

Erprobung von Passivhausstandards am Beispiel des Weizer- Energie- Innovations- Zentrums

J. Haas, F. Kern, G. Derler, A. Thür

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

1/2005

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 Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
oder unter:

Projektfabrik Waldhör
Nedergasse 23, 1190 Wien
Email: versand@projektfabrik.at

Erprobung von Passivhausstandards am Beispiel des Weizer- Energie- Innovations- Zentrums

Autoren:
DI Johannes Haas
DI Franz Kern
Gottfried Derler
DI Alexander Thür

Wien, Dezember 2004

Ein Begleitprojekt zur Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
und des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der dritten Ausschreibung der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit dem Forschungsförderungsfonds der gewerblichen Wirtschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* 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 auch in der Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret" publiziert, aber auch 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

Kurzfassung

Das Weizer Energie– Innovations– Zentrum war zum Zeitpunkt seiner Errichtung und Eröffnung im Jahr 1999 der erste Versuch in Mitteleuropa, ein Bürohaus mit sehr unterschiedlichen und wechselnden eingemieteten Unternehmen als Passivhaus zu bauen und zu betreiben. Der vorliegende Bericht fasst die Erfahrungen aus der Konzepterstellung, Planung, Errichtung und aus den ersten Betriebsjahren zusammen. Daraus werden Empfehlungen für zukünftig vergleichbare Projekte formuliert. Eine erste Umsetzung dieser Empfehlungen wird im Jahr 2005 im Rahmen der zweiten Ausbaustufe des Innovationszentrums erfolgen.

Das W.E.I.Z. liegt in der Bezirkshauptstadt Weiz in der Oststeiermark und bietet derzeit auf ca. 2000 m² Nutzfläche ca. 70 Arbeitsplätze in Ingenieur- und Forschungsbüros, sowie Beratungsunternehmen. Die meisten sind im Umfeld innovativer Energietechniken tätig. Es ist ein Massivholzbau (das damals höchste derartige Gebäude in Österreich) mit vorgefertigten Holzelementen in der Außenwand und zusätzlichen Speichermassen aus Beton. Die Erschließung der U – förmig angeordneten Büros erfolgt über ein nordseitig gelegenes Atrium. Die Beheizung erfolgt über eine kontrollierte zentrale Be- und Entlüftung mit Zuluftöffnungen in allen Büros und Abluftführung über Überströmgitter in das Atrium, in dem die Abluft gesammelt wird. Die Wärmeversorgung übernimmt die Biomasse Fernwärme der VATECH Elin.

Wichtige ergänzende Elemente im Energiekonzept sind ein Erdreichwärmetauscher zur Vorwärmung oder – kühlung der Außenluft und Vorrichtungen zur passiven Nachtkühlung über gekippte Fenster, Luftklappen zum Atrium, sowie Entlüftungsklappen am Dach des Atriums. Außerdem ist jedes Büro mit der Möglichkeit der elektrischen Nachheizung der Zuluft gemäß individuellen Temperaturanforderungen ausgestattet. Aufgabe einer zentralen Steuerung ist es allerdings, den Einsatz dieser Nachheizung zu minimieren.

Als Planungsgrundlage wurde eine TRNSYS Simulation durchgeführt, die einen jährlichen Wärmebedarf von ca. 24.000 kWh ergab und maximale Temperaturen in den Büros von ca. 27 °C. Diese Werte konnten im Betrieb nicht erreicht werden. Der mittlere Wärmebedarf liegt bei ca. 45.000 kWh/Jahr und in einigen Büros wurden in Hitzeperioden Temperaturen über 30 °C erreicht.

Im vorliegenden Bericht werden die Versuche beschrieben, das Verhalten des Gebäudes und der Mieter zu analysieren, Ursachen für die Abweichungen zu identifizieren und Maßnahmen zur Optimierung der Funktion umzusetzen.

Wärmebrücken und Undichtheiten in der Gebäudehülle konnten mittels Thermographie und Blower Door identifiziert und durch die ausführenden Firmen behoben werden. Die Lüftungsanlage erwies sich in ihrer Komplexität (Erdregister / Zentralgerät / Zu- und Abluftstränge / Einzelraum- und Zentralsteuerung / passive Entlüftung / Nutzungsverhalten) als nur in Einzelementen nachträglich verbesserbar. Das Hauptziel der Verbesserungen, die Zufriedenheit der Mieter zu steigern, konnte mit einer Vielzahl von Maßnahmen erreicht werden. Eine Senkung des Wärmebedarfs ist nicht gelungen, obwohl der Stromverbrauch des Gebäudes mit etwa 200.000 kWh/Jahr ein Mehrfaches des Wärmebedarfs ausmacht.

Aus den Erkenntnissen der Projektarbeit, sowie dem Vergleich derselben mit Erfahrungen in vergleichbaren Objekten, können die folgenden Empfehlungen für die Anwendung des Passivhaus – Konzeptes auf Bürogebäude formuliert werden:

- ⚡ Beheizung und Kühlung über eine kontrollierte Be- und Entlüftung ist nur sinnvoll, wenn eine relativ einheitliche Nutzung der Büros gewährleistet ist. Für die derzeitige Struktur der Mieter würde das W.E.I.Z. nicht mehr als Passivhaus gestaltet werden.
- ⚡ Alle bau- und haustechnischen Kriterien müssen übererfüllt werden. Die Planung muss sich dabei vorrangig auf die Hitzeperioden im Sommer konzentrieren.
- ⚡ Die Ausführung muss durch Unternehmen erfolgen, die nicht nur Erfahrung mit Passivhäusern haben, sondern auch zu einer laufenden Abstimmung aller Beteiligten zur Qualitätssicherung bereit sind.

Abstract

The W.E.I.Z. (Energy Innovation Center Weiz) was opened in 1999 and at that time the first office building in Austria following the principles of the „Passivhaus“ and being rented to different and constantly changing tenants. This report summarizes experiences from the planning, construction and operation over the first years. These lead to suggestions for similar future buildings. These recommendations will already be followed in the concept for an addition to the W.E.I.Z. started in 2005.

The W.E.I.Z. is situated in Weiz, a provincial capital in East Styria. On about 2000 m² office space about 70 people are working in different enterprises all concerned with research, consulting and planning in the field of energy innovations. It is constructed with massive wood and prefabricated wood elements for the outer walls. The heating is accomplished by controlled ventilation the source being the local biomass district heating system. Incoming air is preheated or precooled in an earth to air heat exchanger, then by taking up the heat content of the collected exhaust air. Fresh air outlets are found in all offices, spent air is collected in central atrium with glass roof. To meet individual needs the temperature of the incoming air can be raised by electric heaters in each office.

Dynamic simulation with TRNSYS formed the base for the technical planning of the building. A heating demand of 24.000 kWh and a maximum temperature of 27°C were predicted. These figures were not reached in actual operation. The mean heating demand amounts of about 45.000 kWh/year and in some offices temperatures of more than 30 °C were reached in hot summers.

This report covers all efforts to analyze the behavior of the building, its installations and the tenants, to identify reasons for the deviations and to realize measures for the optimization of all functions.

Blower Door and infrared photography helped identify weak spots in the thermal envelope of the buildings. These were improved by the construction companies. It proved to be far more difficult to detect and correct mistakes in the ventilation system due to the complexity (earth heat exchanger / central installations / air ducts / individual and central regulation / passive cooling devices / individual behavior). The main goal of all improvements was reached: Raise the satisfaction of the tenants. The project did not succeed in lowering the heating demand despite an electricity consumption of about 200.000 kWh in the year 2003, about 4 times the heating demand.

From the results of the project and the comparison with similar objects in Germany the following recommendations for future efforts to realize the concept of the Passivhaus in an office building can be made:

- ⚡ Heating and cooling via controlled ventilation is only possible, if the occupation of the building consists of offices with similar needs and infrastructure. For the actual mixture of tenants the W.E.I.Z. would not be built as a Passivhaus the mentioned differences are much too large.
- ⚡ All technical criteria for a Passivhaus must be met to a very high extent. The main focus of attention must be laid optimizing the function during hot summer periods.
- ⚡ All companies involved in planning and construction must not only show experiences with similar tasks but must also agree to early and continuous tuning with all other experts on critical issues of quality control.

INHALT

1	EINLEITUNG	7
2	AUFGABENSTELLUNG	8
2.1	Baugeschichte des W.E.I.Z.	8
2.2	Ziele.....	8
2.3	Projekthinhalte	8
2.4	Vorleistungen	9
3	PROJEKTTEAM UND –ORGANISATION	10
4	INNOVATIVE ELEMENTE IM KONZEPT DES W.E.I.Z.	12
4.1	Passivhaus	12
4.2	Holzbau.....	12
4.3	Sommerliche Kühlung	13
4.4	Tageslichtnutzung	13
4.5	Leit- und Messtechnik.....	13
5	DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DES OBJEKTES	14
5.1	Einführung	14
5.2	Bürobau im Passivhausstandard	14
5.3	Vergleich Wohnungs- und Verwaltungsbau	15
5.4	Planungshilfe mittels dynamischer Gebäudesimulation.....	16
5.5	Atrium mit zentralen Funktionen im Gebäudekonzept	16
5.6	Heizbetrieb der Lüftungsanlage.....	17
5.7	Sommerlicher Überhitzungsschutz.....	18
6	PLANUNGSERFAHRUNGEN – ARCHITEKTUR UND BAUTECHNIK.	20
6.1	Planungsgrundlagen.....	20
6.2	Umsetzung des Passivhaus - Konzeptes.....	20

6.3	Der Planungsprozess	21
6.4	Ausführungsphase	21
6.5	Weitere Erfahrungen nach Baufertigstellung	22
7	PLANUNGSERFAHRUNGEN HAUSTECHNIK.....	24
7.1	Ausgangssituation.....	24
7.1.1	Planungsrelevante Vorgaben	24
7.1.2	Planungsgrundlagen	25
7.1.3	Lasten- und Pflichtenheft	25
7.1.4	Behördenauflagen	25
7.1.5	Raumkühlung	26
7.2	Der Planungsprozess	26
7.2.1	Integrierte, interdisziplinäre Planung	26
7.2.2	Erdspeicher	26
7.2.3	Technikzentrale	26
7.2.4	Lüftungsgerät	26
7.2.5	Lüftungszonen.....	27
7.2.6	Luftführung	27
7.2.7	Fußbodenheizung	27
7.3	Die Ausführungsphase	28
7.3.1	Anforderungen an die Professionisten	28
7.3.2	Systemintegration	28
7.3.3	Änderungen in der Raumeinteilung	28
7.3.4	Luftmengenbilanz	28
7.4	Erfahrungen und Erkenntnisse nach Fertigstellung.....	29
7.4.1	Nachbetreuung	29
7.4.2	Möglicher Einfluss von Gebäudeundichtheiten auf den Heizenergieverbrauch	29
7.5	Empfehlungen.....	30
7.6	Fazit	31
8	ENERGIEVERBRAUCH.....	32
8.1	Wärme	32
8.2	Strom	34
8.2.1	Entwicklung des jährlichen Verbrauches.....	34
8.2.2	Monatliche Verbräuche.....	34
8.2.3	Leistungsbedarf.....	35
8.3	Interpretation der Daten.....	36
8.3.1	Wärme	36
8.3.2	Strom.....	36

9	ERSTE ERGEBNISSE AUS DEM BETRIEB	38
9.1	Aufbereitung verfügbarer Daten	38
9.1.1	Technische Ausrüstung	38
9.1.2	Datenexport und grafische Darstellung	38
9.1.3	Kommentar	38
9.2	Temperaturen	39
9.2.1	Jahresverlauf	39
9.2.2	Sommer	40
9.2.3	Winter	40
9.2.4	Kommentar	41
9.3	Luftmengen	42
9.3.1	Auslegung	42
9.3.2	Messungen	43
9.3.3	Messgeräte	43
9.3.4	Durchführung	43
9.3.5	Tabellarische Ergebnisse	44
9.3.6	Erkenntnisse aus der Messung	46
9.3.7	Empfehlungen aus den Raummessungen.....	47
9.3.8	Kommentar	47
9.3.9	Empfehlungen für vergleichbare Bauprojekte	48
9.4	Sommerkühlung	48
9.4.1	Dachbewässerung	48
9.4.2	Beschattung.....	49
9.4.3	Nachtkühlung	49
9.5	Erdwärmetauscher	50
9.5.1	Beschreibung:	50
9.5.2	Beitrag zur Energiebilanz	51
9.5.3	Zusammenfassung und Ausblick:	51
9.6	Benutzungsdaten aus der Gebäudeleittechnik.....	52
10	BENUTZUNGSERFAHRUNGEN	55
10.1	Eingebundene Nutzer	55
10.2	Erhebung gemeinsam mit ausgewählten Mietern	55
10.2.1	Erfahrungen und Anregungen von Mietern	55
10.3	Gezielte Nutzerbefragung	56
10.4	Kommentar	58
11	VERGLEICH MIT INTERNATIONALEN GEBÄUDEN	59
11.1	Auswahl der Objekte.....	59

11.2	Objektvergleich	60
11.3	Interpretation der Ergebnisse	62
12	MAßNAHMENPLANUNG.....	63
12.1	Verbesserungen am Gebäude.....	63
12.1.1	Qualitätskontrolle der Gebäudehülle	63
12.1.2	Luftdichtheitsmessungen	63
12.1.3	Thermographiemessungen	64
12.1.4	Konkrete Maßnahmen.....	64
12.2	Verbesserungen an der Lüftungsanlage.....	65
12.3	Maßnahmenplanung zur Optimierung der Kühlung	66
12.3.1	Fragestellungen zum Sommerverhalten im Juni 2002.....	67
12.3.2	Optimierung der Programmierung der Steuerung.....	68
12.3.3	Einbindung der Mieter in die Nachtkühlung	69
12.3.4	Messprogramm	69
12.3.5	Ergebnisse des Testprogramms.....	70
12.4	Verbesserungen an der zentralen Gebäudeleittechnik	71
12.4.1	Funktionen der installierten Systeme.....	71
12.4.2	Erfahrungen und Maßnahmen zur Optimierung	72
13	STAND DER ERKENNTNISSE UND EMPFEHLUNGEN	73
13.1	Voraussetzungen.....	73
13.2	Planung und Bauausführung:	73
13.3	Nutzung:	74
13.4	Empfehlungen für W.E.I.Z. II.....	74
13.4.1	Konzentration auf die Optimierung des Sommerbetriebes.....	74
13.4.2	Hinterfragen des Passivhaus – Konzeptes	74
13.4.3	Qualitätssicherung in Planung und Ausführung	74
13.4.4	Optimierung der Kosten – Nutzen Relation.....	75
14	ANHANG.....	77
14.1	FOTOS W.E.I.Z.....	77
14.2	Pläne W.E.I.Z.....	81
14.3	Messbericht Thermographie	85
14.4	Endbericht Simulation mit TRNSYS	102

1 Einleitung

Mit dem vorliegenden Bericht über das erste mitteleuropäische Büro-Passivhaus, das Weizer Energie-Innovations-Zentrum (W.E.I.Z), sollen die Erfahrungen aus Planung, Errichtung und Betrieb für die Optimierung zukünftiger Projekte gesammelt und dargestellt werden.

Dieses innovative Bauvorhaben und damit auch die wissenschaftliche Begleitung wurde wesentlich unterstützt von den mutigen Eigentümern des W.E.I.Z. (Stadtgemeinde Weiz, Gemeinde Krottendorf, Steiermärkische Weiz), die bewusst einen kreativen Schritt in die energieautarke Zukunft der Region gesetzt haben.

Die Stadt Weiz mit dem Leitbild Slogan: „Weiz, die Stadt voll Energie“ ist bemüht, im Rahmen der technischen, ökologischen und ökonomischen Möglichkeiten laufend Zeichen für eine nachhaltige Energie-Zukunft zu setzen. Mit der tatkräftigen Unterstützung des Herrn Bgm. Helmut Kienreich haben sich die Stadt Weiz, sowie die Energieregion Weiz – Gleisdorf zu einer Energie-Kompetenz-Region entwickelt und gelernt, über die Gemeindegrenzen hinweg zusammen zu arbeiten.

Ein Highlight der letzten Jahre war die steirische Landesausstellung „Energie 2001“. Von Mai bis Oktober 2001 wurden von den regionalen Akteuren (Gemeinden, Energieunternehmen, Ausbildungseinrichtungen), mit großzügiger Unterstützung des Landes Steiermark, vielfältige Gelegenheiten gekonnt für die Präsentation des lokalen Know-hows der Region als Energieregion genutzt.

Zu diesem Zeitpunkt 2001 war das W.E.I.Z. schon 1,5 Jahre alt und die mit der wissenschaftlichen Begleitung betrauten Fachleute waren gerade dabei, Daten zu sammeln, Analysen durchzuführen und erste Vorschläge zur Optimierung des Gebäudes vorzunehmen.

Immer wieder mussten ambitionierte Forschungsaspekte hintangestellt werden, um die verfügbaren Messeinrichtungen, sowie die Expertise der beteiligten Fachleute zur Lösung unerwarteter Problemstellungen aus dem Betriebsalltag einzusetzen.

Für das „Verstehen“ eines derartig ambitionierten Gebäudekonzeptes hinsichtlich Energieverbrauchs, Licht und Beleuchtung, sowie insbesondere Behaglichkeit und Benutzerfreundlichkeit für die sehr unterschiedlichen und wechselnden Mieter, braucht es klarerweise mehr Zeit als zwei Jahre. Einige Erkenntnisse lassen sich erst sukzessive ermitteln bzw. treten erst nach und nach in Erscheinung. In diesem Sinn ist die Begleitforschung noch lange nicht abgeschlossen und der vorliegende Bericht ein Zwischenergebnis nach fünf Betriebsjahren.

Beispielsweise sind die heutigen energietechnischen Berechnungsmethoden immer noch ein Versuch des Herantastens an die Wirklichkeit. Anders kann es nicht erklärbar sein, dass der eingebaute Erdkollektor nur 50 % der erwarteten Leistung erbringt und die installierte Lüftungsanlage, die von ihr im Sommer geforderte Funktion als Grundlastkühlung, nur mit großen Abstrichen erfüllen kann.

Mit dem nun vorliegenden Projektbericht werden die wesentlichen Erkenntnisse der fast drei-jährigen Forschungsarbeit dargestellt. Ermöglicht wurde die Arbeit durch die finanzielle Unterstützung der entsprechenden Stellen der Bundes- und Landesregierung:

Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Programmlinie „Haus der Zukunft“

Land Steiermark, Abteilung Forschung und Technologie.

Die Verfasser danken den mit den Agenden betrauten Beamten auch für die laufenden strategischen Anmerkungen, sowie die großzügige Fristerstreckung, um Zeit für die Lösung verschiedenster Betriebsprobleme zu finden.

Dadurch konnte ein besonders wichtiges Ziel dieses Forschungsprojektes, das sich erst im Laufe der Arbeit konkretisiert hat, in besonders hohem Maß erfüllt werden: Alle Erkenntnisse der Begleitforschung für das Weizer Energie-Innovations-Zentrum werden in die Planung und Errichtung des zweiten Bauabschnittes einfließen. Für diesen ist zum Zeitpunkt der Berichtslegung der Architektenwettbewerb bereits abgeschlossen, mit dem Bau wird im Jahr 2005 begonnen.

2 Aufgabenstellung

2.1 Baugeschichte des W.E.I.Z.

Erste Überlegungen für ein Impulszentrum mit dem Schwerpunkt der Unterstützung regionaler Energieinnovationen wurden bereits 1994 von den Grünen im Gemeinderat präsentiert. Die schrittweise Umsetzung wurde in weiterer Folge von allen Fraktionen unterstützt.

Sommer 1997: Offener Architektenwettbewerb, Siegerprojekt von Dipl.-Ing. Konrad Frey

Herbst 1997: Wunsch der Stadtgemeinde Weiz, das Projekt als Passivhaus zu realisieren

Herbst 1997 bis Februar 1998: Vorplanung durch das Team unter Dipl.-Ing. Frey, erstmalige Einbindung von TRNSYS in der Simulation

Februar 1998: Es gelingt dem Architekten nicht, ein Projekt im Rahmen der veranschlagten Kosten zu präsentieren, der Planungsauftrag wird an die Zweitplatzierten Dipl.-Ing. Moosbrugger und Dipl.-Ing. Andexer vergeben.

Mai 1998: Gemeinderatsbeschluss für die Errichtung des W.E.I.Z.

Mai bis Dezember 1998: Planung als Passivhaus, parallel Antrag um Förderung als Demonstrationsvorhaben durch das Land Steiermark

15. Jänner 1999: Baubeginn

26. Oktober 1999: Fertigstellung und Eröffnung

26. Oktober 2004: Fünf Jahre Weizer Energie – Innovations – Zentrum

2.2 Ziele

Das W.E.I.Z war zum Zeitpunkt der Errichtung der einzige Versuch in Österreich, ein Bürohaus nach dem Konzept des Passivhauses zu errichten. Das vorliegende Projekt sollte diesen Prozess begleiten und verfolgte daher einige grundlegende Zielsetzungen:

⚡ Als Passivhaus wurde dem W.E.I.Z vom Land Steiermark eine Förderung als Demonstrationsvorhaben gewährt. Vom Projekt wurde Unterstützung der Planung und Ausführung im Sinn einer Qualitätssicherung bezüglich der Umsetzung der Passivhaus – Richtlinien erwartet.

⚡ Bereitstellung von fachlicher Expertise für erwartete Probleme in der Umsetzung, um innerhalb des Untersuchungszeitraumes alle Komponenten für einen reibungslosen Betrieb zu optimieren.

⚡ Aufbereitung aller Erfahrungen in Form von Empfehlungen für zukünftige Bauvorhaben mit ähnlicher Zielsetzung.

2.3 Projektinhalte

Die im Titel des Projektes implizierte Zielsetzung, „Erprobung von Passivhausstandards für Bürogebäude am Beispiel des Weizer Energie – Innovations - Zentrums“, wurde im Projektantrag im Jahr 2000 folgendermaßen formuliert:

Im Rahmen der vorgeschlagenen Begleitforschung sollen über einen Zeitraum von mindestens zwei Jahren die wichtigsten Parameter gemessen, die Erfahrungen aus Errichtung und Betrieb gesammelt und die Ergebnisse mit den Zielvorstellungen sowie der im Rahmen der Planung durchgeführten Computersimulation verglichen werden.

Für die konkrete Untersuchung wurden die folgenden Schwerpunkte definiert:

- €# Dokumentation der Erfahrungen der beteiligten Planer sowohl mit ihren Aufgaben als auch mit der Überwachung der ausführenden Firmen.
- €# Dokumentation der Erfahrungen mit der Messung und Überwachung der wichtigsten Betriebsdaten und der Nutzung der Erkenntnisse für die schrittweise Optimierung des Betriebs.
- €# Vergleich der tatsächlichen Energieverbräuche mit den der Gebäudeplanung zugrunde gelegten Daten aus der Berechnung.
- €# Sammlung von Erkenntnissen über die für ein Passivhaus entscheidenden bau- und haustechnischen Einrichtungen und ihre Funktionen im Alltagsbetrieb eines Bürohauses.

Erhebung der Eindrücke der Benutzer als letztlich entscheidende Größe zur Beurteilung des Erfolges des Gebäudekonzeptes.

