710-2]	DIN 4710 Blatt 2 (2007-05) ‚Meteorologische Daten in der technischen Gebäudeausrüstung – Gradtage', Technische Regeln, Beuth Verlag
[DIN EN ISO 10075-1]	EN ISO 10075-1 (2000-11) ‚Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung' - Teil 1: Allgemeines und Begriffe
[DIN EN ISO 11690 Teil 1]	EN ISO 11690-1(1997-02) ‚Akustik - Richtlinien für die Gestaltung lärmarmer maschinenbestückter Arbeitsstätten' - Teil 1: Allgemeine Grundlagen
[DIN EN ISO 11688-1]	EN ISO (1998-10) ‚Akustik - Richtlinien für die Gestaltung lärmarmer Maschinen und Geräte' - Teil 1: Planung (ISO/TR 11688-1:1995)
[DIN EN 12464-1]	DIN EN 12464 (2003-03) ‚Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten'
[DIN 5034 Teil 1]	DIN (1999-10) ‚Tageslicht in Innenräumen' - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
[Eriksson 1996]	Eriksson, N. (1996) ‚Psychological factors and the "sick building syndrome". A case-referent study', Proceedings of Indoor Air, vol. 6(2), 101-110
[Eve, RICS 1997]	Gerald Eve Research and RICS (1997) ‚Overcrowded, underutilised or just right?', Gerald Eve, London
[Fahrenberg et al. 2002]	Fahrenberg, J.; Bolkenius, K.; Maier, S.; Schmidt, M.; Foerster, F.; Hüttner, P.; Käppler, C.; Leonhart, R. (2002) ‚Evaluation des negativen Retrospektionseffektes. Untersuchungen mit MONITOR', Universität Freiburg, Forschungsbericht des Instituts für Psychologie, Nr. 156

[Fang et al. 2002] Fang, L. Wyon, D.P. Clausen, G. Fanger, P.O. (2002) ‚Sick building syndrome symptoms and performance in a field study at different levels of temperature and humidity', in Proceedings of Indoor Air, Monterey, vol. 3, 466-471

[Fanger 1970] Fanger, P.O. (1970) ‚Thermal Comfort analysis and Applications', in Environmental Engineering, McGraw-Hill, New York

[Fanger 1975] Fanger, P.O.; Ostergaard, J.; Olesen S.; Lund Madsen Th. (1975) ‚The effect on man's comfort of a uniform air flow from different directions', ASHRAE Transactions, vol. 80, 142-157

[Fanger, Christensen 1986] Fanger, P.O.; Christensen, N.K. (1986) ‚Perception of draught in ventilated spaces', Ergonomics 29, 215-235

[Fanger 1988] Fanger, P.O. (1988) ‚A comfort equation for indoor air quality and ventilation', Proceedings of Healthy Buildings, vol. 1, 39-51

[Fiala et al. 2003] Fiala D.; Lomas K.J.; and Stohrer M. (2003) ‚First Principles Modelling of Thermal Sensation Responses in Steady-State and Transient Conditions', ASHRAE Transactions, vol. 109(1), 179-186

[Fischer 1970] Fischer, D. (1970) ‚Optimale Beleuchtungsniveaus in Arbeitsräumen Teil 1+2', Lichttechnik, 22 (2+3), 61-63 und 103-105

[Fleischer 2001] Fleischer, S. (2001) ‚Die psychologische Wirkung veränderlicher Kunstlichtsituationen auf den Menschen', Dissertation an der ETH Zürich

[Froehlich et al. 2002] Froehlich, S.; Wagner, A.; Wambsganß, M.; Schlums, M. (2002) ‚ENERKENN - Web-based Method to generate specific Energy Consumption Data for Evaluation and Optimization of Office Building Operation', Proceedings of EPIC AIVC Conference, Lyon

[Gagge 1986] Gagge, A.P.; Forbelets, A.P; Berglund, L.G. (1986) ‚A standard predictive index of human response to the thermal environment', ASHRAE Transactions, vol. 92(2b), 709-731

[Gossauer et al. 2006a] Gossauer, E.; Leonhart, R.; Wagner, A. (2006) ‚Nutzerzufriedenheit am Arbeitsplatz', Gesundheitsingenieur Nr. 5, 232-240

[Gossauer et al. 2006b] Gossauer, E.; Leonhart, R.; Wagner, A. (2006) ‚A Survey on Workplace Occupant Satisfaction - a Study in Sixteen German Office Buildings', Proceedings of EPIC Conference, Lyon

[Gossauer, Wagner 2007] Gossauer, E.; Wagner, A. (2007) ‚Post Occupancy Evaluation and Thermal Comfort - State-of-the-Art and new Approaches', Annual Journal of Advanced Building Energy Research, Vol. 1, 151-175

[Gottschalk 1994] Gottschalk, O. (1994) ‚Verwaltungsbauten: Flexibel, Kommunikativ, Nutzerorientiert', Bauverlag

[Gräff et al. 1995] Gräff, B.; Hubert, K.; Zoller, H.J. (1995) ‚Untersuchungen von Luftgeschwindigkeiten und Lufttemperaturen an industriellen Arbeitsplätzen', Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Fb 722, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven

[Griefahn 1999]	Griefahn, B. (1999) ‚Bewertung von Zugluft am Arbeitsplatz', Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/ Berlin
[Hacker 1998]	Hacker, W. (1998) ‚Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Arbeitstätigkeit', Huber Verlag, Bern
[Hair et al. 1995]	Hair, J.F.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L.; Black, W.C. (1995) ‚Multivariate Data Analysis', Prentice Hall College Div., New Jersey
[Hair et al. 2006]	Hair, J.F.; Black; W.C.; Babin; B. J.; Anderson; R. E.; Tatham, R. L. (2006) ‚Multivariate Data Analysis', New Jersey
[Hays 1994]	Hays, W.L. (1994) ‚Statistics', Forth Worth, Harcourt
[Hellwig 2005]	Hellwig, R.T. (2005) ‚Thermische Behaglichkeit – Unterschiede zwischen frei und mechanisch belüfteten Gebäuden aus Nutzersicht', Dissertation an der Universität München
[Herkel et al. 2005]	Herkel, S., Knapp, U., Pfafferott, J. (2005) ‚A Preliminary Model of user behaviour regarding the manual control of windows in office buildings, Tagungsband der Konferenz IBPSA, Montreal
[HOPE 2006]	HOPE, http://hope.epfl.ch, Juni 2006
[Houghten et al. 1938]	Houghten, F.C.; Gutberlet, C.; Witkowski, E. (1938) ‚Draft temperatures ans velocities in relation to skin temperature and feeling of warmth', ASHRAE Transactions, vol. 55, 289-308
[Humphreys 1994]	Humphreys, M. A. (1994) ‚Field studies and climate chamber experiments in thermal comfort research', in Oseland, N. and Humphreys, M. (Eds.): Thermal Comfort: Past, Present and Future, Building Research Establishment, Watford, 52-69
[Humphreys, Nicol 2000]	Humphreys, M.A.; Nicol, J.F. (2000) ‚The effects of measurements and formulation error on thermal comfort indices in the ASHRAE database of field studies', ASHRAE transactions, vol. 206 (2), 493-502
[Humphreys 2005]	Humphreys, M.A. (2005) ‚Quantifying occupant comfort: are combined indices of the indoor environment practicable?', Building research & information, vol. 33(4), pp. 317-325
[Janssen und Laatz 2005]	Janssen, J.; Laatz, W. (2005) ‚Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows', Springer Verlag, Berlin
[Jeapalan 2005]	Jeyapalan, A.R. (2005) ‚Studie zur Raumakustik und Schalltechnik in Kombibüros verschiedener Bürogebäude - Messungen – Nutzerbefragung – Auswertung', Diplomarbeit an der Universität Karlsruhe (TH)
[Jensen, Arens 2005]	Jensen, K. and Arens, E.(2005) ‚Acoustic Quality in Office Workstations, as Assessed by Occupant Surveys', Proceedings of Indoor Air, Beijing, China
[Kähkönen, Illmarinen 1989]	Kähkönen, E.; Illmarinen, R. (1989) ‚Assessing indoor thermal climate – a critical discussion', Environmental International, vol. 15, 531-535

[Kaczmarczyk et al. 2002] Kaczmarczyk, L.; Zeng, Q.; Melikov, A.; Fanger, P.O. (2002) ‚The effect of a personalized ventilation system on perceived air quality and SBS symptoms', in Proceedings of Indoor Air, Monterey, vol.4, 1042-1047

[Klages, Masser 2002] Klages, H.; Masser, K. (2002) ‚Mitarbeiterbefragung in Saarländischen Landesverwaltungen', Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung, Speyer

[Klein, Porst 2000] Klein, S.; Porst, R. (2000) ‚Mail Surveys – Ein Literaturbericht', Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen (ZUB), Mannheim

[Kleinbeck 1996] Kleinbeck, U. (1996) ‚Arbeitsmotivation', Juventa Verlag, München

[Kline 1998] Kline, R. B. (1998) ‚Principles and practice of structural equation modelling', New York

[Knirsch 2002] Knirsch, J. (2002) ‚Büroräume, Bürohäuser', Alexander Koch Verlag

[Kröling 1985] Kröling, P. (1985) ‚Gesundheits- und Befindlichkeitsstörungen in klimatisierten Gebäuden. Vergleichende Untersuchung zum building illness syndrome', Zuckerschwerdt Verlag, München

[Leaman, Bordass 1999] Leaman, A.; Bordass, B. (1999) ‚Productivity in buildings: The 'killer' variables', Building Research and Information, vol. 27 (1), 4-19

[Leaman, Bordass 2001] Leaman, A.; Bordass, B. (2001) ‚Assessing building performance in use 4: the Probe occupant surveys and their implications', Building Research and Information, vol. 29(2), pp. 129-143

[Leslie, Hartleb 1990] Leslie, R.P.; Hartleb, S.B. (1990) ‚Human Response and Variability in the Luminous Environment'; CIBSE National Lighting Conference, 87-99

[Lienert, Raatz 1998] Lienert, G.; Raatz, U. (1998) ‚Testaufbau und Testanalyse', Beltz Verlag

[v. D. Linden, Boerstra 2006] van der Linden, A.C.; Boerstra, A. (2006) ‚Adaptive temperature limits: A new guideline in the Netherlands. A new approach for the assessment of building performance with respect to thermal indoor climate', Energy and Buildings, vol. 38, 8-17

[McCartney, Nicol 2002] McCartney, K.; Nicol J. F. (2002) ‚Developing an adaptive control algorithm for Europe', Energy and Buildings 34, 623-635

[McIntyre 1980] McIntyre, D.A. (1980) ‚Indoor Climate', Applied Science, London

[Mendell 1993] Mendell, M.J. (1993) ‚Non-specific symptoms in office workers: a review and summary of the epidemiologic literature', Proceedings of Indoor Air, vol. 3(4), 227-236

[Mummendey 1999] Mummendey, H. D. (1999) ‚Die Fragebogenmethode', Hofgrefe Verlag

[Nachtigall et al. 2003] Nachtigall, C. et al. (2003) ‚(Why) Should We Use SEM? Pros and Cons of Structural Equation Modeling', Methods of Psychological Research Online 2003, vol. 8 (2), 1-22

[Nicol, Humphreys 1973] Nicol, J.F.; Humphreys, M.A. (1973) ‚Thermal comfort as part of a self-regulating system', Building Research and Practice (J. CIB), vol. 6(3), 191-197

[Nicol, Kessler 1998] Nicol, J.; Kessler, M. (1998) ‚Perception of comfort in relation to weather and adaptive opportunities', ASHRAE Technical Data Bulletin, vol. 104 (1), 1005-1017

[Nicol, Mc Cartney 2000] Nicol, F.; Mc Cartney, K. (2000) ‚Smart Controls and Thermal Comfort Project' (SCATs), final report

[Nicol, Humphreys 2002] M Nicol, F.; Humphreys, M. (2002) ‚Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings, Energy and Buildings, vol. 34 (6), 563-572

[Nicol, Roaf 2005] Nicol, J.F.; Roaf, S. (2005) ‚Post occupancy evaluation and field studies of thermal comfort', Building research and information, vol. 33(4), 338-346

[Nikolopoulou, Steems 2003] Nikolopoulou, M.; Steems, K. (2003) ‚Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces', Energy and Buildings, vol. 35, 95-101

[Oseland et al. 1997] Oseland, N.; Brown, D.; Aizlewood, C. (1997) ‚Occupant satisfaction with environmental conditions in naturally ventilated and air conditioned buildings', CIBSE Mixed Mode Conference

[Pech 2002] Pech, E. (2002) ‚Modernisierung der Büroarbeit und Gesundheit', Wirtschaftsverlag NW, Dortmund/ Berlin/ Dresden

[Pfafferott et al. 2004] Pfafferott, J.; Herkel, S.; Wagner, A. (2004) ‚Müssen unsere Bürogebäude klimatisiert werden?', Heizung – Lüftung – Haustechnik (HLH), vol. 3, 24-30

[Pfafferott 2004] Pfafferott, J. (2004) ‚Enhancing the design and operation of passive cooling concepts', Dissertation an der Universität Karlsruhe (TH), Fraunhofer IBR Verlag

[Pfafferott, Kalz 2007] Pfafferott, J.; Kalz, D. (2007) ‚Thermoaktive Bauteilsysteme – Nichtwohnungsbauten energieeffizient heizen & kühlen auf hohem Komfortniveau', in BINE Info I/2007

[Plesser et al. 2003] Plesser, S.; Bremer, C.; Fisch, N. (2003) ‚EVA – Forschungsprojekt zur Evaluierung von Energiekonzepten: Auf dem Prüfstand.', Intelligente Architektur 43, Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH, Leinfelden-Echterdingen, 68-77

[Plesser et al. 2005a] Plesser, S.; Bremer, C.; Fisch, M. N. (2005) ‚EVA – Forschungsprojekt zur Evaluierung von Energiekonzepten III: Auf dem Prüfstand V – Bürogebäude Neumühlen 4', Intelligente Architektur 53, Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH, Leinfelden-Echterdingen, 58-53

[Plesser et al. 2005b] Plesser, S.; Gerder, F.; Bremer,C.; Fisch, M.N. (2005) ‚EVA – Forschungsprojekt zur Evaluierung von Energiekonzepten IV: Auf dem Prüfstand – Neubau Informatikzentrum der TU Braunschweig.', Intelligente Architektur 51; Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH, Leinfelden-Echterdingen, 68-73

[Porst 2000] Porst, R. (2000) ‚Question Wordening – Zur Formulierung von Fragebogen-Fragen', Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen, Mannheim, How-to-Reihe, Nr. 2

[prEN ISO 7730:2005] prEN ISO 7730 (2005) ‚Ergonomics of thermal environment', Beuth Verlag

[PROBE 1999] PROBE, (1999) ‚Probe strategic conclusion', Final Report 4, Center for the Built Environment, Berkeley, USA

[Rangi, Osterhaus 1999] Rangi, K., Osterhaus, W. (1999) ‚Windowless environments: are they affecting our health?', Tagungsband LIGHTING '99 – Then, Now & Beyond, 44th Annual Convention of the illuminating Engineering Society of Australia and New Zealand (IESANZ), Adelaide, Australia, 4:9:1-4:9:13

[Recknagel et al. 2000] Recknagel, H.; Sprenger, E.; Schramek, R. (2000) ‚Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik', Oldenbourg Verlag

[Richter 2000] Richter, G. (2000) ‚Psychische Belastung und Beanspruchung – Stress, Psychische Ermüdung, Monotonie, psychische Sättigung', Wirtschaftsverlag, Bremerhaven

[Roulet et al. 2005a] Roulet, C. A.; Flourentzou, F.; Foradini, F.; Bluyssen, Ph. ; Cox, Ch. ; Aizlewood, C. (2006) ‚Multi-criteria Analysis of Health, Comfort and Energy Efficiency of buildings', Building Research & Information, vol. 34(5), 475-482

[Roulet et al. 2005b] Roulet, C.A.; Johner, N.; Foradini, F.; Bluyssen, Ph. ; Cox, Ch.; Oliveria Fernandes, E.; Müller, B.; Aizlewood, C. (2006) ‚Perceived Health and Comfort in European Buildings in Relation with Energy Use and Other Building Characteristics', Building Research & Information, vol. 34(5), 467-474

[Rowe 1998] Rowe, D. (1998) ‚Occupant interaction with a mixed media thermal climate control system improves comfort and saves energy', AIRAH Meeting, Sydney

[Schermelleh-Engel 2003] Schermelleh-Engel, K.; Moosburger, H.; Müller, H. (2003) ‚Evaluating the fit of structural equation models: Test of significance and descriptive goodness-of-fit measures', Methods of Psychological Research Online, vol. 8(2), 23-74.

