

BIGMODERN Subprojekt 7: Monitoring von Funktionalität, Komforterreicherung und realer Anwendung innovativer Technologien

Leitprojekt: Nachhaltige Sanierungsstandards für
Bundesgebäude der Bauperiode der 50er bis 80er Jahre

M. Grim, K. Leutgöb, G. Hofer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

19b/2013

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

BIGMODERN Subprojekt 7: Monitoring von Funktionalität, Komforterreichung und realer Anwendung innovativer Technologien

Leitprojekt: Nachhaltige Sanierungsstandards für
Bundesgebäude der Bauperiode der 50er bis 80er Jahre

DI Margot Grim, Mag. Klemens Leutgöb, DI (FH) Gerhard Hofer
e7 Markt Analyse GmbH

Wien, Oktober 2011

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“).

Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Kurzfassung | 10 |
| Abstract..... | 11 |
| 1 Einleitung - Monitoring im Rahmen des HdZ-Leitprojekts BIGMODERN..... | 12 |
| 1.1 Hintergrund..... | 12 |
| 1.2 Abgrenzung des Begriffs Monitoring im Rahmen von BIGMODERN..... | 13 |
| 1.2.1 Energieverbrauchsmonitoring..... | 13 |
| 1.2.2 Monitoring der Funktionalität und des Komforts..... | 14 |
| 1.2.3 Monitoring der NutzerInnenzufriedenheit..... | 14 |
| 1.2.4 Dokumentation der Nachhaltigkeit der Demonstrationsgebäude | 14 |
| 1.3 Ziele des Monitoring zu Funktionalität, Komfort und Nutzerzufriedenheit..... | 15 |
| 2 Schnittstellen zum Energieverbrauchsmonitoring und Monitor Plus..... | 16 |
| 3 Funktionale Überprüfung der technischen Innovationen im Amtshaus Bruck an der Mur..... | 17 |
| 3.1 Solarwabenfassade..... | 17 |
| 3.1.1 Funktionale Beschreibung der innovativen Technologie..... | 17 |
| 3.1.2 Kritische Punkte | 19 |
| 3.1.3 Monitoring der Funktionalität und der NutzerInnenzufriedenheit | 19 |
| 3.2 Fenster & Lüftungsflügel..... | 21 |
| 3.2.1 Funktionale Beschreibung der innovativen Technologie..... | 21 |
| 3.2.2 Kritische Punkte | 21 |
| 3.2.3 Monitoring der Funktionalität und der NutzerInnenzufriedenheit | 22 |
| 3.3 Verschattungs- bzw. Tageslichtelemente..... | 24 |
| 3.3.1 Funktionale Beschreibung der innovativen Technologie..... | 24 |
| 3.3.2 Kritische Punkte | 27 |
| 3.3.3 Monitoring der Funktionalität und der NutzerInnenzufriedenheit | 27 |
| 3.4 Mechanische Belüftung und sommerliche Nachtauskühlung | 29 |
| 3.4.1 Funktionale Beschreibung der innovativen Technologie..... | 29 |
| 3.4.2 Kritische Punkte | 30 |
| 3.4.3 Monitoring der Funktionalität und der NutzerInnenzufriedenheit | 31 |
| 4 Funktionale Überprüfung der technischen Innovationen der Baufakultät Innsbruck | 33 |
| 4.1 Senkkippflügel und Lüftung | 33 |
| 4.1.1 Funktionale Beschreibung der innovativen Technologie | 33 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1.2 | Kritische Punkte..... | 34 |
| 4.1.3 | Monitoring der Funktionalität und der NutzerInnenzufriedenheit | 36 |
| 5 | Literaturverzeichnis | 39 |

Kurzfassung

Die BIG Bundesimmobiliengesellschaft führt im Rahmen des Programms Haus der Zukunft Plus das Leitprojekt BIGMODERN durch, das als Kernelement die Umsetzung von zwei Demonstrationsprojekten zum Inhalt hat. Um die Lernprozesse zu beschleunigen hat der Gebäudeeigentümer BIG vor, nach der Umsetzung der Demonstrationsprojekte umfangreiche Monitoring- und Evaluierungsaktivitäten durchzuführen. Neben den Ressourcenverbräuchen und Kosten muss auch die Funktionalität des gewählten Ansatzes der Gebäudemodernisierung überprüft werden. Dies bezieht sich insbesondere auf jene innovativen Technologien, die in den Demonstrationsprojekten gezielt für die Erreichung der geforderten hohen Anforderungen an Energieeffizienz und Nachhaltigkeit eingesetzt werden.

Vor diesem Hintergrund enthält der gegenständliche Bericht ein Monitoring-Konzept zur Evaluierung der Funktionalität innovativer Technologien, wie sie in den Demonstrationsprojekten eingesetzt wurden. Das Monitoring-Konzept deckt dabei die folgenden Inhalte ab:

- Zum einen wurden für ausgewählte innovative Technologien (z.B. Solarwabenfassade, nachgerüstete Lüftungsanlage, innovatives Beleuchtungssystem oder Ansatz zur sommerlichen Nachtauskühlung) im Detail „kritische“ Anforderungen an die Funktionalität identifiziert und passende Monitoring-Methoden festgelegt.
- Eng verknüpft mit der Funktionalität sind darüber hinaus die Aspekte der Benutzung innovativer Technologien im Realbetrieb sowie die Erreichung eines bestimmten geforderten Komforts. Daher wird zusätzlich zum Messkonzept betreffend die Funktionalität unterschiedlicher Technologien auch ein Konzept für eine sozialwissenschaftliche Analyse, mit deren Hilfe das Nutzerverhalten bei den beiden Demonstrationsprojekten genauer erfasst werden kann, dargestellt.

Die im Bericht dargestellten Monitoring-Methoden sind zwar in erster Linie auf Ihren Einsatz bei den beiden BIGMODERN-Demonstrationsprojekten hin ausgerichtet, mit kleineren Anpassungen können sie aber auch für die Evaluierung ähnlicher Bauvorhaben verwendet werden.

Abstract

Within the scope of House of the Future Plus, the Federal Real Estate Company BIG (Bundesimmobiliengesellschaft) is carrying through the flagship project BIGMODERN.

The core element of this flagship project is the implementation of two demonstration projects. In order to accelerate the learning processes, the building owner BIG intends to execute comprehensive actions concerning monitoring and evaluation subsequent to the implementation of the demonstration projects.

Apart from resource use and costs, also the functionality of the chosen approach of building modernization has to be double-checked. This especially applies to innovative technologies, which are systematically implemented in the demonstration projects with the aim of reaching the claimed high expectation concerning energy efficiency and sustainability.

Against this background, the report contains a monitoring concept concerning the evaluation of the functionality of innovative technologies, such as the ones implemented in the demonstrations projects. The monitoring concept covers the following contents:

- On the one hand, "critical" requirements to the functionality of selected innovative technologies (e.g. solar honeycomb facades, retrofitted ventilation system, innovative illumination system or a new approach to nightly temperature decreases) have been identified and subsequently suitable monitoring methods have been established.
- Aspects of use of innovative technologies in real operation as well as the attainment of a certain expected comfort are closely linked to functionality. Therefore, a concept for a socio-scientific analysis, which depicts the customer behavior in the demonstration projects, is carried out alongside the measuring concept concerning the functionality of various technologies.

The monitoring methods displayed in the report are first and foremost aligned with their application within the BIGMODERN demonstration-projects. However, with small adjustments, they can be used for the evaluation of similar construction projects.

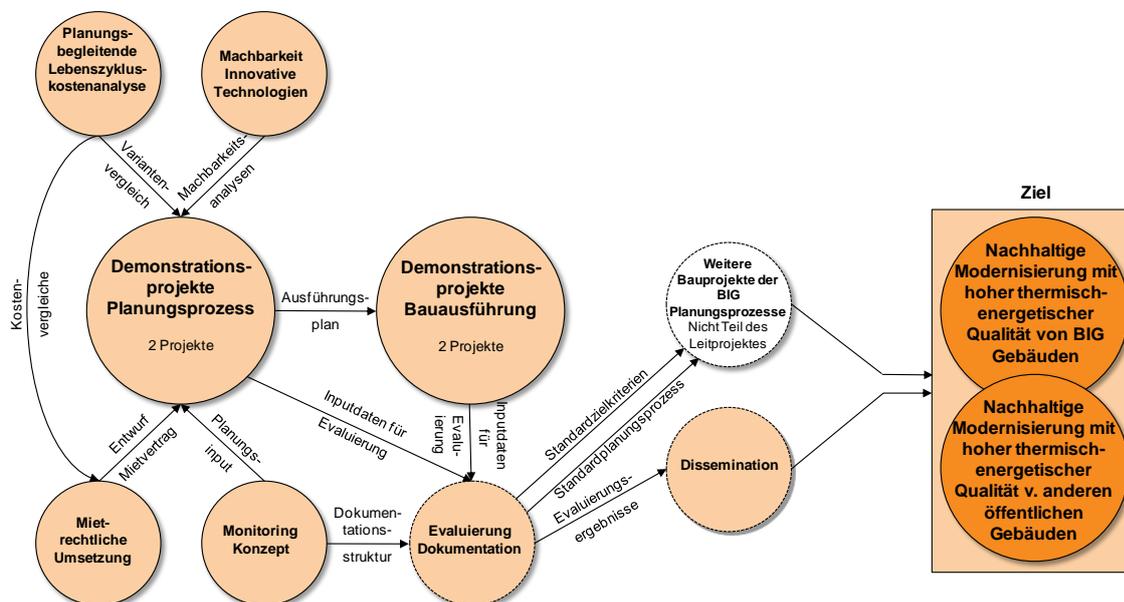
1 Einleitung - Monitoring im Rahmen des HdZ-Leitprojekts BIGMODERN

1.1 Hintergrund

Die BIG ist einer der größten öffentlichen Gebäudebesitzer in Österreich und an eine Reihe von nationalen und internationalen Rahmenbedingungen gebunden, die energieeffizientes und nachhaltiges Bauen forcieren. Angesichts des hohen Anteils von Modernisierungsvorhaben an den Gesamtinvestitionen der BIG, werden besonders in diesem Bereich zunehmend konsequente Schritte von konventionellen hin zu innovativen Lösungen gefordert.