2.4 Vorleistungen

Das Projekt konnte auf einigen Erkenntnissen aufbauen, die als Teil der Projektentwicklung von der Stadtgemeinde Weiz, teilweise mit Mitteln aus der Förderung als Demonstrationsvorhaben durch das Land Steiermark, zwischen Frühjahr 1998 und Herbst 1999 durchgeführt wurden:

- €# Erstellung eines Grobkonzeptes und fachliche Koordination aller energierelevanten Partner in der Planungsphase (im Rahmen der Energiekoordinationsstelle von der Stadt Weiz finanziert).
- €# Dynamische Simulation des Gebäudeverhaltens (im Rahmen der Planungsleistungen abgewickelt und finanziert).
- €# Auswahl und Installation aller für die Messungen benötigten Fühler sowie der Geräte für die Auswertung (teilweise im Rahmen der Errichtung bereits vorgesehen und als Demonstrationsobjekt vom Land Steiermark gefördert bzw. als Projekteigenleistung vom Einreicher vorfinanziert).

3 Projektteam und –organisation

Für die Durchführung der Begleitforschung wurden zwei verschiedene Gruppen von Experten herangezogen und mit unterschiedlichen Teilaufgaben betraut.

Zentrale Projektgruppe:

Diese hatte die Aufgabe der Gesamtprojektkoordination. Hier wurden die Vorgehensweise, Aufgabenverteilung, finanzielle und rechtliche Abwicklung sowie die Verfassung der Berichte koordiniert und durchgeführt

Dipl.-Ing. Johannes Haas (Energie-, Umwelt-, und Unternehmensberatung): Projektleitung bis 2002

Gottfried Derler (Fachberater Energie, W.E.I.Z.): Messdatenauswertung, Benutzerbefragung, Erstellung Berichte, Projektleitung ab 2002

Dipl.-Ing. Franz Kern (Geschäftsführer des W.E.I.Z.): Geschäftsführer des W.E.I.Z.), verantwortlich für die Umsetzung aller Maßnahmen, Begleitprojekte mit den Mietern

Dipl.-Ing. Waldemar Wagner, Dipl.-Ing. Alexander Thür (AEE Intec): Planung und Durchführung des Messprogramms

Erweiterte Projektgruppe:

In dieser Gruppe wurden im Rahmen von Werkverträgen ergänzende Expertisen und Fachinputs zur verschiedenen Bereichen von kompetenten Experten erbracht. Die Ergebnisse sind in Workshops, Interviews sowie schriftlichen Berichten in die Gesamtarbeit der Forschungsarbeit eingeflossen.

DI Jerzy Olbrych: Technisches Büro, Planung und Ausschreibung von Elektroinstallationsarbeiten

Dipl.-Ing. Olbrych hat im Auftrag des W.E.I.Z. die Schnittstelle Gebäudeautomation zwischen den Firmen Honeywell und Feistritzwerke programmiert.

TB Ing. Günther Grabner: Beratung, Planung, Ausschreibung und Herstellungsüberwachung von Projekten der technischen Gebäudeausrüstung (Heizung, Klima, Sanitär, Lüftung, Regelungstechnik). Erstellen von Energiekonzepten inkl. Messdatenerfassung, Auswertung und Erarbeitung von Sanierungsvarianten. Erarbeitung von Wartungskatalogen, Ausschreibung von Sanierungs- und Wartungskonzepten, Einschulung des Wartungspersonales

Ing. Grabner ist Mieter im W.E.I.Z. und wurde mit der Durchführung der Luftmengenmessung betraut.

Architekt Dipl.-Ing. Georg Moosbrugger: Planung und Realisierung des W.E.I.Z. gemeinsam mit Dipl.-Ing. Christian Andexer.

Im Projektteam war Dipl.-Ing. Moosbrugger mit der Sammlung und Dokumentation der Erfahrungen aus der baulichen Errichtung sowie der Kooperation mit den ausführenden Firmen betraut.

Ing. Walter Baierl: Technisches Büro für Elektrotechnik und Energietechnik, Machbarkeitsstudien Contractingprojekte, Erstellen von Ausschreibungen, Energiesparkonzepten, Energiemanagement, Planungs- und Herstellungsüberwachung von Hoch- und Photovoltaikanlagen, Niederspannungsanlagen inkl. Gebäudeleit- und Kommunikationstechnik.

Im Projektteam ist Ing. Baierl für die Optimierung der Einzelraumüberwachung und –steuerung sowie die Verknüpfung mit der Anlagenregelung von Honeywell verantwortlich.

Ing. Ingo Sonnek: Technisches Büro für Maschinenbau, Elektrotechnik und Installationstechnik, Zivilingenieur für Maschinenbau, Allg. beeid. U. gerichtl. Zert. Sachverständiger.

Ing. Sonnek war für die haustechnische Planung des W.E.I.Z. verantwortlich und somit im Projektteam für die Planungserfahrungen sowie die Schnittstelle zu den entsprechenden ausführenden Firmen.

Ing. Rudolf Weinfurter: Installationsfirma für Elektro- und Regelungstechnik.

Im W.E.I.Z. mit der Planung und dem Bau der Steuer- und Regelungsanlage für die Befeuchtungsanlage beauftragt.

Ing. Johannes Geiger: Blower Door Test und Dichtheitsmessungen, Thermografiemessungen.

Diese Aufgaben erfüllte er auch im Rahmen der Begleitforschung im W.E.I.Z.

Organisation:

Die beiden Projektteams haben sich entsprechend der Aufgaben und Untersuchungsschwerpunkte verschieden zusammengesetzt aber regelmäßig zu Arbeitssitzungen und Besprechungen getroffen. Dabei sind entsprechend der jeweiligen Agenda die Themen behandelt oder Vorort Untersuchungen durchgeführt und diskutiert worden. Die schriftlichen Dokumente aus den Besprechungen bzw. die Untersuchungen und Auswertungen sind in den Bericht eingeflossen.

4 Innovative Elemente im Konzept des W.E.I.Z.

In diesem Kapitel werden die Elemente beschrieben, die als wesentliche Innovationen im Bürobau gesehen wurden. Mit der Verwirklichung eines Gebäudes mit dieser Charakteristik wollte die Stadtgemeinde Weiz ein Zeichen als Motor baulicher Innovationen in der Energieregion Weiz – Gleisdorf setzen.

4.1 *Passivhaus*

Das W.E.I.Z. wurde als erstes Bürohaus in der Steiermark im „Passivhausstandard“ errichtet. Folgende Elemente von direktem Demonstrationscharakter im W.E.I.Z. sind:

- ⊘ Sorgfältige Zonierung und Steuerung der Zu- und Abluftanlage zur Gewährleistung etwaiger unterschiedlicher Komfortbedingungen (Temperatur, Luftwechsel, unterschiedliche Wärme- oder Kühllasten);
- ⊘ Kostenminimierung durch Optimierung von Kanallängen und Integration der Haustechnik in die Vorfertigung der Bauteile;
- ⊘ Nutzung der Anlage im Sommer und im Winter und steuerungstechnische Kombination mit der Forderung nach offenbaren Fenstern;
- ⊘ Fensterkonstruktionen aus Holz, die den Passivhausstandard garantieren (mittlerer k-Wert von ca. 0,8 W/m².K);
- ⊘ Dämmung der Außenbauteile aus Holz- bzw. Zellstoffprodukten (k-Werte ca. 0,15 W/m²K)
- ⊘ Umfangreiche Planungs- und Berechnungsarbeiten zur Entscheidungsfindung für Baubehörden, die im Wohnbau von untergeordneter Bedeutung sind, den Energiebedarf eines Bürogebäudes aber maßgeblich beeinflussen. Gewährleistung einer an die Bedürfnisse der Nutzer angepassten Luftwechselrate, energetische Optimierung der Beleuchtung, Gewährleistung einer passiven Kühlung im Sommer.

4.2 *Holzbau*

Das W.E.I.Z. wurde, erstmals als Bürohaus dieser Größenordnung, als Holzbau errichtet. Dabei sind in allen Bauteilen und in der Wahl der Dämmmaterialien der Stand der Technik in Holzbau und industrieller Vorfertigung zur Anwendung gekommen. Ein massives Stiegenhaus dient der statischen Aussteifung.

Weitere Massen sind entsprechend der Ergebnisse aus der Gebäudesimulation als Bestandteil der sommerlichen Kühlung definiert und z.B. als Estrich oder Einbauten in die Erschließungszone ausgeführt worden. Ergebnis ist ein gemischter Bau, dessen Kombination aus leichten und massiven Elementen richtungweisend für weitere Ansätze im gewerblichen Holzbau sein kann.

Aus der fehlenden Masse leitet sich zudem der Bedarf nach einer automatischen Querlüftung in der Nacht ab, um in besonders heißen Perioden angenehme Innentemperaturen zu gewährleisten. Im Rahmen des Projektes werden sowohl die technischen und elektronischen Komponenten, als auch Lösungen für Fragen des Schallschutzes zwischen den Büros erprobt.

4.3 Sommerliche Kühlung

In einem Passivhaus ist aktive Kühlung im Sommer nicht möglich. Gerade in den letzten Jahren tauchen immer mehr vollklimatisierte Gebäude auf. Das W.E.I.Z. soll in dieser Frage bewusst eine beispielhafte Synthese aus minimalem Energieverbrauch und hohem Komfortniveau für die Mieter aufzeigen.

Die Probleme bei der Einhaltung ausreichender Komfortbedingungen ohne Kompressorkühlung im Sommer ist ein entscheidender Nachteil der leichten Bauweise. Im W.E.I.Z. wird die passive Kühlung durch eine Kombination von Maßnahmen sichergestellt:

ausreichende Massen im Gebäude, um den Temperaturanstieg während des Tages zu dämpfen,
natürliche, nächtliche Querlüftung der Büros über Fensteröffnungen in den Büros und der Erschließungszone,

Vorkühlung der Zuluft über Erdkollektoren oder Betonfundament unter dem Gebäude (diese Kollektoren können im Winter zur Vorwärmung genutzt werden),

4.4 Tageslichtnutzung

Neben dem Einsatz effizienter Elektrogeräte kommt dabei der Tageslichtnutzung und –steuerung besondere Bedeutung zu. Das W.E.I.Z. wird durch folgende Module zu einem Pilotprojekt intelligenter Tageslichtnutzung:

Effiziente Beleuchtungskörper als zentraler Teil eines Konzeptes zur Minimierung des Fremdwärmeeintrags durch Elektrogeräte (unter 10 W/m² für den Passivhausstandard).

Konsequente Anordnung der Büroflächen in einem südorientierten „U“ zur Vermeidung großer Raumentiefen;

nordseitiges Atrium über drei Geschosse, das von einer horizontal verglasten Dachfläche so belichtet wird, dass eine Lichtumlenkung auf die Rückseite der Büros möglich ist;

Dachflächenfenster sind normalerweise mit einem Passivhauskonzept nicht vereinbar (zu hohe Verluste im Winter, hohe Innentemperaturen im Sommer). Im W.E.I.Z. werden erstmals Lösungsmöglichkeiten dafür erprobt;

Integration einer tageslichtgeführten Lichtsteuerung in die Leittechnik des Gebäudes.

4.5 Leit- und Messtechnik

Die Leittechnik des W.E.I.Z. wurde so gestaltet, dass sie zur laufenden Analyse und Demonstration der wichtigsten energetischen Parameter genutzt werden kann.

Die geforderte Möglichkeit einer kostengünstigen getrennten Feinregelung der Raumtemperaturen in den einzelnen Büros wird über elektrische Nachheizregister in den Zuluftkanälen sichergestellt, die direkt zur Messung der individuellen Anforderungen herangezogen werden können.

Darüber hinaus soll die bewusste und laufende elektronische Information aller Mieter über herrschende Bedingungen und Anforderungen des Gebäudes helfen, den Betrieb gemeinsam zu optimieren. Es soll der Nachweis erbracht werden, dass das **Benutzungsverhalten** ohne subjektiven Komfortverlust positiv beeinflusst werden kann.

5 Detaillierte Beschreibung des Objektes

Pläne und Fotos finden sich im Anhang (Kapitel 14.1 und 14.2).

5.1 Einführung

Das W.E.I.Z. (Weizer Energie- Innovations- Zentrum) versteht sich als zukunftsweisendes Unternehmerzentrum, das für innovative Firmen mit dem Schwerpunkt Energie Büroräume flexibler Größe bietet. Zusätzlich sind im Gebäude Konferenz- und Medienräume untergebracht. Konstruktiv ist das W.E.I.Z. ein dreigeschossiger Holzskelettbau mit vorgefertigten Decken- und Wandelementen. Dem innovativen Anspruch der Errichtergesellschaft entsprechend, wurde in einem integrativen Planungsprozess mit dem Bauherrn, dem Architekturbüro Andexer & Moosbrugger aus Graz, sowie der AEE INTEC Gleisdorf ein wegweisendes Energie-, Konstruktions- und Architekturkonzept entwickelt und umgesetzt.

5.2 Bürobau im Passivhausstandard

Die konsequente Weiterentwicklung von Niedrigenergiehäusern führte zu Beginn der 90er Jahre zum Passivhauskonzept. Auf Grund einer Optimierung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle und Detaillösungen für eine hohe Luftdichtigkeit und minimierte Wärmebrücken, der Einsatz eines Erdregisters und einer hocheffizienten Wärmerückgewinnung zur Vorwärmung der Zuluft aus der Umgebung sind die Wärmeverluste so weit reduziert, dass die passiv solaren Gewinne und die ohnehin vorhandenen Wärmequellen durch Personen, Beleuchtung und Elektrogeräte ausreichen, den Wärmebedarf weitestgehend zu decken.

Auf ein konventionelles Heizsystem kann verzichtet werden, da die geringe Restheizlast solcher Gebäude mit dem hygienisch notwendigen Luftwechsel ohne Komforteinbußen eingebracht werden kann. Im Fall maximaler Heizlast sollten die erforderlichen Zulufttemperaturen 50 Grad C nicht überschreiten. Die somit definierten Grenzen für Luftmengen und Zulufttemperaturen führen zu einer maximal erforderlichen Heizlast von 10 Watt/m² Energiebezugsfläche.

Nicht nur die opaken Raumumschließungsflächen, sondern auch die Fenster solcher Gebäude liegen mit ihren sehr guten U-Werten kaum unter dem Temperaturniveau der Räume, so dass die bekannten ausgleichenden Maßnahmen wie Radiatoren unter den Fenstern entfallen.

In wie weit der Mehraufwand in die Gebäudehülle durch den verminderten Anlagenaufwand ausgeglichen wird, muss im Einzelfall geprüft werden. Bei einer sorgfältigen Planung sind jedoch der Komfortgewinn und die reduzierten laufenden Heizenergiekosten Argumente für eine Ausführung als Passivhaus.

Ein weiterer Aspekt, auch den Verwaltungsbau für dieses Gebäudekonzept zu erschließen, erklärt sich darin, dass im Gegensatz zum privaten Wohnungsbau individuelle Lösungen und Tradition eine eher untergeordnete Rolle spielen.

Nach dem in Deutschland als auch in Österreich die ersten Passivhäuser den Schritt aus der Forschung und Entwicklung in die Umsetzung erfolgreich vollzogen haben, entstehen nun die ersten Projekte im Verwaltungsbau. Liegt es doch auch nahe, die dort anfallenden relativ hohen internen Lasten durch EDV und Beleuchtung für die Gebäudebeheizung besser nutzbar zu machen und nicht an die Umwelt zu verlieren.

Mit dem W.E.I.Z. gelang in Österreich erstmals die Umsetzung des Passivhauskonzeptes im Nicht-Wohnungsbau.

5.3 Vergleich Wohnungs- und Verwaltungsbau

Die unterschiedliche Nutzungsweise von Büro- und Wohngebäuden muss zwar nicht zu einem anderen Heizungs- und Lüftungskonzept beim Passiv-Bürobau führen – es gibt jedoch einige Abweichungen, die sich sowohl auf den Heizenergiebedarf, als auch auf die maximal erforderliche Heizlast auswirken.

Der Heizlastreduktion durch höhere interne Gewinne im Bürobau steht eine Heizlasterhöhung aufgrund höherer Luftmengen jeweils während der Nutzung gegenüber. Die höhere Frischluftmenge erklärt sich aus der etwa zweifachen Belegungsdichte im Bürobau. Da Verwaltungsbauten außerhalb der Nutzungszeit mit 80 % Umluftanteil gefahren werden können – dies ermöglicht Regenerationsphasen für das Erdregister und reduziert die Lüftungswärmeverluste – liegt die maximal erforderliche Heizlast im Bürobau noch unter der eines in der Kubatur vergleichbaren Wohngebäudes und tritt üblicherweise in den späten Nachtstunden auf. Während des Zeitraumes von 22:00 bis 5:00 Uhr, in dem eine Belegung ausgeschlossen werden kann, wird das Gebäude im Umluftbetrieb beheizt und teilbelüftet.

Das W.E.I.Z. erreicht nach den Simulationsergebnissen $10,5 \text{ W/m}^2$ maximal erforderliche Heizlast für einen sehr extremen Auslegungsfall außerhalb der Nutzung mit Umluftbetrieb in den frühen Morgenstunden. Dabei sind die U-Werte der opaken Bauteile 15 bis 20% schlechter als bei den bisher ausgeführten kleineren Passivhausprojekten.

Möglich wurde diese Anpassung durch Parameterstudien der dynamischen Gebäudesimulation. Die Größe und Kompaktheit des W.E.I.Z. und das daraus folgende sehr guten Oberflächen-Volumenverhältnis waren die Voraussetzungen für gewisse Kompromisse bei der Gebäudehülle.

Der Heizenergiebedarf schneidet beim Verwaltungsgebäude im Vergleich mit einem sonst identischen Wohngebäude in Passivhausausführung ebenfalls günstiger ab, so dass die definierte Grenze von $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ leichter zu erzielen ist als im vergleichbaren Wohnungsbau. Der Grund liegt darin, dass im Verwaltungsbau die durchschnittlich drei mal höheren internen Gewinne während der Nutzung die kaum höheren Lüftungswärmeverluste (Umluftbetrieb ist beim Wohnungsbau nachts und am Wochenende nicht möglich) entsprechend übersteigen.

Durch mögliche Absenkezeiten am Wochenende und in der Nacht ist der Heizenergiebedarf jedoch nur geringfügig zu senken. Die Nachteile überwiegen dann sogar, wegen der in den Morgenstunden bis zu 20 % höheren Heizlastanforderung, die neben der höher zu installierenden Leistung auch einen entsprechenden Regelungsaufwand erfordert.

Die Regelung einer reinen Frischluftheizung im Passivbürobau mit zentraler Zulufterwärmung wirft größere Probleme auf als im Wohnungsbau mit dessen begrenzter Anzahl an Zuluftzonen und ausgeglichenen internen Wärmelasten. Die Alternative besteht in einer dezentralen Zuluftnacherwärmung über wassergeführte Heizregister mittels Zonenregelung. Beim Projekt W.E.I.Z. wählte man dennoch die Variante mit der zentralen Nacherwärmung in vier Heizkreisen, da so relevant Anlagentechnik eingespart werden konnte.

Grundsätzlich steht der Übertragbarkeit des Passivhauskonzeptes auf den Verwaltungsbau also nichts im Weg. Die Art der Nutzung und die in der Regel größere Kompaktheit solcher Gebäude ermöglichen sogar gewisse Kompromisse in der Gebäudehülle wie bei den Dämmstärken und den Fensterrahmen, die beim kleinen unverdichteten Passivhaus nicht möglich wären. Eine hohe Luftqualität und die nur geringfügig unter der Raumtemperatur liegenden Oberflächentemperatur der Umschließungsflächen sollten die Akzeptanz beim Nutzer fördern. Somit kommen in Zukunft auch Gemeindeämter, Schulen und Kindergärten neben dem Bürobau für das Passivhauskonzept in Frage.

5.4 Planungshilfe mittels dynamischer Gebäudesimulation

Im Fall des Weizer Energie- und Innovationszentrums wurde die Simulation als Planungshilfe in einem frühen Stadium konsequent eingesetzt. Der Messbericht (siehe Anhang, Kapitel 14.3) stellte das Pflichtenheft für die bauphysikalische Ausführung und die Dimensionierung der haustechnischen Anlagen dar. Dies war Voraussetzung, um das hochgesteckte Ziel des Passivhausstandards in Zusammenarbeit mit den Architekten, dem Statiker und dem ausführenden Heizungs- und Lüftungsplaner zu erreichen.

Die Wechselwirkungen zwischen den U-förmig angeordneten Büros und dem darin eingeschobenen Atrium beeinflusst im Winter- als auch im Sommerfall das Gebäudeklima entscheidend mit. Diese Wechselwirkungen zu erfassen, war nur durch eine komplexe Nachbildung des gesamten Gebäudes mit insgesamt 18 thermischen Zonen möglich.

Die Komplexität der Wechselwirkungen der inneren und äußeren Einflüsse auf das Gebäude, wie Außentemperatur, Sonnenstrahlung und Wind des lokalen Klimas, Verschattung, Benutzerverhalten, innere Wärmequellen, Lüftung und Regelungsstrategien können mit Hilfe dynamischer Simulationsprogramme sehr genau nachgebildet werden.

Der thermische Komfort für den Benutzer im Gebäude wird in Bezug auf Raumluft- und Strahlungstemperaturen der Bauteile ermittelt, was besonders in Bezug auf die sommerliche Tauglichkeit der Gebäudehülle von großer Bedeutung ist. Da sämtliche Bauteile in eine dynamische Simulation einfließen, werden auch Auswirkungen auf das thermische Verhalten der Zonen durch die Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile ersichtlich.

Nur durch die Auswertung dynamischer Simulationen ist es dem Planer möglich, ein komplexeres Gebäude (wie W.E.I.Z.) sowohl in energetischer als auch in ökonomischer Hinsicht zu optimieren.

5.5 Atrium mit zentralen Funktionen im Gebäudekonzept

Das kompakte dreigeschossige Gebäude weist U- und L-förmig angeordnete Büros auf, in denen das eingeschobene Atrium weitere Funktionsräume wie Besprechungsraum, Medien- und Konferenzraum und die Büros der Geschäftsführung aufnimmt.

Die Erschließung der Räume erfolgt über das Atrium mittels Laubengängen vor den Geschossen. Oberlichtfensterbänder in den Bürotrennwänden zum Atrium ermöglichen eine indirekte Beleuchtung über die großflächige Atriumdachverglasung, unterstützt durch Reflexionswände, wodurch eine gleichmäßigere Tageslichtsituation in der Raumtiefe der Büros realisiert wurde. In Verbindung mit der tageslichtabhängigen Beleuchtungsregelung an den Arbeitsplätzen werden die internen Lasten reduziert.

Neben seinen elementaren Funktionen steht das Atrium auch energetisch und lüftungstechnisch in Wechselwirkung mit dem gesamten Gebäude und ist somit ein fester Bestandteil des Gesamtkonzeptes. Die Kosten für die Lüftungsanlage konnten reduziert werden, da das Atrium selbst als luftführender Raum für die Abluft aus den Büros verwendet wird.

Zwei Abluftansaugstutzen im Nordtrakt des Atrium erzeugen dort einen Unterdruck und führen zu einer vollständigen Querströmung von den im Oberlichtbereich der Büros platzierten Zuluftauslässen über schallgedämmte Überströmöffnungen in den Trennwänden zu den Laubengängen des Atriums.