[Schneider et al.2003] Schneider, W.; Windel, A.; Zwingmann, B. (2003) ‚Die Zukunft der Büroarbeit', Initiative neue Qualität der Arbeit (INQA-Studie)

[Skov, Valbjorn 1987] Skov, P.; Valbjorn, O. (1987) ‚The sick building syndrome in the office environments: The Danish Town Hall Study', Environmental International, vol. 15, 339-349

[SPSS 2004] SPSS GmbH Software (2004) ‚SPSS für Zufriedenheitsanalyse und Marktforschung', Schulungsunterlagen

[Steinberg 1994] Steinberg, B. (1994) ‚The sick building syndrome (SBS) in office workers. A case referent study of personal, psychological and building related risk factors', International Epidemiological, vol. 23(6), 1190-1197

[Sust 1996] Sust, Ch. A. (1996) ‚Lärmbeurteilung - Büro-Arbeitsplätze. Auswirkungen von Geräuschen mittlerer Intensität auf Büro- und Verwaltungsaufgaben', Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven

[Thommen 2002] Thommen, J.P. (2002) ‚Management & Organisation, Konzepte, Instrumente, Umsetzung', Versus Verlag, Zürich

[Toftum 1994] Toftum, J. (1994) ‚A field study of draught complaints in the industrial work environment'; in: Frim J., Ducharme, M.B., Tikuisis, P. (eds.): Proceedings of the Sixth International Conference on Environmental Ergonomics, Scientific Information Center, Defence & Civil Institute of Environmental Medicine, North York Ontario, Canada, 252-253

[Toftum, Nielsen 1996a] Toftum, J.; Nielsen, R. (1996) ‚Draught sensivitity is influenced by general thermal sensations', Int. J. Indust. Ergonomics 18, 295-305

[Toftum, Nielsen 1996a] Toftum, J.; Nielsen, R. (1996) ‚Impact of metabolic rate on human response air movements during work in cool environments', Int. J. Indust. Ergonomics 18, 307-316

[Toftum et al. 2004] Toftum, J.; Langkilde, G.; Fanger, P.O. (2004) ‚New indoor environment chambers and field experiment offices for research on human comfort, health and productivity at moderate energy expenditure', Energy and Buildings, vol. 36, 889-903

[Tops et al. 1998] Tops, M.; Tenner, A.D. ; van den Beld, G.J. ; Begemann, S.H.A. (1998) ‚The effect of the length of continuous presence on the preferred illuminance in offices', CIBSE National Lighting Conference

[VDI 2058 1978] VDI 2058 (1978) Blatt 3, Entwurf: ‚Beurteilung von Lärm unter Berücksichtigung von Anforderungen des Arbeitsplatzes'

[Voss et al. 2003] Voss, K. ; Löhnert, G. ; Wagner, A. (2003) ‚Energieeinsatz in Bürogebäuden', Bauphysik 25(2), 372-382

[Voss et al. 2005] Voss, K.; Herkel, S.; Löhnert, G.; Wagner, A.; Wambsganß, M. (2005) ‚Bürogebäude mit Zukunft - Konzepte, Erfahrungen, Analysen', TÜV-Verlag

[Weston 1954] Weston, H.C. (1954) ‚Visual Fatigue', Illuminating Engineering, February, 63-76

[Wagner et al. 2006] Wagner, A.; Moosmann, C.; Gropp, T.; Gossauer, E. (2006) ‚Thermal comfort under Summer Climate Conditions – Results from a survey in an Office Building in Karlsruhe, Germany', Proceedings of Windsor Conference on Comfort and Energy Use in Buildings, Windsor

[Wargocki et al. 1999] Wargocki, P.; Wyon, D.P.; Baik, Y.K..; Clausen, G.; Fanger, P.O. (1999) ‚Perceived air quality', Indoor Air, vol. 9, 165-179

[Wargocki et al. 2000] Wargocki, P.; Wyon, D.P.; Sundell, J.; Clausen, G.; Fanger, P.O. (2000) ‚The effects of outdoor supply rate in an office on perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity', Indoor Air, vol. 10(4), 222-236

[Weber 2002] Weber, L. (2002) ‚Energie in Bürogebäuden', Dissertation an der ETH Zürich

[Wendehorst 1998] Wendehorst, R. (1998) ‚Bautechnische Zahlentafeln', Stuttgart/ Berlin/ Leipzig/ Wien/ Zürich

[Wienold, Christoffersen 2006] Wienold, J.; Christoffersen, J. (2006) ‚Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras', Energy and Buildings, vol. 38, 743 - 757

[Wienold 2007] Wienold, J. (2007) ‚Blendschutz und Tageslichtnutzung – Nutzerakzeptanz und Präferenzen', Beitrag zum Tagungsband 13. Symposium „Licht & Architektur", Staffelstein, 126-131, 2007

[Wilkening 1998] Wilkening, W. (1998) ‚Veränderungen der Arbeitswelt und ihre Folgen.', Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Psychische Belastung und Beanspruchung unter dem Aspekt des Arbeits- und Gesundheitsschutzes, Tagungsbericht Tb 86, Wirtschaftsverlag, Bremerhaven

[Wilson, Hedge 1997] Wilson, S., Hedge, A. (1997) ‚The Office Environment Survey', Building Use Studies, London

[Wirtz, Nachtigall 2002a] Wirtz, M.; Nachtigall, Ch. (2002) ‚Deskriptive Statistik, Statistische Methoden für Psychologen', Teil 1, Juventa Verlag

[Wirtz, Nachtigall 2002b] Wirtz, M.; Nachtigall, Ch. (2002) ‚Wahrscheinlichkeitsrechnung und Interferenzstatistik, Statistische Methoden für Psychologen', Teil 2, Juventa Verlag

[Zagreus et al. 2004] Zagreus, L.; Huizenga; C., Arens, E.; Lehrer, E.D (2004) 'Listening to occupants: a Web-based indoor environmental quality survey', Indoor Air, vol.14(8), 65-74

Liste der Veröffentlichungen:

[Gossauer, Wagner 2005] Gossauer, E.; Wagner A. (2005) ‚User satisfaction at Workspaces - a Study in twelve Office Buildings in Germany', Proceedings CISBAT 2005, Lausanne

[Gossauer et al. 2006] Gossauer, E.; Leonhart, R.; Wagner, A. (2006) ‚Workplace Occupant Satisfaction - a Study in Sixteen German Office Buildings', Proceedings of Windsor Conference on Comfort and Energy Use in Buildings, Windsor

[Gossauer et al. 2006] Gossauer, E.; Leonhart, R.; Wagner, A. (2006) ‚Nutzerzufriedenheit am Arbeitsplatz', Gesundheitsingenieur Nr. 5, 232-240

[Gossauer et al. 2006] Gossauer, E.; Leonhart, R.; Wagner, A. (2006) ‚A Survey on Workplace Occupant Satisfaction - a Study in Sixteen German Office Buildings', Proceedings of EPIC Conference, Lyon

[Gossauer, Wagner 2007] Gossauer, E.; Wagner, A. (2007) ‚Post Occupancy Evaluation and Thermal Comfort - State-of-the-Art and new Approaches', Annual Journal of Advanced Building Energy Research, Vol. 1, 151-175

[Gossauer in Voss et al. 2005] Voss, K.; Herkel, S.; Löhnert, G.; Wagner, A.; Wambsganß, M. (2005) ‚Bürogebäude mit Zukunft - Konzepte, Erfahrungen, Analysen', TÜV-Verlag, 224-229

[Wagner et al. 2006] Wagner, A.; Moosmann, C.; Gropp, T.; Gossauer, E. (2006) ‚Thermal comfort under Summer Climate Conditions – Results from a survey in an Office Building in Karlsruhe, Germany', Proceedings of Windsor Conference on Comfort and Energy Use in Buildings, Windsor

[Wagner et al. 2007] Wagner, A.; Moosmann, C.; Gropp, Th.; Gossauer, E.; Leonhart, R. (2007) ‚Thermal Comfort and Workspace Occupant Satisfaction - Results of Field Studies in German Low Energy Office Buildings', Journal of Energy & Buildings, Volume 39(7)

[Wagner et al. 2007] Wagner, A.; Moosmann, C.; Gropp, Th.; Gossauer, E. (2007) ‚Thermal Comfort under Summer Climate Conditions - Results of a Survey in an Office Building in Karlsruhe', Tagungsband Bauklimatisches Symposium, Dresden

[Wagner et al. 2007] Wagner, A.; Moosmann, C.; Gropp, T.; Gossauer, E. (2007) ‚Thermal Comfort in a Naturally Ventilated Office Building in Karlsruhe, Germany – Results of a Survey', Proceedings of Clima 2007 - Well Being Indoors, Helsinki

Anhang

Tab. A1: Anteil Männer und Frauen an der Gesamtstichprobe

Geschlecht

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	weiblich	747	50,7	51,4	51,4
	männlich	707	48,0	48,6	100,0
	Gesamt	1454	98,8	100,0	
Fehlend	keine Antwort	15	1,0		
	System	3	,2		
	Gesamt	18	1,2		
Gesamt		1472	100,0		

Tab. A2: Häufigkeitsverteilung der Alterskategorien in der Gesamtstichprobe

Alter

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	<= 25	104	7,1	7,1	7,1
	26-35	470	31,9	32,3	39,5
	36-45	494	33,6	34,0	73,4
	46-55	294	20,0	20,2	93,6
	über 55	93	6,3	6,4	100,0
	Gesamt	1455	98,8	100,0	
Fehlend	keine Antwort	14	1,0		
	System	3	,2		
	Gesamt	17	1,2		
Gesamt		1472	100,0		

Tab. A3: Häufigkeitsverteilung der Angaben zur beruflichen Stellung in der Gesamtstichprobe

berufliche-Stellung

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Azubi	24	1,6	1,7	1,7
	Hilfskraft	35	2,4	2,4	4,1
	Fachkraft	944	64,1	65,7	69,8
	Teamleiter	126	8,6	8,8	78,6
	Abteilungsleiter	105	7,1	7,3	85,9
	Geschäftsführung	47	3,2	3,3	89,1
	sonstiges	156	10,6	10,9	100,0
	Gesamt	1437	97,6	100,0	
Fehlend	keine Antwort	26	1,8		
	System	9	,6		
	Gesamt	35	2,4		
Gesamt		1472	100,0		

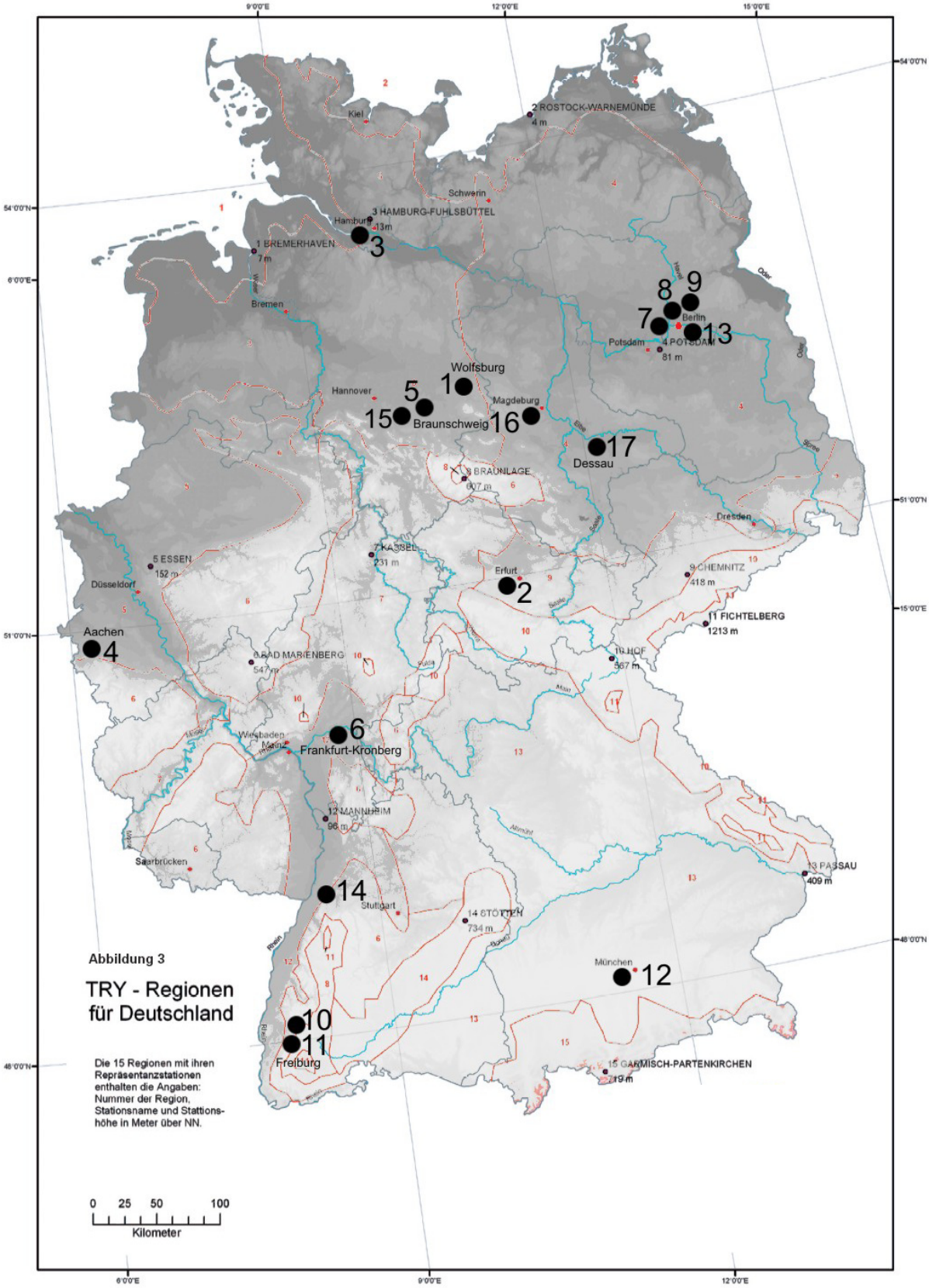


Abb. A1: Deutschlandkarte vom Deutschen Wetterdienst (2004) zur Einteilung der Testreferenzjahre. Eingezeichnet sind die Gebäudestandorte als schwarze Punkte mit Nummerierung.

Tab. A4: Bezugszeiträume für die Klimadaten (zwei Wochen Zeitraum vor den Befragungen) im Sommer und im Winter mit Angabe der verwendeten Wetterstationen des DWD

Gebäude	Messzeitraum-Sommer	Messzeitraum-Winter	Wetterstation	Bemerkungen
1	28.06. – 12.07.05	25.02. – 10.03.04	Hannover + Magedburg	Werte für Wolfsburg gemittelt; bis 8 Kelvin Abweichung zu Messwerten vom Gebäude im Sommer
2		17.02. – 02.03.04	Erfurt	
3	05.08. – 18.08.04	05.02. – 18.02.04	Hamburg	
4	30.07. – 12.08.04	19.02. – 04.03.04	Aachen	
5	04.08. – 17.08.04	18.02. – 03.03.04	Hannover	Keine Daten vom Bezugszeitraum
6	08.07. – 21.07.04	15.02. – 28.02.05	Frankfurt	
7	12.08. – 25.08.05	11.02. – 24.02.05	Berlin	
8	13.08. – 26.08.04	05.01. – 18.01.05	Berlin	
9	04.08. – 17.08.05	09.02. – 22.02.05	Berlin	
10	01.07. – 14.07.05	12.01. – 25.01.05	Freiburg	FHG-ISE Wetterstation
11	24.06. – 07.07.05	04.02. – 17.02.05	Freiburg	FHG-ISE Wetterstation
12	08.07. – 21.07.05	04.02. – 17.02.05	München	Falscher Bezugszeitraum der Hauseigenen Wetterstation
13	05.08. – 18.08.05	27.01. – 09.02.06	Berlin	Keine Wetterdaten vom Gebäude
14	16.06. – 30.06.05	09.03. – 23.03.06	Karlsruhe	
15	02.08. – 16.08.05	25.01. – 08.02.06	Hannover	Periodische Verschiebung der Wintermesswerte zu DWD Daten um 1 Tag
16	30.08. – 12.09.05	21.01. – 03.02.06	Magdeburg	
17	31.08. – 13.09.06	25.02. – 10.03.06	Wetterstation Geb. (Dach und Kantine)	Abweichungen bis 9 K, Messwertkorrektur entspricht ungefähr Wetter Leipzig

Tab. A5: Test auf Mittelwertsunterschiede (t-Test für unabhängige Stichproben) bezüglich der Temperaturbewertungen im Sommer und im Winter

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
Temperaturzufriedenheit insgesamt	Varianzen sind gleich	,083	,773	-9,636	1453	,000	-,64	,067	-,775	-,513
	Varianzen sind nicht gleich			-9,635	1451,386	,000	-,64	,067	-,775	-,513
momentanes Temperaturempfinden am Arbeitsplatz	Varianzen sind gleich	31,476	,000	-6,861	1461	,000	-,34	,050	-,442	-,245
	Varianzen sind nicht gleich			-6,869	1450,201	,000	-,34	,050	-,442	-,246
Temperaturempfinden vormittags (zwei Wochen rückblickend)	Varianzen sind gleich	27,265	,000	-10,392	1271	,000	-,68	,065	-,807	-,551
	Varianzen sind nicht gleich			-10,670	1246,475	,000	-,68	,064	-,803	-,554
Temperaturempfinden nachmittags (zwei Wochen rückblickend)	Varianzen sind gleich	62,380	,000	-14,710	1242	,000	-,91	,062	-1,033	-,790
	Varianzen sind nicht gleich			-15,095	1203,819	,000	-,91	,060	-1,030	-,793
empfundene Luftfeuchte (zwei Wochen rückblickend)	Varianzen sind gleich	55,839	,000	-9,966	1450	,000	-,50	,050	-,593	-,398
	Varianzen sind nicht gleich			-9,986	1381,014	,000	-,50	,050	-,593	-,398
empfundene Temperatur-schwankungen (rückblickend)	Varianzen sind gleich	,137	,711	-8,463	1271	,000	-,63	,074	-,771	-,481
	Varianzen sind nicht gleich			-8,529	1188,250	,000	-,63	,073	-,770	-,482
Häufigkeit von versuchten Temperaturänderungen	Varianzen sind gleich	29,596	,000	-8,695	1282	,000	-,65	,075	-,802	-,507
	Varianzen sind nicht gleich			-8,765	1275,771	,000	-,65	,075	-,801	-,508
Zufriedenheit mit der Wirksamkeit versuchter Temperaturänderungen	Varianzen sind gleich	,149	,700	-12,088	1108	,000	-,88	,072	-1,018	-,734
	Varianzen sind nicht gleich			-12,008	989,300	,000	-,88	,073	-1,019	-,733
empfundene Zugluft	Varianzen sind gleich	6,976	,008	-2,573	1372	,010	-,17	,068	-,308	-,041
	Varianzen sind nicht gleich			-2,576	1371,921	,010	-,17	,068	-,308	-,042

Tab. A6: T-Test zur Ermittlung von Mittelwertsunterschieden der Raumklimavariablen zwischen Gebäuden mit und ohne Dresscode im Sommer. Zu den Gebäuden mit Dresscode zählen die : 1, 3, 6, 7, 8, 9, 16. Getrennte Betrachtung der Bewertung von Männern und Frauen

Gruppenstatistiken

66 Geschlecht		Dresscode	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
weiblich	Momentanes Temperaturempfinden	nein	217	-,01	,984	,067
		ja	167	,41	1,082	,084
	Temperaturempfinden vormittags	nein	215	-,06	1,299	,089
		ja	167	,37	1,263	,098
	Temperaturempfinden nachmittags	nein	208	,55	1,273	,088
		ja	164	1,09	1,118	,087
	Empfinden von Temperaturschwankunge	nein	218	1,79	1,326	,090
		ja	166	2,54	1,219	,095
	Zufriedenheit mit der Raumtemperatur	nein	217	2,12	1,221	,083
		ja	166	2,61	1,230	,095
	Wirksamkeit von Temperaturänderungen	nein	191	2,37	1,097	,079
		ja	142	2,63	1,229	,103
	Einflussnahme-Häufigkeit	nein	211	1,81	1,401	,096
		ja	140	2,42	1,513	,128
männlich	Momentanes Temperaturempfinden	nein	246	,29	,944	,060
		ja	101	,68	,905	,090
	Temperaturempfinden vormittags	nein	244	,47	1,116	,071
		ja	101	,91	1,011	,101
	Temperaturempfinden nachmittags	nein	245	1,10	1,020	,065
		ja	100	1,22	,991	,099
	Empfinden von Temperaturschwankunge	nein	243	1,72	1,299	,083
		ja	100	1,97	1,322	,132
	Zufriedenheit mit der Raumtemperatur	nein	246	2,15	1,249	,080
		ja	100	2,56	1,358	,136
	Wirksamkeit von Temperaturänderungen	nein	211	2,41	1,169	,080
		ja	86	2,76	1,207	,130
	Einflussnahme-Häufigkeit	nein	230	1,81	1,346	,089
		ja	85	2,11	1,574	,171