Deshalb hat die BIG ein Leitprojekt im Rahmen von Haus der Zukunft Plus eingereicht. Kernelement bei diesem Leitprojekt ist die Umsetzung zweier Demonstrationsprojekte. Bei beiden Demonstrationsprojekten handelt es sich um Modernisierungsvorhaben an Bundesgebäuden der Bauperiode 1950er bis 1980er Jahre, für die der Planungsprozess unter Vorgabe einer Reihe anspruchsvoller, großteils thermisch energetischer Zielkriterien bereits begonnen wurde.

Abbildung 1: Subprojekte des Leitprojektes BIGMODERN (Quelle: eigene Darstellung)

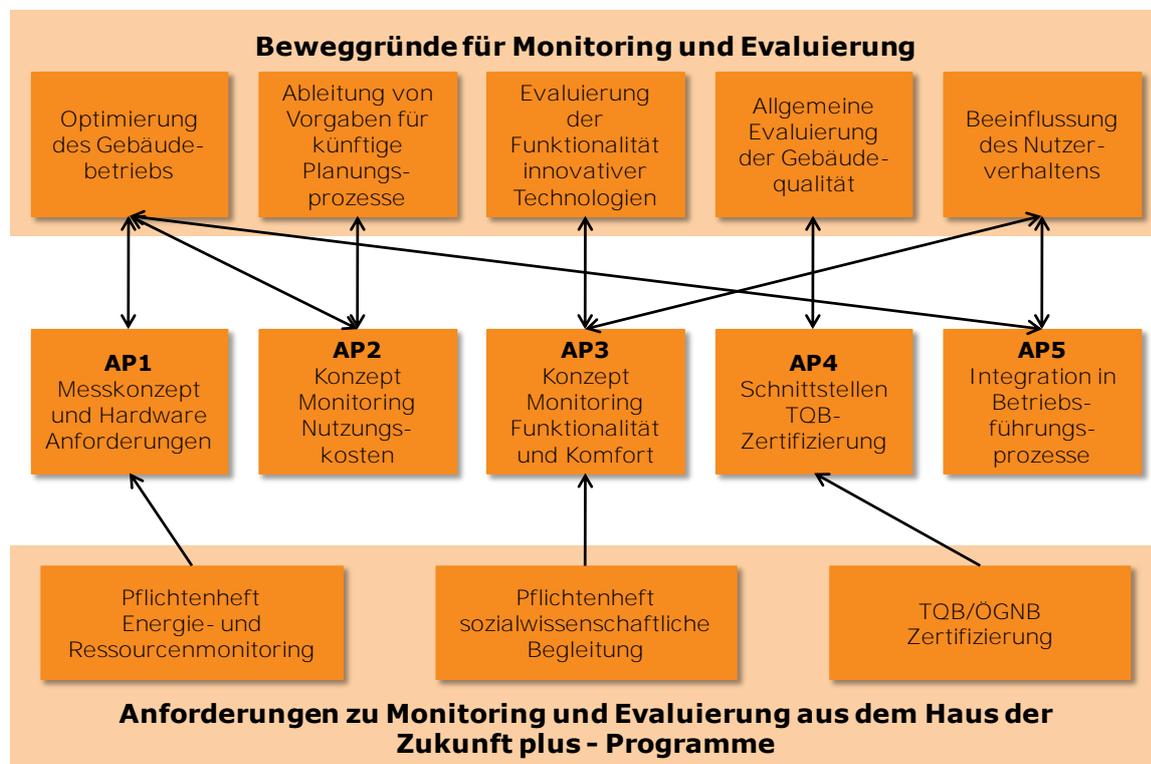


In einem begleitenden Forschungsteil werden in mehreren Subprojekten die für die Umsetzung der Demonstrationsprojekte erforderlichen Entscheidungen wissenschaftlich unterstützt (siehe Abbildung 1). Ein wesentlicher Bestandteil des Leitprojekts ist die umfassende Evaluierung der Demonstrationsprojekte, die auch als Basis für die anschließende Verbreitung der Projektergebnisse dient. Das Subprojekt 7 befasst sich daher mit der Erstellung eines Monitoringkonzepts, im darauf folgenden Subprojekt 10 (Evaluierung und Dokumentation) werden die verschiedenen Monitoring-Schritte dann operativ umgesetzt.

1.2 Abgrenzung des Begriffs Monitoring im Rahmen von BIGMODERN

Das gegenständliche Paper befasst sich mit der Darstellung von Methoden zur Evaluierung und Dokumentation der Funktionsweise innovativer Technologien sowie ihrer Auswirkungen auf die Nutzerzufriedenheit. Damit ist das Paper Bestandteil eines umfassenden Monitoringkonzepts, das im Rahmen von BIGMODERN mehrere Dimensionen des Themas Monitoring abdeckt, was im Folgenden kurz dargestellt wird. In Abbildung 2 werden die verschiedenen Dimensionen grafisch dargestellt.

Abbildung 2: Die unterschiedlichen Dimensionen des Monitorings im Rahmen von BIGMODERN



1.2.1 Energieverbrauchsmonitoring

Ein Energieverbrauchs-Monitoringsystem (EVM) für Gebäude erfasst und interpretiert Messwerte von haustechnischen Anlagen eines Objekts sowie dessen Komfortparameter. Es ermöglicht den Gebäudenutzern und Gebäudebetreibern, den Energieverbrauch im Gebäude einem bestimmten Nutzungsverhalten zuzuordnen, Störmeldungen rasch zu orten, zu beheben und gegebenenfalls mit Maßnahmen zur Optimierung des Anlagenbetriebs und/oder der Anpassung des Nutzerverhaltens gegenzusteuern. Gleichzeitig können die Gebäude durch die bessere Kontrolle bei der Inbetriebnahme der Gebäude rascher den

optimalen und somit effizienten und wirtschaftlichen Betriebspunkt erreichen. Innerhalb von BIGMODERN wurden speziell für zwei Demonstrationsgebäude EVM-Konzepte ausgearbeitet und in die Haustechnikplanung integriert. Die Auswertung der gewonnenen Daten erfolgt in Subprojekt 10 „Evaluierung und Dokumentation“.

1.2.2 Monitoring der Funktionalität und des Komforts

Die Überprüfung, inwieweit Innovationen in einem Gebäude tatsächlich funktionieren wird in der Regel mittels eines Energieverbrauchsmonitorings durchgeführt.. Im besten Fall, werden zusätzlich die NutzerInnen nach deren Komfortempfinden befragt. Hierbei wird untersucht, ob die ursprünglichen Ziele für Energieeffizienz und Komfort für das Gesamtgebäude eingehalten werden. Inwieweit die einzelnen Technologien für sich allein gestellt genau so funktionieren, wie sie ursprünglich geplant wurden, wird jedoch meist nicht im Detail erhoben.

Ein Monitoring, das die Funktionalität eines speziellen Gewerks betrachtet, benötigt demnach sowohl die Ergebnisse des Energieverbrauchsmonitorings, als auch zusätzliche Nachweisverfahren, die je nach Gewerk sehr unterschiedlich sein können (siehe Kapitel 3 und 4).

1.2.3 Monitoring der NutzerInnenzufriedenheit

Neben messbaren Ergebnissen ist die subjektive NutzerInnenzufriedenheit ein entscheidender Indikator für die Funktionalität des Monitorings. Nur wenn NutzerInnen mit einer Technologie zufrieden sind, hat sie das Potenzial, auch bei künftigen Projekten sinnvoll eingesetzt zu werden. Um die NutzerInnenzufriedenheit zu erheben, werden Befragungen mittels Fragebogen durchgeführt, die Rückschlüsse auf die Zufriedenheit bei einzelnen innovativen Gebäudeelementen erlauben.

1.2.4 Dokumentation der Nachhaltigkeit der Demonstrationsgebäude

Für den Bauherrn ist eine Nachhaltigkeitszertifizierung eine praktikable Checkliste in der Planungsphase, um keine maßgeblichen Punkte der Nachhaltigkeit zu vergessen, beziehungsweise um bewusst seine Schwerpunkte zu setzen.

Für den Investor bzw. Käufer der Immobilie stellt eine Zertifizierung ein Instrument zur Sicherung seiner Qualitätsansprüche dar, welches er zur Vermarktung der Immobile nutzen kann.

Der Nutzer geht bei einem zertifizierten Gebäude wiederum davon aus, dass seine Bedürfnisse nach einem komfortablen, ökologischen und betriebskostenarmen Gebäude im Zuge der Planung berücksichtigt wurden.

In welchem Maße diese einzelnen Punkte abgedeckt werden, hängt jedoch von dem Zertifizierungssystem ab. Im Rahmen von Haus der Zukunft Plus bzw. BIGMODERN werden die Gebäude mit dem System TQB der ÖGNB zertifiziert, welches einen sehr ambitionierten Standard für nachhaltige Immobilien darstellt und damit für alle Zielgruppen wertvolle Aussagen zu bieten hat.