Das für die Atriumsnutzung als Verkehrsfläche ausreichende Temperaturniveau von minimal 15 Grad C kann nach den Ergebnissen der dynamischen Gebäudesimulation bereitgestellt und dort auf eine Zusatzheizung gänzlich verzichtet werden. Voraussetzung ist jedoch, das Gebäude ohne Nachtabsenkung zu fahren.

Die Simulation ergab eine Heizenergieeinsparung von nur 12 %, wenn das Gebäude zwischen 22:00 und 5:00 Uhr auf 15 Grad C abgesenkt würde. Die erforderliche Maximalheizlast steigt dann jedoch wie beschrieben, um 20 %. Durch den nächtlichen Umluftbetrieb kann der Mehrverbrauch auf Grund des Verzichts auf die Nachtabsenkung annähernd wieder ausgeglichen werden. Die Einsparung liegt dort bei 9 %.

Um einer in Zukunft veränderten Nutzung des Atriums gerecht zu werden, wurde im Fußboden eine wassergeführte Zusatzheizung installiert. Wird damit das Temperaturniveau des Atriums in kalten Perioden auf 20 Grad C gehalten, werden die Grenzwerte des Passivhausstandards nach den Simulationsergebnissen geringfügig überschritten. Das Heizungs- und Lüftungskonzept wird dadurch jedoch grundsätzlich nicht beeinflusst.

Neben seiner thermischen Pufferwirkung im Winter hat das Atrium eine entscheidende Funktion für die passive Schwerkraftkühlung in der Sommernacht.

Bei der durchschnittlichen Belegungsdichte von einer Person auf 15 m² Nutzfläche ergeben sich für die reine Büronutzfläche etwa 105 Arbeitsplätze. Mit der hygienisch notwendigen Frischluftmenge von 30m³/h pro Person wird somit eine Gesamtluftmenge von 3200 m³/h gefahren. In den Zulufräumen beträgt der Luftwechsel 0,8/h – im gesamten Gebäude 0,5/h. Für den Sommerfall besteht bei den Ventilatoren eine Leistungsreserve für eine annähernd doppelte Luftmenge.

Außerdem wird beim W.E.I.Z. bei extremen Wetterlagen im Sommer das Register auch zur Kühlung eingesetzt. Die zu erwartenden Kühllasten können, wie unten beschrieben jedoch nur eine unterstützende Wirkung erzielen.

5.6 Heizbetrieb der Lüftungsanlage

Das im W.E.I.Z. verlegte Erdregister (Erdreichwärmetauscher) wurde im Rahmen eines von der AEE Gleisdorf in Kooperation mit dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme durchgeführten Projektes im Detail untersucht und vermessen. Die Ergebnisse wurden u.a. im Rahmen des Haus der Zukunft Projektes „Passive Kühlkonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude mittels luft- bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauschern“ (AEE INTEC, 2002) dokumentiert.

Das Erdregister zur Vorkonditionierung der Außenluft wurde unter dem Kellerfundament verlegt. Durch seine Dreifachfunktion ist der Einsatz eines solchen Registers gerechtfertigt, wenn auch die Heizenergieeinsparung durch Simulationserfahrungen meist unter 5 % liegt. Bei vertretbaren baulichen Aufwand für ein solches Register kann jedoch auf eine elektrische Enteisierung am Doppelkreuzstromwärmetauscher verzichtet werden, wenn die Dimensionierung und Verlegetiefe des Erdwärmetauschers einen weitestgehend frostfreien Austritt erlaubt.

Der dort erfolgende Temperaturhub hängt vom Temperaturniveau des Abluftraumes Atrium ab, das bei größeren Gebäudeheizlasten noch mindestens 15 Grad C aufweist. Beim Austritt aus dem Wärmetauscher werden mindestens 12 bis 13 Grad C erreicht. Bei minus 10-gradiger Außenluft ergibt sich durch das Erdregister und den Wärmetauscher eine Reduktion an Lüftungswärmeverlusten von 23 kW! Dies zeigt anschaulich das energetische Einsparpotential durch eine effiziente Wärmerückgewinnung auf – liegt doch die restliche Gebäudeheizlast mit den verbleibenden Lüftungswärme- und Transmissionswärmeverlusten nur geringfügig über 23 kW.

Nach dieser Vorkonditionierung wird die Zuluft durch eine Fernwärmeübergabestation in vier Heizkreisen auf die erforderlichen Temperaturniveaus nachgeheizt. Jedes Bürogeschoß erhält einen separaten Heizkreis. Ein vierter Heizkreis versorgt die Funktionsräume im Atrium. Die Simulation ergab eine maximale Zulufttemperatur von 45 Grad C im Heizkreis Obergeschoß bei einer Außentemperatur von –15 Grad C im dynamischen Verlauf. Verschmelzung von Staubpartikeln, die in der Vergangenheit bei 50 bis 60-gradigen Zulufttemperaturen auftraten und zu einer Komforteinschränkung führten, sind somit ausgeschlossen.

Ein zentral angeordneter Technikraum im unterkellerten Bereich des Gebäudes ermöglicht einen minimalen Rohrleitungsaufwand zur Verteilung der vier HL-Kreise. Bevor die Zuluft im Bereich der Büro-Oberlichter eingebracht wird, findet sie über verdeckt angeordnete Sammelkanäle unter den Laubengängen den Weg in die Einzelbüros. Dies ermöglicht eine gerichtete Durchströmung (Vermeidung von Kurzschlüssen) und gleichmäßige Vermischung in den Büroräumen mit anschließender Überströmung in das Atrium. Zu- und Abluftmenge sind ausbalanciert, um unnötige Lüftungswärmeverluste durch Druckdifferenzen zu vermeiden.

Die Hauptabluftmenge wird im Atrium im Außenwandbereich durch zwei Steigrohre entnommen. Somit kann die gerichtete Strömung dort fortgesetzt und eine gleichmäßige indirekte Beheizung des Atriums ermöglicht werden. In den drei geschoßweise zentral übereinander angeordneten Sanitär- und Küchenzonen wird dreimal 120 m³/h als Restabluft über einen Abluftschacht auf kurzem Weg in den Technikraum zurückgeführt.

Bei einer Umgebungstemperatur von 14 Grad C ist die Heizgrenze für das Weizer Energie- und Innovationszentrum bereits überschritten. Die Lüftungsanlage wird bei anhaltenden Temperaturen über dieser Grenze abgestellt und der hygienisch notwendige Luftwechsel kann durch gekippte Fensterflügel gewährleistet werden.

5.7 Sommerlicher Überhitzungsschutz

Bereits zu Beginn der Planungsphase galt als erklärtes Ziel auf eine konventionelle kostenintensive Klimatisierung im Sommer zu verzichten.

Da das im mehrgeschossigen Holzbau errichtete Gebäude nur über begrenzte Speichermassen - vor allem in den Zuluftzonen der Büros - verfügt, wurde das sommerliche Temperaturverhalten genau untersucht.

Die durch passiv solare Gewinne verursachten unerwünschten Temperaturerhebungen werden durch außenliegende variable Verschattungselemente an den Bürofenstern reduziert. Die transparenten Anteile mit ca. 40 % in der Außenhülle der Büros wurden für Verwaltungsbauverhältnisse moderat in Grenzen gehalten. Unterschreitet die Resttransmission der Verschattung 20%, muß jedoch mit Erhöhung der internen Lasten durch die tageslichtabhängige Kunstlichtregelung gerechnet werden. Im Atrium wurde die Verschattung innenliegend unter der horizontalen Dachverglasung dichtschießend und mit maximal 10% Transmission ausgeführt.

Es sind vor allem die Westzonen der Büros, die durch die tiefstehende Sommersonne in Summe mit den internen Lasten durch die EDV am meisten belastet werden und wo eine dreistufige Kühlstrategie durch die Simulation auf ihre Funktionalität untersucht und optimiert wurde.

Außerhalb der Heizperiode und bei Außentemperaturen unter 27 Grad C wird der Frischluftbedarf und eine gewisse Grundkühllast über automatisch öffnbare Oberlichter abgedeckt. Weiterhin besteht überall manuell die Möglichkeit Fenster zu öffnen.

Bei Außentemperaturen über 27 Grad C sollten die Fenster geschlossen bleiben, um die Innentemperatur neben den Einflüssen der internen und passiv solaren Lasten nicht auch noch einem warmen Konvektionsstrom aus der Umgebung auszusetzen. Der Einsatz der Lüftungsanlage mit Vorkonditionierung der Luft über den Erdwärmetauscher setzt bei solchen Wetterlagen automatisch ein, um die Luftqualität zu gewährleisten und Temperaturspitzen um 2 bis 3 Kelvin zu senken.

Das innenliegende Atrium bietet sich für die passive Schwerkraftkühlung geradezu an. Das Prinzip besteht in der Herunterkühlung relevanter Speichermassen durch die abendliche und nächtliche Temperaturdifferenz des Gebäudes mit der Umgebung. Bei Bedarf wird am späten Nachmittag und in der Nacht über geöffnete Oberlichter und die Überströmöffnungen zum Atrium eine Querlüftung mit Außenlufttemperaturniveau erzeugt. Der Motor dazu ist der Auftrieb der warmen Luftmassen im Atrium. Erfahrungsgemäß sollte der freie Querschnitt im Atriumdach 5 % der Atriumsgrundfläche – beim W.E.I.Z. 12 m² - nicht unterschreiten. Ein Aufschaukeln der Innentemperaturen während längerer Hitzeperioden wird so abgedämpft und weitestgehend in einem akzeptablen Rahmen gehalten.

Die Nachtkühlung mit Hilfe des Atriums bringt gegenüber der reinen Fensterlüftung etwa eine Verdoppelung des Außenluftwechsels für die Büros, ohne das zusätzliche Antriebsleistung für Ventilatoren erforderlich wird.

Während längerer Hitzeperioden im Sommer reichen nach den Ergebnissen der Simulation die passiven Kühlmaßnahmen allein nicht aus, um vor allem die Westzonen auf 27 Grad C zu begrenzen. In einem reinen Massivbau ließen sich leicht die Speichermassen durch das hohe Atrium mittels der Schwerkraftkühlung relevant abkühlen um so die Tageslasten ausreichend abzuf puffern.

Während der Perioden mit Außentemperaturen über 27 Grad C wurde in der Simulation das Erdregister zur aktiven Kühlung mit dem für die Lüftungsanlage ausgelegten Massenstrom von 3200m³/h befahren. Dieser kann bei einer Austrittstemperatur von 13 Grad C und einer Zonentemperatur von 26 Grad C ca. 13 KW Kühlleistung liefern. Für die Problemzonen der Büros ist die Überschreitungshäufigkeit von 27 Grad C dann vertretbar gering, zumal sich die Luftmenge und damit die Kühlleistung für die kurzen Phasen auf über 5000 m³/h erhöhen lässt und somit eine Sicherheitsreserve besteht. Die große Verlegetiefe des Erdregisters und regelmäßige Regenerationsphasen sind im Winter wie auch im Sommer günstige Voraussetzungen für einen effizienten Betrieb.

Bei sommerlicher Erdregisterkühlung wird die Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage durch einen Bypass umfahren. Auch das Erdregister wurde mit einem solchen Bypass ausgestattet, um bei den Temperaturschwankungen im Frühling dem Wärmetauscher immer das höchste Temperaturniveau zur Verfügung zu stellen

6 Planungserfahrungen – Architektur und Bautechnik

Die folgenden Ausführungen fassen die Erfahrungen des für die Planung und Errichtung verantwortlichen Architektenteams (Verfasser Dipl.-Ing. Moosbrugger) zusammen.

6.1 Planungsgrundlagen

W.E.I.Z. versteht sich als zukunftsweisendes Unternehmenszentrum. Es bietet Büroräume in flexibler Größe für innovative Firmen (mit Schwerpunkt Energie) mit gleichzeitiger Betreuung durch das W.E.I.Z.- Management im Haus. Zusätzlich zu den Büroräumen werden Medien-, Besprechungs- und Konferenzräume angeboten.

W.E.I.Z. Weizer-Energie-Innovations-Zentrum –

der Name und somit auch der programmatische Anspruch des Bauherrn stand zu Projektbeginn fest.

Mit dem W.E.I.Z. sollte ein Modell realisiert werden, das als Prototyp Lern-, Überprüfungs- und Forschungsprojekt ist, als gebautes Beispiel ein Beitrag zur sinnvollen Weiterentwicklung nachhaltigen energieeffizienten, ressourcenschonenden Bauens.

Durch eine gesamtheitliche Planung und Optimierung der Gebäude- und Klimatechnik und möglichst geringen Kapitaleinsatz soll hoher Komfort, minimale Energiekosten und hohe Flexibilität in der Nutzung erreicht werden.

Hochgesteckte Ziele und Wünsche des Bauherrn - um sie zu erreichen war ihm bewusst, dass:

- ⚡ Innovation das Gehen neuer Wege ist und Mut für alle Beteiligten bedeutet
- ⚡ Vertrauen in alle Projektbeteiligten erforderlich ist,
- ⚡ Grenzen und Möglichkeiten auszuloten sind,
- ⚡ Lernbereitschaft bei der Umsetzung und dem Ergebnis erforderlich ist
- ⚡ und die Bereitschaft Verantwortung dafür zu tragen, dass man auf Neuland unterwegs ist, einen Prototyp realisiert, der ev. Feinabstimmungen bzw. Nachbesserung erfordert.

6.2 Umsetzung des Passivhaus - Konzeptes

Der innovative Anspruch des Hauses wird unterstützt durch ein durchdachtes Architektur-Konstruktions – und Energiekonzept:

Das W.E.I.Z. ist ein kompaktes, dreigeschossiges Bürohaus, das im Wesentlichen aus 2 Elementen besteht: den Büros und dem Atrium.

Die Büros sind L- bzw. U-förmig um das Atrium, eine 3-geschoßige verglaste Halle, angeordnet. Diese Anordnung ermöglicht große, flexible Bürotiefen durch die beidseitige Belichtungsmöglichkeit. Die Halle selbst ist der Kommunikationsbereich des Gebäudes, in dem die Erschließungs- (Treppe, Gänge, Lift) und die Allgemeinbereiche (Konferenz-, Medien- und Besprechungsräume, Teeküchen) angeordnet sind.

Konstruktiv ist das W.E.I.Z. ein 3-geschoßiger Holzskelettbau mit nach oben sich verjüngenden Leimholzstützen und Leimholzträgern, ausgefacht mit vorgefertigten, verleimten Brettstapeldecken und vorgefertigten Wandelementen. Die Gebäudehülle ist hinsichtlich Wärmeschutz und Dichtheit optimiert: U-Wert Dach: 0,1 W/m²k, Wände 0,12 W/m²k, Fenster 0,7 W/m²k

6.3 Der Planungsprozess

Mit diesen Parametern wurde die dynamische Gebäudesimulation der AEE INTEC auf Basis des Vorentwurfes durchgeführt: Sie sollte einerseits die Parameter für die weiteren Planungsschritte festlegen und andererseits dem Bauherrn die Klarheit darüber verschaffen, unter welchen Prämissen eine Realisierung möglich ist.

Die Zusammenarbeit mit dem für die Simulation verantwortlichen Experten war ein intensiver Prozess, während dem ausgelotet wurde, was sinnvoll möglich ist, analysiert und berechnet was Adaptionen in diesem oder jenem Bereich bedeuten.

Bauteile wurden optimiert und auch geändert, wenn erforderlich (Speichermassen), Szenarien und Lösungsvorschläge entwickelt, Anforderungen und Toleranzen in Absprache mit dem Bauherrn festgelegt (durch die komplexe Aufgabenstellung und Anforderung hätten übliche Berechnungs- und Dimensionierungsmethoden versagt, bzw. hätte eine Berechnung, der Norm entsprechend, die die gegenseitigen Einflussparameter außer Acht lässt, zu einem nicht realisierbaren Ergebnis geführt).

Das Ergebnis entwickelte sich zur Grundlage für die weitere Bearbeitung aller am Planungsprozess Beteiligten.

Während der weiteren Planungsphase mussten natürlich auch noch andere Parameter mitberücksichtigt werden wie z.B. Anforderungen der Gewerbebehörde (höhere erforderlicher hygienischer Luftwechsel), Dimensionierung und Lage des Erdregisters in Abstimmung mit der Gründung, technische Erfordernisse und Möglichkeiten,

Als problematisch erwiesen sich Unsicherheiten über die zukünftige Mieterverhalten (Entscheidung für individuelle Regelbarkeit oder Regelungen, die zentral zu steuern sind), und vor allem wirtschaftliche Aspekte, da trotz des hohen Anspruches die finanziellen Mittel durch die Auftraggeber gedeckt waren.

Die weitere Planungsphase wurde in einem engen Terminrahmen in ca. 5 Monaten durchgeführt. Das war nur möglich, da einerseits der Bauherr in der Person von Franz Kern (Dipl.-Ing. für Maschinenbau), fachlich kompetent in allen Fragen bewandert war, und andererseits das Projektteam sich der Aufgabenstellung voll annahm und intensiv zusammenarbeitete.

Vorschläge zur Verbesserung:

Um den Planungsprozess zu optimieren und zu verbessern, muss das ganze Projektteam (inkl. HLS, Elektro und Bauphysik) schon in der Erstellung der Simulationsparameter miteingebunden werden.

Weiters erscheint es im nachhinein sinnvoll, Anforderungen ans das Benutzerprofil und Anforderungen an die Flexibilität in der weiteren Benützung möglichst exakt zu definieren und klar zu verdeutlichen, was möglich ist und welche Rahmenbedingungen einzuhalten sind.

6.4 Ausführungsphase

Ähnlich der Planungsphase war auch für die Bauzeit ein kurzer Zeitrahmen festgelegt worden (Februar bis Oktober 1999). Die beabsichtigte kurze Bauzeit war natürlich auch schon in der Planung für Konstruktions- bzw. Materialentscheidungen zu berücksichtigen:

In der Planungsphase war ein hohes Maß an Vorfertigung vorgesehen- gleichzeitig gab es seitens des Bauherrn den Wunsch, ein hohes Maß an Flexibilität für die spätere Nutzung zu erreichen und auch eventueller Mieterwünsche, die während der Bauzeit auftreten würden, zu ermöglichen (- die endgültige Vermarktung des Projektes und Fixierung der einzelnen Mieter erfolgte während der Bauzeit -) was natürlich zu einem hohen Vorfertigungsgrad im Widerspruch stand. Die Wahl für die Konstruktion fiel daher auf ein Holzskelettsystem mit durchlaufenden, nach oben sich verjüngenden Stützen, eingehängten Trägern und Brettstapelelementdecken. Dieses System erlaubte uns die Flexibilität in der Grundrissgestaltung - wobei zu berücksichtigen war, das durch dieses System größere Maßtoleranzen als gegenüber Tafelbauten zu bewältigen waren.

Ein weiterer Aspekt ist diesem Zusammenhang zu erwähnen:

Seitens des Bauherrn war es der Wunsch, möglichst viele Firmen der Region in die Ausführung mit

einzubinden- es sollte diesen Firmen ermöglichen, am „Know-how“ bei der Realisierung von Passivhäusern mitzuwirken und so einen Kompetenz- und Erfahrungsvorsprung für zukünftige Projekte zu erwerben – wobei wiederum zu beachten ist, dass durch das Mitwirken vieler verschiedener Firmen das Maß an Vorfertigung eingeschränkt ist - so wurden z.B. Fenster und Holzbau getrennt vergeben, was einerseits das Maß der Vorfertigung bei den Wandelementen einschränkt, als auch die Risiken für Einbauungenauigkeiten und Fehler erhöht- spez. beim Bau eines Passivhauses in Bezug auf Luftdichtigkeiten und Vermeidung von Wärmebrücken.

Vorschläge zur Verbesserung:

Trotz sorgfältiger Planung und Unterweisen aller am Bau Beteiligten über die Sorgsamkeit und Genauigkeit der Ausführung ist die Herstellungsüberwachung auf der Baustelle von großer Bedeutung, insbesondere in den Bereichen wo Gewerke ineinander greifen - diese Anforderung ist im Rahmen einer üblichen Bauleitung nur schwer zu erfüllen.

Hier braucht es für Projekte, die sich über die Grenzen des üblichen Baugeschehens wagen, zusätzliche Unterstützung (Bereitstellung von beratenden Fachleuten, Finanzierungsquellen für zusätzliche Koordinations-, Schulungs- und Informationstätigkeit).

6.5 Weitere Erfahrungen nach Baufertigstellung

Verständnis des Funktionieren des Organismus Passivhaus

Wesentlich zum Gesamtgelingen des W.E.I.Z. tragen die Mieter des Hauses bei.

Die Mieterauswahl fand unter dem Gesichtspunkt statt, dass der Schwerpunkt ihrer Arbeit der Themenbereich Energie ist - um eine inhaltliche Vernetzung und Kooperation unter den Mietern zu erreichen. Die Tatsache, dass die Mieter mit der Thematik vertraut waren, ermögliehe das leichtere Verständnis für das Funktionieren des Hauses.

Individuelle Regelbarkeit, Regelung- Benützung

Schon in der Planungsphase wurde diskutiert, welche „Bevormundungen“, die für das Funktionieren des gesamten Hauses im Regelungssystem notwendig waren, in der Benützung dem Mieter zuzumuten sind und welche individuelle Regelungen trotzdem möglich sein müssen. In den meisten Fällen (... von individueller Raumtemperaturregelungen im begrenzten Ausmaß, von Unterbrechungsmöglichkeit der Jalousiensteuerung und Meldesensoren bei geöffneten Fenstern und die Rückmeldung über die Zentrale zu den jeweiligen Mieter, zentral gesteuerter Umluftbetrieb während der Nacht und am Wochenende, etc. ...) werden die Regelungen nicht als Einschränkung empfunden.

Probleme bei der Nachtlüftung

In der Simulation war vorgesehen, dass in den Büros über gekippte Außenfenster und geöffnete Lüftungsklappen von den Büros zum Atrium eine Nachtlüftung durchgeführt werden sollte. Auf diese Notwendigkeit, die nur manuell zu handhaben ist, wurde anfangs oft vergessen, was dazu führte, dass keine relevante Nachtabkühlung in den Büros stattfand.

Farbgestaltung und Temperaturwahrnehmung, Materialien und Behaglichkeit

Wie schon bei der Auslegung des Erdregisters und der Speichermassen für den Sommerfall lag dem Konzept der Farbgestaltung zugrunde, dass die „Atmosphäre“ im Gebäudeinneren in den Sommermonaten nicht zu „warm“ erscheint.

Weiters war vorgeschlagen, im Bereich der Halle die Lichtquellen mit Farbfiltern zu versehen, die je nach Bedarf ein anderes Lichtspektrum zur Verfügung stellen sollten (im Sommer kühlendes Licht - im Winter wärmendes Licht). Es kam jedoch leider nicht zur Ausführung. In Zusammenarbeit mit dem im W.E.I.Z. eingemieteten Joanneum Research Institut für Nichtinvasive Diagnostik (Prof. Dr. Max Moser) sollte untersucht werden, wieweit Temperaturwahrnehmungen sich mit Licht verändern lassen.