Tab. A7: Spearman-Rangkorrelation zwischen der Temperaturzufriedenheit und weiteren Variablen, getrennt nach Winter- und Sommerbefragung

Korrelationen

Jahreszeit				Temperatur	Zugluft	Luftfeuchte	Luftqualität
Winter	Spearman-Rho	Temperaturzufriedenheit insgesamt	Korrelationskoeffizient	1,000	,319**	-,433**	,538**
			Sig. (2-seitig)	.	,000	,000	,000
			N	495	438	489	493
		Zugluft	Korrelationskoeffizient	,319**	1,000	-,249**	,283**
			Sig. (2-seitig)	,000	.	,000	,000
			N	438	445	440	443
		Luftfeuchte	Korrelationskoeffizient	-,433**	-,249**	1,000	-,569**
			Sig. (2-seitig)	,000	,000	.	,000
			N	489	440	495	493
		Luftqualität	Korrelationskoeffizient	,538**	,283**	-,569**	1,000
			Sig. (2-seitig)	,000	,000	,000	.
			N	493	443	493	500
Sommer	Spearman-Rho	Temperaturzufriedenheit insgesamt	Korrelationskoeffizient	1,000	,197**	-,179**	,534**
			Sig. (2-seitig)	.	,000	,000	,000
			N	638	603	630	635
		Zugluft	Korrelationskoeffizient	,197**	1,000	-,175**	,191**
			Sig. (2-seitig)	,000	.	,000	,000
			N	603	606	600	605
		Luftfeuchte	Korrelationskoeffizient	-,179**	-,175**	1,000	-,262**
			Sig. (2-seitig)	,000	,000	.	,000
			N	630	600	633	630
		Luftqualität	Korrelationskoeffizient	,534**	,191**	-,262**	1,000
			Sig. (2-seitig)	,000	,000	,000	.
			N	635	605	630	638

**. Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tab. A8: Varianzanalyse (univariate ANOVA) zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den drei Gruppen klimatisiert, luftgeführt und luft- und wassergeführt <u>im Winter</u>

ONEWAY ANOVA

		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
momentanes Temperaturempfinden	Zwischen den Gruppen	27,222	2	13,611	17,378	,000
	Innerhalb der Gruppen	564,727	721	,783		
	Gesamt	591,949	723			
Temperaturempfinden vormittags rückblickend	Zwischen den Gruppen	20,837	2	10,418	10,062	,000
	Innerhalb der Gruppen	553,931	535	1,035		
	Gesamt	574,768	537			
Temperaturempfinden nachmittags rückblickend	Zwischen den Gruppen	34,144	2	17,072	19,105	,000
	Innerhalb der Gruppen	461,085	516	,894		
	Gesamt	495,229	518			
Temperaturempfinden ganztags rückblickend	Zwischen den Gruppen	33,496	2	16,748	15,236	,000
	Innerhalb der Gruppen	769,448	700	1,099		
	Gesamt	802,944	702			
Luftfeuchte	Zwischen den Gruppen	47,645	2	23,823	38,675	,000
	Innerhalb der Gruppen	441,653	717	,616		
	Gesamt	489,299	719			
Temperaturschwankungen	Zwischen den Gruppen	7,639	2	3,819	2,398	,092
	Innerhalb der Gruppen	852,057	535	1,593		
	Gesamt	859,695	537			
Einflussnahme-Häufigkeit	Zwischen den Gruppen	7,187	2	3,594	2,404	,091
	Innerhalb der Gruppen	908,849	608	1,495		
	Gesamt	916,036	610			
Wirksamkeit von Temperaturänderungen	Zwischen den Gruppen	15,707	2	7,854	5,337	,005
	Innerhalb der Gruppen	690,115	469	1,471		
	Gesamt	705,822	471			
Temperaturzufriedenheit	Zwischen den Gruppen	50,969	2	25,485	16,236	,000
	Innerhalb der Gruppen	1122,286	715	1,570		
	Gesamt	1173,255	717			
Zugluft	Zwischen den Gruppen	33,819	2	16,909	11,591	,000
	Innerhalb der Gruppen	970,116	665	1,459		
	Gesamt	1003,934	667			
Luftqualität	Zwischen den Gruppen	112,445	2	56,223	43,721	,000
	Innerhalb der Gruppen	928,457	722	1,286		
	Gesamt	1040,902	724			
Ermüdung	Zwischen den Gruppen	28,161	2	14,080	12,741	,000
	Innerhalb der Gruppen	785,750	711	1,105		
	Gesamt	813,910	713			

Tab. A9: Varianzanalyse (univariate ANOVA) zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den drei Gruppen klimatisiert, luftgeführt und luft- und wassergeführt <u>im Sommer</u>

ONEWAY ANOVA

		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
momentanes Temperaturempfinden	Zwischen den Gruppen	14,850	2	7,425	7,447	,001
	Innerhalb der Gruppen	701,956	704	,997		
	Gesamt	716,806	706			
Temperaturempfinden vormittags rückblickend	Zwischen den Gruppen	60,927	2	30,463	21,301	,000
	Innerhalb der Gruppen	1002,522	701	1,430		
	Gesamt	1063,449	703			
Temperaturempfinden nachmittags rückblickend	Zwischen den Gruppen	48,329	2	24,164	19,691	,000
	Innerhalb der Gruppen	849,205	692	1,227		
	Gesamt	897,534	694			
Temperaturempfinden ganztags rückblickend	Zwischen den Gruppen	51,564	2	25,782	22,538	,000
	Innerhalb der Gruppen	787,044	688	1,144		
	Gesamt	838,609	690			
Luftfeuchte	Zwischen den Gruppen	39,218	2	19,609	17,957	,000
	Innerhalb der Gruppen	761,141	697	1,092		
	Gesamt	800,359	699			
Temperaturschwankungen	Zwischen den Gruppen	32,978	2	16,489	9,547	,000
	Innerhalb der Gruppen	1209,016	700	1,727		
	Gesamt	1241,994	702			
Einflussnahme-Häufigkeit	Zwischen den Gruppen	42,146	2	21,073	10,229	,000
	Innerhalb der Gruppen	1318,504	640	2,060		
	Gesamt	1360,650	642			
Wirksamkeit von Temperaturänderungen	Zwischen den Gruppen	32,497	2	16,248	12,394	,000
	Innerhalb der Gruppen	800,997	611	1,311		
	Gesamt	833,493	613			
Temperaturzufriedenheit	Zwischen den Gruppen	48,760	2	24,380	15,938	,000
	Innerhalb der Gruppen	1073,830	702	1,530		
	Gesamt	1122,590	704			
Zugluft	Zwischen den Gruppen	5,961	2	2,980	1,810	,165
	Innerhalb der Gruppen	1105,097	671	1,647		
	Gesamt	1111,058	673			
Luftqualität	Zwischen den Gruppen	41,188	2	20,594	14,632	,000
	Innerhalb der Gruppen	989,469	703	1,407		
	Gesamt	1030,657	705			
Ermüdung	Zwischen den Gruppen	15,202	2	7,601	7,058	,001
	Innerhalb der Gruppen	749,605	696	1,077		
	Gesamt	764,807	698			

Tab. A10: Post hoc Test (Tukey-B) für die einzelnen Raumklimavariablen hinsichtlich der drei Gebäudegruppen im Winter und im Sommer

Winter

a: verwendet harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 170, 788.

b: Die Gruppengrößen sind nicht identisch. Es wird das harmonische Mittel der Gruppengrößen verwendet,. Fehlerniveaus des Typs 1 sind nicht garantiert.

momentanes Temperaturempfinden

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.		
		1	2	3
luftgeführt	406	-,22		
luft- und wassergeführt	224		,05	
klimatisiert/ Doppelfassade	94			,33

Temperaturempfinden vormittags rückblickend

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.	
		1	2
luftgeführt	330	-,47	
luft- und wassergeführt	161	-,18	
klimatisiert/ Doppelfassade	47		,15

Sommer

momentanes Temperaturempfinden

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.	
		1	2
luft- und wassergeführt	159	,03	
klimatisiert/ Doppelfassade	130		,37
luftgeführt	418		,37

Temperaturempfinden vormittags rückblickend

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.		
		1	2	3
luft- und wassergeführt	157	-,14		
klimatisiert/ Doppelfassade	131		,28	
luftgeführt	416			,58

Winter

Temperaturempfinden nachmittags rückblickend

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.		
		1	2	3
luftgeführt	316	-,15		
luft- und wassergeführt	156		,24	
klimatisiert/ Doppelfassade	47			,64

Temperaturempfinden ganztags rückblickend

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.	
		1	2
luftgeführt	392	-,3495	
luft- und wassergeführt	217		-,0046
klimatisiert/ Doppelfassade	94		,2287

Empfundene Luftfeuchte

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.		
		1	2	3
klimatisiert/ Doppelfassade	94	-1,61		
luft- und wassergeführt	222		-1,17	
luftgeführt	404			-,85

Sommer

Temperaturempfinden nachmittags rückblickend

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.	
		1	2
luft- und wassergeführt	153	,50	
klimatisiert/ Doppelfassade	129		,94
luftgeführt	413		1,16

Temperaturempfinden ganztags rückblickend

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.		
		1	2	3
luft- und wassergeführt	151	,1854		
klimatisiert/ Doppelfassade	129		,6085	
luftgeführt	411			,8650

Empfundene Luftfeuchte

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.	
		1	2
klimatisiert/ Doppelfassade	129	-,91	
luft- und wassergeführt	157	-,79	
luftgeführt	414		-,37

Winter

Empfundene Temperaturschwankungen

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05. 1
luftgeführt	329	1,27
luft- und wassergeführt	162	1,40
klimatisiert/ Doppelfassade	47	1,68

Einflussnahme-Häufigkeit

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05. 1
klimatisiert/ Doppelfassade	58	1,22
luftgeführt	373	1,25
luft- und wassergeführt	180	1,48

Wirksamkeit von Temperaturänderungen

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.	
		1	2
luftgeführt	281	1,53	
luft- und wassergeführt	151	1,62	
klimatisiert/ Doppelfassade	40		2,20

Sommer

Empfundene Temperaturschwankungen

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.		
		1	2	3
luft- und wassergeführt	158	1,66		
luftgeführt	416		2,02	
klimatisiert/ Doppelfassade	129			2,33

Einflussnahme-Häufigkeit

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.	
		1	2
luft- und wassergeführt	147	1,63	
klimatisiert/ Doppelfassade	91	1,66	
luftgeführt	405		2,17

Wirksamkeit von Temperaturänderungen

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.	
		1	2
luft- und wassergeführt	138	2,10	
luftgeführt	378		2,56
klimatisiert/ Doppelfassade	98		2,81

Winter

Temperaturzufriedenheit

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05. 1	2
luftgeführt	405	1,49	
luft- und wassergeführt	220	1,66	
klimatisiert/ Doppelfassade	93		2,31

Zugluft

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05. 1	2
luft- und wassergeführt	167	,87	
luftgeführt	407	1,11	
klimatisiert/ Doppelfassade	94		1,62

Sommer

Temperaturzufriedenheit

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05. 1	2
luft- und wassergeführt	160	1,83	
luftgeführt	416		2,44
klimatisiert/ Doppelfassade	129		2,49

Zugluft

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05. 1
klimatisiert/ Doppelfassade	130	1,12
luftgeführt	414	1,32
luft- und wassergeführt	130	1,40

Winter

Luftqualität

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.	
		1	2
luftgeführt	408	1,56	
luft- und wassergeführt	224	1,75	
klimatisiert/ Doppelfassade	93		2,77

Ermüdung

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.	
		1	2
luft- und wassergeführt	222	1,20	
luftgeführt	399	1,27	
klimatisiert/ Doppelfassade	93		1,83

Sommer

Luftqualität

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.		
		1	2	3
luft- und wassergeführt	160	1,53		
luftgeführt	416		1,92	
klimatisiert/ Doppelfassade	130			2,28

Ermüdung

Tukey-B-Test[a,b]

Gebäudeklassifizierung	N	Untergruppe für Alpha = .05.	
		1	2
luft- und wassergeführt	157	1,17	
luftgeführt	413		1,47
klimatisiert/ Doppelfassade	129		1,60

Tab. A11: statistische Zuordnungstabelle der einzelnen Fälle zu den drei Gebäudegruppen

Vorhergesagte Gruppe aus Analyse 1

Gebäudebezeichnung			Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
1	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	16	53,3	55,2	55,2
		luftgeführt mit Kühlung	13	43,3	44,8	100,0
		Gesamt	29	96,7	100,0	
	Fehlend	System	1	3,3		
	Gesamt		30	100,0		
3	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	34	77,3	81,0	81,0
		luftgeführt mit Kühlung	8	18,2	19,0	100,0
		Gesamt	42	95,5	100,0	
	Fehlend	System	2	4,5		
	Gesamt		44	100,0		
4	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	4	15,4	16,0	16,0
		luftgeführt mit Kühlung	21	80,8	84,0	100,0
		Gesamt	25	96,2	100,0	
	Fehlend	System	1	3,8		
	Gesamt		26	100,0		
5	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	27	71,1	75,0	75,0
		luftgeführt mit Kühlung	9	23,7	25,0	100,0
		Gesamt	36	94,7	100,0	
	Fehlend	System	2	5,3		
	Gesamt		38	100,0		
6	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	14	37,8	40,0	40,0
		luftgeführt mit Kühlung	21	56,8	60,0	100,0
		Gesamt	35	94,6	100,0	
	Fehlend	System	2	5,4		
	Gesamt		37	100,0		
7	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	17	34,0	35,4	35,4
		luftgeführt mit Kühlung	31	62,0	64,6	100,0
		Gesamt	48	96,0	100,0	
	Fehlend	System	2	4,0		
	Gesamt		50	100,0		
8	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	36	73,5	78,3	78,3
		luftgeführt mit Kühlung	10	20,4	21,7	100,0
		Gesamt	46	93,9	100,0	
	Fehlend	System	3	6,1		
	Gesamt		49	100,0		
9	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	6	27,3	28,6	28,6
		luftgeführt mit Kühlung	15	68,2	71,4	100,0
		Gesamt	21	95,5	100,0	
	Fehlend	System	1	4,5		
	Gesamt		22	100,0		
10	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	39	63,9	66,1	66,1
		luftgeführt mit Kühlung	20	32,8	33,9	100,0
		Gesamt	59	96,7	100,0	
	Fehlend	System	2	3,3		
	Gesamt		61	100,0		
11	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	25	86,2	89,3	89,3
		luftgeführt mit Kühlung	3	10,3	10,7	100,0
		Gesamt	28	96,6	100,0	
	Fehlend	System	1	3,4		
	Gesamt		29	100,0		
12	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	24	36,4	40,7	40,7
		luftgeführt mit Kühlung	35	53,0	59,3	100,0
		Gesamt	59	89,4	100,0	
	Fehlend	System	7	10,6		
	Gesamt		66	100,0		
13	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	22	31,9	33,3	33,3
		luftgeführt mit Kühlung	44	63,8	66,7	100,0
		Gesamt	66	95,7	100,0	
	Fehlend	System	3	4,3		
	Gesamt		69	100,0		
14	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	44	93,6	95,7	95,7
		luftgeführt mit Kühlung	2	4,3	4,3	100,0
		Gesamt	46	97,9	100,0	
	Fehlend	System	1	2,1		
	Gesamt		47	100,0		
16	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	37	86,0	88,1	88,1
		luftgeführt mit Kühlung	5	11,6	11,9	100,0
		Gesamt	42	97,7	100,0	
	Fehlend	System	1	2,3		
	Gesamt		43	100,0		
17	Gültig	luftgeführt ohne Kühlung	28	28,0	28,6	28,6
		luftgeführt mit Kühlung	70	70,0	71,4	100,0
		Gesamt	98	98,0	100,0	
	Fehlend	System	2	2,0		
	Gesamt		100	100,0		

Erläuterung zu den Klassifizierungsergebnissen der Gebäude im Sommer:

Gebäude 3, welches eine Doppelfassade mit nur beschränkt freier Lüftungsmöglichkeit, eine Bauteilkühlung und eine Abluftanlage hat, wird aufgrund der Antwortverteilung zu fast 80 % der Gruppe der luftgeführten Gebäude ohne zusätzliche Kühlung zugeteilt. Die Raumtemperaturen wurden in diesem Gebäude im Sommer (und im Winter) als zu warm empfunden. Dies ist zum einen auf den hohen Verglasungsanteil in der Fassade (Strahlungsgewinne) aber auch auf die nicht ausreichende Kühlleistung der Betonkerntemperierung zurückzuführen.

Das im Großen und Ganzen luftgeführte Gebäude 8 wurde zu 73 % der Gruppe der luftgeführten Gebäude ohne zusätzliche Kühlung zugeordnet. Die übrigen Fälle wurden in die Gruppe der luft- und wassergeführten Gebäude eingeteilt. Da die Südbüros mit Umluftkühlgeräten ausgestattet sind, liegt der Schluss nahe, dass möglicherweise vor allem die Nutzer aus diesen Räumen die zur Trennung herangezogenen Variablen anderes bewertet haben.

Das Gebäude 9 wurde nur zu 68 % der Gruppe der luftgeführten Gebäude zugeordnet, Die Raumtemperaturen waren in diesem Gebäuden im Sommer sehr moderat, und auch die Außentemperaturen waren in den zwei Wochen vor der Befragung nicht allzu hoch. Fast ausschließlich in den Büros, die nach Süd- Osten ausgerichtet sind, wurde die Temperatur als eher zu warm empfunden (42% Zuordnung zu luftgeführt ohne Kühlung, nach Nord-Westen 90 % Zuordnung zu luftgeführt mit Kühlung).

Das Gebäude 12, welches in ein Hochhaus mit Doppelfassade und Bauteilkühlung und ein viergeschossiges Gebäude mit einfacher Fassade und freier Lüftung aufgeteilt ist, ist zu 53% den luft- und wassergeführten Gebäuden zugeordnet. Dabei entspricht die Antwortverteilung jedoch nicht im erwarteten Maße der Unterteilung in die zwei Gebäudekomplexe. Es ist aber eine Verschiebung in der Antwortverteilung festzustellen: Bei einer getrennten Betrachtung können 60 % aus dem Hochhaus den luft- und wassergeführten Gebäuden zugeordnet werden und aus dem „Flachbau“ ebenfalls 60 % der Nutzer den luftgeführten.

Gebäude 13 ist zu 64 % den luftgeführten Gebäuden mit Kühlung zugeordnet. Es ist dabei kein Unterschied in der Klassifizierung der außen liegenden Büros und der Atrienbüros festzustellen. Für eine Unterscheidung der Bewertungen zwischen Altbau und Neubau war die Stichprobe aus dem Altbau zu klein. Sonstige Unterschiede in den Bewertungen zwischen Außen- und Atrienbüros können den Einzelberichten entnommen werden.