1.3 Ziele des Monitoring zu Funktionalität, Komfort und Nutzerzufriedenheit

Der Beweggrund der BIG, ein Leitprojekt im Rahmen von Haus der Zukunft Plus durchzuführen, war der große Bestand von durch die BIG zu bewirtschafteten Gebäuden aus den 1950er bis 1980er Jahren (ca. 1.200 Objekte), die künftig nach energieeffizienten Kriterien saniert werden sollen. Das Leitprojekt hat dementsprechend das Ziel, einerseits einen „Standard-Planungsprozess“ innerhalb der BIG aufzubauen, um innovative, aber auch wirtschaftlich umsetzbare Sanierungen zu gewährleisten. Dabei muss für die BIG auch gewährleistet werden, dass die umgesetzten Innovationen auch tatsächlich funktionieren.

Der Mieter bzw. Nutzer der BIG Gebäude hat einen wesentlichen Einfluss auf die Entscheidungen in der Planungsphase. Nur wirtschaftliche aber auch funktionstüchtige Maßnahmen haben das Potenzial, zukünftig auch eingesetzt zu werden. Gerade bei Innovationen muss dies durch Begleituntersuchungen bewiesen werden, da sonst eher auf „Bewährtes“ gesetzt wird.

Im gegenständlichen Papier werden daher Methoden und Ansätze erarbeitet, wie die Funktionalität der verschiedenen technischen Innovationen, die in den beiden Demonstrationsprojekten eingesetzt werden, überprüft, bzw. wie der Einfluss technischer Innovationen auf Nutzerzufriedenheit und Nutzungskomfort analysiert werden kann.

2 Schnittstellen zum Energieverbrauchsmonitoring und Monitor Plus

Im Rahmen von BIGMODERN wird bei den Demonstrationsprojekten ein System zum Energieverbrauchsmonitoring (EVM) installiert und nach Fertigstellung der Sanierung aktiviert. Im Zuge des EVM werden die üblichen Komfortanforderungen wie Raumtemperatur, CO₂-Gehalt sowie die Ressourcenverbräuche für die einzelnen Haustechnikgewerke aufgezeichnet. Parallel dazu werden die Witterungsbedingungen erhoben, um deren Auswirkungen evaluieren zu können.

Alle innovativen Maßnahmen, deren Funktionstüchtigkeit rein anhand des Ressourcenverbrauchs abgebildet wird (z.B. erneuerbare Energieträger), werden in diesem Konzept nicht erwähnt, da hier lediglich jene Monitoringmethoden erläutert werden, die nicht durch das EVM bzw. die TQB Zertifizierung abgedeckt werden.

Die Auswertung des EVM sowie der Funktionsüberprüfungen aus diesem Konzept erfolgen gemeinsam im Rahmen des Subprojektes 10, „Evaluierung und Dokumentation“. Die exakten Schnittstellen zwischen dem EVM und der Funktionsüberprüfung werden somit innerhalb des Subprojektes 10 ausgearbeitet.

Im Rahmen von MONITOR Plus wird ein Fragebogen für eine Standard-Nutzerbefragung entwickelt, anhand dessen die wesentlichsten Aspekte der Nutzerzufriedenheit für alle Leitprojekte erhoben werden sollen. In diesem vorliegenden Konzept werden für die zu überprüfenden innovativen Technologien jene Fragen formuliert, die zusätzlich erhoben werden sollen. Die Abstimmung zwischen Monitor Plus und BIGMODERN in Bezug auf die Befragung und dessen Auswertung erfolgt innerhalb des Subprojektes 10.

Das vorliegende Konzept versucht eine möglichst optimale Funktionsüberprüfung aller innovativen Maßnahmen abzudecken. Im Zuge der Einreichung von SP10 werden Prioritäten gesetzt, um ein möglichst gutes Kosten/Nutzen-Verhältnis der Funktionsüberprüfung zu erreichen. Das bedeutet, dass mit möglichst effektiven und kostengünstigen Maßnahmen die bestmöglichen Aussagen zur Funktionsfähigkeit und der Komforterfüllung möglich sein sollen.

3 Funktionale Überprüfung der technischen Innovationen im Amtshaus Bruck an der Mur

3.1 Solarwabenfassade

3.1.1 Funktionale Beschreibung der innovativen Technologie

Bei der Sanierung des Gebäudes kommen vorgefertigte Metall-Fassadenelemente mit Solarwaben für die passive Solarnutzung zum Einsatz, direkt auf die bestehende Fassade wird eine gedämmte Zwischenschicht aufgebracht (Ausgleich von Vor- und Rücksprüngen sowie Unebenheiten der Bestandsfassade). Darauf wird das vorgefertigte Fassadenelement mit Absorber (vorgesehenes Produkt: GAP ALUtion 78) samt Fensterelementen montiert.

Abbildung 3: Ansicht Fassade und Fensterelemente (Quelle: Pittino & Ortner ZT-Gesellschaft mbH)



Die Fassade besitzt eine 30mm dicke Absorberschicht in Wabenform aus Zellulose hinter einer Glasfläche, welche die durch die Glasscheibe eintretende Sonnenenergie einfängt – die Solarstrahlung dringt im Winter durch den flachen Winkel tief in die Waben ein, wodurch ein Warmluftpolster vor der eigentlichen Dämmschicht entsteht (statischer U-Wert 0,15 W/m²K; 18-22cm Mineralfaser Dämmung) welcher den Wärmestrom nach außen reduziert bzw. verhindert. Im Sommer wird durch den steileren Einfallswinkel ein Teil der Solarstrahlung an der Glasfläche reflektiert. Die Eindringtiefe der direkten Solarstrahlung ist im Sommer auch geringer, da sich die Solarwaben selbst Abschatten (Prinzipschema siehe nächste Seite). Die Fassadenfertigteile haben somit einen dynamischen U-Wert (je nach

Solareinstrahlung und Himmelsrichtung U-Werte bis $0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$), welcher für Passivhausbauweise sehr gut geeignet ist.

Ähnliche Fassadensysteme wurden bereits bei anderen Haus der Zukunft Demonstrationsprojekten angewendet, jedoch in Holzbauweise (entwickelt für den Wohnhausbau). Die Fassade wurde für dieses Demonstrationsvorhaben weiterentwickelt, da das bestehende System in Holzbauweise weder den architektonischen noch den technischen Ansprüchen im Bereich Büro-/Verwaltungsgebäude genügte.

Die Verbundpaneele der Fassade werden mit einer bündigen Glasansicht ohne nach außen sichtbare Rahmen ausgeführt.

Abbildung 4: Vertikalschnitt durch Fassadenelement mit Absorber hinter Glasplatte

(Quelle: gap ALUlution, Bildquelle: Pittino & Ortner ZT-Gesellschaft mbH)

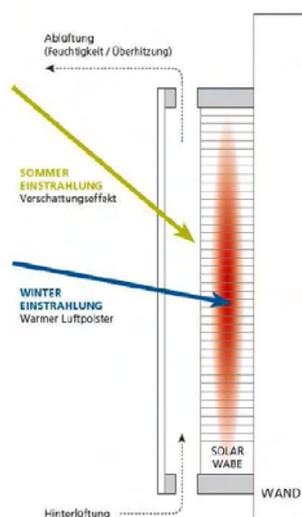
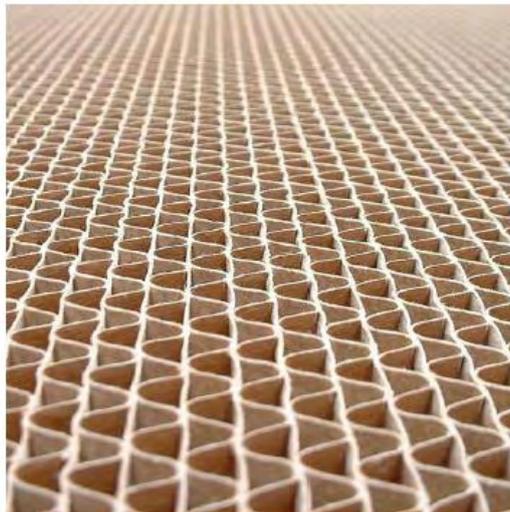


Abbildung 5: Prinzipbild der Solarwabe (Quelle: gap-Solution GmbH, Broschüre GAP-Fassaden 091016, Seite 4)



3.1.2 Kritische Punkte

Aufgrund des dynamischen U-Wertes der Solarwaben kann es zu unterschiedlichen Oberflächentemperaturen an den innenliegenden Flächen der Außenwände kommen – abhängig von der Himmelsrichtung und Verschattung. Dies kann im Sommer zu Überhitzung und im Winter zu unangenehmen Kälteempfinden führen.

Die Solarwabenfunktion lässt im Winter die auf die Südseite flach auftretenden Sonnenstrahlen tief in die Waben eindringen und es entsteht vor der eigentlichen Dämmschicht ein Wärmepuffer. Damit reduziert das System die Transmissionswärmeverluste an dieser Stelle. Auf der sonnenabgewandten Seite bzw. zu Zeiten, in denen keine Sonne scheint, entsteht dieser Puffer nicht.

Da die Dämmschicht hinter den Solarwaben mit 18 bis 22 cm so gewählt wurde, dass der angestrebte Heizwärmebedarf von 25 kWh/m²a nicht gefährdet und auch die angestrebte Oberflächentemperatur von 18°C nicht unterschritten wird, sollte der thermische Komfort im Winter sichergestellt sein.