Schallanforderungen

In der Planung wurde auf die Schallabschottung zwischen den Büros und zwischen Büro und Atrium großer Wert gelegt. Die Erfahrung ergab, dass diese Maßnahme zwischen den Büros wichtig ist, auf die Schallabschottung von den Büros zum Atrium zu großer Wert gelegt wurde, da die Wahrnehmung von Aktivitäten in der Halle als nicht störend empfunden werden.

Luftaustausch innerhalb des Gebäudes

Hauptaugenmerk der Planung lag auf der Herstellung einer dichten Gebäudehülle. Dem Luftaustausch innerhalb des Gebäudes z.B. über Leerverrohrungen der Elektroleitungen zwischen den einzelnen Büros wurde aus Kostengründen und in der Annahme ähnlicher Konditionierung der einzelnen Büros nicht das gleiche Augenmerk aufgewendet wie für die Außenhülle. In der Benützung ergab sich keine Beeinträchtigung, das Problem das jedoch auftrat war, das eine relevante Blower- Door- Messung nur unter Einbeziehung des ganzen Hauses stattfinden kann.

7 Planungserfahrungen Haustechnik

Die folgenden Ausführungen fassen die Erfahrungen des für die Planung und Errichtung verantwortlichen Planers (Verfasser Dipl.-Ing. Ingo Sonnek) zusammen.

7.1 Ausgangssituation

7.1.1 Planungsrelevante Vorgaben

Zum Zeitpunkt des Projektbeginns lagen für die Ausführung der Haustechnik naturgemäß keine praktischen Erfahrungen aus anderen Büro- Passivhäusern vor. Anhaltspunkte lieferten nur die Erkenntnisse aus Bau und Betrieb der bis dahin errichteten Passiv - Wohnbauten.

Wesentliche Grundlage bildeten die Vorgaben aus der vorliegenden dynamischen Gebäudesimulation. Diese berücksichtigte bereits die im Vergleich zu Wohnbauten höheren internen Wärmelasten und auch die höhere Personenbelegung.

Ein konventionelles Heizsystem war nicht vorgesehen, sollten die internen Wärmelasten (Personen, Maschinen, Beleuchtung) und externen Wärmegewinne (Sonneneinstrahlung) zur Beheizung nicht ausreichen, war die Abdeckung der Restwärme über die zentrale Lüftungsanlage möglich. Deren hygienischer Luftwechsel war mit einer Außenlufttrate von 30 m³ pro Person vorgegeben.

Für die Anlagenkonzeption waren in der Gebäudesimulation ebenfalls bereits enge Grenzen gesteckt:

- ⚡ Die Lüftung des gesamten Gebäudes sollte über eine zentrale Lüftungsanlage erfolgen.
- ⚡ Zur Vorwärmung im Winter und zur Kühlung im Sommer sollte die Ansaugung der Außenluft über einen Erdspeicher geführt werden.
- ⚡ Zur Rückgewinnung der Abwärme aus der Fortluft für die Vorwärmung der Außenluft war ein hocheffizienter Wärmetauscher gefordert.
- ⚡ Die Zuluftführung war in insgesamt vier Zonen mit separater Nachheizmöglichkeit geteilt.
- ⚡ Die Belüftung der Büroräume selbst war mit Überdruck vorgesehen, die Entlüftung sollte durch Überströmgitter in das Atrium erfolgen.
- ⚡ Die gesamte Abluft sollte über das Atrium geführt werden.
- ⚡ Wesentliche Voraussetzung für die Haustechnikplanung war die Vorgabe der Objektnutzung als reines Bürogebäude, also ohne Werkstätten, Labors u. dgl.

Für den Haustechnikplaner stellten sich bei diesem technisch innovativen Bauvorhaben folgende weitere Aufgaben:

- ⚡ Trotz Einführung von technischen Neuerungen ist immer dafür zu sorgen, dass der spätere Nutzer nicht zum Versuchskaninchen wird.
- ⚡ Obwohl das Haus ein Passivhaus ist, ist es primär ein Bürogebäude, das dem Errichter und Betreiber bei aller Liebe zur Technik einen vernünftigen wirtschaftlichen Ertrag bringen muss.
- ⚡ Die Systeme sollten ohne exotische Komponenten auskommen können, die Lösung sollte so einfach wie möglich und so kompliziert wie nötig sein.
- ⚡ Der Benutzer sollte sich so wenig wie möglich an das Haus anpassen müssen, sondern das Haus sollte an die Benutzerbedürfnisse möglichst gut anpassbar sein.

7.1.2 Planungsgrundlagen

Die Tatsache, dass das Haustechnik-Planungsbüro über ein prozessorientiertes Qualitäts-Managementsystem verfügt, erwies sich bei diesem Projekt als besonders wertvoll und hilfreich. Qualität wird darin definiert als Erfüllung des Kundenwunsches, wobei als Kunde natürlich primär der Bauherr und in der Folge aber auch die Nutzer zu sehen sind.

Für das Projekt wurden von Planungsbeginn an die aktuellen Planungsgrundlagen in einem eigenen Dokument zusammengefasst. Dieses wurde während des gesamten Planungsprozesses ständig aktualisiert und allen Planungspartnern übermittelt.

7.1.3 Lasten- und Pflichtenheft

Wesentlicher Bestandteil dieser Planungsgrundlagen bildeten das Lasten- und Pflichtenheft. Das Lastenheft beinhaltet den Kundenwunsch und enthält daher alle Planungsvorgaben von Bauherren, Architekturplanung, Nutzern, aber auch Behörden, Ver- und Entsorgungsunternehmen u.s.w.

Das Pflichtenheft ist getrennt davon und umfasst alle Angaben darüber, wie die Anlage im Einzelnen aussieht, die der Planer zu realisieren gedenkt, ist im Wesentlichen also eine detaillierte technische Beschreibung der Anlage, die im Laufe des Planungsprozesses wächst und schließlich in die Ausschreibungsunterlagen übernommen wird.

Die Forderung nach einem möglichst detaillierten Lastenheft zwingt den Planer, sich mit den Planungsvorgaben sehr intensiv auseinanderzusetzen. Bauherr, Architekt und Nutzer sind jedoch im Vorfeld der Planung meist nicht in der Lage, jene verlässlichen und bindenden Angaben und Eckdaten zu liefern oder nur zu bestätigen, die für die Haustechnikplanung notwendig sind. Daher hat der Planer die Aufgabe, aktiv alle Vorgaben aus dem ganzen Planungsumfeld systematisch zu hinterfragen.

7.1.4 Behördenauflagen

Im gegenständlichen Fall wurde im Zuge der Lastenhefterstellung vom Haustechnik-Planer u. a. vorsorglich ein Gespräch mit der Gewerbebehörde veranlasst, das wichtige Auswirkungen auf die Planung der Lüftungsanlage hatte:

In einem Betriebsgebäude müssen die Anforderungen des Arbeitnehmerschutzes erfüllt sein. Zu beachten war in diesem Zusammenhang, dass die ordnungsgemäße Funktion der Lüftungsanlage nur bei geschlossenen Fenstern gegeben ist.

Für die Auslegung der Lüftungsanlage wurde statt der in der Anlagensimulation vorgesehenen Außenluftfrate von 30 m³ pro Person und Stunde die Einhaltung des Mindestwertes für den hygienischen Luftwechsel gemäß Allgemeiner Arbeitnehmer-Schutzverordnung (AAV) in der Höhe von 35 m³ pro Person und Stunde verlangt, dies allerdings nur unter der Auflage eines generellen Rauchverbotes im Gebäude.

Für den Fall einer generellen Raucherlaubnis wurde von der Behörde ein hygienischer Luftwechsel von 50 m³ pro Stunde und Person vorgeschrieben.

Das Raucherproblem

Eine ergänzende Gebäudesimulation mit diesem letzteren Wert ergab, dass damit der Standard eines Passivhauses nicht zu halten sein würde. Wichtige Erkenntnis im Vorfeld: Raucherlaubnis und Passivhausstandard sind unvereinbar!

In Abstimmung mit dem Bauherrn wurde für die weitere Planung festgelegt, dass die Lüftungsanlage in Unkenntnis der künftigen Mieterstruktur zwar für 50 m³/h ausgelegt werden sollte, in der Folge jedoch für den tatsächlichen Betrieb im Haus ein generelles Rauchverbot anzustreben sei, um die Anlage mit dem niedrigeren Luftwechsel betreiben und den Standard als Passivhaus erhalten zu können. Für die Raucher sollten Begleitmaßnahmen überlegt werden.

7.1.5 Raumkühlung

Eine Kälteanlage für die Kaltwasserversorgung der zentralen Lüftungsanlage oder für Umluft-Kühlgeräte in den Büroräumen war nicht vorzusehen.

7.2 Der Planungsprozess

Für die Durchführung der Planung einschließlich Abstimmung mit allen Gewerken stand bis zur Aussendung der fertigen Ausschreibung ein Zeitraum von 5 Monaten zur Verfügung.

7.2.1 Integrierte, interdisziplinäre Planung

Angesichts des knappen Zeitbudgets und der Herausforderungen an Technik, Koordination und Planungsvolumen ergab sich die Notwendigkeit nach einer integrierten, interdisziplinären Planung, die letztlich auch gelang, weil

- ⚡ von allen Projektpartnern sehr große Disziplin eingehalten wurde,
- ⚡ regelmäßige und straff geführte Planergespräche sich als äußerst effizient erwiesen,
- ⚡ hohe gegenseitige Rücksichtnahme und persönlich gute Atmosphäre gegeben waren und
- ⚡ die intensive Zusammenarbeit und fachliche Abstimmung zwischen Architektur, Statik und Gebäudetechnik sehr gut funktionierte.

Standen von Bauherrenseite Entscheidungen aus, die den Planungsfortschritt gefährden hätten können, wurde vom Planungsteam gemeinsam sanft (aber nachdrücklich) auf Erledigung gedrängt.

7.2.2 Erdspeicher

Für die technische Ausarbeitung der Gebäudetechnik stellten sich keine größeren Schwierigkeiten. Unsicherheit bestand lediglich im Hinblick auf die Dimensionierung des Erdspeichers, für die zum Zeitpunkt der Planung noch keine wissenschaftlich fundierten Daten verfügbar waren.

Dessen Größe und Ausführung ergab sich letztlich aus seiner Lage unter dem Kellerboden, wobei die Erfordernisse der Statik (Fundamente) und Technik (Lift) seine Ausdehnung etwas reduzierten.

Der Erdspeicher ist auch ein schnittstellenreicher Bauteil, an dem Bauplaner, Statiker, Haustechniker und eventuell Bodengutachter mitwirken.

7.2.3 Technikzentrale

Die Lüftungszentrale befindet sich im Keller und wurde ausreichend groß bemessen, um gute Zugänglichkeit der Anlagen für Wartung und Inspektion zu ermöglichen.

Sehr von Vorteil waren auch die großen Einbringschächte und die direkte Zugänglichkeit des Kellergeschoßes von außen.

7.2.4 Lüftungsgerät

An das zentrale Lüftungsgerät wurden u. a. folgende Anforderungen gestellt:

- ⚡ Es muss darauf geachtet werden, dass es insbesondere im Sommerbetrieb nicht zu unerwünschten Wärmegevinnen durch Ventilatormotoren kommt. Letztere wurden daher – wo erforderlich – außerhalb des Luftstromes situiert.
- ⚡ Auf die Effizienz der Wärmerückgewinnungseinrichtungen ist besonderes Augenmerk zu legen, es wurden daher doppelte Wärmetauscher ausgeführt.
- ⚡ Ein Leerteil ist vorzusehen, um später erforderlichenfalls ein Kühlregister nachrüsten zu können.

Obwohl sie die Gesamtenergiebilanz negativ belasten, wurden für jede der Lüftungszonen elektrisch beheizte Dampf- Luftbefeuchter installiert, um im Winterbetrieb die erforderliche Luftfeuchtigkeit zu ermöglichen.

7.2.5 Lüftungszonen

Für die gemeinsam genutzten Besprechungsräume im 1. Obergeschoß und den Medienraum im Erdgeschoß wurden jeweils eigene Lüftungszonen geschaffen, sodass in diesen Bereichen Raucherlaubnis möglich ist.

Die Büros werden über drei getrennte Lüftungszonen versorgt, wobei die Regelung der Zulufttemperatur über einen Mittelwert aus drei Räumen der Zone erfolgt. Eine Einzelraumregelung wäre zu aufwändig geworden. Jedoch besitzt jedes Büro die Möglichkeit einer Nachheizung der Zuluft über ein Elektro- Heizregister, um fehlende interne Wärmelasten (z. B. weniger Computer im Einsatz) auszugleichen.

7.2.6 Luftführung

Folgende Punkte waren u. a. zu beachten:

- ⊘ Um Strömungskurzschlüsse und „tote Ecken“ zu vermeiden, war wegen der geringen erforderlichen Luftmengen in den Büros die richtige Ausführung und Situierung der Zuluftauslässe sicherzustellen.
- ⊘ Die Überströmgitter aus den Büros ins Atrium mussten individuell regelbar sein. Weiters mussten sie den Schalldämmwert der Zwischenwand zum Atrium von 36 dB(A) erreichen
- ⊘ Die Führung der Verteilkanäle der Sammelleitungen zu den Büros sowie die Schalldämpfer und Volumenstromregler zu den einzelnen Büros sollten im Bereich der Erschließungsgänge freiliegend sichtbar bleiben und mussten daher optisch ansprechend gestaltet werden

7.2.7 Fußbodenheizung

Wie es sich für ein übliches Passivhaus gehört, sollten im Gebäude keinerlei Heizflächen vorgesehen werden. Im architektonischen Raumkonzept ergab sich für den Verwaltungsbereich eine Lage im Erdgeschoss an der Nord-Ostseite des Gebäudes. Im Winter war in diesen Räumen praktisch keine nennenswerte Sonneneinstrahlung zu erwarten.

Verschlechtert wurde die Situation noch zusätzlich durch die Lage nahe am Haupteingang, in dem trotz Windfang mit deutlichem Kaltlufteinfall zu rechnen war. In abgeschwächter Weise galten diese Bedingungen auch für das Atrium.

Vom Planer wurde daher für diese beiden Bereiche eine Fußbodenheizung vorgeschlagen, um Probleme mit mangelnder Behaglichkeit von vorn herein zu vermeiden und um die Nutzung beider Raumbereiche auch bei extremer Kälte vollumfänglich zu sichern.

Zum Glück für das Projekt und die Mitarbeiter in der Administration konnten sich in diesem Fall die „Praktiker“ gegen die Vertreter der „reinen Passivhaus- Lehre“ durchsetzen, denn im Nachhinein erwies sich das Vorhandensein einer Fußbodenheizung insbesondere in den Verwaltungsräumen als absolut notwendig.

Auch in den Sanitäräumen wurden jeweils Fußbodenheizungen realisiert.

7.3 Die Ausführungsphase

7.3.1 Anforderungen an die Professionisten

Wie in den anderen Gewerken wurde seitens des Bauherrn auch in der Haustechnik darauf geachtet, dass einheimische Unternehmen die Ausführung übernehmen konnten, um passivhausrelevantes Fachwissen in der Region zu entwickeln.

Bei diesbezüglichen Überlegungen ist zu beachten:

- ⚡ Hinsichtlich der Ausführung der Lüftungsanlage werden an die ausführenden Firmen sehr hohe qualitative Anforderungen gestellt (z.B. betreffend Luftdichtheit und optischer Ansprüche). Konsequenterweise sollten auch nur Firmen eingesetzt werden, die nachweislich über entsprechende Erfahrung besitzen.
- ⚡ Nach Fertigstellung der Lüftungsanlage ist auch seitens des Ausführenden eine sorgfältige Nachbetreuung notwendig. Vertraglich vereinbarte Leistungen wie genaue Luftmengenmessungen und Einregulierungen an der gesamten Anlage stellen wesentliche Qualitätskriterien dar und dürfen keine „lästigen“ Nebensächlichkeiten sein.
- ⚡ Der Ausführende muss in der Lage und willens sein, eine tadellose, vollständige und genaue Anlagendokumentation zu erstellen. Kurz gesagt sollten die ausgewählten Professionisten das sein, was ihr Name suggeriert: professionell.

7.3.2 Systemintegration

Im gegenständlichen Fall wurde aus Kostengründen lediglich die Regelungstechnik ohne Leittechnik ausgeschrieben bzw. ausgeführt. Die zentrale Leittechnik konnte erst zu einem späteren Zeitpunkt nachgerüstet werden.

Die nachträglichen Abstimmungsarbeiten erwiesen sich als schwierig, eine gemeinsame Vergabe wäre wünschenswert gewesen.

Auch wurde ein weiteres Gebäude- Steuerungssystem eingebaut, das mit der Regelungsleittechnik der Heizungs- und Lüftungsanlage nicht direkt kompatibel war. Hier wäre eine verstärkte Systemintegration wünschenswert gewesen.

7.3.3 Änderungen in der Raumeinteilung

Von einem der Mieter wurden während der Errichtungsphase Änderungen im Raumkonzept vorgenommen und Raumbereiche nachträglich abgeteilt. Als schwierig erwiesen sich die sich ergebenden Änderungen an der Lüftungsanlage vor allem im Hinblick auf die Erfordernisse der Überdruckströmung von den einzelnen Büros in das Atrium.

7.3.4 Luftmengenbilanz

Das Gebäude wurde für reinen Bürobetrieb geplant. Nachträglich wurde die Nutzung einzelner Räume in Labors abgeändert. Dabei wurden z. B. Absaugeinrichtungen installiert, die nachteilige Auswirkungen auf die Luftmengenbilanz hatten.

7.4 Erfahrungen und Erkenntnisse nach Fertigstellung

7.4.1 Nachbetreuung

Das Passiv- Bürohaus stellte an Betreiber und Nutzer bisher unbekannte Anforderungen. Daraus ergab sich sowohl für den Planer als auch für die ausführenden Firmen die Notwendigkeit zu einer umfassenden Nachbetreuung.

Dabei ging es nicht nur um die optimale Anpassung der Nutzererfordernisse, sondern auch darum, die Betriebskosten auf das geplant niedrige Niveau zu führen. Dazu waren eine Fülle von Einzelmaßnahmen erforderlich. Praktisch erstreckte sich diese Nachbetreuung der haustechnischen Gewerke über den Zeitraum des ersten Betriebsjahres.

Raucherproblematik

Zu Beginn der Besiedelung wurde mit den Mietern zuerst ein zweimonatiges Rauchverbot im Haus vereinbart werden, das danach in ein dauerndes ausgedehnt werden konnte. Dadurch ist im Winter der Betrieb auf der niedrigen Lüftungsstufe möglich. Die höhere Betriebsstufe kann im Sommer zu Kühlzwecken genutzt werden.

Durch die architektonische Gestaltung der Außenstiege hatten sich im Türbereich in jedem Geschoß kleine Außennischen ergeben. Diese überdachten Plätze dienen als Raucherzonen, in denen große Aschenbecher situiert sind und in denen bei jeder Witterung eine kurze Pause möglich ist.

7.4.2 Möglicher Einfluss von Gebäudeundichtheiten auf den Heizenergieverbrauch

Als im Zuge des Begleitforschungsprojektes Thermografieaufnahmen durchgeführt wurden, stellte sich die Frage nach dem Einfluss möglicher Undichtheiten in der Gebäudehülle auf den Heizenergieverbrauch des Gebäudes. Dazu wurde eine grobe Abschätzung mit stark vereinfachten Annahmen durchgeführt.

Angenommen wurde der Fall, dass sich die gesamten Undichtheiten in der Fassade auf eine einzige Öffnung in der ca. 40 cm starken Wandkonstruktion zusammenführen ließen. Die Größe der Öffnung wurde mit 10 x 10 cm angenommen, was eine Fläche von 100 cm² ergibt. Für die Rauigkeit wurden Werte eines Holzkanals angesetzt.

Weiters wurde eine permanente Druckdifferenz von 20 Pa angesetzt. Dabei strömt Luft entweder aus dem Gebäude und muss über die Lüftungsanlage durch nachgewärmte Luft ersetzt werden oder kalte Luft dringt ins Gebäude und wird im Haus nachgewärmt.

Die mittlere Wintertemperatur (1. Oktober bis 30. April) wurde für einen Benutzungszeitraum von 6 bis 18 Uhr mit 5,3 °C angesetzt, die Raumtemperatur mit 20°C. Für die Zeit dazwischen wurde weiters angenommen, dass kein Luftaustausch stattfindet.

Für die verlorene Energiemenge ergibt sich daraus ein Wert von ca. 1.750 kWh pro Jahr, d.h. sie liegt grob geschätzt in der Größenordnung von etwa 5% der verbrauchten Jahres- Netto- Heizenergie.

Erhöhte man den Differenzdruck auf permanent 50 Pa und nähme man auch die Nachtzeit voll in Rechnung, ergäbe sich ein Extremwert von etwa 15% der Jahres- Netto- Heizenergie.

7.5 Empfehlungen

Die Planung eines derartigen Gebäudes erfordert von allen Beteiligten äußerste Sorgfalt in allen Details, die Ausführung muss in allen Phasen einer exakten Überwachung unterstehen und im Gegensatz zu einem „Normalbau“ ist eine wesentlich intensivere und länger dauernde Nachbetreuung erforderlich.

Im Einzelnen ist aus der Sicht der Haustechnik zu empfehlen:

Planungsphase

- ⚡ Bildung und Einbeziehung des interdisziplinären Planungsteams schon von Projektbeginn an: Es ist unumgänglich, dass alle Beteiligten sich über die grundsätzlichen Ziele und die wesentlichen Hürden des Projektes einig sind.
- ⚡ Beachtung grundlegender Regeln der Qualitätssicherung: Hier könnte ein derartiges Projekt von Erfahrungen in der Industrie profitieren!
- ⚡ Straffe Projektführung mit regelmäßiger Kommunikation: Die Ergebnisverantwortung muss vom Auftraggeber wahrgenommen und die dafür nötigen Abstimmungen eingefordert werden.
- ⚡ Frühzeitige Erhebung und Festlegung der tatsächlichen Nutzererfordernisse: Wahrscheinlich wird es in Zukunft unumgänglich sein, Einschränkungen zu definieren, um die Funktion des Passivhauses sicher zu stellen.
- ⚡ Einbindung eines Systemintegrators für Regelung und zentrale Leittechnik: Es ist erstaunlich, dass unterschiedliche Systeme noch immer nicht kompatibel sind. In einem Projekt, in dem genaue Einhaltung von Bedingungen entscheidend ist, führt das zu Funktionsmängeln.

Technische Anforderungen

- ⚡ Ausreichend große Lüftungszentrale für gute Zugänglichkeit der Anlagen für Wartung und Inspektion
- ⚡ Außenliegende Ventilator Motoren am Lüftungsgerät zur Vermeidung von unerwünschten Wärmegewinnen im Sommerbetrieb: In einem Bürogebäude bestimmt das Verhalten im Sommer die Nutzerzufriedenheit viel stärker als die Beheizung im Winter!
- ⚡ Hocheffiziente Wärmetauscher: Die Wärmerückgewinnung aus der Abluft wird für den Energieverbrauch entscheidend.
- ⚡ Leerteil zur später möglichen Nachrüstung von Kühlregistern: Beispiel für eine gezielte Nachrüstung in Problemzonen, um das Gesamtkonzept zu erhalten, wenn individuelle Ansprüche erfüllt werden müssen.
- ⚡ Aufteilung der Lüftungszonen in Raumbereiche: In der Flexibilität der Büroaufteilung stößt das Passivhaus an seine Grenzen.
- ⚡ Luftbefeuchtung ist unumgänglich: Besondere Umstände sind die hohe Ausstattung mit Büro Elektronik und deren Anforderungen sowie die Besonderheiten des Holzbaus.
- ⚡ Trennung von Büro- und Veranstaltungsräumen: Hier herrschen vollständig unterschiedliche Bedingungen (Grundlast, maximale Luftmengen)
- ⚡ Sorgfältige Situierung von Luftauslässen und Überströmgittern: Diese haben sich für den Komfort der Nutzer und für die Funktion als entscheidend erwiesen. Auch in dieser Frage ist eine Optimierung zwischen Funktion und Flexibilität nur schwer zu erreichen.