Das Gebäude 17 ist zu 70 % den luftgeführten Gebäuden mit Kühlung (über EWT) zugeordnet. Dabei gibt es einen deutlichen Unterschied in der Klassifizierung der Fälle (Nutzer) zwischen den Atrien- und den Außenbüros. Die Nutzer aus den Atrienbüros lassen sich zu 80% der Gruppe der luftgeführten Büros. In den nach außen hin orientierten Büros lasse sich nur 60 % der Nutzer der Gruppe der luftgeführten Gebäude mit Kühlung zuordnen. Dies kann eventuell auf die unterschiedlichen Lüftungskonzepte zwischen den Büros zurückgeführt werden (s. Projektbeschreibung). Eventuell ist die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur in den außen liegenden Büros deswegen niedriger, da die Lüftungsmöglichkeit durch die Fenster in diesen nur eingeschränkt möglich ist (vorgegebener Öffnungswinkel).

Außerdem ist festzuhalten, dass es im Gebäude eine ausgeprägte Temperaturschichtung zwischen den Stockwerken gibt (im Erdgeschoss eher zu kühl, in den Obergeschossen steigt die Temperatur an).

Das Gebäude 6 fällt nur zu 57 % in die Gruppe der luftgeführten Gebäude mit Kühlung. Hier mag die durch die Doppelfassade eingeschränkte Lüftungsmöglichkeit eine Rolle bei der Nutzerbewertung zum Raumklima ein Rolle spielen, und dass in eineigen Büroräumen nachgewiesen wurde, dass die Bauteilkühlung nicht funktionsfähig ist. Die Nutzer aus den Atrienbüros werden nicht anders als die aus den außen liegenden Büros eingruppiert.

Das klimatisierte Gebäude 7 ist zu 60 % der Gruppe der luftgeführten Gebäude mit Kühlung zugeordnet. Die Varianz in den Antworten zum Temperaturempfinden ist in diesem Gebäude sehr groß. Und auch, wenn die Raumtemperatur nicht unbedingt als zu warm empfunden wird, so ist doch die Unzufriedenheit mit der Raumtemperatur insgesamt sehr groß. Wie in Abschnitt 5.1.5 aufgezeigt wurde, hängt dies vor allem mit der mangelnden Möglichkeit der Einflussnahme in das Raumklima zusammen.

Tab. A12: Spearman-Rangkorrelation zwischen der allgemeinen Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung, dem Skalenmittelwert zur Bürozufriedenheit und dem Farbkonzept

Korrelationen

			Skala Buerozufrie-denheit	Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung	Zufriedenehit mit dem Farbkonzept
Spearman-Rho	Skala Bürozufriedenheit	Korrelationskoeffizient	1,000	,647**	,385**
		Sig. (2-seitig)	.	,000	,000
		N	1247	1241	1236
	Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung	Korrelationskoeffizient	,647**	1,000	,613**
		Sig. (2-seitig)	,000	.	,000
		N	1241	1461	1264
	Zufriedenehit mit dem Farbkonzept	Korrelationskoeffizient	,385**	,613**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	,000	.
		N	1236	1264	1271

**. Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tab. A13: Modellzusammenfassung der schrittweisen Regression zu den Einflussfaktoren der allgemeinen Bürozufriedenheit mit den folgenden Variablen: Farbkonzept, Zufriedenheit mit dem Schreibtisch, Platz für Arbeitsmittel, Zufriedenheit mit dem Schrankmaterial, Platz im Raum, Zufriedenheit mit der Tastatur

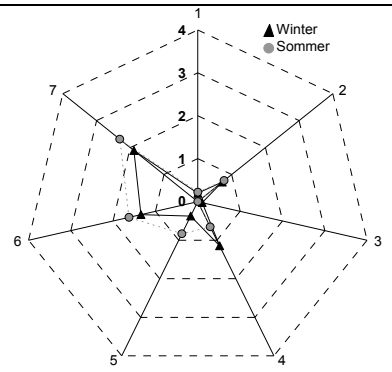
Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardf ehler des Schätzers
1	,589[a]	,347	,346	,743
2	,689[b]	,475	,474	,666
3	,723[c]	,523	,522	,635
4	,742[d]	,551	,550	,616
5	,747[e]	,558	,556	,612
6	,749[f]	,561	,559	,610

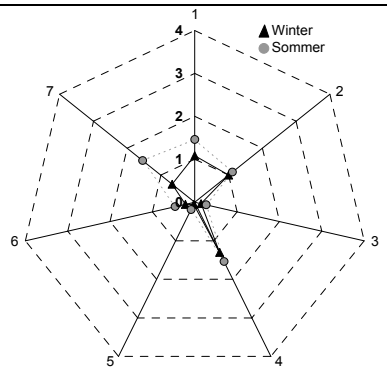
Abb. A2: Mittelwerte der Störwirkung durch Geräusche am Arbeitsplatz in den einzelnen Gebäuden

1 Telefonate/ Gespräche im Raum
2 Geräusche von Computern im Raum
3 sonstige Geräusche im Raum
4 Telefonate/ Gespräche aus Nebenräumen
5 sonstige Geräusche aus Nebenräumen
6 Geräusche von außen bei geschlossenen Fenstern
7 Geräusche von außen bei offenen Fenstern

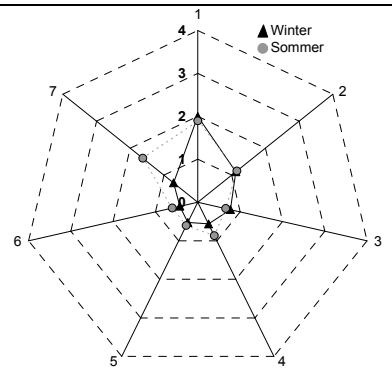
Legende



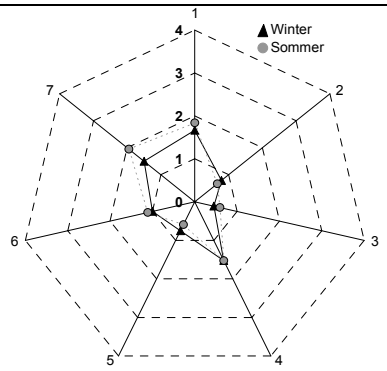
Gebäude 2



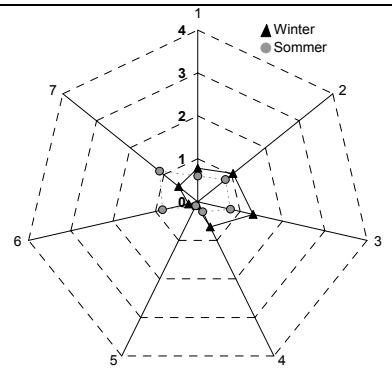
Gebäude 4



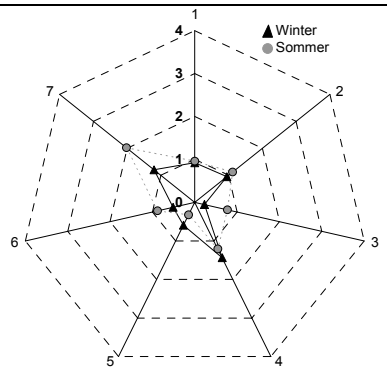
Gebäude5



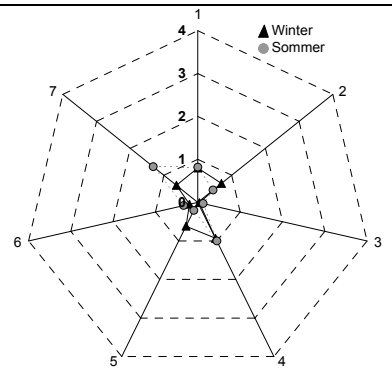
Gebäude 6



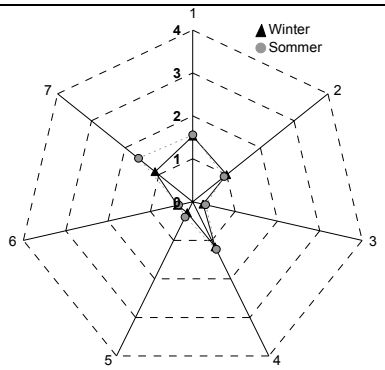
Gebäue7



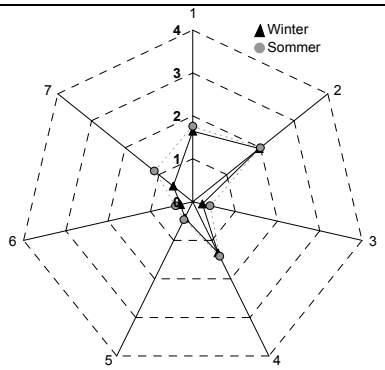
Gebäude 8



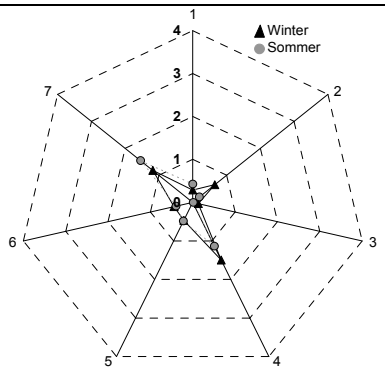
Gebäude 9



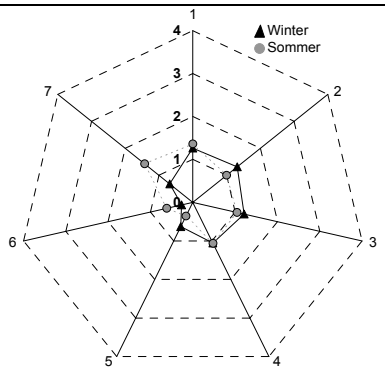
Gebäude 10



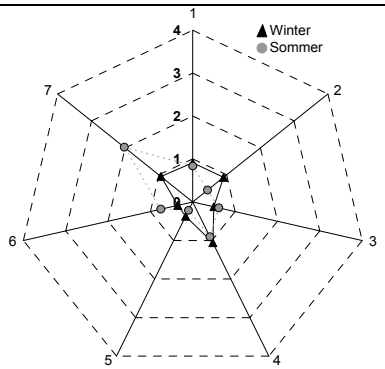
Gebäude 11



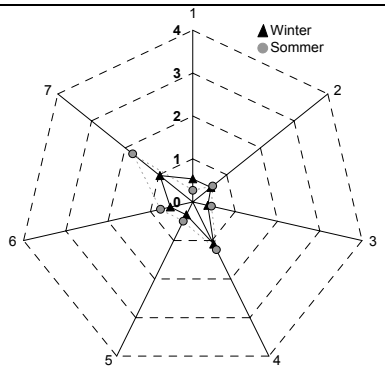
Gebäude12



Gebäude 14



Gebäude 16



Gebäude 17

Tab. A14: Korrelationskoeffizienten nach Spearman zwischen der Zufriedenheit mit dem Tageslicht und weiteren, das Tageslicht betreffenden Variablen

Korrelationen

			Tageslicht allgemein	Tageslicht ohne Verschattung	Tageslicht mit Verschattung	Entfernung vom Fenster	empfundene Größe der Fenster	Blednung auf dem Tisch	Blendung am Bildschirm	Blendung auf den Wänden	Blendung auf dem Fußboden	Blendung durch die Fenster	Zufriedenheit mit der Verschattung	Beleuchtung am Arbeitsplatz	Beleuchtung im Raum	Beleuchtung am Bildschirm
Spearman-Rho	Tageslicht allgemein	Korrelationskoeffizient	1,000	,806**	,793**	,144**	,023	,010	-,005	,052	,008	,037	,290**	-,269**	-,288**	-,200**
		Sig. (2-seitig)	.	,000	,000	,000	,413	,734	,844	,064	,781	,186	,000	,000	,000	,000
		N	1315	1130	1130	1307	1311	1270	1300	1257	1259	1285	1239	1302	1300	1298
	Tageslicht ohne Verschattung	Korrelationskoeffizient	,806**	1,000	,312**	,070*	,005	,026	-,008	,057*	,049	,062*	,173**	-,252**	-,271**	-,189**
		Sig. (2-seitig)	,000	.	,000	,013	,865	,372	,770	,046	,090	,029	,000	,000	,000	,000
		N	1130	1266	1130	1259	1262	1222	1253	1209	1210	1235	1129	1257	1254	1252
	Tageslicht mit Verschattung	Korrelationskoeffizient	,793**	,312**	1,000	,105**	,010	-,051	-,049	-,017	-,023	-,020	,270**	-,336**	-,361**	-,275**
		Sig. (2-seitig)	,000	,000	.	,000	,747	,090	,102	,586	,443	,509	,000	,000	,000	,000
		N	1130	1130	1138	1132	1135	1095	1126	1082	1084	1111	1075	1129	1126	1125
	Entfernung vom Fenster	Korrelationskoeffizient	,144**	,070*	,105**	1,000	,001	-,077**	-,160**	-,018	-,031	-,096**	,020	-,104**	-,044	-,099**
		Sig. (2-seitig)	,000	,013	,000	.	,968	,004	,000	,494	,251	,000	,468	,000	,098	,000
		N	1307	1259	1132	1458	1453	1411	1443	1398	1399	1425	1300	1442	1440	1437
	empfundene Größe der Fenster	Korrelationskoeffizient	,023	,005	,010	,001	1,000	,101**	,126**	,085**	,100**	,180**	,093**	,129**	,105**	,110**
		Sig. (2-seitig)	,413	,865	,747	,968	.	,000	,000	,001	,000	,000	,001	,000	,000	,000
		N	1311	1262	1135	1453	1462	1415	1447	1402	1403	1429	1303	1445	1443	1440
	Blendung auf dem Tisch	Korrelationskoeffizient	,010	,026	-,051	-,077**	,101**	1,000	,480**	,457**	,404**	,493**	,174**	,249**	,174**	,222**
		Sig. (2-seitig)	,734	,372	,090	,004	,000	.	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
		N	1270	1222	1095	1411	1415	1420	1419	1403	1404	1411	1261	1404	1403	1401
	Blendung am Bildschirm	Korrelationskoeffizient	-,005	-,008	-,049	-,160**	,126**	,480**	1,000	,273**	,216**	,535**	,199**	,252**	,195**	,351**
		Sig. (2-seitig)	,844	,770	,102	,000	,000	,000	.	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
		N	1300	1253	1126	1443	1447	1419	1452	1407	1408	1427	1293	1436	1434	1432
	Blendung auf den Wänden	Korrelationskoeffizient	,052	,057*	-,017	-,018	,085**	,457**	,273**	1,000	,590**	,370**	,122**	,155**	,118**	,131**
		Sig. (2-seitig)	,064	,046	,586	,494	,001	,000	,000	.	,000	,000	,000	,000	,000	,000
		N	1257	1209	1082	1398	1402	1403	1407	1407	1405	1398	1248	1391	1391	1388
	Blendung auf dem Fußboden	Korrelationskoeffizient	,008	,049	-,023	-,031	,100**	,404**	,216**	,590**	1,000	,320**	,068*	,079**	,073**	,061*
		Sig. (2-seitig)	,781	,090	,443	,251	,000	,000	,000	,000	.	,000	,016	,003	,006	,024
		N	1259	1210	1084	1399	1403	1404	1408	1405	1408	1400	1249	1392	1392	1389
	Blendung durch das Fenster	Korrelationskoeffizient	,037	,062*	-,020	-,096**	,180**	,493**	,535**	,370**	,320**	1,000	,213**	,240**	,179**	,255**
		Sig. (2-seitig)	,186	,029	,509	,000	,000	,000	,000	,000	,000	.	,000	,000	,000	,000
		N	1285	1235	1111	1425	1429	1411	1427	1398	1400	1434	1275	1418	1417	1415
	Zufriedenheit mit der Verschattung	Korrelationskoeffizient	,290**	,173**	,270**	,020	,093**	,174**	,199**	,122**	,068*	,213**	1,000	,019	-,050	,069*
		Sig. (2-seitig)	,000	,000	,000	,468	,001	,000	,000	,000	,016	,000	.	,505	,071	,013
		N	1239	1129	1075	1300	1303	1261	1293	1248	1249	1275	1307	1296	1294	1292
	Beleuchtung am Arbeitsplatz	Korrelationskoeffizient	-,269**	-,252**	-,336**	-,104**	,129**	,249**	,252**	,155**	,079**	,240**	,019	1,000	,817**	,792**
		Sig. (2-seitig)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,003	,000	,505	.	,000	,000
		N	1302	1257	1129	1442	1445	1404	1436	1391	1392	1418	1296	1450	1447	1444
	Beleuchtung im Raum	Korrelationskoeffizient	-,288**	-,271**	-,361**	-,044	,105**	,174**	,195**	,118**	,073**	,179**	-,050	,817**	1,000	,703**
		Sig. (2-seitig)	,000	,000	,000	,098	,000	,000	,000	,000	,006	,000	,071	,000	.	,000
		N	1300	1254	1126	1440	1443	1403	1434	1391	1392	1417	1294	1447	1448	1444
	Beleuchtung am Bildschirm	Korrelationskoeffizient	-,200**	-,189**	-,275**	-,099**	,110**	,222**	,351**	,131**	,061*	,255**	,069*	,792**	,703**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,024	,000	,013	,000	,000	.
		N	1298	1252	1125	1437	1440	1401	1432	1388	1389	1415	1292	1444	1444	1445

**. Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tab. A15: Schrittweises Regressionsmodelle für die Zufriedenheit mit dem Tageslicht im Sommer und im Winter für die abhängigen Variablen im Winter: 1 = Belichtung am Arbeitsplatz, 2 = Zufriedenheit mit der Büroeinrichtung und für den Sommer: 1 = Belichtung im Raum, 2 = Blendung durch die Fenster, 3 = Farbkonzept, 4 = Belichtung am Arbeitsplatz

Modellzusammenfassung

Sommer und Winter zusammengefasst	Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1,00	1	,423[a]	,179	,177	,94368
	2	,478[b]	,229	,225	,91567
2,00	1	,315[c]	,099	,098	,93617
	2	,367[d]	,135	,132	,91819
	3	,406[e]	,165	,161	,90273
	4	,413[f]	,170	,165	,90060

Tab. A16: T-Test auf Mittelwertunterschiede bei unabhängigen Stichproben zu Tageslicht und Kunstlicht zwischen Männern und Frauen

Gruppenstatistiken

	Geschlecht	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Tageslicht ohne Verschattung	weiblich	649	1,47	1,263	,050
	männlich	603	1,42	1,256	,051
Tageslicht mit Verschattung	weiblich	584	1,99	1,245	,052
	männlich	541	1,76	1,180	,051
Tageslicht allgemein	weiblich	664	1,8486	3,91348	,15187
	männlich	637	1,5063	1,00547	,03984
Kunstlicht allgemein	weiblich	742	1,39	1,114	,041
	männlich	697	1,26	1,016	,038

Tab. A17: T-Test auf Mittelwertunterschiede bei unabhängigen Stichproben Tageslicht und Kunstlicht zwischen Männern und Frauen