Ebenso ist das System so konzipiert, dass die steil auftretende Sonne im Süden nicht in die tiefen Dämmschichten eindringen kann. Im Osten und Westen, wo die Sonne im Sommer flach auftritt, könnte das System Überhitzungserscheinungen verstärken, was jedoch wiederum durch die dahinter liegende Dämmschicht verhindert wird. Damit sollte der sommerliche Komfort nicht gefährdet sein.

Interessant im Zusammenhang mit dieser Technologie ist jedoch, ob die eingesetzte Solarwabe auf den unterschiedlich ausgerichteten Fassadenseiten während der verschiedenen Jahreszeiten einen signifikanten Unterschied bei den Oberflächentemperaturen im Innenraum bewirkt.

3.1.3 Monitoring der Funktionalität und der NutzerInnenzufriedenheit

Mess- und Monitoring-Verfahren

Um die Funktion der Solarwabe zu überprüfen, müssen die Oberflächentemperaturen in den Arbeitsräumen gemessen werden. Dafür werden Kontaktthermometer an den Innenwänden der Außenfassade angebracht, wobei jeweils ein Fühler je Himmelsrichtung in exponierter Lage angebracht werden sollte (keine Verschattung von gegenüberliegenden Bauteilen, Bäumen, etc.) und die Messergebnisse für mindestens 6 Monate kontinuierlich aufgezeichnet werden (wobei die Messperiode sowohl Sommer und Winter enthalten muss). Dabei ist auch darauf zu achten, dass die Fühler nicht in der Nähe von Wärmequellen (direkter Solarstrahlung, Heizkörper) oder ähnlichen temperaturabgebenden Systemen angebracht werden. Parallel dazu müssen die Witterungsbedingungen (Außentemperatur, Solarstrahlung) aufgezeichnet bzw. erhoben werden (Abstimmung mit EVM notwendig).

Funktion im Sommer (Vermeidung von Überhitzung):

Um ein objektives Ergebnis zu erlangen, wird die Messung auf allen vier Himmelsrichtungen gleichzeitig durchgeführt. Funktioniert die Solarfassade, so sollten in allen Himmelsrichtungen annähernd gleiche Temperaturen auftreten. Treten an sonnigen Tagen im Süden, Osten und Westen wesentlich höhere Temperaturen als im Norden auf, so trägt die Fassade zusätzlich zum Überhitzungspotenzial bei.

Funktion im Winter (Vermeidung von Transmissionsverlusten):

Die Temperaturmessung im Winter erfolgt ebenso wie im Sommer. Als Ergebnis für eine funktionierende Fassade sollte hier jedoch ein Unterschied zwischen den Himmelsrichtungen aufscheinen. Besonders im Süden sollte durch den flachen Eintrittswinkel der Sonne ein Wärmepuffer vor der Dämmschicht entstehen, der höhere Oberflächentemperaturen ermöglicht. Auf den der Sonne abgewandten Fassaden sollte jedoch die Oberflächentemperatur in den Arbeitsräumen nicht unter 18° C fallen um den notwendigen Komfort zu gewährleisten.

Nutzerbefragung

Neben den objektiven Messungen wird eine Nutzerbefragung durchgeführt, inwieweit komfortable bzw. unangenehme Oberflächentemperaturen bemerkbar sind.

Fragen:

- In welche Himmelsrichtung ist Ihr Büro ausgerichtet?
 Norden Osten Süden Westen

- Haben Sie das Gefühl, dass die Außenwände im Winter kalt abstrahlen?
 ja, oft manchmal nein, selten

3.2 Fenster & Lüftungsflügel

3.2.1 Funktionale Beschreibung der innovativen Technologie

Um den Rahmenanteil der Fenster zu verringern, die immer Wärmebrücken darstellen, werden die Fensterelemente (Dreischeibenverglasung) flächenbündig als Fixverglasung in die Fassade integriert. Um eine natürliche Belüftung zu gewährleisten und dem menschlichen Bedürfnis nach offenbaren Fenstern gerecht zu werden, werden gedämmte, opake Lüftungsflügel bündig mit dem Fenster ausgeführt. Das ergibt einen ausgezeichneten Uw-Wert für die Fenster-Lüftungsflügel-Konstruktion von $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jeder Raum enthält zumindest einen offenbaren Flügel.

Abbildung 6: Bruck/Mur (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)



3.2.2 Kritische Punkte

Zum Unterschied mit herkömmlichen Fensterkonstruktionen können die NutzerInnen nicht direkt die Fenster, sondern nur die seitlich angebrachten Fensterflügel öffnen. Auch wenn sich in jedem Raum ein Lüftungsflügel befindet und somit ein natürlicher Luftwechsel möglich ist, so gibt es dadurch eine größere Umstellung der NutzerInnen im Vergleich zur ursprünglichen Lüftungsmöglichkeit: die Bestandsfassade ermöglichte jedem Arbeitsplatz das individuelle Öffnen der Fenster, da jedem Arbeitsplatz ein Fenster zugeordnet war.

Bei der künftigen Fassade hat (abhängig von der Positionierung der Büromöbel) nicht jeder Arbeitsplatz einen direkten Zugang zum Lüftungsflügel (besonders bei Mehrpersonenzimmern), was dem Bedürfnis nach individueller Steuerung entgegenstehen kann.

3.2.3 Monitoring der Funktionalität und der NutzerInnenzufriedenheit

Mess- und Monitoring-Verfahren

Da die kritischen Punkte lediglich im subjektiven Empfinden der NutzerInnen kritisch werden können, werden keine objektiven Messverfahren angewandt. In Kapitel 3.4 wird mittels Fensterkontaktzähler überprüft, wie oft und lang die Lüftungsflügel geöffnet werden und ob sie lediglich gekippt oder ganz geöffnet werden. Da angenommen wird, dass die Benutzung maßgeblich von der Luftqualität (und damit vom Vorhandensein einer Lüftungsanlage) abhängt, ist das Ergebnis jedoch nur bedingt für die Frage der Praktikabilität der Lüftungsflügel relevant.

Der CO₂ Gehalt des Bezirksgerichts Bruck wird im Rahmen des EVM gemessen. Für das Finanzamt muss die Messung des CO₂ Gehalts jedoch auch durchgeführt werden um zu evaluieren, ob auch ohne Lüftungsanlage, nur mit den Lüftungsflügeln, ausreichend Sauerstoff in die Arbeitsräume gelangt.

Nutzerbefragung

Es wird eine Nutzerbefragung durchgeführt in welcher Art und Weise die Lüftungsflügel verwendet werden und die NutzerInnen mit deren Handhabung zufrieden sind. Die Befragung wird getrennt von Mitarbeitern im Finanzamt und Bezirksgericht Bruck durchgeführt, da die natürliche Belüftung im Finanzamtsgebäude einen deutlich höheren Stellenwert besitzt, da hier keine mechanische Lüftung eingebaut wird.

Fragen:

- In welchem Bauteil befindet sich Ihr Arbeitsplatz?
 Bezirksgericht Finanzamt
- Mit welchen Maßnahmen wird die Lüftung in Ihrem Arbeitsraum durchgeführt?
- War für Sie die Umstellung von Fensterlüftung auf die Lüftungsklappen ungewohnt?
 ja, sehr etwas nein
- Wie viele Lüftungsklappen befinden sich in Ihrem Arbeitsraum?
 1 2
- Finden Sie die Anzahl der Lüftungsklappen ausreichend um eine komfortable Luftqualität im Raum herstellen zu können? (Frage nur im Finanzamt)
 ja nein

- Haben Sie direkten Zugang zur Bedienung der Lüftungsklappe oder sind Sie abhängig von Ihrem/Ihrer Zimmerkollegen/Zimmerkollegin (wenn sich mehr als eine Lüftungsklappe im Zimmer befindet)?
 - ich bin selbst zuständig für die Bedienung der Lüftungsklappe
 - mein Zimmerkollege / meine Zimmerkollegin bedient die Lüftungsklappe
 - Gibt es Konflikte bei der Bedienung der Lüftungsklappe

- Sonstige Anmerkungen zu den Lüftungsklappen (z.B. Probleme)

3.3 Verschattungs- bzw. Tageslichtelemente

3.3.1 Funktionale Beschreibung der innovativen Technologie

Als Fenster wird ein spezielles Dreischeiben-Isolierglas als Fixverglasung verwendet, welches einen tageslichtlenkenden Sonnenschutz integriert hat (vorgesehenes Produkt: ECKELT DLS Ecklite Evolution). Die Steuerung der Jalousien erfolgt strahlungsabhängig. Durch diese Verglasung können je nach Stellung der Lamellen g-Werte von 0,08 erreicht werden – die Anforderung der OIB-Richtlinie betreffend Kühlbedarf und auch die Zielwerte im Rahmen des Leitprojektes BIGMODERN können damit deutlich unterschritten werden. Der außeninduzierte Kühlbedarf (KB*) liegt beim Demonstrationsprojekt bei 0,30 kWh/m³a (Anforderung OIB = 2,0 kWh/m³a, Zielwert BIGMODERN < 0,80 kWh/m³a).

Durch die oben beschriebenen Eigenschaften der Fixverglasungen mit scheibenintegrierter, tageslichtlenkender Jalousien wird Tageslicht nach innen gelenkt und über Abschrägungen an der Decke in den Raum reflektiert – die lichtlenkenden Lamellen liegen in der äußeren der beiden Isolierglasschichten. Es wird damit ein Höchstmaß an Blendschutz und Tageslichtqualität erreicht.