Ausführung

- ⚡# Nur Firmen mit entsprechender Qualifikation einsetzen: Nachweis entsprechender Referenzen oder Angebot zusätzlicher Schulung und Betreuung.
- ⚡# Genaue Messung und Einregulierung der Gesamtanlage: Das wurde es im W.E.I.Z. verabsäumt und musste nachträglich mit ungleich höherem Aufwand im Rahmen der Begleitforschung vollkommen neu begonnen werden.
- ⚡# Nachbetreuung von Bauherrn und Nutzer über das erste Betriebsjahr: Diese Anforderungen ist durch die einschlägige Ausrichtung des Gebäudes und des Teams in besonderer Weise gegeben.
- ⚡# Umfassende technische Dokumentation erstellen lassen!

7.6 Fazit

Die Haustechnik eines Passiv- Bürohaus stellt an alle an Planung und Ausführung Beteiligten besondere Anforderungen an Qualität und Sorgfalt.

Nur mit bestmöglicher Kooperationsbereitschaft Aller ist es möglich, unter knappsten Zeit- und Budgetvorgaben zufrieden stellende Arbeitsergebnisse zu erbringen.

8 Energieverbrauch

8.1 Wärme

Der Wärmeverbrauch wird, nach Regelbereichen getrennt, direkt mit Wärmemengenzählern erfasst.
Gesamtverbrauch:

Summe	2000/2001	2001/2002	2002/2003
Juli	0	0	0
August	0	0	0
September	646	901	492
Oktober	1.801	1.445	2.150
November	4.708	6.752	4.776
Dezember	13.835	12.030	12.616
Jänner	12.148	7.424	12.606
Februar	6.726	3.828	12.010
März	3.460	2.352	4.228
April	2.826	1.612	2.145
Mai	136	69	27
Juni	75	33	0
Summe (kWh/ Jahr)	46.361	36.446	51.050
kWh pro m² Büro (netto)	29,7	23,3	32,7
kWh pro m² BGF (inkl. Atrium)	21,1	16,6	23,2
Mittelwert kWh/Jahr	44.620		
Mittelwert kWh pro m² Büro	28,6		
Mittelwert kWh pro m² BGF	20,3		
Mittelwert ohne FB Heizung (BGF)	Ca. 15 kWh/ m²		

Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch im W.E.I.Z.

Der Wärmeverbrauch des Gebäudes liegt deutlich über den errechneten Werten, auch über den Grenzwerten für ein Passivhaus, obwohl ein Teil des Wärmebedarfs über die installierten Geräte gedeckt werden kann. Besonders hoch ist der Verbrauch im Frühjahr. Er deutet darauf hin, dass das Nutzerverhalten (Öffnen der Fenster) noch nicht an die Bedingungen des Passivhauses angepasst ist.

Fernwärmeverbrauch

Grafische Darstellung der Abb. 1. Im Winter 2003 wurden besonders oft versucht, durch Eingriffe in die Anlagensteuerung auf einzelne Beschwerden von Mietern zu reagieren. Das hat zu einem besonders hohen Anstieg des Verbrauchs geführt und die Planung einer grundsätzlichen Untersuchung der Regelung bewirkt.

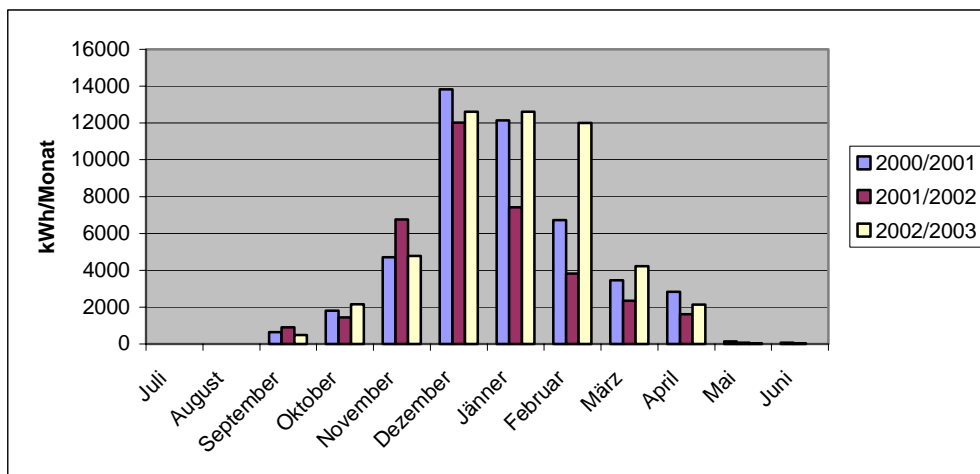


Abbildung 2: Fernwärmeverbrauch im W.E.I.Z.

Aufgliederung des Fernwärmeverbrauchs in den einzelnen Bereichen

Die Grafik zeigt einerseits den geringen Energiebedarf des Zwischengeschosses. Dieses erreicht als einziges genau die Zielwerte aus der Simulation. Der hohe Wärmebedarf für die Fußbodenheizung des Atriums zeigt, dass der ursprünglich geplante unbeheizte Betrieb desselben aus Komfortgründen nicht möglich gewesen wäre. Das beheizte Atrium trägt inzwischen sehr viel zum angenehmen Raumklima und der Attraktivität des W.E.I.Z. für Veranstaltungen bei.

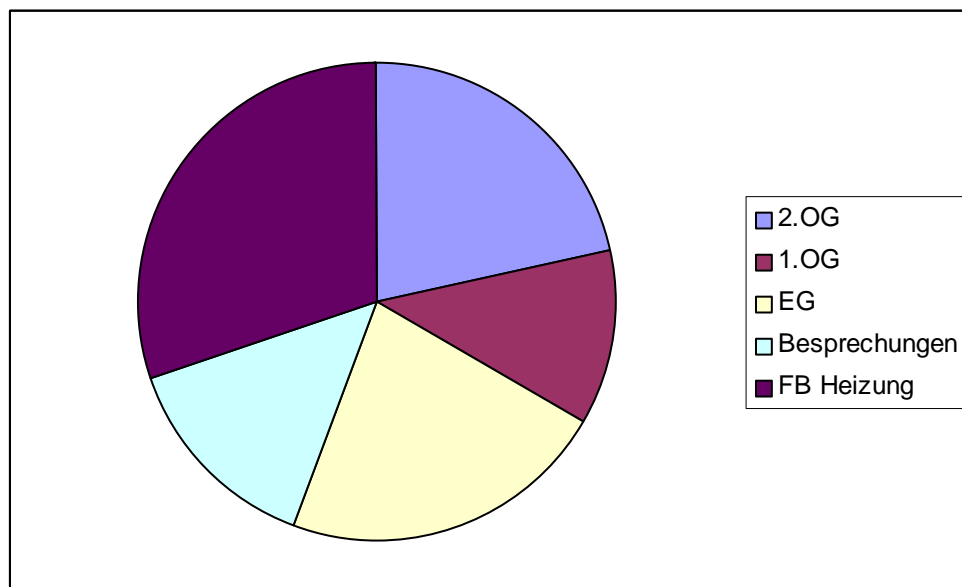


Abbildung 3: Fernwärmeverbrauch W.E.I.Z.

8.2 Strom

8.2.1 Entwicklung des jährlichen Verbrauches

Der Stromverbrauch steigt sowohl mit der Zahl der Arbeitsplätze als auch mit deren Ausstattung sehr stark an. Der zusätzliche Wärmeeintrag macht sich leider weniger als Reduktion des Heizenergiebedarfes sondern eher als Steigerung der Kühllast bemerkbar. Der Verbrauch entspricht einer Dauerleistung von etwa 25 kW, rechnerisch etwa der Größe der Heizlast des Gebäudes. Die Nutzung dieser Ressourcen im Winter ist der Schlüssel zu einem Passiv – Bürohaus.

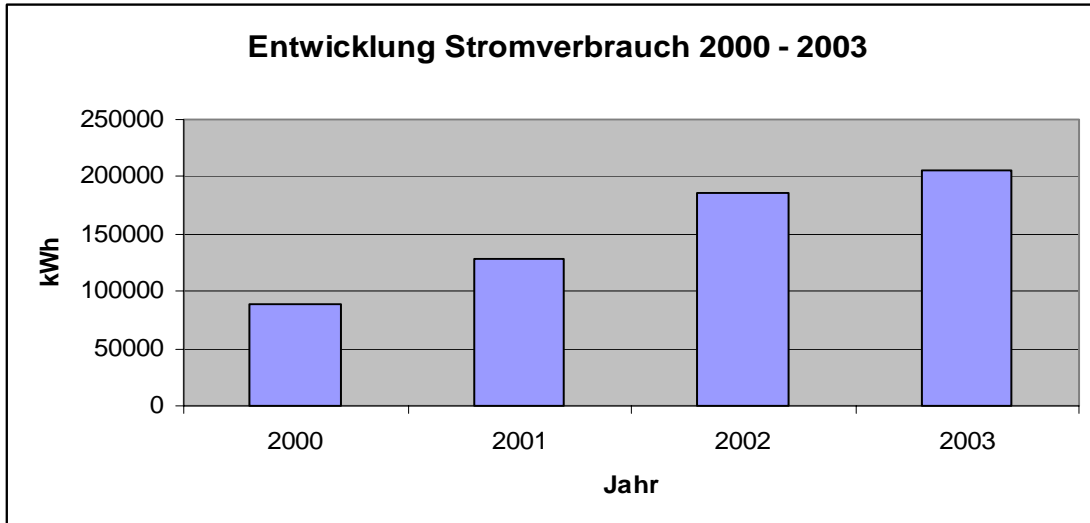


Abbildung 4: Stromverbrauch im W.E.I.Z.

8.2.2 Monatliche Verbräuche

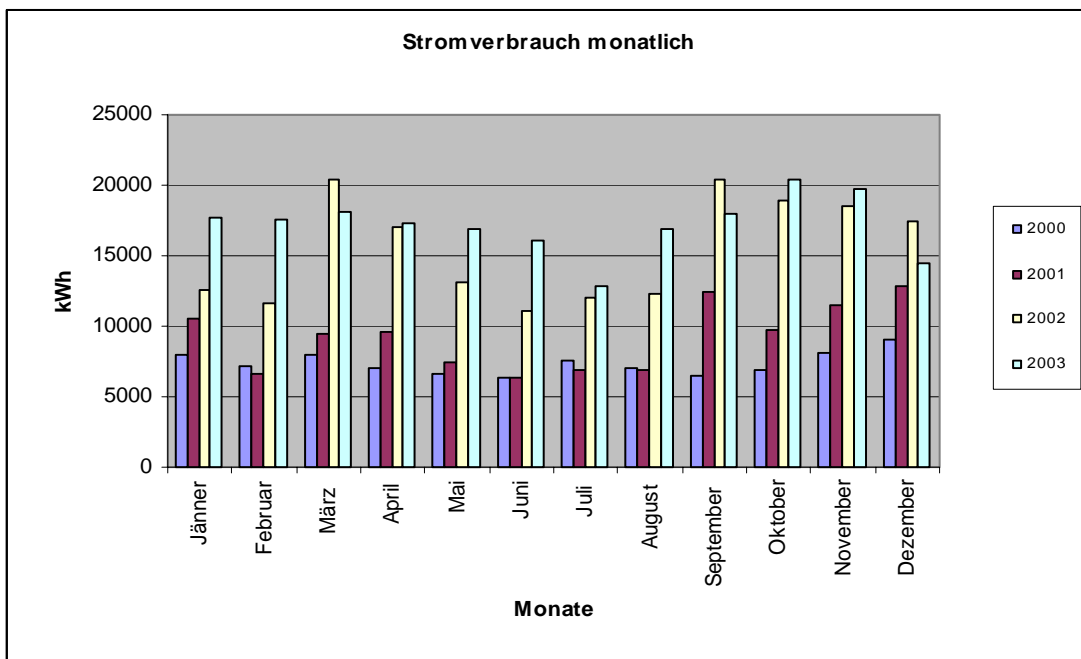


Abbildung 5: monatlicher Stromverbrauch im W.E.I.Z.

8.2.3 Leistungsbedarf

Leistungserhebung in den einzelnen Büros.					
Büro Nr.	Bezeichnung	Institution	inst.elektrische Leistung wie Beleuchtung, PC, Laptop...	m2 Anzahl	Ergebnis Watt/m2
2	Labor	Joanneum Research	3000	41,3	72,64
3	Labor	Joanneum Research	Laborgeräte fehlen	36,51	
4	Büro	Ing. Grabner	640	21,37	29,95
5	Büro	Ing. Auer	770	21,95	35,08
6	Büro	Ing. Lafer	500	22,26	22,46
7	Büro	W.E.I.Z.	1260	22,56	55,85
8	Büro	W.E.I.Z.	1170	22,25	52,58
9	Büro	Ing. Felber	1600	29,96	53,40
10	Büro	W.E.I.Z.	2200	33,56	65,55
19	Labor	Joanneum Research	Laborgeräte fehlen	41,3	
20	Labor	Joanneum Research	Laborgeräte fehlen	36,54	
21	Büro	Joanneum Research	860	21,23	40,51
22	Büro	Joanneum Research	2000	30,15	66,33
23A	Büro	Joanneum Research	870	22,54	38,60
23B	Büro	Joanneum Research	900	22,37	40,23
24	Büro	Joanneum Research	800	29,95	26,71
25	Labor	Joanneum Research	2580	33,18	77,76
55	Büro	Feistritzwerke	530	15,18	34,91
56	Büro	Krische	140	15,04	9,31
57	Büro	Joanneum Research	760	15,16	50,13
37	Büro	HGS	3900	41,3	94,43
39	Labor	Joanneum Research	Laborgeräte fehlen	36,54	
48	Büro	InnoMedia	662	21,23	31,18
49	Schlaflabor	Joanneum Research	108	17,85	6,05
50	Büro	Joanneum Research	1815	29,69	61,13
51	Büro	Joanneum Research	1722	29,77	57,84
52	Büro	Joanneum Research	537	25,28	21,24
54	Labor	Joanneum Research	Laborgeräte fehlen	43,96	

8.3 Interpretation der Daten

8.3.1 Wärme

In der Simulation wurde ein Nachheizbedarf von ca. 24.000 kWh bei einer Belegung von 105 Arbeitsplätzen berechnet. Tatsächlich beträgt der mittlere Fernwärmeverbrauch über drei Heizperioden ca. 45.000 kWh oder fast doppelt so viel.

Neben offensichtlichen Schwachstellen in der Gebäudehülle und der Lüftungsanlage liegt der Hauptgrund in der Entscheidung, eine Fußbodenheizung im Atrium zu installieren, um dieses auch im Winter als Aufenthalts- und Besprechungszone nutzen zu können.

Ein weiterer Grund sind die gegenüber der Simulation deutlich höheren Temperaturen von im Mittel ca. 22 Grad. Das bedeutet rechnerisch ein Plus von mehr als 10 % im Wärmebedarf.

Durch diese Investition wurde bewusst auf die Einhaltung der strengen Kriterien eines Passivhauses zugunsten eines deutlich höheren Komforts für MieterInnen und BesucherInnen verzichtet. In dieser Hinsicht hat sich die Entscheidung jedenfalls bewährt.

Die Effekte der Maßnahmen im Jahr 2003 (Dichtung der wesentlichen Fugen in der Außenhülle, Energiebewusstsein der NutzerInnen, komplette Überprüfung und Neueinstellung der Lüftungsanlage) konnten bisher nicht als verbrauchssenkend erkannt werden.

Ein senkender Einfluss des stark gestiegenen Stromverbrauchs auf den Wärmeverbrauch ist bisher nicht erkennbar. Ursache dafür ist, dass dieser vor allem in den Versuchslabor von Joanneum Research anfällt und dort sogar mit einer dezentralen Klimaanlage „weggekühlt“ werden muss. Im Winter geschieht das durch teilweise durch Öffnen der Fenster, da sich die Zulufterwärmung nicht getrennt für die entsprechenden Büros abstellen lässt.

8.3.2 Strom

Der Stromverbrauch ist in zwei Jahren um 100 % gestiegen und liegt bei ca. 130 kWh pro m² Bürofläche oder viermal so hoch wie der gesamte Wärmeverbrauch. In diesen Zahlen und in der Tatsache, dass dadurch der Heizwärmeverbrauch nicht gesenkt werden konnte, zeigen sich einige der größten Problembereiche für die Übertragung des Passivhaus- Konzeptes auf Bürogebäude:

- ⚡ Steigender Einsatz von elektrischen Anlagen (vorrangig EDV) führt zu steigenden internen Lasten (Sommerverhalten wird entscheidend).
- ⚡ In einem Gebäude mit wechselnden Mietern ist es unmöglich, die Lüftung für alle Eventualitäten zu dimensionieren und individuell einzustellen.
- ⚡ Nutzungen mit internen Lasten, die sich auch mit 50 m³/Person und Stunde und Nutzung der Nachtkühlung nicht kühlen lassen, sind in einem Passivhaus fast nicht bewältigbar.
- ⚡ Punktuell hohe Innentemperaturen durch Fremdwärme im Winter können sogar zu Komfortproblemen in anderen Bereichen führen, wenn sie in die Ermittlung einer mittleren Temperatur als Regelgröße eingehen.
- ⚡ Im Winter führen hohe interne Lasten bei gleichzeitigem Heizbetrieb zum Öffnen von Fenstern, was die Heizleistung sogar noch steigern kann.

Wahrscheinlich ist das Konzept des Passivhauses nur einsetzbar, wenn klare Nutzungsvorgaben möglich sind, ohne die Wirtschaftlichkeit des Hauses zu beeinträchtigen.

Nachheizregister:

Die Nachheizregister (NHR) sind in fast allen Büros voll in Betrieb.

Wenn die Temperaturen am Morgen noch nicht den Vorstellungen der Mieter entsprechen wird das Nachheizregister aktiviert. In den wenigsten Fällen werden die NHR bei Erreichen einer angenehmen Raumtemperatur wieder auf 0 gestellt.

9 Erste Ergebnisse aus dem Betrieb

9.1 Aufbereitung verfügbarer Daten

9.1.1 Technische Ausrüstung

Daten standen aus der von Honeywell errichteten zentralen Steuerung und Leittechnik für die Lüftungsanlage sowie aus dem Gebäudemanagement Programm der Feistritzwerke zur Verfügung. Beide Systeme wurden getrennt und grundsätzlich unabhängig voneinander geplant und installiert. Die einzige Datenübergabe erfolgt bei der Messung der Raumtemperaturen und rechnerischen Ermittlung einer Mitteltemperatur pro Geschöß als Ist-Wert (Feistritzwerke) für die Steuerung der Zulufttemperaturen (Honeywell).

Folgende Werte werden laufend gemessen und aufgezeichnet:

- ⊘ Honeywell: Temperaturen und Luftfeuchte in allen Anlagenteilen der Lüftung, Klappenstellungen und Leistungsangaben aus dem Betrieb. Diese Daten standen in konstanten Zeitintervallen zur Verfügung.
- ⊘ Feistritzwerke: Raumtemperaturen, Raumluftfeuchte, Außentemperaturen, Statusanzeigen für Fenster, Beleuchtung und Nachheizung (für alle Räume getrennt abrufbar). Diese Daten wurden nur bei Zustandsänderungen aufgezeichnet.
- ⊘ Erdwärmetauscher: Im Rahmen eines getrennt bearbeiteten Forschungsprojektes wurden die wichtigsten Daten des Erdkollektors von der AEE Intec aufgezeichnet und ausgewertet.

9.1.2 Datenexport und grafische Darstellung

Von DI Olbrych (siehe Projektteam) wurde ein Programm zur halbautomatischen Speicherung aller Daten und zur Übertragung in ein einheitliches Format (10 Minuten Intervalle) erstellt. Monatlich wurde eine Daten CD zusammengefasst und der AEE Intec zur Auswertung als EXCEL Tabelle bzw. Graphik übermittelt.

Für genauere Auswertungen wurden besonders interessante Perioden (kalte Winterwoche, heiße Sommerwoche) ausgewählt und genauer analysiert. Diese Daten wurden dann vorrangig zu Maßnahmen bezüglich Heizung bzw. Kühlung herangezogen.

9.1.3 Kommentar

Die Datenverfügbarkeit stellte sich als eines der gravierendsten und, weil unerwartet, zeitraubendsten Probleme in der Begleitforschung heraus. Hürden waren:

- ⊘ Mangelnde Dokumentation bei Honeywell (Zuordnung von Fühlern zu tatsächlichen Messgrößen).
- ⊘ Keine automatische Speicherung über längere Zeiträume (Verlust von Daten aus dem Beginn der Gebäudenutzung).
- ⊘ Zu wenig Abstimmung der beiden Leitsysteme aufeinander (Beispiel: Unterschiedliche Art der Impulse).
- ⊘ Kommunikationsprobleme gab es mit dem Hersteller der Regelungsfirma Honeywell. Ursache war u.a. der Wechsel der Ansprechpartner.
- ⊘ Zu viele Daten, die überhaupt nicht in die Anlagensteuerung eingehen und für die Begleitforschung nicht relevant waren.

In einer einfach strukturierten und genau auf den Bedarf eines Passivhauses zugeschnittenen Leittechnik liegt eines der wesentlichen Optimierungspotentiale für zukünftige vergleichbare Projekte. Es hat Monate gedauert, allen versteckten Informationen auf die Spur zu kommen und sie so zu extrahieren, dass sie ausgewertet werden konnten.

9.2 Temperaturen

Raum-Temperaturfühler sind in allen Büros und im Atrium installiert, darüber hinaus werden Zu- und Abluft in allen Strängen sowie die Außentemperaturen im Süden und Norden des Gebäudes gemessen. In den folgenden Diagrammen werden typische besonders heiße Tage aus dem Untersuchungszeitraum dokumentiert.

9.2.1 Jahresverlauf

Im folgenden Diagramm ist der Temperaturverlauf für zwei typische Büroräume des Gebäudes über ein ganzes Jahr dokumentiert. Deutlich sichtbar sind die hohen Anforderungen an die mittlere Temperatur im Winter (ca. 22 °C) und der Anstieg über die Komforttemperatur in einer Hitzeperiode.