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
Tageslicht ohne Verschattung	Varianzen sind gleich	,128	,721	,727	1250	,467	,052	,071	-,088	,192
	Varianzen sind nicht gleich			,727	1244,309	,467	,052	,071	-,088	,192
Tageslicht mit Verschattung	Varianzen sind gleich	,022	,881	3,171	1123	,002	,230	,072	,088	,372
	Varianzen sind nicht gleich			3,177	1122,425	,002	,230	,072	,088	,372
Tageslicht allgemein	Varianzen sind gleich	1,269	,260	2,141	1299	,032	,34237	,15989	,02869	,65604
	Varianzen sind nicht gleich			2,181	753,659	,030	,34237	,15701	,03414	,65059
Kunstlicht allgemein	Varianzen sind gleich	12,232	,000	2,309	1437	,021	,130	,056	,020	,241
	Varianzen sind nicht gleich			2,316	1435,754	,021	,130	,056	,020	,240

Tab. A18: T-Test auf Mittelwertsunterschiede der Zufriedenheit mit dem Kunstlicht bei unabhängigen Stichproben zwischen Sommer und Winter

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
Blendung auf der Tischfläche	Varianzen sind gleich	23,991	,000	2,652	1168	,008	,109	,041	,028	,190
	Varianzen sind nicht gleich			2,665	1151,161	,008	,109	,041	,029	,190
Blendung auf dem Bildschirm	Varianzen sind gleich	18,418	,000	2,361	1162	,018	,103	,044	,017	,188
	Varianzen sind nicht gleich			2,373	1158,430	,018	,103	,043	,018	,188
Blendung durch die Leuchte	Varianzen sind gleich	114,631	,000	5,281	940	,000	,211	,040	,133	,290
	Varianzen sind nicht gleich			5,427	747,885	,000	,211	,039	,135	,287
Beleuchtung am Arbeitsplatz	Varianzen sind gleich	1,174	,279	-1,568	1385	,117	-,067	,043	-,151	,017
	Varianzen sind nicht gleich			-1,568	1381,067	,117	-,067	,043	-,151	,017
Beleuchtung im Raum	Varianzen sind gleich	1,438	,231	-,940	1382	,348	-,040	,042	-,122	,043
	Varianzen sind nicht gleich			-,940	1377,418	,348	-,040	,042	-,122	,043
Beleuchtung am Bildschirm	Varianzen sind gleich	2,150	,143	-1,201	1361	,230	-,044	,037	-,117	,028
	Varianzen sind nicht gleich			-1,199	1340,790	,231	-,044	,037	-,117	,028

Tab. A19: standardisierte Regressionskoeffizienten der Strukturgleichungsmodelle für Winter und Sommerdatensätze (Gesundheit)

		winter	summer
		Estimate	Estimate
factors of second order			
health at work	concentration	0,784	0,828
	illness	0,692	0,776
	perceived dryness	0,854	0,715
building	daylight	0,639	0,568
	climate	0,931	0,831
factors of primary order			
concentration	tiredness	0,79	0,745
	headache	0,606	0,581
	indisposition	0,676	0,663
	concentration	0,74	0,738
illness	sore throat	0,669	0,609
	dripping nose	0,513	0,572
	watery eyes	0,504	0,577
perceived dryness	dry nose	0,889	0,834
	dry eyes	0,819	0,769
	dry skin	0,761	0,726
	humidity	-0,577	-0,527
work load	disturbances	0,717	0,764
	long hours	0,66	0,682
	changing activities	0,65	0,656
	time pressure	0,843	0,869
daylight	daylight without blinds	0,563	0,428
	daylight with blinds	0,666	0,686
climate	temperature	0,618	0,643
	indoor air quality	0,864	0,757
	perceived humidity	-0,234	parameter set to zero

Tab.A20: T-Test auf Mittelwertsunterschiede zwischen Männern und Frauen bezüglich gesundheitlicher Einschätzung bei der Arbeit im Winter

Gruppenstatistiken

	66 Geschlecht	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Ermüdung	weiblich	355	1,44	1,078	,057
	männlich	352	1,19	1,033	,055
Kopfschmerzen	weiblich	357	1,37	1,096	,058
	männlich	356	,79	,959	,051
trockene Nase	weiblich	358	1,70	1,422	,075
	männlich	357	1,36	1,339	,071
trockene Augen	weiblich	357	1,76	1,432	,076
	männlich	355	1,22	1,345	,071
trockene Haut	weiblich	354	1,72	1,513	,080
	männlich	355	1,10	1,317	,070
Halsschmerzen	weiblich	357	,90	1,041	,055
	männlich	355	,75	,985	,052
laufende-Nase	weiblich	357	1,03	1,155	,061
	männlich	353	,85	1,001	,053
tränende-Augen	weiblich	354	,81	1,091	,058
	männlich	353	,60	,940	,050
Verspannungen	weiblich	348	1,93	1,341	,072
	männlich	344	1,35	1,306	,070
generelles-Unwohlsein	weiblich	347	,90	1,005	,054
	männlich	353	,73	,879	,047
Konzentration	weiblich	353	1,19	,985	,052
	männlich	354	1,08	,942	,050

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
Ermüdung	Varianzen sind gleich	1,976	,160	3,100	705	,002	,246	,079	,090	,402
	Varianzen sind nicht gleich			3,101	704,196	,002	,246	,079	,090	,402
Kopfschmerzen	Varianzen sind gleich	16,667	,000	7,525	711	,000	,580	,077	,429	,732
	Varianzen sind nicht gleich			7,526	699,264	,000	,580	,077	,429	,732
trockene Nase	Varianzen sind gleich	,493	,483	3,290	713	,001	,340	,103	,137	,543
	Varianzen sind nicht gleich			3,290	710,644	,001	,340	,103	,137	,543
trockene Augen	Varianzen sind gleich	2,272	,132	5,152	710	,000	,537	,104	,332	,741
	Varianzen sind nicht gleich			5,153	707,744	,000	,537	,104	,332	,741
trockene Haut	Varianzen sind gleich	16,578	,000	5,784	707	,000	,616	,107	,407	,825
	Varianzen sind nicht gleich			5,782	693,374	,000	,616	,107	,407	,825
Halsschmerzen	Varianzen sind gleich	2,123	,146	1,936	710	,053	,147	,076	-,002	,296
	Varianzen sind nicht gleich			1,936	708,298	,053	,147	,076	-,002	,296
laufende-Nase	Varianzen sind gleich	7,184	,008	2,160	708	,031	,175	,081	,016	,335
	Varianzen sind nicht gleich			2,162	696,172	,031	,175	,081	,016	,335
tränende-Augen	Varianzen sind gleich	9,447	,002	2,781	705	,006	,213	,077	,063	,363
	Varianzen sind nicht gleich			2,781	690,387	,006	,213	,077	,063	,363
Verspannungen	Varianzen sind gleich	2,699	,101	5,727	690	,000	,576	,101	,379	,774
	Varianzen sind nicht gleich			5,728	689,836	,000	,576	,101	,379	,774
generelles-Unwohlsein	Varianzen sind gleich	2,663	,103	2,399	698	,017	,171	,071	,031	,311
	Varianzen sind nicht gleich			2,396	682,578	,017	,171	,071	,031	,311
Konzentration	Varianzen sind gleich	3,041	,082	1,527	705	,127	,111	,072	-,032	,253
	Varianzen sind nicht gleich			1,527	703,371	,127	,111	,072	-,032	,253

Tab. A21: T-Test auf Mittelwertsunterschiede zwischen Frauen und Männern bezüglich gesundheitlicher Beschwerden während der Arbeitszeit im Sommer

Gruppenstatistiken

	66 Geschlecht	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Ermüdung	weiblich	383	1,50	1,033	,053
	männlich	340	1,34	1,051	,057
Kopfschmerzen	weiblich	382	1,27	1,126	,058
	männlich	344	,74	,935	,050
trockene Nase	weiblich	383	1,22	1,347	,069
	männlich	343	,96	1,193	,064
trockene Augen	weiblich	379	1,44	1,393	,072
	männlich	343	,90	1,181	,064
trockene Haut	weiblich	380	1,14	1,338	,069
	männlich	342	,60	,975	,053
Halsschmerzen	weiblich	377	,51	,882	,045
	männlich	345	,45	,809	,044
laufende-Nase	weiblich	380	,73	1,093	,056
	männlich	346	,61	,942	,051
tränende-Augen	weiblich	380	,68	1,067	,055
	männlich	344	,61	,987	,053
Verspannungen	weiblich	374	1,83	1,372	,071
	männlich	336	1,29	1,252	,068
generelles-Unwohlsein	weiblich	371	,77	,919	,048
	männlich	338	,67	,862	,047
Konzentration	weiblich	381	1,27	1,008	,052
	männlich	340	1,09	,967	,052

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
Ermüdung	Varianzen sind gleich	,784	,376	2,025	721	,043	,157	,078	,005	,310
	Varianzen sind nicht gleich			2,023	707,760	,043	,157	,078	,005	,310
Kopfschmerzen	Varianzen sind gleich	26,582	,000	6,834	724	,000	,528	,077	,377	,680
	Varianzen sind nicht gleich			6,901	719,360	,000	,528	,077	,378	,679
trockene Nase	Varianzen sind gleich	16,384	,000	2,683	724	,007	,255	,095	,068	,441
	Varianzen sind nicht gleich			2,701	723,911	,007	,255	,094	,070	,440
trockene Augen	Varianzen sind gleich	32,120	,000	5,614	720	,000	,542	,097	,353	,732
	Varianzen sind nicht gleich			5,660	716,953	,000	,542	,096	,354	,731
trockene Haut	Varianzen sind gleich	63,240	,000	6,109	720	,000	,537	,088	,365	,710
	Varianzen sind nicht gleich			6,209	690,774	,000	,537	,087	,367	,707
Halsschmerzen	Varianzen sind gleich	2,988	,084	,996	720	,320	,063	,063	-,061	,187
	Varianzen sind nicht gleich			1,000	719,993	,318	,063	,063	-,061	,186
laufende-Nase	Varianzen sind gleich	8,189	,004	1,565	724	,118	,119	,076	-,030	,269
	Varianzen sind nicht gleich			1,576	721,848	,115	,119	,076	-,029	,268
tränende-Augen	Varianzen sind gleich	2,358	,125	,860	722	,390	,066	,077	-,085	,216
	Varianzen sind nicht gleich			,863	721,664	,388	,066	,076	-,084	,216
Verspannungen	Varianzen sind gleich	,420	,517	5,454	708	,000	,540	,099	,346	,734
	Varianzen sind nicht gleich			5,481	707,822	,000	,540	,099	,346	,733
generelles-Unwohlsein	Varianzen sind gleich	1,564	,212	1,399	707	,162	,094	,067	-,038	,226
	Varianzen sind nicht gleich			1,403	706,391	,161	,094	,067	-,037	,225
Konzentration	Varianzen sind gleich	7,502	,006	2,317	719	,021	,171	,074	,026	,316
	Varianzen sind nicht gleich			2,323	715,254	,020	,171	,074	,026	,315

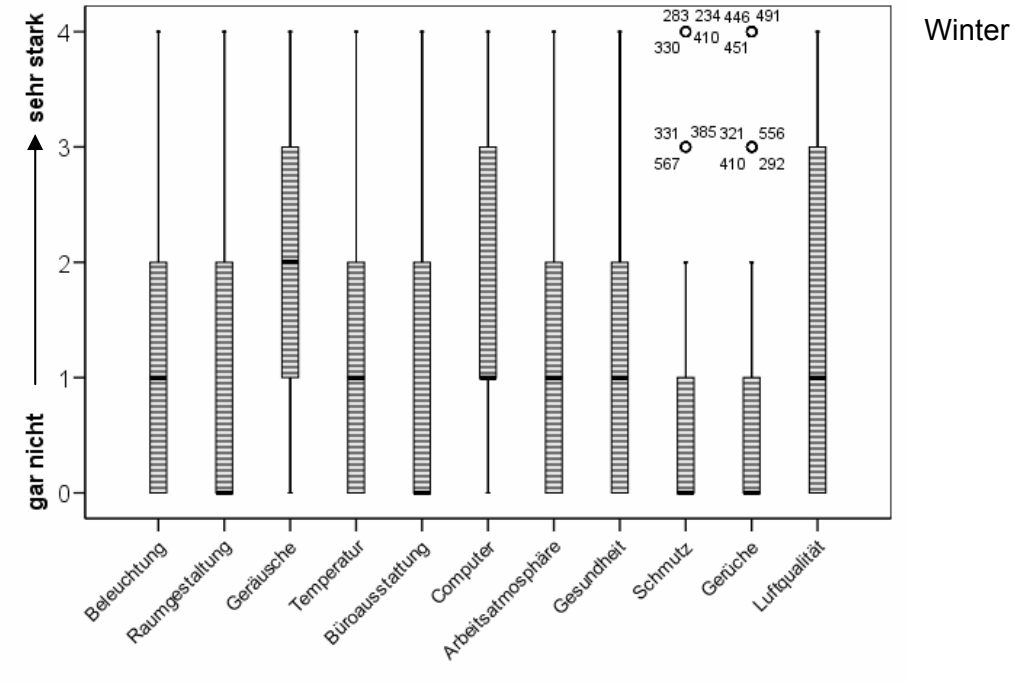


Abb. A3: Boxplots zur Leistungseinschränkung im Winter und im Sommer (5er Skala)

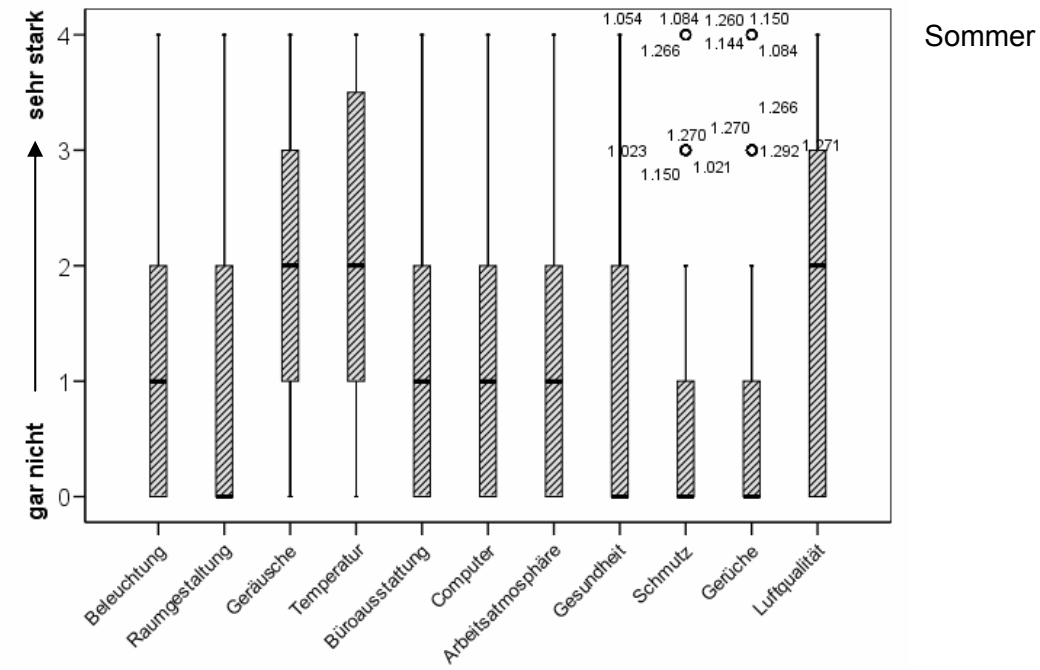


Abb. A4: Boxplots zur Leistungseinschränkung im Winter und im Sommer (7er Skala)

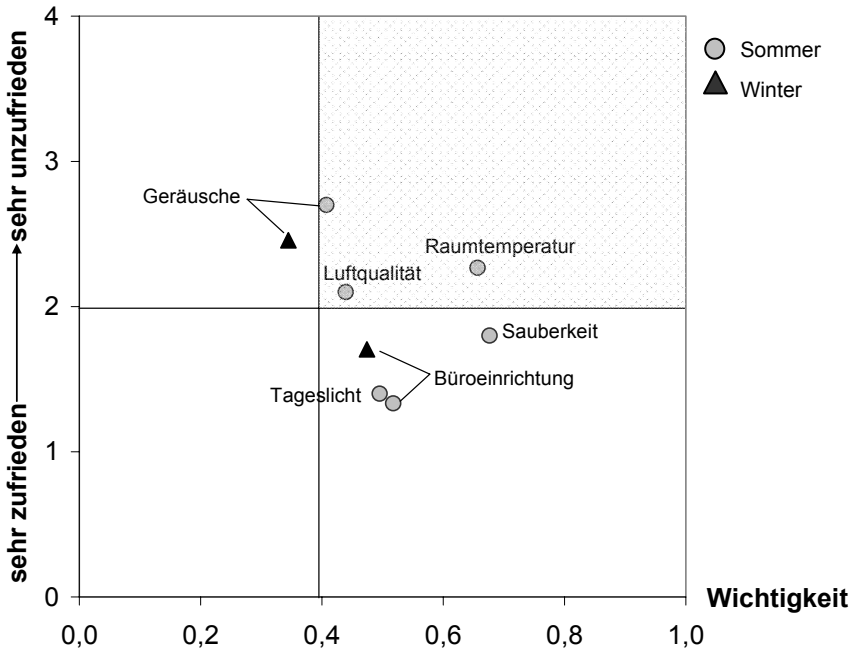


Abb. A5: Optimierungspotentiale für das Gebäude 1. N_{Winter} = 36, Befragung am 10.3.2004/ N_{Sommer} = 30, Befragung am 12.7.2005

Dargestellt ist die Zufriedenheit über der statistisch errechneten Wichtigkeit für die einzelnen Zufriedenheitsparameter. Die Wichtigkeit entspricht dabei der Güte der Korrelation zwischen den einzelnen erfragten Zufriedenheiten und der Gesamtzufriedenheit.

Optimierungspotentiale für das Gebäude 2. N_{Winter} = 26, Befragung am 2.3.2004/ keine Sommerbefragung. Keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den individuellen Zufriedenheitsparametern und der Gesamtzufriedenheit.

Abb. A6: Optimierungspotentiale für das Gebäude 2.