Der Tageslichtquotient bei bedecktem Himmel im Winter (21.12.) liegt im Bürobereich bei bis zu 4,44 % – es wurde versucht die Fensteröffnungen zu optimieren, indem der Rahmenanteil reduziert wurde und die Glasflächen dadurch vergrößert wurden (je zwei Fenster werden durch Entfernen einer Zwischen-Stütze zusammengefasst, die opaken Lüftungsflügel liegen im Randbereich des Raumes).

Abbildung 7: Vertikalschnitt durch Fassade und Fensterelemente – Prinzipschema Lichtlenkung (Quelle und Copyright: Pittino & Ortner ZT-Gesellschaft mbH)

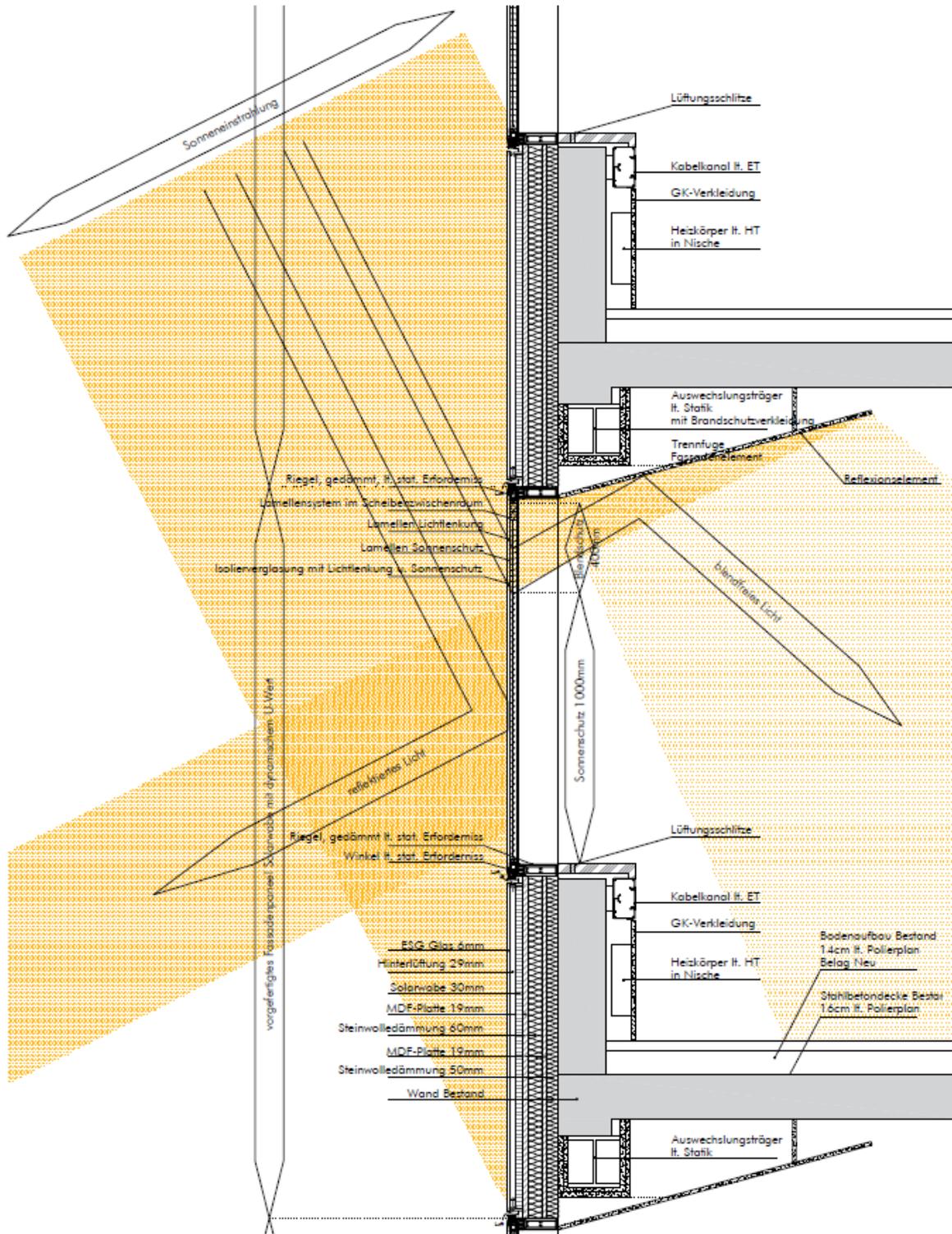
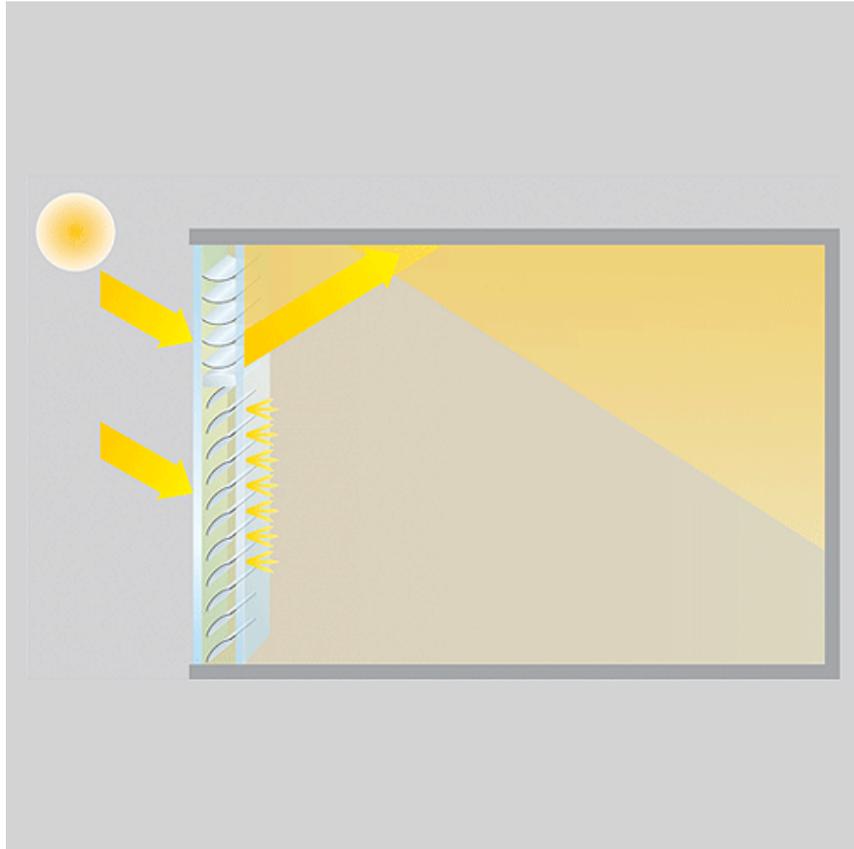
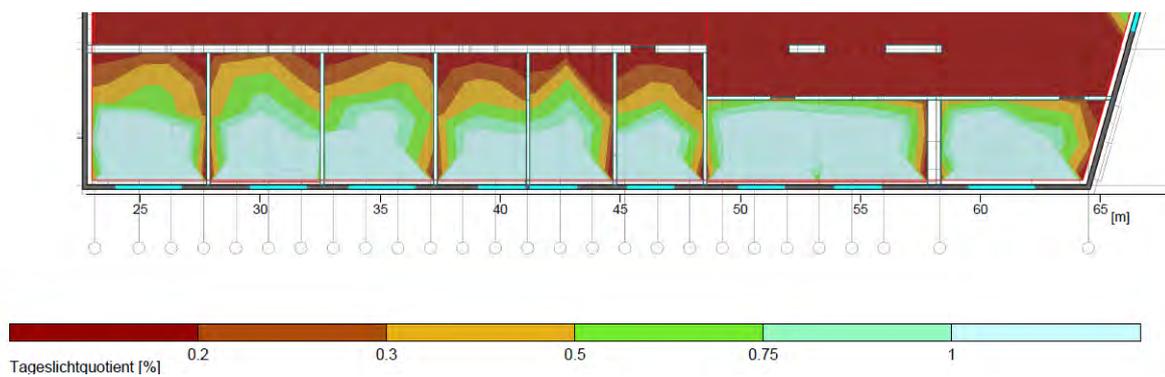


Abbildung 8: Prinzipschema Lichtlenkung, Darstellung mit 2-fach Verglasung (Quelle: Eckelt Glas GmbH)



Ergebnis der Tageslichtsimulation (Auszug):

Abbildung 9: Ergebnis der Tageslichtsimulation bei bedecktem Himmel im Winter (Quelle: rosenfelder & höfler consulting engineers GmbH & Co KG)



3.3.2 Kritische Punkte

Tageslichtlenkung

Der Sonnenschutz integriert tageslichtlenkende Lamellen, die ausreichend Tageslicht auch bei geschlossenem Sonnenschutz in das Innere des Raumes lenken sollen. Damit soll gewährleistet werden, dass die künstliche Beleuchtung auch bei geschlossenem Sonnenschutz nicht eingeschaltet werden muss. Die Technologie funktioniert, wenn trotz geschlossener Verschattung die Nutzer nicht das Bedürfnis haben, bei Sonnenschein die künstliche Beleuchtung einzuschalten.