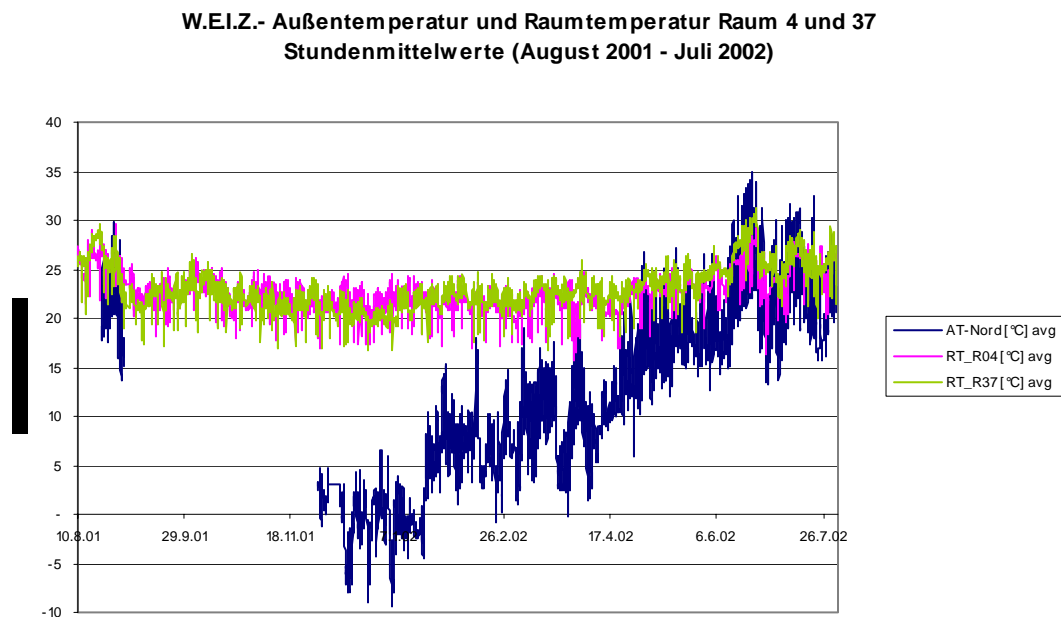


Abbildung 6: Außen- und Raumtemperaturen / Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie Gleisdorf

9.2.2 Sommer

Die mittlere Innentemperatur im August 2001 lag bei ca. 27 Grad, bei einer Außentemperatur von über 30 Grad. Büros mit deutlich höheren Raumtemperaturen liegen im Obergeschoß und haben hohe interne Lasten (Messgeräte, EDV). In Büros mit konsequenter Nachtlüftung konnten die Innentemperaturen relativ leicht gesenkt werden.

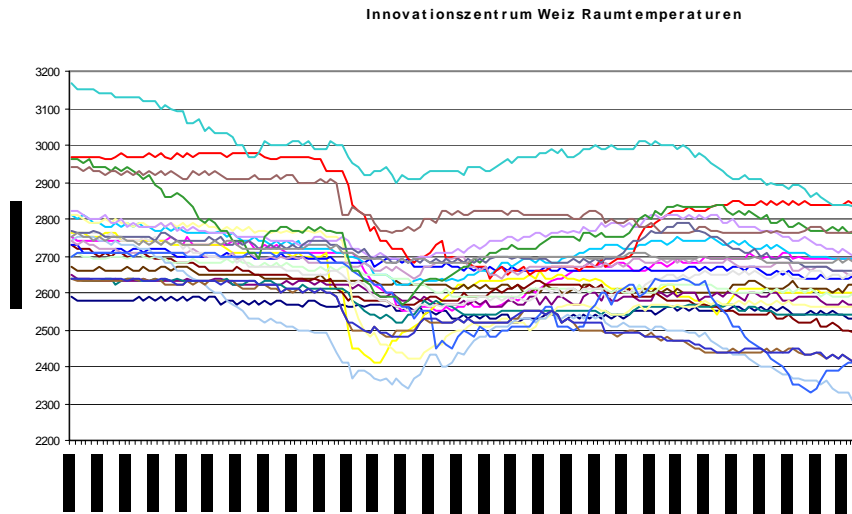


Abbildung 7: Raumtemperaturen über einen Tag im W.E.I.Z. / Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie Gleisdorf

9.2.3 Winter

Das folgende zeigt eine Woche im Jänner 2002 mit durchschnittlich etwa -10 Grad Außentemperatur. Die mittlere Innentemperatur lag bei ca. 22 Grad. Entscheidend für die Akzeptanz bei den Mieter sind allerdings die Temperaturen in besonders exponierten Lagen und extremen Nutzungsbedingungen. Dazu zwei Beispiele:

In einem Fall kommt dazu (Erdgeschoß, Ostseite des Gebäudes) noch eine sehr geringe Belegung (eine Person auf ca. 40 m^2 und häufige Abwesenheit dazu). Das führt zu deutlich zu niedrigen Temperaturen.

In einem anderen Fall befinden sich in einem innenliegenden Büro mit 20 m^2 vier Arbeitsplätze. Das führt zu hohen Temperaturen und zu niedrigen Luftmengen.

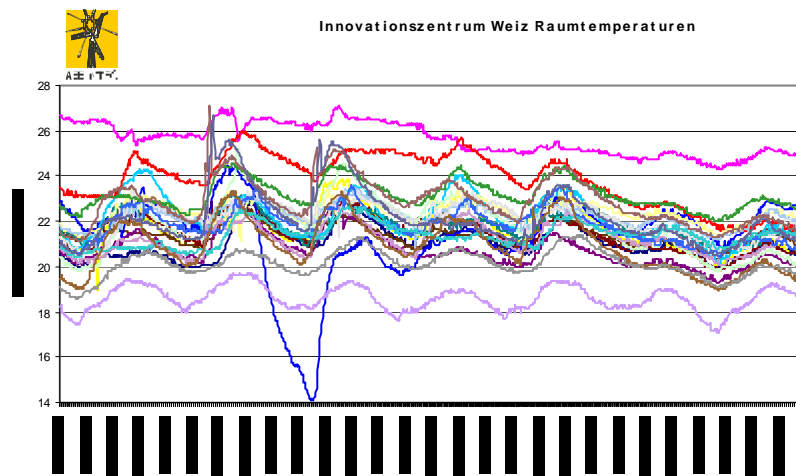


Abbildung 8: Temperaturverlauf im W.E.I.Z. / Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie Gleisdorf

9.2.4 Kommentar

Die wichtigste Erkenntnis war, dass die Raumtemperaturen im Gebäude sehr stark schwanken. Das bedeutet, dass Benutzung (z.B. Anwesenheit und installierte Geräte) sowie Lage (indirekt damit auch die aktive Luftverteilung) im Gebäude deutlich mehr Einfluss haben als die Gebäudehülle.

Die Kurven zeigen auch, dass das Gebäude im Mittel zwar durchaus im komfortablen Bereich liegt, in einigen Räumen aber deutlich zu niedrige Temperaturen im Winter, in anderen zu hohe Temperaturen im Sommer auftreten.

In einem Gebäude mit zahlenden und wechselnden Mietern ist das ein Grund für Unzufriedenheit und ist mit bewusstseinsbildenden Maßnahmen nur schwer in den Griff zu bekommen (wichtiger Unterschied zu Wohngebäuden). Es bedarf einer Kombination von technischer und organisatorischer Optimierung.

Grundsätzlich ist das Gebäude ohne Probleme auch auf über 22 Grad beheizbar, was von den MieterInnen auch ausgenutzt wird. Der Komfortanspruch ist jedenfalls deutlich höher als in der Simulation angenommen.

Durch das beheizte Atrium hebt sich auch das gesamte Temperaturniveau im Gebäude.

Deutlich problematischer wird das Sommerverhalten wahrgenommen. Ohne zusätzliche Kühlung können Komfortbedingungen nicht eingehalten werden. Die geplante Nachtkühlung bedarf der aktiven Beteiligung aller MieterInnen und wurde in den beiden ersten Jahren praktisch überhaupt nicht eingesetzt. Im Jahr 2003 wurden erste Erfolge mit Bewusstseinsbildung, Informationsblättern erzielt, die sich allerdings noch nicht quantifizieren lassen.

Kritische Bereiche im Winter sind:

- # Größere Anzahl der Außenwände und -decken sowie Anteil der Verglasung (z.B. Wärmeverlust in Eckräumen im Obergeschoß am höchsten).
- # Geringe Belegungsdichte (z.B. großes Büro und geringe Anwesenheit, geringe Ausstattung mit Geräten).
- # Lage am Ende eines Zuluftstranges (fällt oft mit Außenlage zusammen, bei zu geringer Luftmenge hilft auch Nachheizung wenig).
- # Häufig offene Türen zum Atrium durch nötige Kommunikation mit anderen Personen (z.B. im Institutsverband).
- # Persönliches Empfinden und sitzende Tätigkeit.

Kritische Bereiche im Sommer sind:

- # Sonnseitige Lage (vor allem W).
- # Hohe Abwärme durch Geräte (z.B. Forschungseinrichtungen der Joanneum Research).
- # Hohe Belegungsdichte (z.B. Marketingassistentinnen in einem kleinen Büro).
- # Lage am Ende eines Zuluftstranges (geringere Kühlleistung über den Erdkollektor).
- # Schlechte Querlüftungsmöglichkeiten.

9.3 Luftmengen

9.3.1 Auslegung

Die Luftmengen für die einzelnen Verteilstränge und Büros wurden in der Simulation grob abgeschätzt und in der Haustechnikplanung festgelegt. Dabei wurden parallel drei Ziele verfolgt, die gerade im Bürobau sehr schwer zu vereinbaren sind:

- ## Mindestfrischluftwechsel pro Person als Komfortbedingung: in der Planung können meist nur Normwerte angenommen werden, die in Einzelfällen stark unter- bzw. überschritten werden können und somit über die Lebensdauer eines Gebäudes ständig zu einem Wechsel der Bedingungen führen. Im WEIZ schwanken die tatsächlichen Belegungen zwischen 6 m²/Person und 60 m²/Person!
- ## Ausreichende Luftmenge zur Beheizung des Gebäudes im unbelegten Zustand: Diese ist abhängig von der Lage im Gebäude, der Heizlast des Gebäudeteiles (z.B. Fensteranteil, Anteil an Innenwänden) sowie der anfallenden Fremdwärme (nicht abschätzbar!).
- ## Normwerte für Büros, die auf Raucher Rücksicht nehmen: Die Lüftungsanlage wurde daher auf 50 m³/P,h Maximalleistung dimensioniert, die Heizlast sollte allerdings mit 30 m³/P,h abgedeckt werden können. Eine Optimierung wird durch einen freiwilligen Verzicht auf Rauchen in den Büros und eigene Raucherzonen versucht.

In der folgenden Tabelle sind die Auslegungswerte für die Teilströme und Luftauslässe zusammengefasst. Die Schwankungsbreite in der letzten Spalte zeigt bereits die Problematik dieser Optimierung, trotz Annahme konstanter Normwerte der Belegung! Im Summenwert von 3195 m³/h sind die Seminarräume im EG nicht berücksichtigt (Vergleich mit der folgenden Tabelle).

Lage		Fläche	Heizlast	Wärme	Heizlast/ A	Q/A	Luft	Luft/A	Luft/P*)
		m2	kW	kWh/a	W/m2	kWh/m2.a	m3/h	m3/m2.h	m3/P.h
EG	S	170,4	2,05	2196	12,03	12,89	300	1,76	35,2
	SO	53,8	0,82	1211	15,24	22,51	130	2,42	48,3
	NO	59	0,8	719	13,56	12,19	120	2,03	40,7
	N	76,4	1,48	2291	19,37	29,99	175	2,29	45,8
	NW	101,2	1,37	2437	13,54	24,08	210	2,08	41,5
	SW	78,4	1	1427	12,76	18,20	155	1,98	39,5
1.OG	S	170,4	1,74	695	10,21	4,08	280	1,64	32,9
	SO	53,8	0,72	585	13,38	10,87	130	2,42	48,3
	NO	59	0,74	436	12,54	7,39	120	2,03	40,7
	N	57,5	1,04	2481	18,09	43,15	240	4,17	83,5
	NW	101,2	1,26	1180	12,45	11,66	210	2,08	41,5
	SW	78,4	0,92	482	11,73	6,15	150	1,91	38,3
2.OG	S	157,5	2,11	1364	13,40	8,66	265	1,68	33,7
	SO	68,9	1,06	987	15,38	14,33	140	2,03	40,6
	NO	95,7	1,66	2221	17,35	23,21	210	2,19	43,9
	NW	101,2	1,57	1824	15,51	18,02	210	2,08	41,5
	SW	78,4	1,16	991	14,80	12,64	150	1,91	38,3
	Summe	1561,2	21,5	23527			3195		

*) Bei Belegung von 20 m² pro Person

9.3.2 Messungen

Werte in der Steuerung der Anlage werden nur in Prozent der maximalen Luftmenge angegeben. Diese beträgt laut Werk ca. 7000 m³/h und sollte alle geplanten Zielwerte weit überschreiten.

Als die ersten Probleme mit dem Temperaturverhalten in einigen Büros auftauchten, war es unmöglich, festzustellen, ob es tatsächlich zu einer genauen Einstellung dieser Lüftung vor Bezug des Gebäudes gekommen war. Daher wurde ein Messgerät angeschafft und alle Auslässe wurden von Ing. Grabner (Mieter und Haustechnikplaner) neuerlich gemessen (Mai 2003), daraufhin neu eingestellt und im Dezember 2003 noch einmal kontrolliert.

9.3.3 Messgeräte

Für das Projekt wurde ein eigenes Gerät angeschafft: Kalibriertes Digitales Handmessgerät Veloci Cala Plus mit Datenlogger der Firma Industrieautomation- Nr.: 8386-M-D mit Volumetric Flow Horn AM-300.

Die Kontrollmessungen in Problemzonen erfolgten mit einem Flügelradanemometer Durchm.100mm – testo – T 445.

9.3.4 Durchführung

Im Frühjahr 2002 wurden erste Messungen mit einem geborgten Gerät der Firma Industrieautomation durchgeführt. Erst anschließend wurde ein Gerät angeschafft.

Es wurden mehrere Zeiträume für Durchführung ausgewählt. Die ersten Messungen mit dem eigenen Messgerät erfolgten zu einer Zeit, wo im Gebäude weder geheizt und gekühlt wurde, in der Woche vom 18.-22.4.2003. Kontrollmessungen unter Heizbedingungen wurden im Dezember 2003 durchgeführt.

Für die Messungen wurden die folgenden Randbedingungen hergestellt:

- ⚡ Die zentrale Zu- und Abluftanlage wurde dazu händisch auf 100% Drehzahl eingestellt (Druckdifferenz 200 Pa).
- ⚡ Es wurden alle Türen und Fenster in den Büros geschlossen.
- ⚡ Gemessen wurden die Zuluft - Volumenströme der einzelnen Drallauslässe in den Büros.

Dokumentation von Untersuchungspunkten:

- ⚡ Tür- bzw. Gitterstellung: Probemessungen in zwei Büros zeigten sehr geringe Änderung zwischen den geplanten Stellungen (Tür und Gitter geschlossen, Tür geschlossen und Gitter offen, Tür und Gitter offen). Daher wurde nur in der Stellung „Tür geschlossen, Gitter offen“ gemessen
- ⚡ Sämtliche Büros sind mit einem Volumenstromregler ausgestattet. Die eingestellten Luftmengen wurden vor Beginn der Messungen aufgezeichnet.
- ⚡ Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Büro zum Zeitpunkt der Messung wurden dokumentiert.
- ⚡ Die Anzahl der Arbeitsplätze wurde erhoben (Schreibtische bzw. PCs).
- ⚡ Subjektive Eindrücke (z.B. Geruch) wurden notiert.
- ⚡ Beobachtungen bezüglich der Zugänglichkeit und Bedienung des Lüftungsgitters wurden notiert.

9.3.5 Tabellarische Ergebnisse

Büro Nr.lt. Grundriss- plan	Mieter	Planwert1 ZUL	Planwert2 ZUL	Eingestell- te Werte am Volumen- stromregl- er Mai 2003	Messung Mai 2003	Volumens- trom- regler auf Planwert 2 Dezember 2003	Messung am 9.12.03
0	Kern	100	60		61,5		24,3
	Reithofer	100	60		52		28,4
	Geschäft- sführung	200	120	300	113	120	52,7
1	links	100	60		52		48,4
	rechts	100	60		78,5		30,3
	Felber	200	120	120	130,5	120	78,7
2		100	60		55		72,5
	Büro Marketin- g	100	60	100	55	60	72,5
		100	60		51,5		75
3	Büro Energiek- oordinati- on	100	60	100	51,5	60	75
4		100	60		47,8		37,2
	Büro Lafer	100	60	60	47,8	60	37,2
		100	60		50,5		54,5
5	Büro SAN	100	60	75	50,5	60	54,5
6		100	60		60,5		85
	Büro Grabner	100	60	160	60,5	60	85
		100	60		60,5		85
7	links				10,3		12,9
	mitte				13,85		18,7
	rechts				11,9		29,8
	Joanneu- m Research	250	150	300	36,05	300	61,4
8	1						78
	2						93,5
	3						82
	4						71,5
	JR Büro Doppler	350	210	200		200	325
9	links	100	60		26,7		52
	rechts	100	60		20,8		44,4
	JR	200	120	300	47,5	120	96,4
	links	100	60		25,7		30,9
	rechts	100	60		27,7		40,3

10	JR	200	120	120	53,4	120	71,2
		75	45				59
11	JR 11A	75	45	90	78,5	45	59
		75	45				38,3
11	JR 11B	75	45	75		45	38,3
	links	75	45		63,5		54
	rechts	75	45		58,5		53
12	JR	150	90	90	122	90	107
13	JR	100	60	90	35,9	60	32,7
							32,7
14	JR Reinraum	250	150	900			0
	1						91
	2						83
	3						94
	4						122
15	JR	350	210			210	390
	1	75	50		30		13,7
	2	75	50		30,5		14,4
	3	75	50		59,5		17,1
	4	75	50		46,5		31
16	JR Hardware	300	200	300	166,5	200	76,2
	1						30,1
	2						56
17	JR Chefbüro	200	120	150		140	86,1
	links				61		38,8
	rechts				57,6		21,9
18	JR Sekretariat	200	120	150	118,6	120	60,7
	links				72		34
	rechts				61		49,4
19	JR Software	250	150	100	133	150	83,4
20	Schlaflabor	100	60	110	22,1	60	30,5
					22,1		30,5
21	InnoMedia	100	60	400	77	60	37,4
					77		37,4
22	JR Holzfeuchte	250	150	125			0
	1				37,9		38,9
	2				34,1		40,8
	3				17,9		17,3
	4				35,1		45,2

	23	HGS	350	220	550	125	220	142,2
Planwert 1								
ZUL		4.650,0						
Planwert 2								
ZUL			2.820,0					
eingestellte Werte Mai 2003				4.965,0				
tatsächlich gemessene Werte Mai 2003					1.476,9			
neu eingestellte Werte Dez. 2003							2.680,0	
tatsächlich gemessene Werte Dez. 2003								2.056,7

Abbildung 9: Luftmengenmessung im W.E.I.Z.

9.3.6 Erkenntnisse aus der Messung

- ⚡ Nur ca. 50 % der eingeblasenen Luft entweicht durch die Lüftungsgitter: Hinweis auf unkontrollierte Luftführungen zwischen den Büros über die abgehängte Decke und durch die Zwischenwände. Es konnte nicht festgestellt werden, ob diese Undichtheiten auch mit der Außenluft in Verbindung stehen.
- ⚡ Die Luftmengen korrelieren in einem weiten Bereich mit der relativen Einstellung der Volumenstromreglers, liegen aber um ca. 60 % darunter. Die Werte liegen deutlich unter den im Plan für 50 m³ pro Person und Stunde verzeichneten und auch um ca. 40 % unter den für 30 m³ kalkulierten. Das gilt auch für die gesamte Luftmenge im Bürotrakt: Hinweis darauf, dass das zentrale Lüftungsgerät auch bei einer Stellung auf 100 % nicht die geforderte und für eine ausreichende Belüftung benötigte Leistung erbringt.
- ⚡ Einige Volumenstromregler wurden offensichtlich neu eingestellt (z.B. vollständige Öffnung): So wurde in den ersten Betriebsjahren auf Beschwerden einzelner Mieter reagiert. Dadurch wurde allerdings das Verteilkonzept unkontrolliert beeinflusst.
- ⚡ Es gibt weder eine Einstellung auf tatsächliche Belegung (Extrembeispiel Marketingassistentinnen: 8 m³ pro Person und Stunde), noch auf unterschiedliche Heizlast der Büros (Lage, thermische Qualität, Fremdwärme).
- ⚡ Als zusätzliche Unsicherheiten sind aufgetaucht: Lage und Zugänglichkeit von Filtern in den Leitungen, Verschmutzung, Lage und Zugänglichkeit der Nachheizregister.

9.3.7 Empfehlungen aus den Raummessungen

Im Hinblick auf die vorliegende Gebäudenutzung wurden vom untersuchenden TB Ing. Grabner die folgenden Schritte vorgeschlagen:

- ⊘ Überprüfung der Luftmengen im Lüftungsgerät bzw. in den Hauptsträngen einschließlich einer Begutachtung der wartungs- und servicerelevanten Einbauteile wie Filter, Klappen, vor allem hinsichtlich deren Verschmutzung.
- ⊘ Ermittlung der hygienisch erforderlichen Luftmengen der einzelnen Büros unter Zugrundelegung der Schadstoffverursacher wie CO₂ – Ausstoß durch Personen, Gerüche durch Inventar, etc. sowie der Heizlasten der einzelnen Räumlichkeiten bei Normauslegungstemperaturen. Vergleich dieser Werte mit den Planungsgrößen.
- ⊘ Ermitteln der Kühllasten der einzelnen Räumlichkeiten unter den gegebenen Nutzungsbedingungen.
- ⊘ Neue Einregulierung der gesamten Anlage unter Berücksichtigung aller Einflussgrößen. Das muss in Zukunft regelmäßig geschehen, um Änderungen im Benutzungsverhalten Rechnung zu tragen: Grobe Übersicht jährlich, genaue Kontrolle alle drei Jahre.

9.3.8 Kommentar

Die technischen Probleme mit der Lüftungsanlage waren unerwartet. Die Konsequenz aus den gemessenen unzureichenden Mengen war, dass alle anderen Maßnahmen zur Optimierung von Sommer- und Winterverhalten verschoben werden mussten. Weder die Kühlung noch die Beheizung des Gebäudes sind unter Extrembedingungen mit 50 % der nötigen Luftmengen möglich.

Die tatsächliche Begleitforschung musste daher praktisch unterbrochen werden, bis, im Rahmen der Gewährleistung, die Ursachen gefunden und behoben waren. Dazu wurden im Sommer 2003 intensive Untersuchungen gemeinsam mit den Herstellerfirmen des Zentralgerätes sowie der Steuerung durchgeführt, die allerdings alle zu keinem schlüssigen Ergebnis geführt haben. Der Stand bei Verfassung dieses Berichtes ist weiterhin unbefriedigend und kann so zusammengefasst werden:

- ⊘ Das zentrale Lüftungsgerät ist offensichtlich in der Lage, die geforderten 7000 m³/h zu leisten.
- ⊘ Die tatsächlich transportierte Luftmenge bzw. erzeugte Druckdifferenz liegt dennoch weit unter den Sollwerten. Das beeinflusst sowohl die Beheizung als auch die sommerliche Kühlung des Gebäudes und die Luftqualität negativ.
- ⊘ Durch diese Umstände wurde die „Begleitforschung“ deutlich erschwert und teilweise auf die Unterstützung der Mängelsuche und – behebung reduziert.
- ⊘ Insgesamt zeigt sich darin aber der zentrale Problembereich der Ausrüstung eines vergleichbaren Mietobjektes mit unterschiedlichsten Nutzungen als Passivhaus.