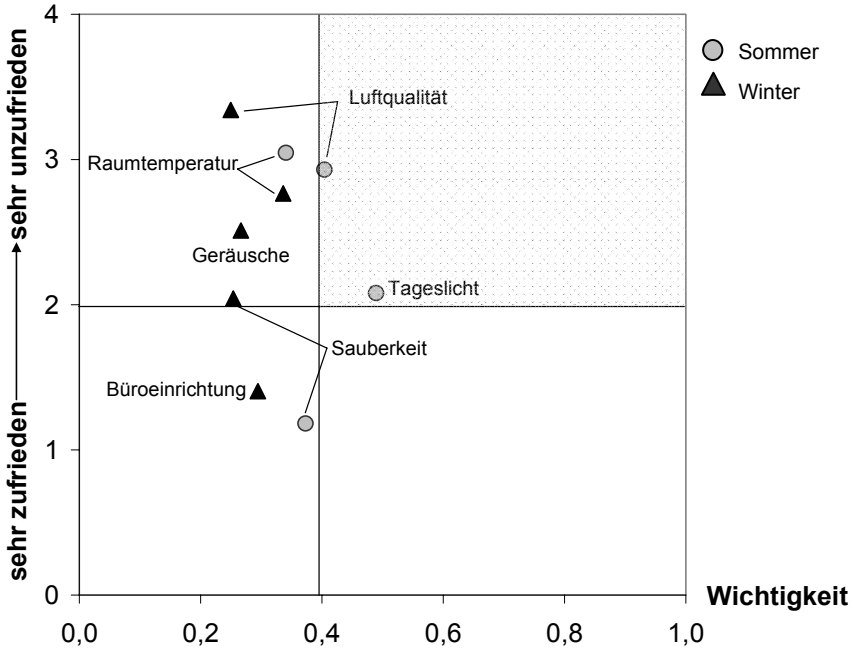


Abb. A7: Optimierungspotentiale für das Gebäude 3. N_{Winter} = 47, Befragung am 18.2.2004/ N_{Sommer} = 43, Befragung am 18.8.2004

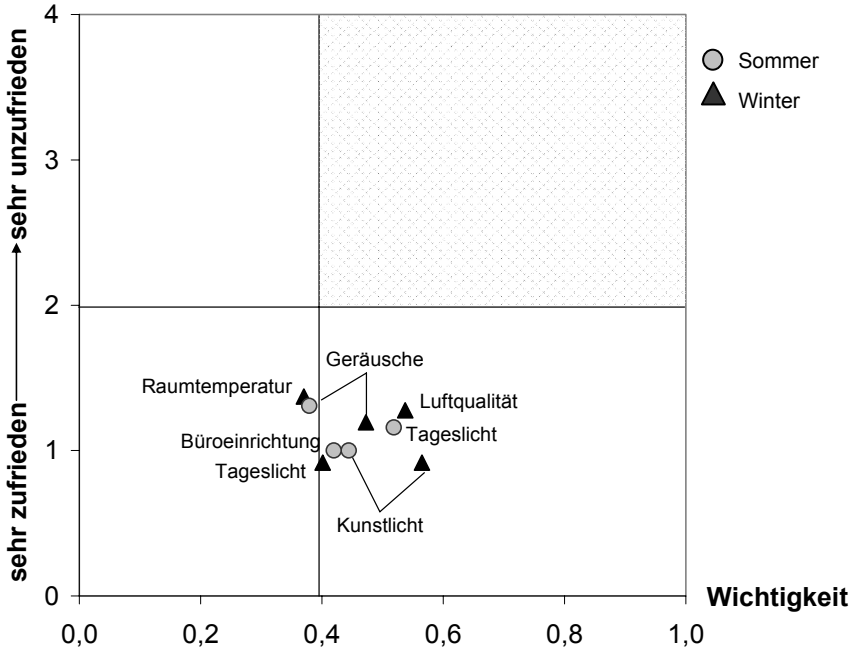


Abb. A8: Optimierungspotentiale für das Gebäude 4. N_{Winter} = 36, Befragung am 4.3.2004/ N_{Sommer} = 26, Befragung am 12.8.2004

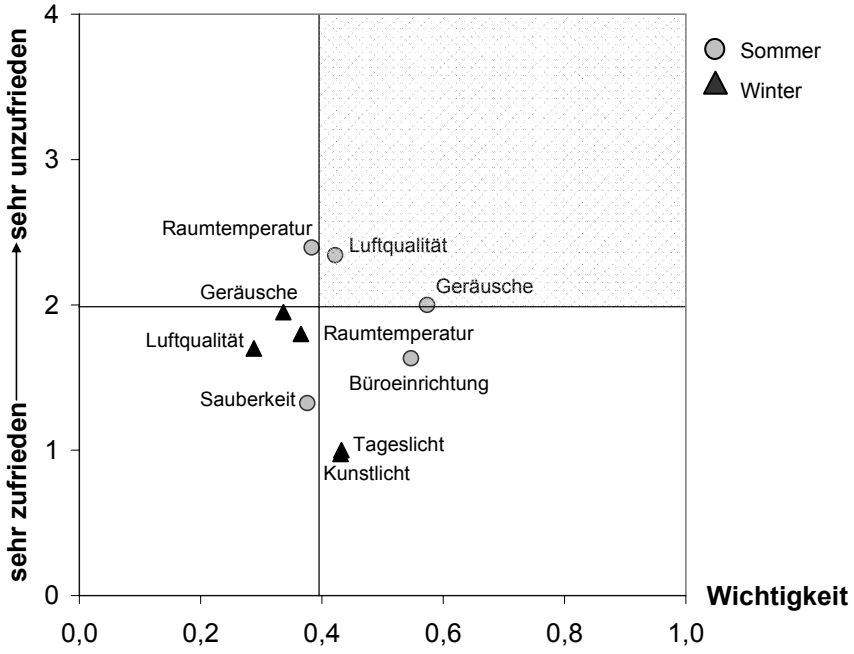


Abb. A9: Optimierungspotentiale für das Gebäude 5. N_{Winter} = 40, Befragung am 3.3.2004/ N_{Sommer} = 38, Befragung am 17.8.2004

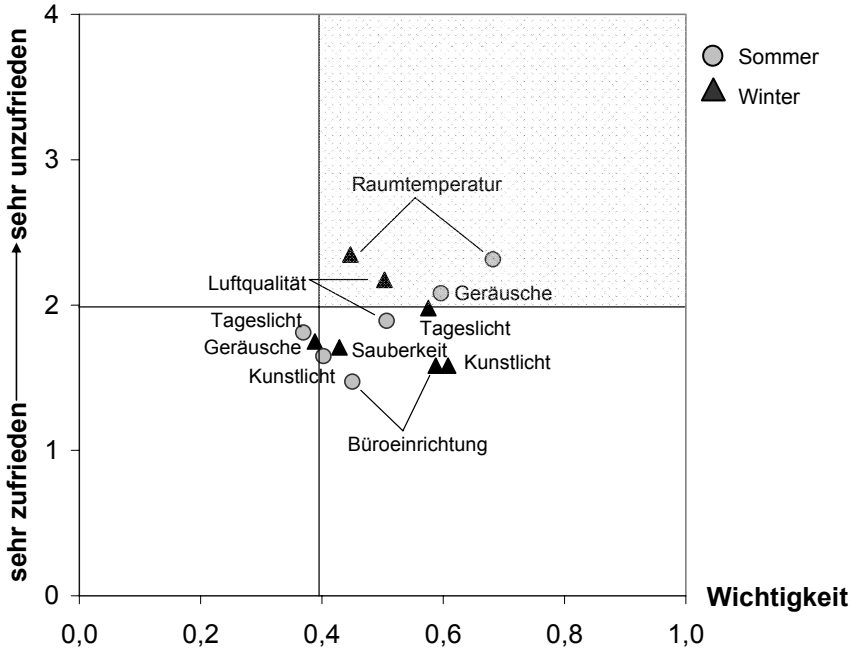


Abb. A10: Optimierungspotentiale für das Gebäude 6. N_{Winter} = 24, Befragung am 24.2.-14.3.2005/ N_{Sommer} = 36, Befragung am 16.7.-3.8.2004

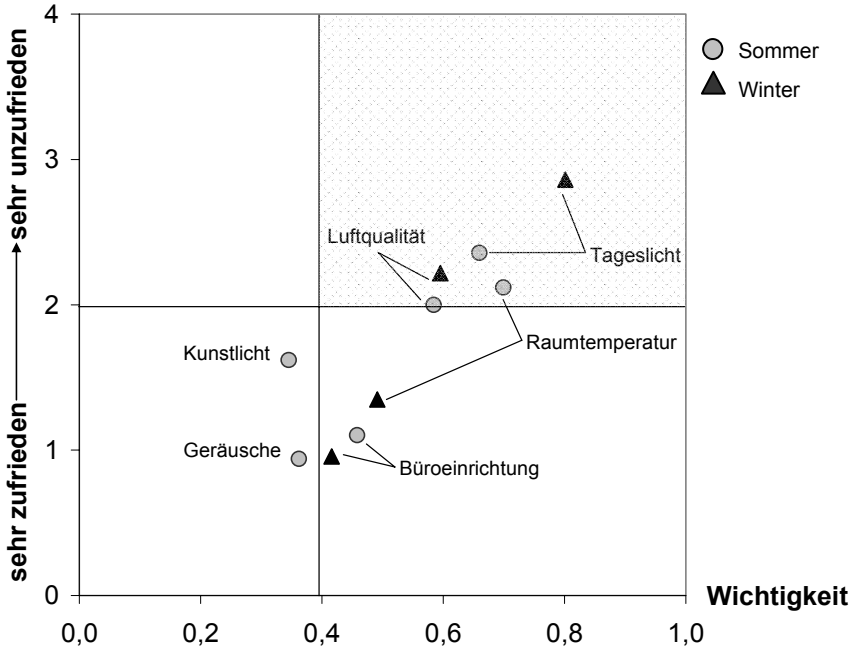


Abb. A11: Optimierungspotentiale für das Gebäude 7. N_{Winter} = 22, Befragung am 23.2.-16.3.2005/ N_{Sommer} = 50, Befragung am 25.8.2004

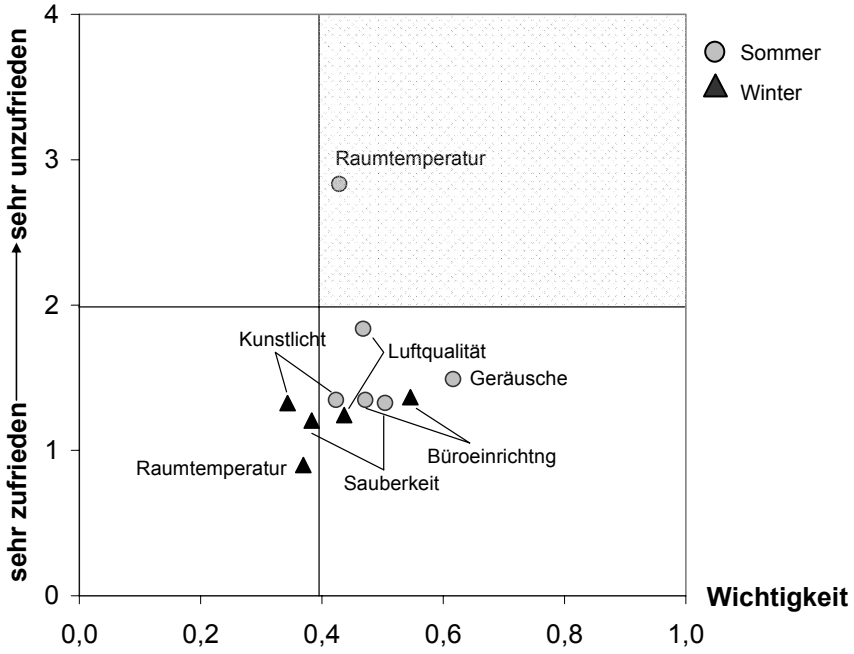


Abb. A12: Optimierungspotentiale für das Gebäude 8. N_{Winter} = 36, Befragung am 18.1.2005/ N_{Sommer} = 49, Befragung am 26.8.-30.8.2004

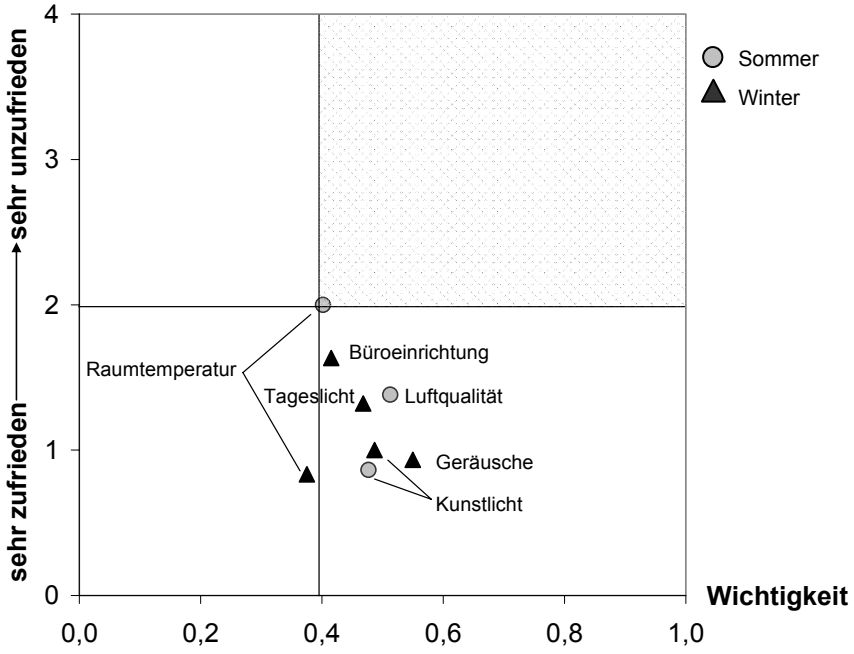


Abb. A13: Optimierungspotentiale für das Gebäude 9. N_{Winter} = 28, Befragung am 17.2.-22.2.2005/ N_{Sommer} = 21, Befragung am 17.8.2005

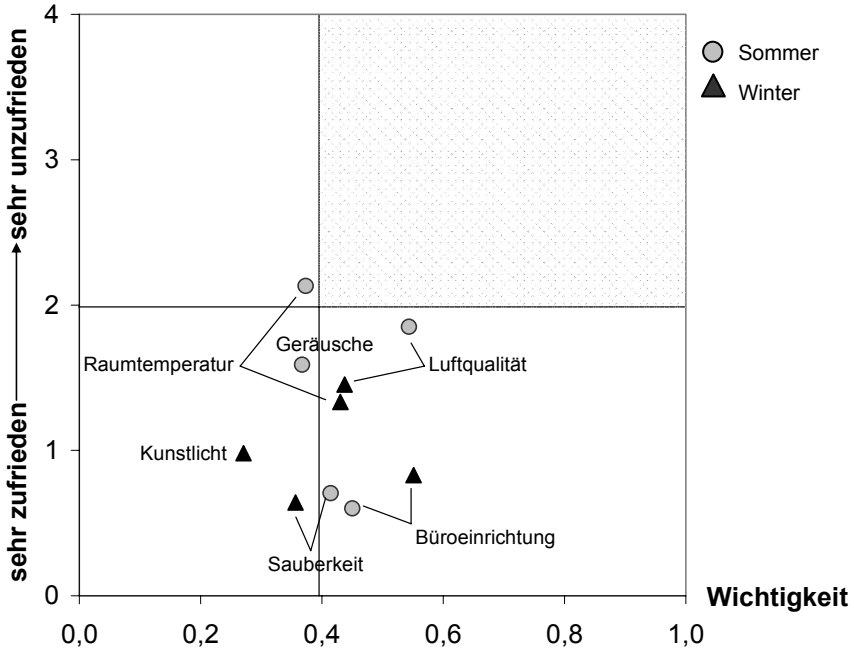


Abb. A14: Optimierungspotentiale für das Gebäude 10. N_{Winter} = 52, Befragung am 25.1.-28.1.2005/ N_{Sommer} = 58, Befragung am 11.7.-20.7.2005

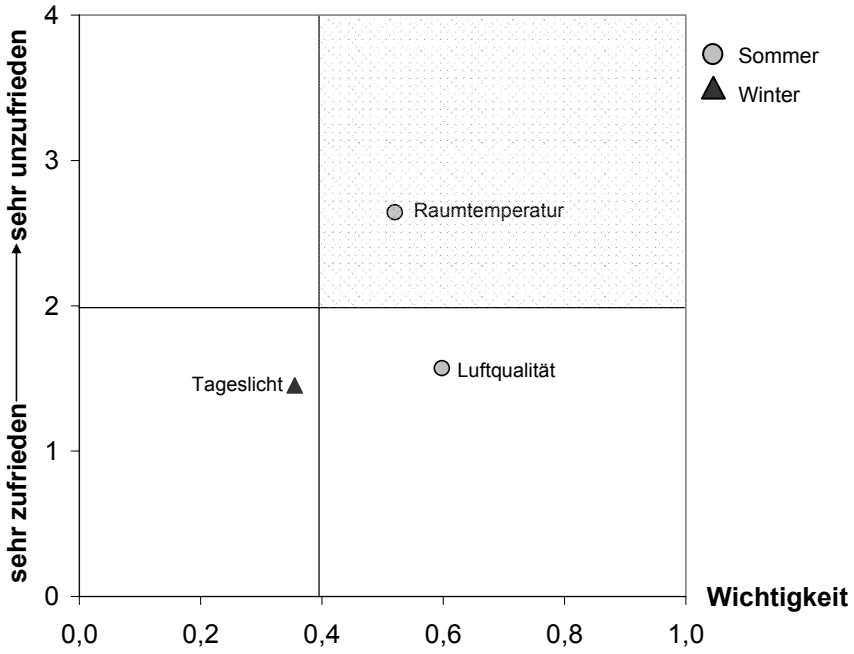


Abb. A15: Optimierungspotentiale für das Gebäude 11. N_{Winter} = 29, Befragung am 21.2.-22.2.2005/ N_{Sommer} = 28, Befragung am 4.7.-8.7.2005

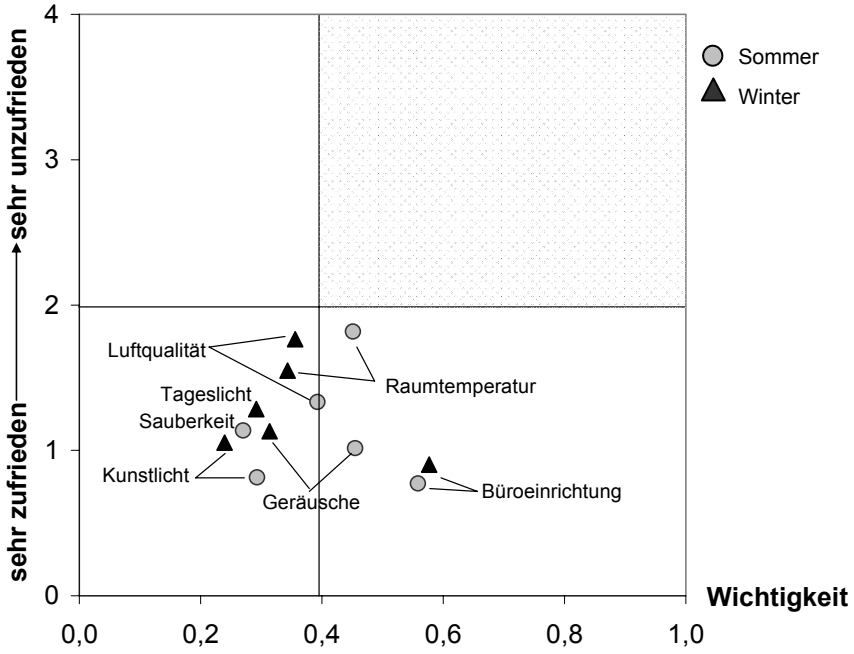


Abb. A16: Optimierungspotentiale für das Gebäude 12. N_{Winter} = 109, Befragung am 15.2.-18.2.2005/ N_{Sommer} = 65, Befragung am 18.7.-22.7.2005