Strahlungsabhängige Steuerung

Die Funktionstüchtigkeit des Sonnenschutzes hängt immer von der konkreten Steuerung ab. Die Steuerung im Amtshaus Bruck/Mur wird abhängig von der Strahlung durchgeführt, kann aber manuell auch übersteuert werden. Eine strahlungsabhängige Steuerung wirkt sich positiv auf den sommerlichen Komfort aus, da diese unabhängig von der NutzerInnenbedienung funktioniert. Inwieweit häufiges Hoch- und Niederfahren des Sonnenschutzes für die NutzerInnen störend sein kann, hängt von der Programmierung der Steuerung ab. Es muss deshalb ein Verzögerungsmechanismus bedacht werden, damit der Sonnenschutz nicht bei jeder Wolke hoch und nieder fährt.

3.3.3 Monitoring der Funktionalität und der NutzerInnenzufriedenheit

Mess- und Monitoring-Verfahren

Inwieweit die Tageslichtlenkung des Verschattungssystems ausreichend für die natürliche Belichtung ist, kann durch eine der zwei Methoden nachgewiesen werden:

- Der **Tageslichtquotient** gibt das Verhältnis der Beleuchtungsstärke im Raum zur Beleuchtungsstärke außen bei bedecktem Himmel an. Die Messung des Tageslichtquotienten erfolgt nach Norm (DIN 5034-5) bei geöffneten Verschattungseinrichtungen. Um feststellen zu können ob trotz tageslichtlenkender Jalousien ausreichend Tageslicht zum Arbeitsplatz gelangt, wird parallel zur normgemäßen Messung auch eine Messung mit geschlossenem Sonnenschutz und aktiven Tageslichtlamellen durchgeführt. Außer dem aktiven Sonnenschutz bleiben bei der Messung alle anderen Parameter gleich.
- Durch eine Aufzeichnung der Einschaltzeiten der künstlichen Beleuchtung bei gleichzeitiger Erhebung, ob der Sonnenschutz geschlossen oder offen ist (und der realen Beleuchtungsstärke im Freien) kann objektiv evaluiert werden, ob die künstliche Beleuchtung bei geschlossenem Sonnenschutz aktiviert ist. Das Ergebnis gibt Rückschlüsse, ob durch den geschlossenen Sonnenschutz zumindest subjektiv die Beleuchtungsstärke zum Arbeiten zu gering ist.

NutzerInnenbefragung

Es wird eine Befragung durchgeführt, ob NutzerInnen das Bedürfnis haben, bei geschlossenem Sonnenschutz die künstliche Beleuchtung einzuschalten bzw. ob die Steuerung des Sonnenschutzes als störend empfunden wird.

Fragen:

- Haben Sie an einem sonnigen Tag, bei geschlossenem Sonnenschutz ausreichend Tageslicht, oder haben Sie das Bedürfnis die künstliche Beleuchtung zuzuschalten?

ja, oft selten nie

- Ist die automatische Steuerung des Sonnenschutzes störend für Sie?

ja nein

- Wie oft übersteuern Sie den Sonnenschutz manuell?

sehr oft oft manchmal selten nie

3.4 Mechanische Belüftung und sommerliche Nachtauskühlung

3.4.1 Funktionale Beschreibung der innovativen Technologie

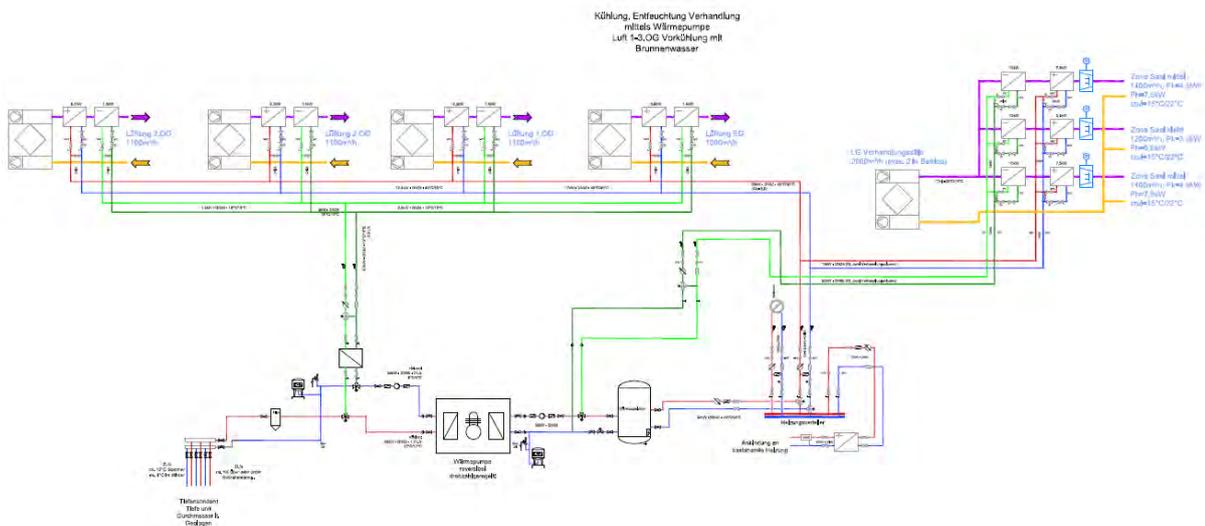
Betreffend Lüftung gibt es bei der Sanierung zwei verschiedene Zonen: Im Gebäudeteil Finanzamt/BEV wird keine Lüftungsanlage installiert (die Innensanierung erfolgte vor wenigen Jahren und der Innenbereich wird daher nicht mehr angetastet), im Gebäudeteil Bezirksgericht werden geschossweise Lüftungsanlagen mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung ($> 73\%$ Wärmerückgewinnungsgrad) installiert. Die Belüftung der Verhandlungssäle erfolgt dabei getrennt und wird mittels CO_2 Sensor gesteuert. Die Zuluft wird je nach Bedarf über die automatischen Volumenstromregler und das drehzahlgesteuerte Lüftungsgerät zur Verfügung gestellt.

Die Einblasung der Frischluft erfolgt mit einem hygienisch erforderlichen Mindestluftwechsel (Luftwechselrate 0,4) in die Büros, über schalldämpfende Überstromöffnung erfolgt die Absaugung der Abluft durch den Gangbereich und wird der Wärmerückgewinnung zugeführt (Rotationswärmetauscher oder Doppel-Kreuzstrom-Wärmetauscher, die Festlegung erfolgt an Hand der Platzverhältnisse).

Im Sommer erfolgt eine automatisierte Nachtlüftung (in den frühen Morgenstunden) mit erhöhter Luftwechselzahl (Temperaturdifferenz zwischen außen und innen mindestens 3 Kelvin). Eine bivalente Kältemaschine mit Tiefenbohrungen (80-100m Tiefe) wird dabei in die Lüftungsanlage eingebunden. Im Sommer dient das Kühlwasser aus den Tiefenbohrungen zur Vorkonditionierung der Luft (freie Kühlung) – die Verhandlungssäle werden auf Grund des Leistungsbedarfes aktiv gekühlt (hocheffiziente Kompressionskälte über Tiefensonde). Im Winter wird über die Wärmepumpe die Luft (ergänzend zur hocheffizienten Wärmerückgewinnung) vorgewärmt.

Die Steuerungs- und Regelungsfunktionen für alle wesentlichen gebäudetechnischen Elemente werden von einem zentralen Computersystem übernommen. Dadurch kann eine ständige Beobachtung der Energieflüsse im Gebäude gewährleistet und alle relevanten Anlagenteile wie Lüftungsgeräte, Heizungs- und Kältegruppen überwacht werden.

Abbildung 10: Anlagenschema Lüftungsanlage (Quelle: Köstenbauer & Sixl GmbH)



3.4.2 Kritische Punkte

Die Lüftungsanlage wird nur im Bauteil Bezirksgericht installiert und nicht im Bauteil Finanzamt. Inwieweit die Installation der Lüftungsanlage gerechtfertigt ist, kann man einerseits durch die Reduktion des Heizwärmeenergieverbrauchs argumentieren, andererseits sollte eine signifikante Steigerung des Komforts der NutzerInnen im Bezirksgericht im Vergleich zu den NutzerInnen im Finanzamt bemerkbar sein.

Luftqualität

Der Luftwechsel im Bezirksgericht wird auf den hygienisch notwendigen beschränkt. Kritisch zu betrachten wäre, wenn im Bezirksgericht während der Heizperiode die Lüftungsflügel ebenso oft geöffnet werden müssen, um für die NutzerInnen eine subjektiv ausreichende Luftqualität zu ermöglichen, wie im Finanzamt.

Mechanische Nachtauskühlung (Freie Kühlung)

In den Sommermonaten wird in den Morgenstunden der Luftwechsel erhöht um die vorhandenen Speichermassen auszukühlen und um tagsüber Übertemperatur abzufuffern. Im Vergleich mit dem Finanzamt ohne mechanische Lüftung und Nachtauskühlung sollten die Temperaturen tagsüber niedriger sein.

Schall

Eine optimal ausgelegte Lüftungsanlage sollte für die NutzerInnen geräuschlos verlaufen, um nicht störend zu erscheinen.