9.3.9 Empfehlungen für vergleichbare Bauprojekte

Die Erkenntnisse aus den Versuchen der Optimierung der Lüftungsanlage deuten darauf hin, dass es nur unter konsequenter Einhaltung der folgenden Rahmenbedingungen möglich sein wird, ein frei vermietbares Passiv – Bürohaus zu betreiben:

- ⊘ Übererfüllung der Anforderungen an Dämmung, Gebäudedichtheit und baulichen Sonnenschutz.
- ⊘ Wahl eines Gebäudekonzeptes, das sicherstellt, dass alle Büros vergleichbare Bedingungen vorfinden (gebäudeabhängige Heiz- und Kühllast, Länge der Luftleitungen).
- ⊘ Einschränkungen für die Mieter bezüglich spezifischer Wärmeeinträge (z.B. Laborgeräte) und extremer Belegungen.
- ⊘ Gemeinschaftliche Lösung für Raucher.
- ⊘ Einbau von Sicherheiten für Luftmengen, Kühlung und Beheizung für besondere Umstände.

Alle diese Forderungen sind nicht ohne Mehrkosten gegenüber herkömmlichen Bürobauten zu verwirklichen. Wahrscheinlich wird die Ausführung als über die Lüftung beheiztes und gekühltes Passivhaus nur in wenigen Fällen die sinnvollste Lösung darstellen.

9.4 Sommerkühlung

Ein in der Planung wichtiger Aspekt der Haustechnik des W.E.I.Z. war die Planung und Dimensionierung eines Systems zur passiven Kühlung. In den ersten beiden Betriebsjahren traten im August unzumutbar hohe Innentemperaturen in den besonders exponierten Gebäudeteilen auf. Ursachen dafür waren:

- ⊘ Ungewöhnlich hohe Außentemperaturen.
- ⊘ Unerwartet hohe Wärmebelastungen durch EDV Anlagen sowie Forschungseinrichtungen.
- ⊘ Mangelnde Nutzung der Möglichkeiten der Nachtkühlung durch die Mieter.

9.4.1 Dachbewässerung

Als zusätzliche Kühlungsmöglichkeit für den Sommer wurde im Sommer 2003 in Erwägung gezogen, eine Dachbewässerung zu installieren. Damit sollte vor allem die Situation in den Büros des zweiten Obergeschosses verbessert werden.

Die Fa. Harb in Weiz hat hierfür die Planung übernommen (Ausführungsplanung, Detailplanung, Kostenschätzung).

Das Projekt wurde nach einer ersten Grobplanung in einer Projektteamsitzung vorgestellt und anschließend vorerst gestoppt. Gründe dafür sind:

- ⊘ Es gibt einige vergleichbare Anlagen in gewerblich genutzten Gebäuden, die aber inzwischen großteils stillgelegt und durch Klimaanlage ersetzt wurden (z.B. Betriebs- und Bürogebäude der Fa. PEWAG in Graz).
- ⊘ Der tatsächliche Nutzen ließ sich nicht quantifizieren, weder der Nutzen (Senkung der durchschnittlichen Innentemperatur in einem Ausmaß, das eine Kompressorkühlung erübrigt), noch die Kosten (Wasserverbrauch – Trinkwasser bzw. Zusatzkosten für eine Regenwassernutzung) konnten aus Erfahrungen abgeleitet werden.
- ⊘ Es gibt keine Garantien für die dauerhafte Dichtheit des Daches bei permanenter Beschickung mit einem Wasserfilm.

Diese Lösungsmöglichkeit müsste in einer eigenen Studie untersucht werden. Eine ökologische Rechtfertigung ist wahrscheinlich nur mit der Nutzung von Regenwasser möglich.

9.4.2 Beschattung

Das W.E.I.Z. ist ein stark verglastes Gebäude, das jedoch rundherum Verschattungseinrichtungen in Form von außen liegenden verstellbaren Jalousien aufweist.

Auf der Ostseite des Gebäudes müssen im Sinne des Überhitzungsschutzes die Jalousien möglichst schon am Morgen geschlossen werden, bevor durch direkte Sonneneinstrahlung die Räume überhitzt werden.

Hierfür war zunächst eine automatische Steuerung der Jalousien in Abhängigkeit der orientierungsbezogenen Einstrahlungswerte vorgesehen, die sich für die Nutzer jedoch als zu zappelig herausstellte. Die Nutzer nahmen die Steuerung der Jalousien selbst in die Hand. Dies bedeutete für die Nutzer jedoch ein gewisses Vorausdenken im Sinne eines vorbeugenden Überhitzungsschutzes, da bereits wesentlich vor einer spürbaren Erwärmung des Raumes durch direkte Sonneneinstrahlung die Jalousien geschlossen werden müssen.

Die automatische Steuerung macht auch dort keinen Sinn, wo Mieter für längere Zeit im Sommer abwesend sind. In diesem Fall sollte es zur Regel gemacht werden, die Jalousien zu schließen.

9.4.3 Nachtkühlung

Durch nächtliche Vorkühlung der Gebäudemassen soll ein zu schnelles Aufheizen der Räume am Tag reduziert werden. Dies geschieht mittels einer Durchströmung der Büros mit kühler Außenluft, soweit Fenster und die Lüftungsklappen, welche in den Zwischenwänden zum Atrium angebracht sind, von den Nutzern bei Verlassen des Büros am Abend geöffnet werden.

Zur Unterstützung der Umsetzung wurde im Sommer 2002 ein Projekt zur Nachtkühlung gestartet. Elemente des Projektes waren: Bewusstseinsbildung, Messungen, Aktionswoche mit aktiver Nutzung der installierten Möglichkeiten.

Das Projekt brachte die folgenden Ergebnisse:

- ⊘# Keine messtechnisch nachweisbare dauerhafte Verbesserung der Temperatur- und Energiebilanz im gesamten Gebäude.
- ⊘# Deutliche subjektive Verbesserung in einigen besonders belasteten Büros nach Aussage der Mieter.
- ⊘# Deutliche subjektive Verbesserung bei allen Mietern allein durch die bessere Information und das Gefühl, in kritischen Zeiten aktiv zu einer Optimierung des Raumklimas beitragen zu können.
- ⊘# Bessere Information von neuen Mitarbeitern durch die Weitergabe durch Kollegen.

Einer der Gründe dafür, dass dieses Kühlungsprinzip im W.E.I.Z. noch nicht den gewünschten Erfolg hat, ist, dass einige Nutzer, die zumindest zu die notwendigen Bedienungen der Elemente überwiegend ausführten, diese jedoch nach ersten Erfahrungen des offensichtlichen Nichtfunktionierens mehrheitlich wieder einstellten.

Ursache dafür war, dass es nur in einigen Büros im 2.OG durchgeführt wurde, während die Lüftungsklappen des Atriums zur Außenluft durch leichten Regen automatisch geschlossen wurden. Dadurch wurde sogar aufgeheizte Luft aus dem Atrium in die eigentlich zu kühlenden Büros gesaugt! „Mundpropaganda“ führte zu einer Ablehnung durch andere Nutzer. Die Funktion des Systems ist allerdings nur gewährleistet, wenn alle sich daran beteiligen.

9.5 Erdwärmetauscher

Ein Luft - Erdreichwärmetauscher (L-EWT) unter dem Fundament des Gebäudes soll am Tag die einströmende warme Außenluft aufgrund der Kühle des Erdreichs abkühlen und somit zusätzliche Kälteleistung zur Verfügung stellen.

Das Funktionieren des Erdreichwärmetauschers kann jedoch als unzureichend bezeichnet werden. Für die Nutzer ist absolut kein wesentlicher Kühlungseffekt spürbar.

Rechnerisch, wie auch gemessen, ergibt sich eine Kühlleistung von ca. 15 kW. Hier muss jedoch eine Leistung von rd. 5 kW abgezogen werden, da der Antrieb der Lüfter für die Zuluft direkt in den Zuluftstrom montiert wurde und somit seine Abwärme an diesen abgibt.

9.5.1 Beschreibung:

Der zentralen Lüftungsanlage ist ein, unter dem Keller verlegter L-EWT in Registerform vorgeschaltet (die mittlere Verlegetiefe beträgt rund 3,5 m). Der L-EWT besteht aus 15 parallelen PVC-Rohren, DN 200 und einer Rohrlänge von jeweils 28 m. Die zwei Sammelschächte aus Beton weisen eine Länge von 10 m auf und sind begehbar. Die eingesetzten Ventilatoren besitzen in Bezug auf den Heizbetrieb eine entsprechende Leistungsreserve, sodass bei extremen Außentemperaturen im Sommer der Gesamtmassenstrom auf etwa 5000 m³/h erhöht werden kann. Der L-EWT stellt in diesem Projekt ein monovalentes Kühlsystem dar.

Zusätzlich zur Deckung der sommerlichen Kühllast wird der L-EWT auch zur Vorwärmung der Zuluft in der Heizperiode, im Speziellen zur Vereisungsvermeidung auf der Fortluftseite des Wärmerückgewinnungsaggregates, verwendet.

Dabei bleibt aber zu berücksichtigen, dass der L-EWT in der Heizperiode nur zu Bürozeiten beaufschlagt und außerhalb der Bürozeiten im Umluftbetrieb mit minimalem Frischluftanteil betrieben wird.

Am L-EWT im W.E.I.Z. durchgeführte Messungen (Messperiode Jänner 2000 bis Dezember 2000) zeigten Kühlleistungen bis zu 17 kW. Beispielsweise konnten am 21.08.2000 parallel zu Außentemperaturen von über 30°C über einen Zeitraum von mehr als fünf Stunden 15 kW Kühlleistung durch den L-EWT bereitgestellt werden. In Kombination mit der Nutzung der Nachtkälte (Massenspülung mit kühler Außenluft) übernimmt der L-EWT die Deckung der gesamten Kühllast im Sommer. Als besonders wichtig stellte sich für den die nächtliche Regeneration des Erdreichs während der Nachtkühlung mit kalter Außenluft heraus.



Abbildung 10: Verlegung des Erdreichwärmetauschers im W.E.I.Z.

9.5.2 Beitrag zur Energiebilanz

Der Erdreichwärmetauscher unter dem Fundament des Gebäudes sollte am Tag die einströmende warme Außenluft aufgrund der Kühle des Erdreichs abkühlen und somit zusätzliche Kälteleistung zur Verfügung stellen.

Das Funktionieren des Erdreichwärmetauschers kann jedoch als unzureichend bezeichnet werden. Für die Nutzer ist absolut kein wesentlicher Kühlungseffekt spürbar.

Rechnerisch, wie auch gemessen, ergibt sich eine Kühlleistung von ca. 15 kW. Hier muss jedoch eine Leistung von rd. 5 kW abgezogen werden, da der Antrieb der Lüfter für die Zuluft direkt in den Zuluftstrom montiert wurde und somit seine Abwärme an diesen abgibt (im Winter ist das von Vorteil). Diese Lösung zeigt, dass im Passiv-Bürohaus der Sommernutzung stärkere Aufmerksamkeit gewidmet werden muss als dem Winter.

9.5.3 Zusammenfassung und Ausblick:

Luftdurchströmte Erdreichwärmetauscher bilden grundsätzlich eine sinnvolle energiesparende Ergänzung – oder auch alleinige Alternative – zu konventionellen Heizungs- und Klimasystemen. Neben ökologischen Aspekten können bei frühzeitiger und integraler Planung aber auch ökonomisch konkurrenzfähige Systemlösungen umgesetzt werden. Als besonders sinnvoll stellte sich bei Kühlanwendungen die Kombination von L-EWT mit Nachtlüftungskonzepten, welche die Nachtkälte zur Entladung von erwärmten Massen (thermische Bauteilaktivierung) nutzen, heraus. Die kombinierte Nutzung von Erd- und Nachtkälte lässt kleinere L-EWT zu, was die Investitionskosten reduziert und somit die Wirtschaftlichkeit erhöht.

Allerdings ist die gespeicherte Kältemenge unter dem Gebäude begrenzt und die Spitzen der Kühlleistung können an einzelnen Tagen die Kapazität weit überschreiten. Es müssen alle folgenden Umstände optimal kombiniert werden, um die Einbindung eines L-EWT sinnvoll zu gestalten:

- ⚡ Keine Fensterlüftung in Zeiten, in denen der L-EWT in Betrieb ist (Konzentration auf die Nutzung während der maximalen Außentemperaturen). Dazu ist eine umfassende Bewusstseinsbildung nötig.
- ⚡ Unterstützung durch natürliche Nachtlüftung ohne Betrieb des L-EWT. Ein gleichzeitiger Betrieb beider Verfahren führt zu unkontrollierbaren Störungen.
- ⚡ Großzügige Dimensionierung bei gleichzeitig geringem Strömungswiderstand (Ventilatorleistung minimieren). Wenn möglich, Ventilatoren und sonstige Wärmequellen außerhalb des Luftstroms anordnen.
- ⚡ Vorsehen alternativer Kühlmethode für als besonders belastete Gebäudeteile.

9.6 *Benutzungsdaten aus der Gebäudeleittechnik*

Raumdaten Sommerwoche

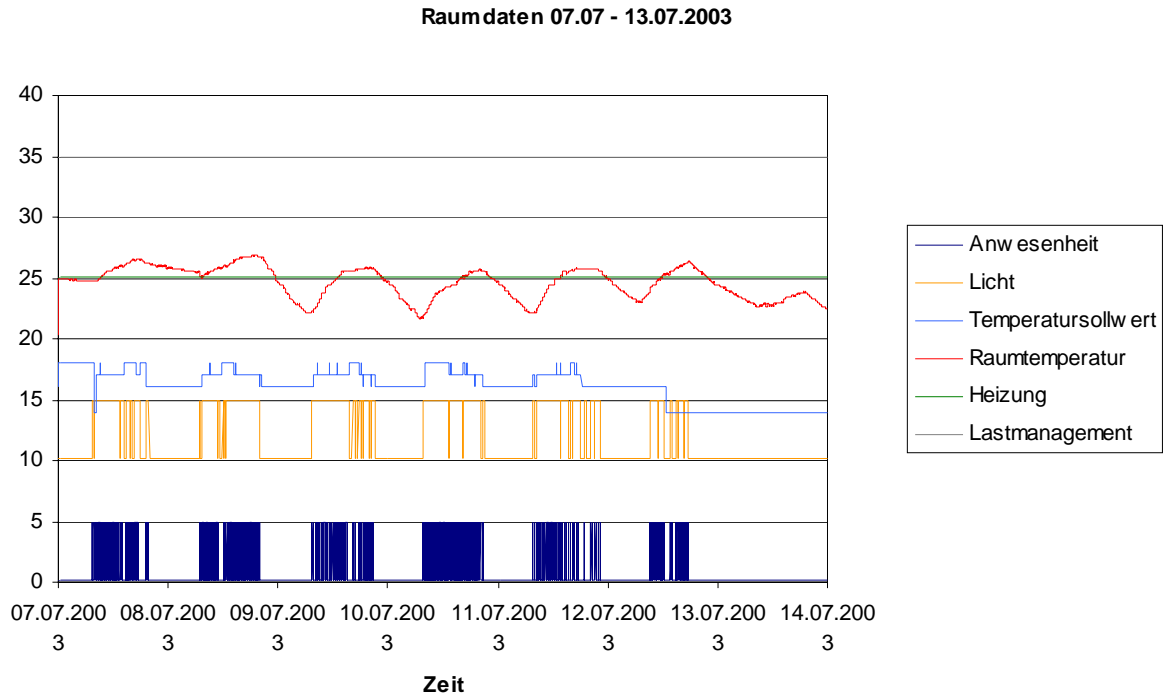


Abbildung 11: Aufzeichnung Raumdaten Sommerwoche im W.E.I.Z. / Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie Gleisdorf

Raumdaten 24 Stunden

Raumdaten 09.07.2003

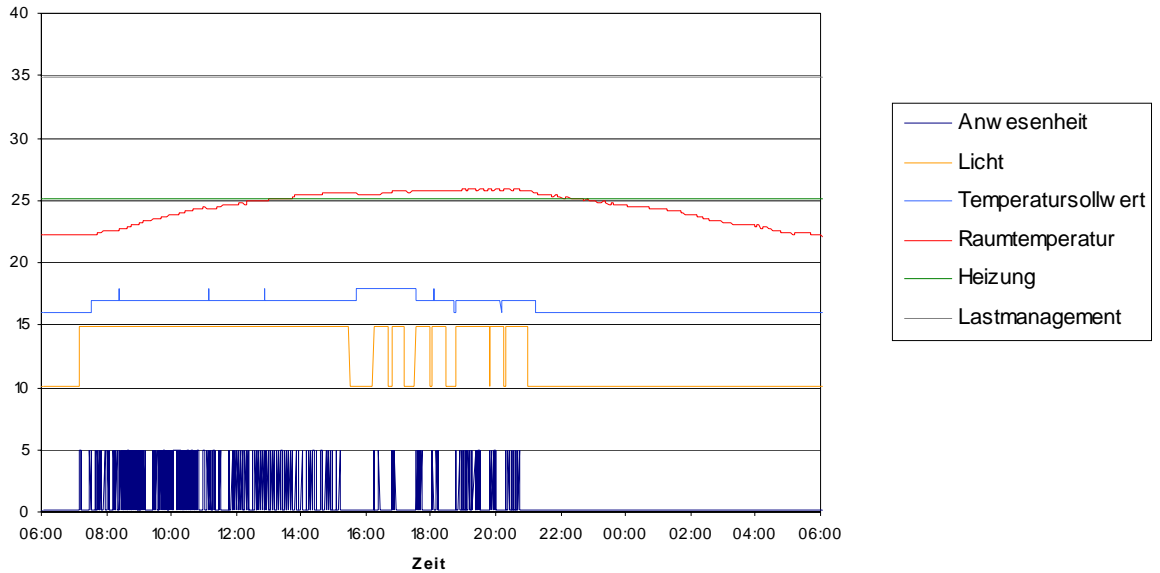


Abbildung 12: Aufzeichnung Raumdaten Sommer / Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie Gleisdorf

Raumdaten Winterwoche

Raumdaten 10.02 - 16.02.2003

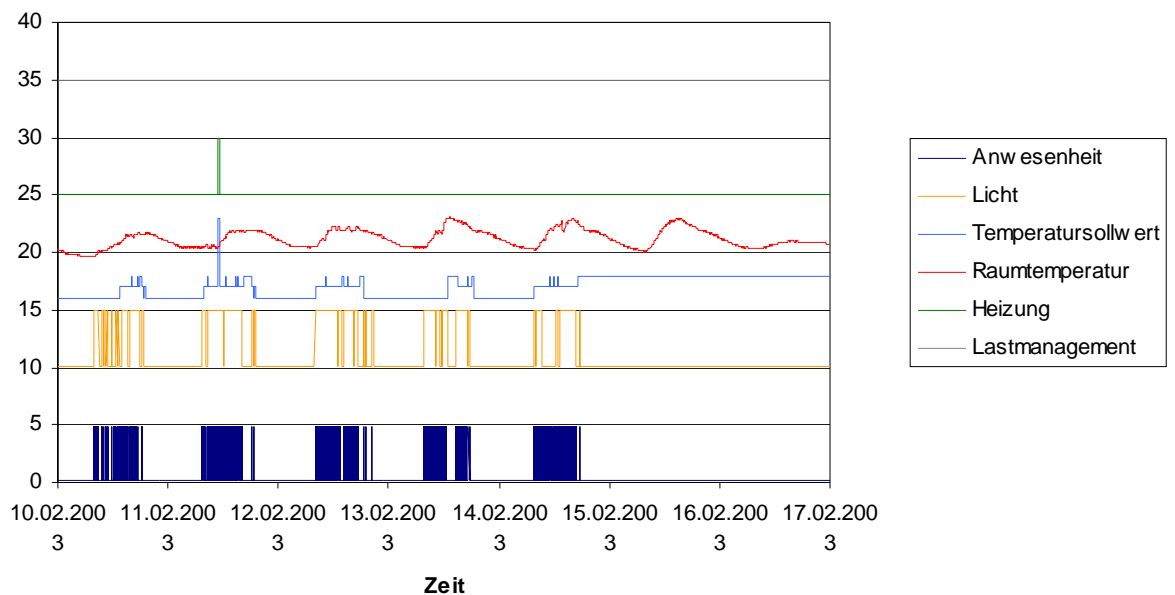


Abbildung 13: Aufzeichnung Raumdaten Winterwoche im W.E.I.Z. / Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie Gleisdorf

Raumdaten 24 Stunden

Raumdaten 12.02.2003

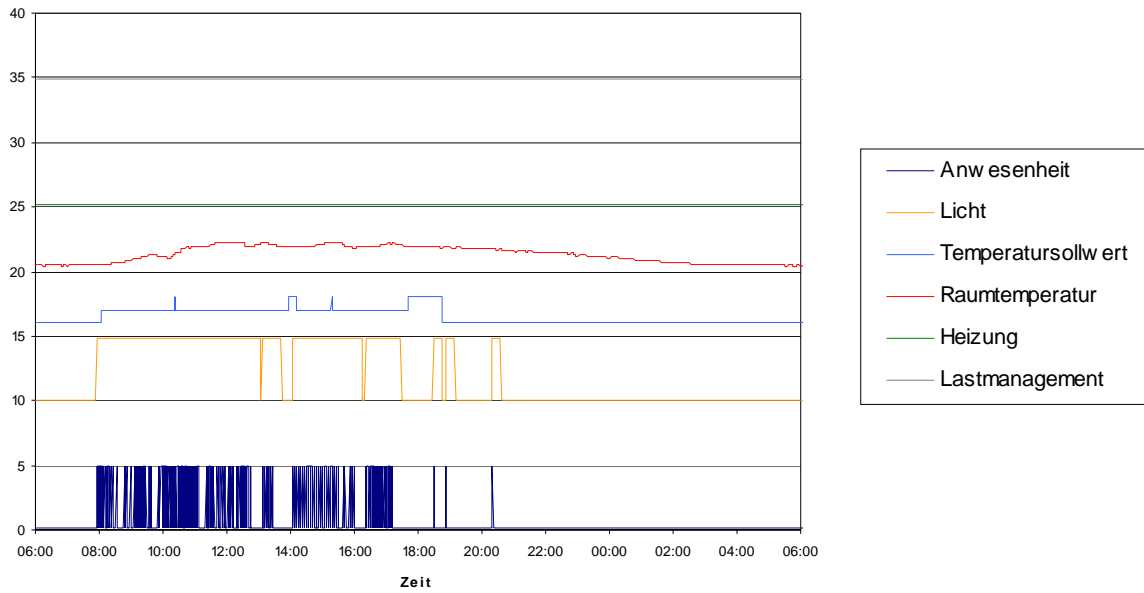


Abbildung 14: Aufzeichnung Raumdaten Winter / Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie

10 Benutzungserfahrungen

Von einem Großteil der Mieter wurde ein Ansprechpartner genannt, der als Multiplikator für Maßnahmen oder als Informant für die Sammlung von Erfahrungen fallweise in das erweiterte Projektteam integriert wurde.