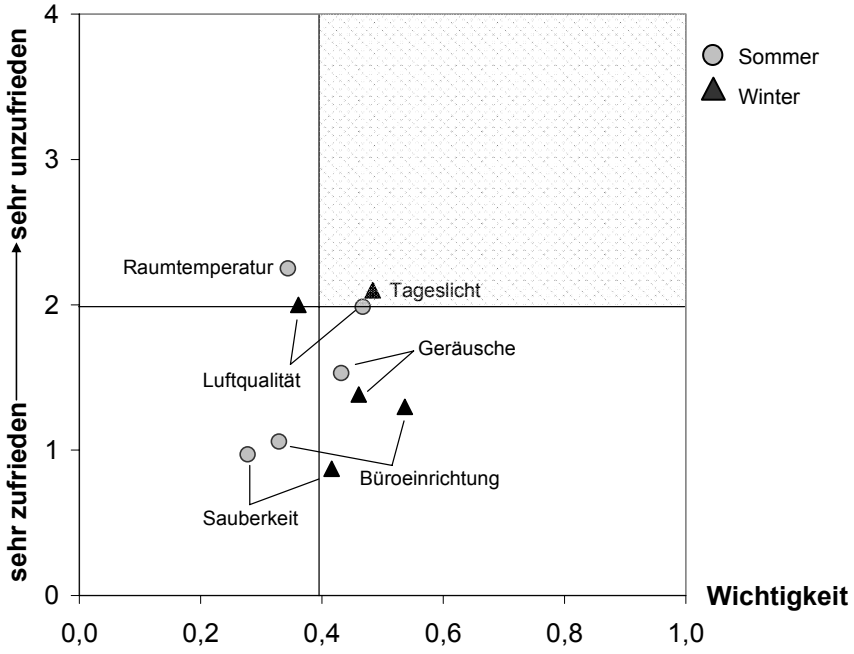


Abb. A17: Optimierungspotentiale für das Gebäude 13. N_{Winter} =46, Befragung am 6.2.-10.2.2006/ N_{Sommer} = 68, Befragung am 17.8.-22.8.2005

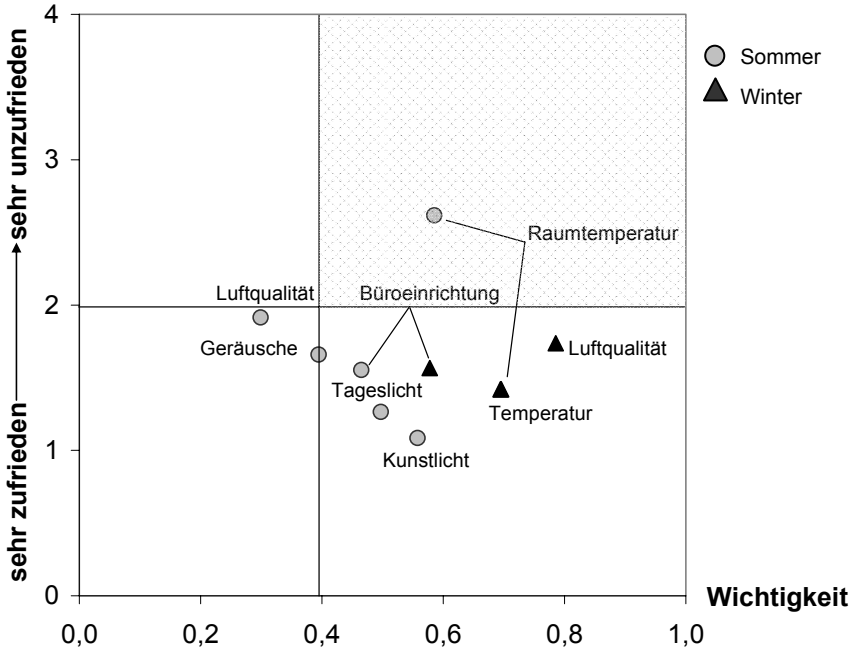


Abb. A18: Optimierungspotentiale für das Gebäude 14. N_{Winter} = 19, Befragung am 22.3.-30.3.2006/ N_{Sommer} = 47, Befragung am 29.6.-5.7.2005

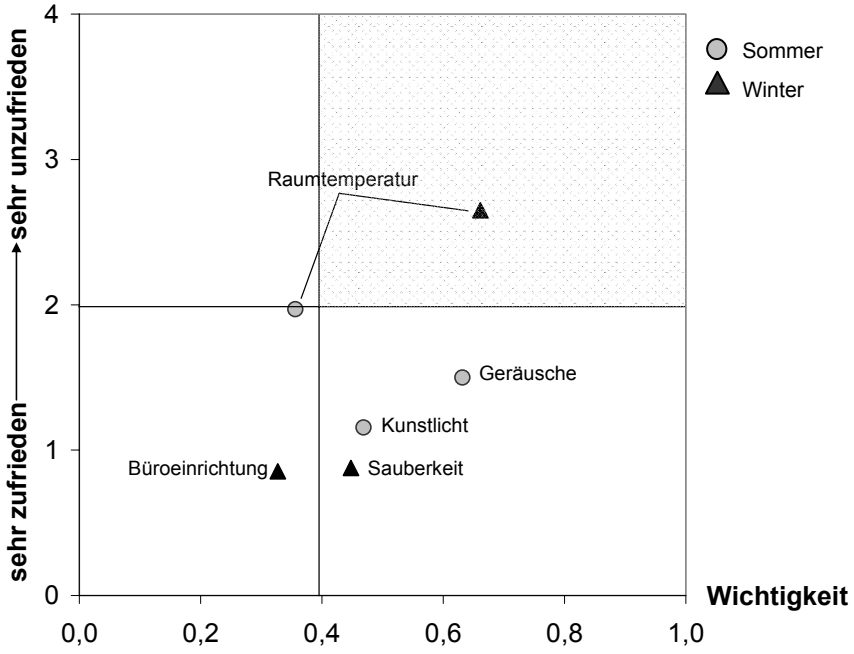


Abb. A19: Optimierungspotentiale für das Gebäude 15. N_{Winter} = 40, Befragung am 8.2.-13.2.2006/ N_{Sommer} = 30, Befragung am 16.8.-17.8.2005

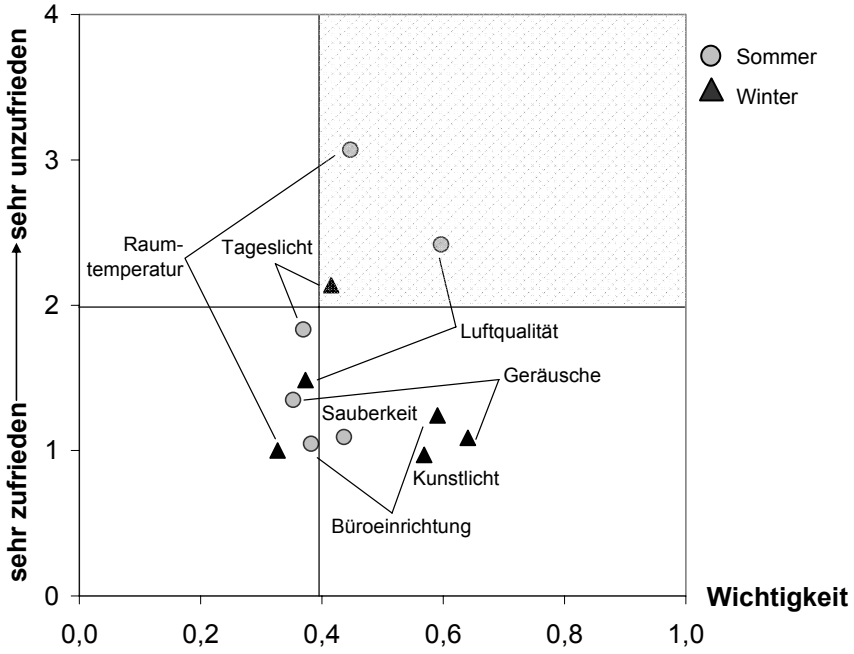


Abb. A20: Optimierungspotentiale für das Gebäude 16. N_{Winter} = 34, Befragung am 1.2.-10.2.2006/ N_{Sommer} = 43, Befragung am 8.9.-16.9.2005

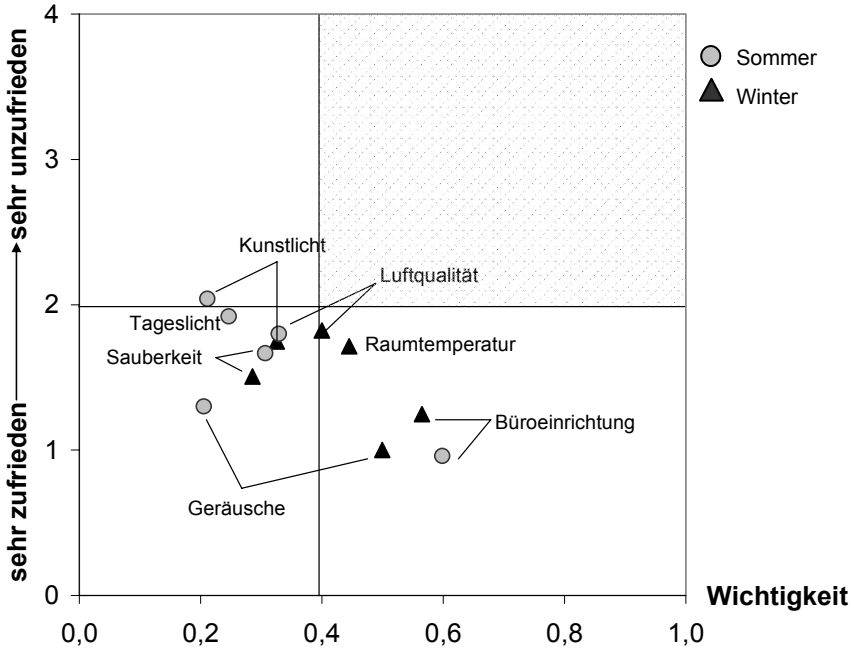


Abb. A21: Optimierungspotentiale für das Gebäude 17. N_{Winter} = 82, Befragung am 7.3.-17.3.2006/ N_{Sommer} = 98, Befragung am 6.9.-20.9.2006

SolarBau : MONITOR | Universität Karlsruhe (TH) | fbta

Nutzerakzeptanz von Bürogebäuden im Winter

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,

Sie arbeiten in einem Gebäude, bei dem im Vergleich zu herkömmlichen Gebäuden auf energiesparende Maßnahmen geachtet wurde. Das Gebäudekonzept beabsichtigt außerdem, Ihnen einen hohen Komfort zu bieten.

Ziel der wissenschaftlichen Begleitstudie „SolarbauMonitor“ ist es zu erfahren, ob die geplanten Funktionen erfüllt werden und inwieweit das Gebäude in seiner Gesamtheit von Ihnen angenommen wird. Im Rahmen der Studie erfolgen einige Messungen z.B. der Raumtemperatur, der solaren Einstrahlung etc.

Neben den technischen Messwerten soll diese Umfrage **Ihre Meinung** zum Gebäude und dessen Ausstattung erfassen. Eine weitere Befragung wird voraussichtlich im Sommer erfolgen, um den unterschiedlichen Witterungseinflüssen Rechnung zu tragen.

Ihre Angaben werden **anonym** erhoben, d. h. Sie müssen Ihren Namen nicht angeben. Einige statistische Fragen sind allerdings für die Auswertung notwendig.

Die Beantwortung des Bogens dauert ca. 20 Minuten.

Bei Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung!

e-mail: elke.gossauer@ise.fraunhofer.de

Ablauf der Befragung:

Bitte füllen Sie diesen Fragebogen bis Ende der Woche möglichst vollständig selbst aus und geben Sie ihn anonym in die **Hauspost** mit der Bezeichnung „**Nutzerbefragung**“.

Ihre Mitarbeit ist freiwillig. Für die Auswertung ist es jedoch äußerst wichtig, dass möglichst alle Mitarbeiter den Fragebogen ausfüllen!

Sinn des Codes ist, bei mehrfacher Befragung (Winter und Sommer) aus Forschungsgründen eine Zuordnung der Bögen untereinander vornehmen zu können.

Mein persönlicher Code:
1.___ erster Buchstabe des Geburtsortes
2.___ zweiter Buchstabe des Vornamens der Mutter
3.___ zweiter Buchstabe des eigenen Vornamens
4.___ erster Buchstabe des Vornamens des Vaters

Viel Spaß beim Ausfüllen und vielen Dank schon jetzt für Ihre Mitarbeit!

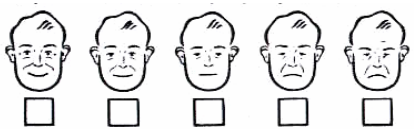
Bitte tragen Sie hier das **Datum** und die **Uhrzeit** ein, wann Sie mit dem Ausfüllen beginnen.

Datum ___.03.2006 ____:____ **Uhr**

Allgemeine Fragen zu Ihrer **Befindlichkeit** und zum **Gebäude.**

1. Welches der Gesichter beschreibt **Ihr Wohlbefinden im Moment** am besten (einschließlich Gesundheit, Arbeitsmotivation, Zufriedenheit etc.)? *(bitte nur ein Kreuz)*

mittelmäßig

sehr gut  sehr schlecht

2. Wie lange arbeiten Sie schon in diesem **Gebäude**?

____ Jahre ____ Monate

3. Wie lange arbeiten Sie schon an diesem **Arbeitsplatz/ Schreibtisch**?

____ Jahre ____ Monate

4. Welche der folgenden **Tätigkeiten** sind Teil Ihrer üblichen Arbeit? *(Angaben in %)*

____% Bildschirmarbeit

____% Schreibtischarbeit einschließlich Telefonieren

____% Besprechungen

____% Sonstiges:_____

5. Wohin ist Ihr Büro orientiert?

☐ zum **Atrium** ☐ nach **außen**

6. Wie **beeinflussten** folgende Faktoren **in den letzten zwei Wochen** Ihre **Leistungsfähigkeit** am Arbeitsplatz? *(Bitte jeden Fall ankreuzen)*

	sehr positiv			gar nicht		sehr negativ	
Beleuchtung (Tageslicht/ Kunstlicht).....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Raumgestaltung.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Geräusche.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Raumtemperatur.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Büroausstattung (Bequemlichkeit).....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Arbeitsatmosphäre.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Schmutz.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Gerüche.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Probleme mit Computern etc.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Gesundheitszustand.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Raumluftqualität.....	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges (z.B. Mängel an): _____	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Beantworten Sie nun bitte einige Fragen zu den **Lichtverhältnissen** an Ihrem Arbeitsplatz.

7. In welchem **Geschoss** befindet sich ihr Büro?

☐ EG ☐ 1.OG ☐ 2.OG ☐ 3.OG

8. Wie weit ist Ihr Arbeitsplatz vom **nächsten Fenster** entfernt?

		~1m	~2m	~3m	
direkt am Fenster	☐	☐	☐	☐	☐ über 4 Meter

9. Wie beurteilen Sie die **Größe der gesamten Fensterfläche** in Ihrem Raum?

		genau richtig			
zu klein	☐	☐	☐	☐	☐ zu groß

10. Wie ist ihr **Bildschirm** zur Fassade **ausgerichtet** ? *(Mehrfachauswahl möglich)*

☐ Der Bildschirm steht **parallel** zur Fassade mit **Blick auf die Fassade**.

☐ Der Bildschirm steht **parallel** zur Fassade. Die **Fassade ist hinter mir.**

☐ Der Bildschirm steht in einem Winkel von etwa ____° zur Fassade.

11. Wenn **während der letzten 2 Wochen** die **Sonne auf Ihren Arbeitsplatz** schien, war das *(Mehrfachauswahl möglich)*

zwischen ____ und ____ Uhr ☐ Die Sonne scheint nicht auf meinen Arbeitsplatz.

12. Wie oft empfanden Sie **während den letzten zwei Wochen** eine **Blendung** durch Tageslicht **auf den folgenden Flächen**? (*bitte jeden Fall ankreuzen*)

	nie		manchmal		immer
auf der Tischfläche.....	☐	☐	☐	☐	☐
auf dem Bildschirm.....	☐	☐	☐	☐	☐
auf den Wänden.....	☐	☐	☐	☐	☐
auf dem Fußboden.....	☐	☐	☐	☐	☐
durch das Fenster.....	☐	☐	☐	☐	☐

13. Zu welcher **Tageszeit** wurden Sie in den **vergangenen zwei Woche** hauptsächlich **geblendet**?

zwischen ____ und ____ Uhr ☐ gar nicht

14. **Wie oft** war **in den vergangenen 2 Wochen** bei Sonnenschein die Fassade verschattet?

	nie		manchmal		immer
☐ vormittags.	☐	☐	☐	☐	☐
☐ mittags.....	☐	☐	☐	☐	☐
☐ nachmittags	☐	☐	☐	☐	☐

15. War die Jalousie/ der Blendschutz meistens **vollständig oder teilweise** heruntergefahren?

☐ gar nicht

☐ teilweise

☐ vollständig

16. **Wie zufrieden** sind Sie insgesamt mit der Verschattungsvorrichtung (einschließlich Wirksamkeit und Bedienbarkeit)?

			mittelmäßig		
sehr zufrieden ☐	☐	☐	☐	☐	☐ sehr unzufrieden

17. **Schalten Sie das Licht ein**, wenn die Fenster verschattet sind?

			manchmal		
nie ☐	☐	☐	☐	☐	☐ immer

18. **Wie wichtig** sind Ihnen **im Winter**...?

	gar		mittelmäßig		sehr
Blend- bzw. Sonnenschutz	☐	☐	☐	☐	☐
der Ausblick nach draußen	☐	☐	☐	☐	☐
das Wahrnehmen von..... .....Wetter/ Tageszeit	☐	☐	☐	☐	☐

19. Insgesamt betrachtet: Wie bewerten Sie **innerhalb der letzten zwei Wochen** die **Beleuchtungssituation** durch **Tageslicht**...? *(bitte jeden Fall ankreuzen)*

	zu dunkel		genau richtig		zu hell
an Ihrem Arbeitsplatz.....	☐	☐	☐	☐	☐
im gesamten Raum.....	☐	☐	☐	☐	☐
am Computer.....	☐	☐	☐	☐	☐

20. Wie beurteilen Sie **ganz allgemein** rückblickend auf die vergangenen zwei Wochen die Belichtung ihres Arbeitsplatzes durch **Tageslicht** ohne **Verschattung der Fenster**?

			mittelmäßig		
sehr gut ☐	☐	☐	☐	☐	☐ sehr schlecht

21. Wie beurteilen Sie **ganz allgemein** rückblickend auf die vergangenen zwei Wochen die Belichtung ihres Arbeitsplatzes durch **Tageslicht** mit **Verschattung der Fenster**?

			mittelmäßig		
sehr gut ☐	☐	☐	☐	☐	☐ sehr schlecht

Bitte beantworten Sie als nächstes ein paar Fragen zur **künstlichen Beleuchtung.**

22. **Wie lange** hatten Sie **in den letzten zwei Wochen** während Ihrer Arbeit das **Kunstlicht** eingeschaltet?

	gar nicht	1-2h	3-4h	5-6h	> 7h
Deckenleuchte	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges:_____	☐	☐	☐	☐	☐

23. Wie häufig wurden Sie **in den letzten zwei Wochen durch die künstliche Beleuchtung geblendet**? *(bitte für jeden Fall ankreuzen)*

	nie		manchmal		immer
auf der Tischfläche.....	☐	☐	☐	☐	☐
auf dem Bildschirm.....	☐	☐	☐	☐	☐
durch folgende Leuchte:_____	☐	☐	☐	☐	☐

24. Insgesamt betrachtet: Wie bewerten Sie **innerhalb der letzten zwei Wochen** die **Beleuchtungssituation** durch Kunstlicht...? *(bitte für jeden Fall ankreuzen)*

	zu dunkel		genau richtig		zu hell
an Ihrem Arbeitsplatz.....	☐	☐	☐	☐	☐
im gesamten Raum.....	☐	☐	☐	☐	☐
am Bildschirm.....	☐	☐	☐	☐	☐

25. Wie zufrieden sind Sie mit der **Funktionalität der Deckenleuchten**?
(Bitte für „mittelmäßig bis sehr unzufrieden" den Grund angeben)

	sehr zufrieden		mittelmäßig		sehr unzufrieden
Positionierung	☐	☐	☐	☐	☐
automatische Regelung.....	☐	☐	☐	☐	☐

Grund:_____

26. Wie beurteilen Sie **ganz allgemein** die Beleuchtung ihres Arbeitsplatzes durch **Kunstlicht**? *(Bitte für „mittelmäßig bis sehr schlecht" den Grund angeben)*

			mittelmäßig		
sehr gut	☐	☐	☐	☐	☐ sehr schlecht

Grund (z.B. unangenehme Lichtfarbe, zu dunkel/ zu hell, falsche Positionierung) :_____

_____

Beantworten Sie uns nun bitte ein paar Fragen über die **Temperaturverhältnisse** an ihrem Arbeitsplatz.