3.4.3 Monitoring der Funktionalität und der NutzerInnenzufriedenheit

Mess- und Monitoring-Verfahren

- Luftqualität: Eine Messung des CO₂-Gehalts wird im Zuge des Energieverbrauchsmonitorings im Bezirksgericht Bruck durchgeführt. Dadurch kann für das Bezirksgericht festgestellt werden, ob allein der hygienischen Luftwechsel (im Verhandlungssaal erhöhter Luftwechsel) ausreichend ist. Vergleichsweise soll eine Luftqualitätsmessung auch für das Finanzamt erfolgen (siehe Kapitel 3.2.3), um den Unterschied zwischen einem Gebäude mit und ohne Lüftungsanlage objektiv zu erheben.

Um festzustellen, ob für die Mitarbeiter die Luftqualität durch die mechanische Belüftung ausreichend ist, wird das Öffnen der Lüftungsflügel gezählt. Dazu werden spezielle Fensterkontaktzähler verwendet. Werden im Bezirksgericht (mit mechanischer Lüftungsanlage) und im Finanzamt (ohne Lüftungsanlage) die Lüftungsklappen gleich oft und lang geöffnet, so ist entweder die Lüftungsanlage im Bezirksgericht defekt, der Luftwechsel zu gering oder die Bedürfnisse des Nutzers, die Witterungseinflüsse von außen direkt zu fühlen, stark ausgeprägt.

- Nachtauskühlung: Um die Funktionsfähigkeit der mechanischen Nachtauslüftung zu überprüfen, werden sowohl im Finanzamt (keine mechanische Nachtlüftung) als auch im Bezirksgericht (mechanische Nachtlüftung) Raumtemperaturfühler angebracht (Abstimmung mit EVM). Die Fühler werden jeweils in vergleichbaren Räumen (annähernd gleiche Bedingungen, wie Ausrichtung und Verschattung) des Bezirksgerichts und des Finanzamts installiert. Die Messungen werden in Räumen in Richtung Osten, Westen und Süden durchgeführt um den Temperaturverlauf während des gesamten Tages abbilden zu können.
- Schall: Um die Geräuschentwicklung durch die Lüftung zu evaluieren, werden Schallmessungen der Lüftung nach EN ISO 16032:2004 durchgeführt.

NutzerInnenbefragung

Die NutzerInnenbefragung für das Bezirksgericht und das Finanzamt wird getrennt durchgeführt. Es werden folgende Fragen gestellt:

- In welchem Bauteil befindet sich Ihr Arbeitsplatz?
 Bezirksgericht Finanzamt
- Haben Sie das Gefühl, mit ausreichend Frischluft versorgt zu werden?
 ja nein kann ich nicht beurteilen

- Hat sich die Luftqualität in den Räumen seit Einbau der Lüftungsanlage verbessert? (Bezirksgericht)
 ja, merklich kaum, vielleicht etwas nein, sicher nicht

- Hätten Sie gerne eine Lüftungsanlage wie die NutzerInnen im Bezirksgericht, oder ist für Sie die Lüftung mittels Lüftungsklappen ausreichend? (Finanzamt)
 ja, ich würde mir eine mechanische Lüftungsanlage wünschen
 ich bin froh keine mechanische Lüftungsanlage in meinen Räumen zu haben
 kann ich nicht beurteilen

- Haben Sie das Gefühl dass die mechanische Nachtauslüftung zum sommerlichen Komfort beiträgt? (Bezirksgericht)
 ja, in den Morgenstunden ist es angenehm kühl in den Räumen und es bleibt während des Tages angenehm
 vielleicht, ich kann es nicht genau sagen
 ich glaube nicht, es ist kaum ein Unterschied zum Abend des Vortags festzustellen

- Ist die Lärmentwicklung der Lüftungsanlage störend? (Bezirksgericht)
 nein, es gibt keine Lärmentwicklung
 die Lüftungsanlage ist leise und stört kaum
 die Geräuschentwicklung durch die Lüftungsanlage ist hoch und störend

4 Funktionale Überprüfung der technischen Innovationen der Bauakultät Innsbruck

In Innsbruck ist die Planung während der Erstellung dieses Berichtes noch nicht abgeschlossen. Genaue Beschreibungen der einzelnen innovativen Elemente sind deshalb noch nicht vorhanden bzw. können sich im Zuge der Detailplanung noch ändern. Die wesentlichen Elemente bei der Bauakultät in Innsbruck sind das speziell für die Bauakultät entwickelte Senkkippfenster, die mechanische Lüftungsanlage und die Luftöffnungen in den Trennwänden, die eine signifikanten Erhöhung des sommerlichen Komforts gewährleisten sollen.

4.1 Senkkippflügel und Lüftung

4.1.1 Funktionale Beschreibung der innovativen Technologie

Die Fenster

Speziell für die Bauakultät Innsbruck wurde ein innovatives Senkkippfenster entwickelt. Die neuen Fensterbänder (ca. 7.50x1.97m entspricht einer Achse/Geschoss) sind mit je zwei Fixverglasungen und zwei Senkkippfensterflügel in Fassadenebene ausgestattet.

Da die zwei Längsseiten des Gebäudes nach Osten und Westen orientiert sind, wodurch es bereits in der Übergangszeit, aber besonders in den Sommermonaten zu massiven Überhitzungsproblemen kam, wurden die Senkkippflügel speziell für die Anforderungen der heißen Jahreszeit konzipiert. Die natürliche Lüftung (inkl. Nachtlüftung), Sonnenschutz, und Tageslichtlenkung sind in diesem einen Element vereint.

Abbildung 11: Randerung eines Senkkippflügels der Bauakultät Innsbruck (Quelle: ATP)



Es wurde ein tageslichtlenkender Sonnenschutz im Zwischenraum der innen liegenden Zweischeibenverglasung und einer außen liegenden Einfachverglasung angebracht, dessen Funktion auch im gekipptem Zustand sichergestellt ist. Der Scheibenzwischenraum ist jedoch geschlossen und nicht hinterlüftet ausgeführt, wodurch einerseits ein besserer U-Wert für die Heizperiode zustande kommt und andererseits der Sonnenschutz nicht so leicht verschmutzt. Zur leichten Reinigung des Sonnenschutzes und der Fenster ist dieser Zwischenraum jedoch öffnenbar. Der Öffnungswinkel des Fensters wird zwischen 10° und 15° liegen. Auch bei Regen ist eingeschränktes Lüften möglich.

Durch die Senk-Kipp-Stellung des Fensters kann eine natürliche Lüftung des Raumes gewährleistet werden, da durch die Öffnungen knapp unterhalb der Decke und am unteren Rand des Fensters eine Luftströmung durch den gesamten Raum sichergestellt werden kann.

Durch diese Strömung und die zentrale Steuerung der Fenster kann die Auskühlung während der Nachtstunden gewährleistet werden. Die zentrale Steuerung wird in Abhängigkeit der Temperatur- und Windverhältnisse geregelt und ist manuell übersteuerbar.

Die Lüftung

Im Bestand der Bau fakultät Innsbruck gibt es eine mechanische Belüftung, welche Frischluft in die Gänge bringt. Der ursprüngliche Entwurf sah eine Ertüchtigung der bestehenden Belüftung vor. Im Rahmen von BIGMODERN wurde diese Variante jedoch insoweit weiter entwickelt, als dass unter Verwendung der bestehenden Lüftungskanäle die Einblasöffnungen in die Büroräume verlegt werden, der für die Gangflächen vorgesehene Luftwechsel aber der gleiche bleibt (sonst müssten die Lüftungsquerschnitte erweitert und damit die gesamte Verrohrung erneuert werden). Die eingeblasene Luft wird vorkonditioniert. In Kombination mit den gesteuerten Fenstern kann somit kostengünstig in der Investition und im Betrieb eine gute Frischluftversorgung der Arbeitsräume gewährleistet und eine aktive Kühlanlage vermieden werden.

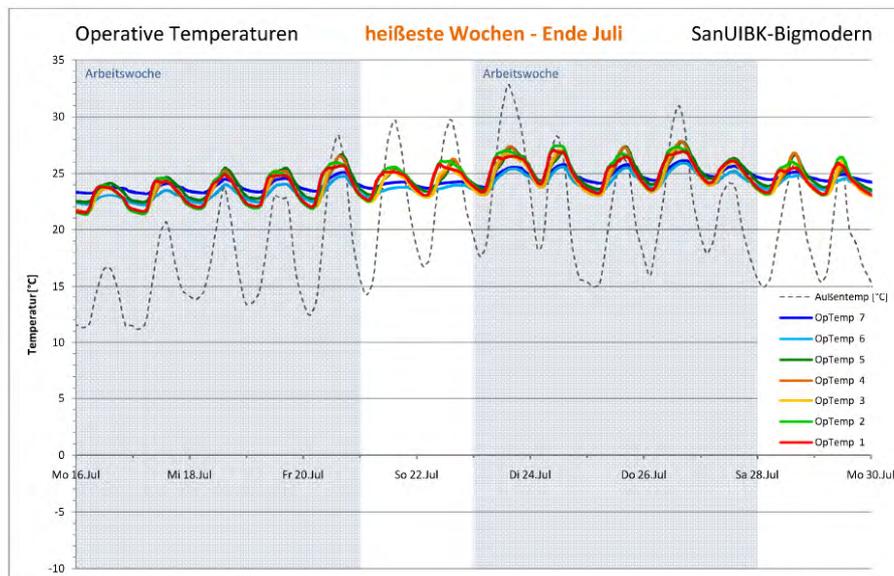
Zusätzlich werden Lüftungsklappen in die bestehenden Trennwände zwischen Büro und Gangfläche zur Verbesserung der natürlichen Nachtlüftung integriert. Eine individuelle Steuerung der Abluft zur Unterstützung der Nachtlüftung ist vorgesehen.