27. Wie empfinden Sie **im Moment** die **Temperatur** an Ihrem Arbeitsplatz?

zu kalt		genau richtig		zu warm
☐	☐	☐	☐	☐

28. Wenn Sie an die **letzten zwei Wochen** zurückdenken: War Ihnen **an Ihrem Arbeitsplatz** ...?

	zu kalt		genau richtig		zu warm
vormittags	☐	☐	☐	☐	☐
nachmittags	☐	☐	☐	☐	☐

29. War Ihnen die **Luft in Ihrem Raum** in den **vergangenen zwei Wochen...**?

			genau richtig		
zu trocken	☐	☐	☐	☐	☐ zu feucht

30. Wie stark empfanden Sie in den letzten zwei Wochen **unangenehme Temperaturschwankungen** im Tagesverlauf?

			mittelmäßig		
gar nicht	☐	☐	☐	☐	☐ sehr

31. Wie können Sie **im Winter** auf die Temperatur in Ihrem Raum **Einfluss nehmen**?

☐ gar nicht → *weiter mit Frage 34*

☐ Lüften

☐ Thermostatventil an der Heizung

☐ Sonstiges (z. B. Temperaturregler im Raum):_____

32. **Wie oft** haben Sie in den vergangenen 2 Wochen versucht, etwas an der Temperatur in Ihrem Büro zu **verändern**?

		~1x/Tag	~2x/Tag	~3x/Tag	
gar nicht	☐	☐	☐	☐	☐ 4x und mehr am Tag

33. Wie zufrieden waren Sie mit der **Wirksamkeit der Temperaturänderung**?

			mittelmäßig		
sehr zufrieden	☐	☐	☐	☐	☐ sehr unzufrieden

34. Wie zufrieden waren Sie die vergangenen zwei Wochen **insgesamt** mit der Temperatur an Ihrem Arbeitsplatz?

			mittelmäßig		
sehr zufrieden	☐	☐	☐	☐	☐ sehr unzufrieden

Im Folgenden geht es um die **Belüftungsmöglichkeit und Luftqualität** in ihrem Büro.

35. Haben Sie **in den vergangenen 2 Wochen Zuglufterscheinungen** an ihrem Arbeitsplatz verspürt?

			manchmal		
nie	☐	☐	☐	☐	☐ immer

Bitte benennen Sie die (vermutete) Ursache der Zugluft:_____

36. Wie stark empfanden Sie **in den vergangenen zwei Wochen** folgende **Gerüche** an ihrem Arbeitsplatz? *(Bitte für jeden Fall ankreuzen)*

	gar nicht		mittelmäßig		stark
Gerüche von Teppich/ Möbel.....	☐	☐	☐	☐	☐
Ein Gemisch aus Gerüchen.....	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges (z.B. Personen, Essen):.....	☐	☐	☐	☐	☐ _____

37. **Wann** standen **in den vergangenen zwei Wochen** in ihrem Raum die **Fenster** in de Regel **offen**? *(Mehrfachauswahl möglich)*

	nie		manchmal		immer
morgens.....	☐	☐	☐	☐	☐
vormittags.....	☐	☐	☐	☐	☐
mittags.....	☐	☐	☐	☐	☐
nachmittags.....	☐	☐	☐	☐	☐

38. Wann hatten Sie **in den letzten 2 Wochen** die Fenster **hauptsächlich geöffnet**?

☐ Wenn mir zu warm war.

☐ Wenn die Luft verbraucht war.

☐ nachts (Oberlichter).

☐ Sonstiges (z.B. morgens beim Betreten des Raumes):_____

39. Wie hatten Sie **in den letzten 2 Wochen** die Fenster **hauptsächlich geöffnet**?

☐ gar nicht ☐ auf Kippstellung ☐ maximaler Öffnungswinkel

40. Wie viele Stunden **schätzen** sie, waren **in den vergangenen 2 Wochen** die Fenster in Ihrem Büros **durchschnittlich am Tag geöffnet**?

<0,5 h	0,5-1 h	1-3 h	3-5 h	>5 h
☐	☐	☐	☐	☐

41. Wie lange steht die **Tür Ihres Büroraumes** (zum Flur hin) offen, wenn Sie den Raum benutzen?

		1-2h	3-4h	5-6h	
nie ☐	☐	☐	☐	☐	☐ > 7h

Bitte den Grund für geschlossene oder geöffnete Tür angeben (z.B. Kommunikation, Lüftung des Raumes):_____

42. Wie oft steht die **Tür Ihres Büroraumes** (zum Flur hin) **nachts** offen?

		~1x/Woche			
nie ☐	☐	☐	☐	☐	jede Nacht

43. Wie zufrieden waren Sie in den **letzten zwei Wochen insgesamt** mit der **Luftqualität** in Ihrem Büro? *(Bitte den Grund für „mittelmäßig bis sehr unzufrieden" angeben)*

		mittelmäßig			
sehr zufrieden ☐	☐	☐	☐	☐	sehr unzufrieden

Grund:_____

Die nachfolgenden Fragen befassen sich mit der **Möblierung und Gestaltung** Ihres Büros.

44. Arbeiten Sie in einem...?

☐ Einzelbüro

☐ Gruppenbüro mit ___ Arbeitsplätzen

45. **Wie zufrieden** sind Sie mit dem **Platz**, ...

	sehr zufrieden		mittelmäßig		sehr unzufrieden
den Sie **auf Ihrem Schreibtisch** zur Verfügung haben?.....	☐	☐	☐	☐	☐
den Sie **zum Unterbringen von Ordnern, Stiften etc**. haben?.....	☐	☐	☐	☐	☐
den Sie **um Ihren Schreibtisch herum** haben?.....	☐	☐	☐	☐	☐

46. **Wie zufrieden** sind Sie mit Ihrem/ ihrer ...?

	sehr zufrieden		mittelmäßig		sehr unzufrieden
Stuhl.....	☐	☐	☐	☐	☐
Tisch.....	☐	☐	☐	☐	☐
Tastatur.....	☐	☐	☐	☐	☐
Bildschirm.....	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges:_____	☐	☐	☐	☐	☐

47. Wie zufrieden sind Sie mit der **Materialwahl** von/ vom ...?

	sehr zufrieden		mittelmäßig		sehr unzufrieden
Teppichen/ Fußbodenbelägen.....	☐	☐	☐	☐	☐
Schreibtisch.....	☐	☐	☐	☐	☐
Schränken.....	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges:_____	☐	☐	☐	☐	☐

48. Wie zufrieden sind Sie mit den **Farben** in Ihrem Büro?

			mittelmäßig		
sehr zufrieden	☐	☐	☐	☐	☐ sehr unzufrieden

49. Wie zufrieden sind Sie **insgesamt** mit der Einrichtung Ihres Büros?

			mittelmäßig		
sehr zufrieden	☐	☐	☐	☐	☐ sehr unzufrieden

Bitte beantworten Sie nun einige Fragen zum Thema **Umgebungsgeräusche**.

50. Fühlten Sie sich an Ihrem Arbeitsplatz **in den letzten 2 Wochen** durch folgende **Geräusche** gestört oder nicht? *(Bitte für alle Fälle ankreuzen)*

	gar nicht				den ganzen Tag
Gespräche/ Telefonate **in Ihrem Raum**.....	☐	☐	☐	☐	☐
Computerlüfter in ihrem Raum.....	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges (z.B. Radio, Lüftung) in Ihrem Raum:_____	☐	☐	☐	☐	☐
Gespräche/ Telefonate **aus anderen Räumen**.....	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges (z.B. Radio, Lüftung) aus anderen Räumen.....	☐	☐	☐	☐	☐
Geräusche von draußen bei **geschlossenen** Fenstern.....	☐	☐	☐	☐	☐
Geräusche von draußen bei **offenen** Fenstern.....	☐	☐	☐	☐	☐

51. Wie zufrieden sind Sie mit der **Akustik** (Sprachverständlichkeit, Halligkeit etc.) in Ihrem Büro?

			mittelmäßig		
sehr zufrieden	☐	☐	☐	☐	☐ sehr unzufrieden

52. Wie zufrieden waren sie in den vergangenen zwei Wochen **insgesamt** mit dem **Geräuschpegel** in Ihrem Büro?

			mittelmäßig		
sehr zufrieden	☐	☐	☐	☐	☐ sehr unzufrieden

Im Folgenden finden Sie Fragen zum Thema **Dienstleistungen** im Gebäude.

53. Wie häufig trafen **in den vergangenen 2 Wochen** folgenden Angaben auf Ihr Büro zu? *(bitte alle Fälle ankreuzen)*

	gar nicht		manchmal		immer
schmutzige Fußböden.....	☐	☐	☐	☐	☐
Staub auf den Schreibtischen.....	☐	☐	☐	☐	☐
Es stehen zu viele Sachen herum.....	☐	☐	☐	☐	☐
schmutzige Fenster.....	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges:_____	☐	☐	☐	☐	☐

54. Wie zufrieden waren Sie **in den vergangenen zwei Wochen insgesamt** mit der **Sauberkeit** in Ihrem Büroraum?

			mittelmäßig		
sehr zufrieden ☐	☐	☐	☐	☐	sehr unzufrieden

Bitte beantworten Sie uns nun einige Fragen zum Thema **gesundheitliche Beschwerden** am Arbeitsplatz**.**

55. Wie häufig litten Sie **in den vergangenen 2 Wochen** während Ihrer Arbeitszeit und folgenden **gesundheitlichen Beschwerden**? *(bitte alle Fälle ankreuzen)*

	nie		manchmal		immer
rasche Ermüdung.....	☐	☐	☐	☐	☐
Kopfschmerzen.....	☐	☐	☐	☐	☐
trockene Nase.....	☐	☐	☐	☐	☐
trockene Augen.....	☐	☐	☐	☐	☐
trockene Haut/ Kopfhaut.....	☐	☐	☐	☐	☐
Halsschmerzen.....	☐	☐	☐	☐	☐
laufende Nase.....	☐	☐	☐	☐	☐
tränende Augen.....	☐	☐	☐	☐	☐
Verspannungen: wo?_____	☐	☐	☐	☐	☐
generelles Unwohlsein.....	☐	☐	☐	☐	☐
Konzentrationsschwäche.....	☐	☐	☐	☐	☐
Allergie: welche?_____	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges_____	☐	☐	☐	☐	☐

56. Haben Sie im Moment **eine akute oder chronische Erkrankung**?

☐ nein

☐ ja, akut

☐ ja, chronisch

57. Wie stark haben Sie **in den vergangenen 2 Wochen** folgende Bedingungen an Ihrem Arbeitsplatz belastet ? *(bitte alle Fälle ankreuzen)*

	gar nicht		mittelmäßig		sehr
Überstunden.....	☐	☐	☐	☐	☐
häufiger Leerlauf.....	☐	☐	☐	☐	☐
ständiger Wechsel von Tätigkeiten.....	☐	☐	☐	☐	☐
Zeitdruck, Hektik.....	☐	☐	☐	☐	☐
häufige Störungen/ Unterbrechungen.....	☐	☐	☐	☐	☐
Verhältnis zu Kollegen/ Vorgesetzten.....	☐	☐	☐	☐	☐
hohe Verantwortung.....	☐	☐	☐	☐	☐
unangenehme Sitzhaltung.....	☐	☐	☐	☐	☐
mangelnde Kommunikation.....	☐	☐	☐	☐	☐
kein gesicherter Arbeitsplatz.....	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges:_____	☐	☐	☐	☐	☐

58. Bei welchen der folgenden Punkte wünschen Sie sich **mehr Einflussmöglichkeit**? *(Mehrfachauswahl möglich)*

	gar nicht		mittelmäßig		sehr
Betätigung des Sonnen-/ Blendschutzes.....	☐	☐	☐	☐	☐
Ein-/ Ausschalten des Kunstlichtes.....	☐	☐	☐	☐	☐
Einstellung der Raumtemperatur.....	☐	☐	☐	☐	☐
Lüftung des Büros.....	☐	☐	☐	☐	☐
Sonstiges:_____	☐	☐	☐	☐	☐

59. Wie zufrieden sind Sie **alles in allem** mit Ihren **Aufgaben und Ihrer Arbeitstätigkeit** (einschließlich Kollegen, Bezahlung, Aufstiegsmöglichkeiten etc...)?

mittelmäßig

sehr zufrieden ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr unzufrieden

60. Wie zufrieden sind Sie **alles in allem** mit Ihrem **Arbeitsplatz** (einschließlich allen abgefragten Faktoren wie Beleuchtung, Luftqualität, räumlichen Gegebenheiten etc...)?

mittelmäßig

sehr zufrieden ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr unzufrieden

61. **Was würden Sie**, wenn Sie die Möglichkeit hätten, momentan am ehesten an Ihrem Arbeitsplatz **verändern**? (*bitte maximal 5 Punkte benennen)*

☐ gar nichts

1._____

2._____

3._____

4._____

5._____

62. Haben Sie an Ihrem Arbeitsplatz bzw. in Ihrem Büroraum **eigene Maßnahmen** (z.B. Blendschutz, Ventilator, Tischleuchte) **zur Veränderung** vorgenommen?

☐ ja →

welche?:_____

☐ nein

63. Haben sie bei der Beantwortung der Fragen (insbesondere der Temperaturverhältnisse) nur die letzten zwei Wochen als Zeitraum berücksichtigt?

☐ nur die letzten zwei Wochen oder einen kürzeren Zeitraum

☐ mehr als zwei Wochen innerhalb dieses Winters

☐ auch den letzten Winter

64. Waren **die vergangen zwei Wochen** Ihrer Meinung nach von den Witterungsverhältnissen und der Raumklimasituation in Ihrem Büro **repräsentativ für diesen Winter**?

☐ ja

☐ nein

Zum Abschluss bitten wir Sie noch um ein paar **statistische Angaben.**

65. Sind Sie ...?

☐ weiblich

☐ männlich

66. Wie alt sind Sie?

☐ ≤ 25 ☐ 26-35 ☐ 36-45 ☐ 46-55 ☐ > 55

67. In welcher **beruflichen Stellung** sind Sie derzeit beschäftigt?

☐ Azubi

☐ Hilfskraft

☐ Fachkraft

☐ AbteilungsleiterIn/ ProjektleiterIn

☐ Mitglied der Geschäftsführung/ Geschäftsführer

☐ sonstiges:_____

68. Wie viele **Stunden** arbeiten Sie im Durchschnitt **in der Woche**?

_____Stunden an _____ Tagen/ Woche

Wenn Sie uns noch irgend etwas über Ihren Arbeitsplatz oder diesen Fragebogen mitteilen möchten, können Sie dies hier tun:

Mängel im Gebäude:

positive Anmerkungen:

Sonstiges (z.B. Kommentare zum Fragebogen):

Uhrzeit bei Beendigung des Fragebogens: ___:___ Uhr

Bitte schauen Sie noch einmal nach, ob Sie alle Fragen beantwortet haben und geben Sie den Fragebogen anonym mit dem **Kennwort „Nutzerbefragung“ in die Hauspost**.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit !

Lebenslauf

Name:	Elke Gossauer	
geb. am:	30.12.1972	in Braunschweig
Berufstätigkeit:	08/01-05/03	Architekturbüro Hansen, Emmy-Noether-Straße 2, 79072 Freiburg
	06/03 – 03/07	Anstellung als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet für Bauphysik und Technischen Ausbau an der Technischen Hochschule in Karlsruhe, Thema: „Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden – Erschließung von Optimierungspotentialen aus Nutzersicht“
	seit 04/2007	angestellt im Ingenieurbüro Stahl & Weiss (Energieberatung), Baslerstraße 55, 79100 Freiburg
Schuldbildung:	1979-85	Grundschulen in Braunschweig, Berlin und Fribourg (CH)
	1985-92	Kepler-Gymnasium, Freiburg i. Br.
Studium:	1992-94	Medizin und Sozialwissenschaften an der Georg-August Universität, Göttingen
	1995-01	Architektur an der Technischen Hochschule, Karlsruhe Vertiefung im Bereich Bautechnik und Bauökonomie,
	07/2001	Diplomarbeit: „Entwicklung und Einsatz von Vakuum-Dämmpaneelen im Baubereich“
Fernstudium:	2000-02	Baubiologie an der Fernuniversität Neubeuern
	10/2002	Abschluss zur staatlich geprüften Baubiologin
Weiteres:	01/98-03/01	Tätigkeit als hilfswissenschaftliche Angestellte am Institut für Bauphysik und Technischen Ausbau an der Universität Karlsruhe (TH)