4.1.2 Kritische Punkte

Sommerlicher Komfort

Die mechanische Lüftung, die Lüftungsklappen in den Innenwänden und die Senkkippflügel wurden als zusammenhängendes Konzept für die Frischluftzufuhr und den sommerlichen Komfort geplant und müssen deshalb als Einheit in diesem Bereich betrachtet werden. Laut Simulationsberechnungen kann durch die Kombination beider Maßnahmen (plus gesteuerter Verschattung) gewährleistet werden, dass in den Sommermonaten die Temperatur nicht über 27° C steigt.

Abbildung 12: Simulation der Variante mit Senkkippflügel, mechanischer Belüftung der Räume und gesteuertem Sonnenschutz (Quelle: thermische Gebäudesimulation PHI)



Da keine aktiven Kühlmechanismen im Gebäude installiert werden und das Gebäude exakt nach Ost/West ausgerichtet ist, kann es sein, dass die vorgesehenen Maßnahmen für den sommerlichen Komfort jedoch zu gering sind.

Raumluftqualität

Die Luftqualität in der Baufakultät Innsbruck wird einerseits über die mechanische Belüftung durchgeführt, die jedoch geringere Luftwechselzahlen aufweist, als der vorgeschriebene hygienische Luftwechsel vorsieht. Die bestehenden Lüftungskanäle, die ursprünglich nur für die Belüftung der Gänge vorgesehen, und deren Lüftungsausgänge nun in die Räume verlegt werden, sind nicht für die Kapazität des hygienischen Luftwechsels aller Büros und Aufenthaltsräume ausgelegt. Da die Frischluft jedoch direkt in die Räume eingebracht wird, kann davon ausgegangen werden, dass dort eine bessere Luftqualität herrscht als bei einer alleiniger Belüftung der Gänge.

Nichtsdestotrotz kann der notwendige Luftwechsel nur in Kombination mit der Fensterlüftung hergestellt werden und hängt von der zentralen Steuerung und der manuellen Übersteuerung der NutzerInnen ab.

Zentrale Steuerung

Mit der zentralen Steuerung der Fenster steht und fällt das gesamte Konzept für den sommerlichen Komfort und der Raumluftqualität. Dabei muss die zentrale Steuerung folgende Faktoren berücksichtigen:

- Öffnen der Fenster
 - wenn der CO₂-Gehalt im Raum zu hoch wird
 - zur Nachtlüftung

- Schließen der Fenster
 - bei zu hohen Windlasten,
 - wenn die Außentemperaturen zu hoch steigen bzw. fallen
- Schließen und Öffnen der Verschattung
 - je nach Sonnenstand und Zeit- jedoch so zeitverzögert, dass die Verschattungselemente nicht permanent geöffnet bzw. geschlossen werden, um die NutzerInnen nicht zu sehr zu irritieren

Tageslichtlenkung

Der Sonnenschutz integriert tageslichtlenkende Lamellen, die ausreichend Tageslicht auch bei geschlossenem Sonnenschutz in das Innere des Raumes lenken sollen. Damit soll gewährleistet werden, dass die künstliche Beleuchtung auch bei geschlossenem Sonnenschutz nicht eingeschaltet werden muss. Die Technologie funktioniert, wenn trotz geschlossener Verschattung die NutzerInnen nicht das Bedürfnis haben, bei Sonnenschein die künstliche Beleuchtung einzuschalten.

Schall

Da die bestehende Lüftungsanlage mit den gleichen Luftwechselraten wie bisher läuft, sollte für die NutzerInnen keine Geräuschbelästigung entstehen. Durch die verlängerte Rohrführung bzw. weil die bisherige Geräuschentwicklung in den Gangflächen u.U. nicht bemerkt wurde, ist eine Überprüfung der Schallemissionen sinnvoll.

4.1.3 Monitoring der Funktionalität und der NutzerInnenzufriedenheit

Mess- und Monitoring-Verfahren

Sommerlicher Komfort

Um die Funktionsfähigkeit der Nachtauslüftung zu überprüfen, werden Raumtemperaturfühler angebracht (Abstimmung mit EVM). Während einer heißen Periode (Juni bis September) werden dabei die Temperaturen am Abend vor dem Aktivieren der Nachtlüftung und am Morgen zu Beginn der üblichen Nutzungszeit des Gebäudes gemessen und verglichen, ob ein signifikanter Rückgang der Temperaturen zu erkennen ist.

Parallel dazu wird untersucht, inwieweit die Fenster auch an diesen Tagen für die Nachtlüftung geöffnet wurden oder ob z.B. durch zu hohe Windlasten die Fenster geschlossen bleiben mussten. Dazu werden meteorologische Aufzeichnungen der Windstärke und die Steuerprotokolle ausgewertet. Eventuell müssen auch Fensterkontaktzähler angebracht werden, wenn die Steuerprotokolle nicht ausreichend Informationen für diese Auswertungen bereitstellen.

Raumluftqualität

Inwieweit die Luftqualität in den Arbeitsräumen für die NutzerInnen ausreichend ist, wird mittels der CO₂-Messung beim Energieverbrauchsmonitoring gemessen. Wird von der künftigen Steuerung ausgewertet, ob und wie oft die Fenster manuell übersteuert werden, so kann auch ein Rückschluss auf eine mangelnde Raumluftqualität gezogen werden.

Tageslichtversorgung

Der Tageslichtquotient gibt das Verhältnis der Beleuchtungsstärke im Raum zur Beleuchtungsstärke draußen bei bedecktem Himmel an. Die Messung des Tageslichtquotienten erfolgt nach Norm (DIN 5034-5) bei geöffneten Verschattungseinrichtungen. Um feststellen zu können, ob trotz tageslichtlenkender Jalousien ausreichend Tageslicht zum Arbeitsplatz gelangt, wird parallel zur normgemäßen Messung auch eine Messung mit geschlossenem Sonnenschutz und aktiven Tageslichtlamellen durchgeführt. Außer dem aktiven Sonnenschutz bleiben bei der Messung alle anderen Parameter gleich.

Durch eine Dokumentation der Einschaltzeiten der künstlichen Beleuchtung bei gleichzeitiger Erhebung, ob der Sonnenschutz geschlossen oder offen ist, und der realen Beleuchtungsstärke im Freien, kann objektiv evaluiert werden, ob die künstliche Beleuchtung bei geschlossenem Sonnenschutz aktiviert ist. Das Ergebnis erlaubt Rückschlüsse, ob durch den geschlossenen Sonnenschutz zumindest subjektiv die Beleuchtungsstärke zum Arbeiten zu gering ist.

Schall

Um die Geräuschentwicklung durch die Lüftung zu evaluieren, werden Schallmessungen der Lüftung nach EN ISO 16032:2004 durchgeführt.

NutzerInnenbefragung

Um die NutzerInnenzufriedenheit mit dem sommerlichen Komfort, der Raumluftqualität, der Tageslichtversorgung und der Lüftungsanlage zu erheben, werden folgende Fragen an die NutzerInnen gestellt:

- In welche Himmelsrichtung ist Ihr Büro/Seminarraum, etc. ausgerichtet?
 Norden Osten Süden Westen

- In welchem Stockwerk befindet sich Ihr Büro/Seminarraum, etc.?

- Wie befinden Sie den sommerlichen Komfort?
 es ist oft unerträglich heiß

es ist warm, aber akzeptabel

es ist gerade richtig

- Finden Sie die zentrale Steuerung der Fensteröffnung/-schließung störend?

ja nein

- Haben Sie das Bedürfnis die Fenster zu öffnen/schließen und damit die zentrale Steuerung zu übersteuern?

ja, oft selten nie

- Haben Sie das Gefühl mit ausreichend Frischluft versorgt zu werden?

ja nein kann ich nicht beurteilen

- Finden Sie die zentrale Steuerung für die Verschattung störend?

ja nein

- Haben Sie an einem sonnigen Tag, bei geschlossenem Sonnenschutz ausreichend Tageslicht, oder haben Sie das Bedürfnis, die künstliche Beleuchtung zuzuschalten?

ja, oft selten nie

- Ist die automatische Steuerung des Sonnenschutzes störend für Sie?

ja nein

- Wie oft übersteuern Sie den Sonnenschutz manuell?

sehr oft oft manchmal selten nie

- Ist die Lärmentwicklung der Lüftungsanlage störend?

nein, es gibt keine Lärmentwicklung

die Lüftungsanlage ist leise und stört kaum

die Geräuschentwicklung durch die Lüftungsanlage ist hoch und störend

5 Literaturverzeichnis

BauNetz Media GmbH. (Stand Dezember 2010) www.baunetzwissen.de. Berlin

EN ISO 16032 (2004). Akustik - Messung des Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen in Gebäuden - Standardverfahren

EN ISO 10052 (2005). Akustik - Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden - Kurzverfahren

Schakib-Ekbatan, K. (2008). Fragebogen: Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden, Karlsruhe

Jäger D., Hofer G., Leutgöb K., Grim M., Kuh C., Bucar G., (2011) Haus der Zukunft Plus Ergebnisbericht: Subprojekt 2: Demonstrationsgebäude Amtshaus Bruck – Planungsprozess

Kuchen, E. (2008). Spot-Monitoring zum thermischen Komfort in Bürogebäuden. Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Gossauer, E. (2008). Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden, Freiburg

Wamsganß, M. Oetzel, M. (Hrsg. 2009). ENOB, Monitor - Tageslichtnutzung in Gebäuden – Anleitung zu Lichtmessungen, Universität Karlsruhe und Universität Dortmund