10.1 Eingebundene Nutzer

Firma	Ansprechpartner	Schwerpunkt	MA
Felber Engineering	Ing. Willibald Felber	Techn. Büro für Elektrotechnik & Transformatorentechnik	1
Tech.Büro Grabner G.	Ing. Günter Grabner	Tech.Büro für Maschinenbau und Installationstechnik	1
Joanneum Research	Prof. Dr. Moser	Institut für nichtinvasive Diagnostik	8
Joanneum Research	Prof. Dr. Leising	Institut für nanostrukturierte Materialien und Photonik	32
Fehring consulting	Manfred Fehring	Electro-Energy-Engineering, Planung, Fachbauleitung	1
hgs, Gergits & Pani OEG	H. Gergits, DI G. Pani	Informationsmanagement	7
S.A.N.	Hr. DI Auer	Projektman. für Energiesysteme	2
InnoMedia	Hr. Krobath	Event- & Innovationsmanagement	1
Feistritzwerke	Christian Baierl	Gebäudemanagement	1
Ing. Günter Lafer	Günter Lafer	Baukoordination	1
DI Thell	DI Thell		1

10.2 Erhebung gemeinsam mit ausgewählten Mietern

10.2.1 Erfahrungen und Anregungen von Mietern

Die Erhebung der Erfahrungen erfolgte laufend. Dazu wurden u.a. Formulare verteilt, auf denen besondere Vorkommnisse oder allgemeine Eindrücke chronologisch vermerkt wurden. Die folgende Zusammenstellung (Kommentare aus dem Jahr 2002) gibt die Überlegungen und Erfahrungen wieder:

- ⚡ Damit die Luftklappen im Atrium bei Regen offen bleiben können, sollte man sie überdachen. Derzeit schließen sie automatisch gerade dann, wenn der Kühleffekt besonders groß ist.
- ⚡ Es wäre besser, die Jalousien in der Nacht auch bei Gewitter unten zu lassen. Sie sind relativ stark ausgeführt und Schäden sind versichert. Dann können die Fenster problemlos gekippt bleiben. Teure Geräte müssten aber sicherheitshalber vom Fenster entfernt aufgestellt werden.
- ⚡ „Wenn man in der Früh schon 28 Grad im Atrium hat und weiß, dass es noch heißer wird, vergeht da schon die Lust auf die Arbeit!“ Die Kühlung im Atrium ist eine wichtige Voraussetzung für das Wohlbefinden auch der Gäste, die nur zu Veranstaltungen oder zu Besprechungen kommen.
- ⚡ Vorschläge für den Fall, dass jemand um 17 Uhr geht, das Atrium noch zu heiß ist, für die Nachtlüftung die Klappen aber geöffnet werden sollten (derzeit kommt dann warme Luft ins Büro hinein):

- ⊘ Vertrauen, dass der Gesamteffekt dennoch positiv ausfällt. – das muss aber erst aufgebaut werden!
- ⊘ Vorkühlung des Atriums an heißen Tagen über den Keller durch das W.E.I.Z.
- ⊘ Abluft wegschalten und Zuluft maximal aufdrehen, dann könnte ein Überdruck die Erwärmung verhindern.
- ⊘ Ein Problem mit der schwankenden Luftfeuchtigkeit wurde von Mietern identifiziert: Im Winter liegt sie in einigen Büros manchmal unter 20 %. Dadurch verschieben sich Holz- und Betonkörper sehr stark, was am Stiegegeländer sichtbar ist. Folgen: Schüttung rinnt aus, Undichtheiten wachsen, große Feuchtigkeitsaufnahme bzw. Abgabe führt zu Energieproblemen in der Übergangszeit. Befeuchtung sollte besser funktionieren.
- ⊘ Silikonfugen bei den Fenstern wurden nur notdürftig überdeckt, zum Atrium hin finden sich noch immer große Spalten in den Wänden! Dadurch wird die Luftführung unkontrollierbar.
- ⊘ Gruppierung der Leuchtkörper nach Lage der Arbeitsplätze ist nicht gelungen (aber in einem Bürogebäude auch kaum möglich). Hier müssen in Zukunft Konzepte mit individueller Ergänzung der Beleuchtung umgesetzt werden.
- ⊘ Bewegungsmelder zur Anwesenheitskontrolle haben sich nicht bewährt. Dadurch werden Jalousien und Beleuchtungskörper automatisch und entgegen den Nutzeranforderungen geschaltet. Sie sind entweder zu sensibel oder ungeeignet für derartige Konzepte, da die Bewegungen beispielsweise an einem Computerarbeitsplatz manchmal so gering sind, dass die Bewegungsmelder trotz Anwesenheit der Mitarbeiter keine Bewegung mehr wahrnehmen und das Licht ausschalten.

10.3 Gezielte Nutzerbefragung

Im Herbst 2003 wurde eine Befragung aller Nutzer durchgeführt, die alle Aspekte des Gebäudes beinhaltete und nicht auf Energiefragen konzentriert war. Die folgende Aufstellung zeigt, dass Energiefragen in ihrer Bedeutung relativ zu anderen Problemen nicht als übermäßig gravierend gesehen werden. In einer Abschlussbesprechung wurde auch deutlich, dass die Freude am Gebäude deutlich überwiegt. Das Bewusstsein, Teil eines energietechnischen Pilotprojektes zu sein, hatte allerdings eine nur untergeordnete Bedeutung.

Positive Äußerungen:

- ⊘ Geniales Projekt mit schöner Architektur
- ⊘ Mutige moderne Technik unterstützt das Image der Mieter
- ⊘ Wunderbares Betriebs-Klima
- ⊘ Holz im Außenbereich ergibt gute Außendarstellung
- ⊘ Energiesparen ist ein gutes und wichtiges Signal

Fazit: Deutlich mehr Vor- als Nachteile

Problembereich Parkplatz:

- ⚡# mangelhafte Ausführung
- ⚡# sollte geteert sein
- ⚡# große Staubentwicklung

Problembereich Eingang:

- ⚡# Eingangsbereich unvorteilhaft bei schlechter Witterung, wenn man aufschließen muss
- ⚡# Vordach fehlt
- ⚡# Eingangsbereich zu eng / finster
- ⚡# Außenstiege vereist

Problembereich Atrium:

- ⚡# Häufig im Winter zu kalt (trotz Fußbodenheizung!)
- ⚡# Aussicht wäre wünschenswert
- ⚡# Zuviel „Verkehr“ im Atrium
- ⚡# Schlechte Beleuchtungskörper
- ⚡# Sichtbeton macht zu kalte Atmosphäre

Problembereich Raumkonzept:

- ⚡# Bessere Staffelung der Raumgrößen wäre vorteilhaft
- ⚡# Aufenthaltsraum zum Essen und für Pausen fehlt
- ⚡# Teeküchen viel zu klein
- ⚡# WCs zu klein, vor allem bei externen Veranstaltungen

Problembereich Innenausbau:

- ⚡# Medienraum zu dunkel
- ⚡# Zuviel Beton
- ⚡# Wendeltreppe unpraktisch, zu eng

Problembereich Lüftung:

- ⚡# Raucherabgase werden offensichtlich über die Lüftung von außen eingesaugt
- ⚡# Misstrauen gegenüber Filteranlage und Wartung
- ⚡# Unerklärliche Staubentwicklung in einigen Büros
- ⚡# Vermutung: Bakterien werden über Lüftungsanlage verteilt

10.4 Kommentar

Das überwiegend positive Gesamtbild im W.E.I.Z. wird durch viele kleine, aber auch größere technische Probleme getrübt.

Das Thema der sommerlichen Überhitzung dominiert die Akzeptanz des Gebäudes.

Hier werden vor allem im Sommer, teilweise jedoch auch schon in der Übergangszeit und im Winter unerträgliche, zumindest aber unangenehme Temperaturen in fast allen Gebäudebereichen erreicht. Die Ursachen sind im Wesentlichen durch die heute tatsächlich vorliegenden und gegenüber den ursprünglichen Planungen erheblich gestiegenen Wärmelasten. Ein Faktum ist auch der zu knapp ausgelegte Erdreichwärmetauscher.

Ein weiteres ernst zu nehmendes Problem ist die von den Nutzern empfundene Trockenheit der Raumluft während der Wintermonate. Hier wurde allerdings durch den Einbau einer Dampf-Hochdruck-Befeuchtungsanlage eine entsprechende Maßnahme eingeleitet.

Der nachträgliche Einbau der Befeuchtungsanlage bringt aber auch einige nicht unerhebliche Probleme im täglichen Betrieb mit sich.

- ⚡ Die Dimensionierung der Lüftungsanlage entspricht nicht den Anforderungen, um eine vernünftige Umsetzung im Betrieb gewährleisten zu können.
- ⚡ Zu eng ausgelegte Lüftungskanäle bzw. eine zu kurze Aufnahmestrecke führen zu Kondenswasserbildung in den Lüftungskanälen.
- ⚡ Durch diese Problematik ist es im alltäglichen Betrieb fast unmöglich die Befeuchtungswerte in den einzelnen Bereichen auf über 40 % zu bringen (durchschnittliche Werte sind: EG ~37%; 1.OG ~ 32%, 2.OG ~ 39%).
- ⚡ Das größte Problem ist wie gesagt die Kondenswasserbildung in den Zuluftkanälen im Bereich des Lüftungsraumes. Das austretende Kondenswasser beschädigt in weiterer Folge die Isolierung der Lüftungskanäle.

In Bezug auf die Einbindung der Nutzer in die technische Bedienung des Gebäudes, z.B. für die nächtliche Vorkühlung, zeigen sich Informationsdefizite. Diese Informationslücken könnten durch eine geeignete, auf das Gebäude abgestimmte Informationsbroschüre beseitigt werden. Nutzer sind eben nur „bedingt zuverlässige Bediener“.

In Bezug auf Architektur und Raumkonzept hat sich das W.E.I.Z. grundsätzlich gut bewährt. In diesem Bereich muss für ein Nachfolgeprojekt im Wesentlichen über die einzelnen Raumgrößen sowie eine sinnvollere Atriumsgestaltung intensiver nachgedacht werden.

11 Vergleich mit internationalen Gebäuden

11.1 Auswahl der Objekte

Um die Bedeutung der Erfahrung in Errichtung und Betrieb des W.E.I.Z. in die Gesamtentwicklung des Passivhaus-Konzeptes einordnen zu können, wurden parallel zur Auswertung der Planungs-, Mess- und Nutzungsdaten vergleichbare Objekte gesucht, die zumindest eine der folgenden typischen Randbedingungen erfüllen:

- ⊗ Vergleichbares Alter und Baukonzept
- ⊗ Bürogebäude mit möglichst unterschiedlichen Nutzern bzw. Mietern
- ⊗ Raumnutzungskonzept mit Integration eines Atriums
- ⊗ Nutzfläche zwischen 1000 m² und 10000 m²
- ⊗ Minimaler Energieverbrauch als Planungsziel
- ⊗ Kontrollierte Be- und Entlüftung
- ⊗ Messtechnische Begleitung und Dokumentation

Die Suche erfolgte ausschließlich im deutschen Sprachraum über mündliche Empfehlungen von Fachleuten, Forschungsdatenbanken und Internet.

Es wurden vier Objekte ausgewählt, die im folgenden Kapitel in den wesentlichsten Charakteristika dem W.E.I.Z. gegenübergestellt werden:

- ⊗ Bürohaus der Fa. Wagner am Stammsitz in Cölbe in Hessen
- ⊗ Bürohaus der Fa. Pollmeier in Creuzburg bei Frankfurt
- ⊗ Verwaltungsgebäude der Deutschen Bahn in Hamm
- ⊗ Bürogebäude des Zentrums für umweltbewusstes Bauen in Berlin

11.2 Objektvergleich

	WEIZ	Bürohaus der Fa. Wagner	Bürohaus der Fa. Pollmeier
Nutzung	Freie Vermietung, vorrangig an Firmen und Organisationen mit Bezug zu Energiefragen	Verwaltungsgebäude eines Unternehmens, das Solaranlagen herstellt	Verwaltungsgebäude eines Holz verarbeitenden Unternehmens
Netto-Nutzfläche	Ca. 2000 m²	Ca. 2000 m²	Ca. 3500 m²
Wärmebedarf gerechnet	15 kWh/m ² NGF.a	10 kWh/m ² NGF.a	37 kWh/m ² NGF.a
Wärmeverbrauch	28 kWh/m ² NGF.a	12,5 kWh/m ² NGF.a	58 kWh/m ² NGF.a
Abweichung in %	87%	25%	57%
Genutzt seit	1999	1998	2001
Gebäude	Massiv-Holzbau mit vorgefertigten Holzelementen in der Außenwand, Atrium mit Beton-Speichermassen	Stahlbetonskelett mit vorgefertigten Holzelementen	Stahlskelett, Betondecken, Fassaden aus vorgefertigten Holzelementen, Atrium
Wärmeversorgung	Erwärmung der Zuluft (Biomasse Fernwärme) mit elektrischer Nachheizung, FB Heizung im Atrium	Solarer Großspeicher mit Gas-BHKW, Erwärmung der Zuluft	Nahwärmenetz (Restholz), WP in der Abluft, Heizkörper in den Büros, FB-Heizung im Atrium
Lüftungskonzept	Vorwärmung und -kühlung mit Erd-WT , zentrale Verteilung von Zu- und Abluft, WRG ; passive Nachtkühlung im Sommer	Zu- und Abluft, WRG, Lufterwärmung durch den Pufferspeicher; passive Nachtkühlung im Sommer möglich	Zentrale Abluftanlage, Atrium bei Bedarf passiv entlüftet
Wichtigste Planungsziele	Konsequentes Passivhaus Auslegung durch Simulation optimiert Kostengünstig Weitgehende Flexibilität Keine Klimaanlage	Konsequentes Passivhaus (Minimierung Primärenergieeinsatz) Solare Energieversorgung Keine Klimaanlage	Optimales Raumklima Minimale Haustechnik Erneuerbare Energieversorgung
Wichtigste energetische Besonderheiten bzw. Unterschiede zum WEIZ	Große Unterschiede der Nutzeranforderungen Reine Luftheizung der Büros Nachtkühlung Minimale Investitionen Große Verglasungsflächen auch nach Westen	Konsequente Einhaltung der Passivhauskriterien – Zielwerte erreicht! Nutzung klar vorgegeben, reine Büro- und Schulungsräume Speicher wärmt das Gebäudezentrum	Lüftung ohne Heizfunktion Wirtschaftliche Optimierung des Wärmeschutzes (z.B.Verglasung 1,2 W/m ² K) Einheitliche Nutzung
Information	www.w-e-i-z.at	www.wagner-solartechnik.de	www.pollmeier.com

	WEIZ	Verwaltungsgebäude Deutsche Bahn	Zentrum für umweltbewusstes Bauen
Nutzung	Freie Vermietung, vorrangig an Firmen und Organisationen mit Bezug zu Energiefragen	Verwaltungsgebäude	Büro- und Schulungsräume im Verband der Gesamthochschule Kassel
Netto-Nutzfläche	Ca. 2000 m²	Ca. 6000 m²	Ca. 1700 m²
Wärmebedarf gerechnet	15 kWh/m ² NGF.a	60 kWh/m ² NGF.a	16 kWh/m ² NGF.a
Wärmeverbrauch	28 kWh/m ² NGF.a	90 kWh/m ² NGF.a	23 kWh/m ² NGF.a
Abweichung in %	87%	50%	44%
Genutzt seit	1999	2000	2001
Gebäude	Massiv-Holzbau mit vorgefertigten Holzelementen in der Außenwand, Atrium mit Beton-Speichermassen	U-förmiger Massivbau mit Außendämmung, vierstöckiges Atrium nach Osten Fenster 1,6 W/m ² K	Stahlbeton mit vorgefertigten Dämmelementen, südorientierter Anbau an Altbau mit Atrium als Übergang
Wärmeversorgung	Erwärmung der Zuluft (Biomasse Fernwärme) mit elektrischer Nachheizung, FB Heizung im Atrium	Gas-Brennwert, Heizkörper	Decken- und FB-Heizung (auch für die Kühlung genutzt, Rückkühlung über Bodenplatte), Fernwärme
Lüftungskonzept	Vorwärmung und -kühlung mit Erd-WT , zentrale Verteilung von Zu- und Abluft, WRG ; passive Nachtkühlung im Sommer	Vorwärmung und -kühlung über Erdreich WT, Zu- und Abluft mit WRG	Zentrale Zu- und Abluft mit WRG , Luftführung umkehrbar
Wichtigste Planungsziele	Konsequentes Passivhaus Auslegung durch Simulation optimiert Kostengünstig Weitgehende Flexibilität Keine Klimaanlage	Nutzung von Simulation in der Gebäudeplanung Optimiertes Lüftungskonzept zur Kühlung im Sommer	Vorzeigeprojekt Optimiertes flexibles Lüftungskonzept Flexibles Flächenheiz- und Kühlsystem
Wichtigste energetische Besonderheiten bzw. Unterschiede zum WEIZ	Große Unterschiede der Nutzeranforderungen Reine Luftheizung der Büros Nachtkühlung Minimale Investitionen Große Verglasungsflächen auch nach Westen	Lüftung ohne Heizfunktion Einheitliche Nutzung durch den Eigentümer Auf Sommerverhalten optimiert Große Kubatur Geringe Fensterflächen (außer Atrium nach Osten)	Lüftung ohne Heizfunktion Reine Büro- und Schulungsnutzung Reine SO-Orientierung, Althaus im Norden angebaut Zielwerte des Energieverbrauches erreicht
Information	www.w-e-i-z.at	www.fbta.uni-karlsruhe.de/dbhamm	www.zub-kassel.de

Abbildung 15: Vergleich mit internationalen Gebäuden (Datenquelle: Internetadressen wie angeführt)

11.3 Interpretation der Ergebnisse

Die wichtigste Erkenntnis aus dem Literaturstudium ist die Tatsache, dass das W.E.I.Z. in der Summe der Rahmenbedingungen das ambitionierteste Projekt ist und sich am weitesten von allen Bürogebäuden im deutschen Sprachraum an die Grenzen der Umsetzbarkeit eines Passivhauses mit Büronutzung heranwagt.

≠# In keinem anderen Objekt sind die Anforderungen der Nutzer so unterschiedlich und keines bietet eine vollkommen freie Vermietung an.

Problembereiche im W.E.I.Z.:

Extreme Heiz- und Kühllasten durch Nutzung, innere Wärmequellen und Lage im Gebäude, die sich teilweise gegenseitig verstärken. Sehr unterschiedliche und wechselnde Persönlichkeiten und Auffassungen der Mieter.

≠# Kein anderes Objekt verfolgt ein konsequentes Modell mit ausschließlicher Beheizung der Büroräume über die Zulufterwärmung. Auch das erfolgreiche Passivhaus der Fa. Wagner hat den zentralen Solarspeicher als Grundlastheizung integriert (diese Gewinne reduzieren auch den tatsächlichen Wärmebedarf!).

Problembereich im W.E.I.Z.: Grenzen der Regelbarkeit von Beheizung und Kühlung und des Ausgleichs von Extremlagen sowie der maximalen Heiz- und Kühllasten über die Anlage.

≠# Kein Objekt versucht eine Leichtbauweise mit minimalen inneren Speichermassen zu Verwirklichen

Problembereiche im W.E.I.Z.: Undichtheiten durch „arbeiten“ des Holzes verstärkt, stärkere und schnellere Erwärmung im Sommer.

≠# Kein Objekt hat derart unter Kostendruck gestanden wie das W.E.I.Z. In allen Fällen waren das Eigeninteresse der Errichter und späteren Nutzer sowie deutlich höhere Dotierung der fachlichen Unterstützung eine große Hilfe in der Umsetzung.

Problembereich im W.E.I.Z.: Keine Finanzierung der energietechnischen Planungs- und Errichtungsbegleitung bzw. Aufsicht. Im Rahmen der Begleitforschung mussten daher Versäumnisse korrigiert werden.

Unter Berücksichtigung dieser Erfahrungen sind die Betriebsdaten des W.E.I.Z. im Internationalen Vergleich beachtlich. Allerdings zeigen sie auch, dass es derzeit kein konsequentes Büro – Passivhaus mit zufrieden stellender Funktion in der Praxis gibt.

12 Maßnahmenplanung

12.1 Verbesserungen am Gebäude

12.1.1 Qualitätskontrolle der Gebäudehülle

Eine der ersten Maßnahmen im Rahmen des Projektes war die Schwachstellenanalyse an der Außenhülle. Die für die Funktion des Passivhauses entscheidenden Probleme sind Wärmebrücken und Undichtheiten. Es wurde daher eine Kombination aus Thermographieaufnahmen und Blower Door Messung gewählt.

Die Messungen wurden an zwei Unternehmen - Fa. Zamolo (Thermographie) und Fa. Ing. Johannes Geiger (Blower Door) - vergeben, die gemeinsam mit dem Projektteam ein integriertes Konzept entwickelten und im Februar und März 2001 umsetzten. Die Kurzfassung des Messberichtes findet sich im Anhang (Kapitel 14.4).

Messbedingungen:

- ⊘ Außentemperatur ca. -5 °C
- ⊘ Innentemperatur ca. 20 °C
- ⊘ Lüftungsanlage im Gebäude außer Betrieb.
- ⊘ Alle Fenster und Türen geschlossen.
- ⊘ Bei Messungen in einzelnen Büros wurden alle Öffnungen verklebt.

Messreihen:

- ⊘ Thermographische Außenaufnahmen des gesamten Gebäudes zur Definition von Wärmebrücken.
- ⊘ Thermographische Außenaufnahmen eines ausgewählten Büros, unterstützt durch Unter- und Überdruck, um Undichtheiten besser erkennen zu können.
- ⊘ Thermographische Innenaufnahmen in ausgewählten Büros und im Atrium, unterstützt durch Unterdruck, um Undichtheiten besser erkennen zu können.

Die Erkenntnisse aus den Messungen sind in den folgenden beiden Abschnitten kurz zusammengefasst.

12.1.2 Luftdichtheitsmessungen

Eine Blower-Door- Messung am gesamten Gebäude war aufgrund des großen Volumens nicht möglich.

Einzelräume sind über den Zwischendecken miteinander verbunden, auch dort konnten keine spezifischen Aussagen getroffen werden.

Die Luftdichtheitsmessungen mittels Blower-Door dienten daher nur zur Unterstützung der Aussagekraft der Thermographieaufnahmen. Alle weiteren Untersuchungen über die Luftströme im Gebäude wurden mit dem eigens dafür angeschafften Messgerät durchgeführt.

Empfehlungen:

- ⊘ Die Luftdichtheit des Gebäudes ist entscheidend für eine kontrollierte Führung der Zu- und Abluftströme, die wieder für die geregelte Beheizung und Kühlung Voraussetzung sind. Es muss in Zukunft sicher gestellt sein, dass eine Messung am Gesamtgebäude möglich ist.
- ⊘ Ein Passivhaus muss so konstruiert sein, dass kein un geregelter Austausch von Luft zwischen einzelnen Zonen und Räumen im Gebäude möglich ist.
- ⊘ Baukonstruktionen, die eine Dichtung gegenüber Außenluft erschweren oder unmöglich machen,

sollen nicht eingesetzt werden.

12.1.3 Thermographiemessungen

In einer ersten Messreihe wurde die Gebäudehülle überprüft.

Es war nicht möglich, den für einen Blower Door Test nötigen Unterdruck im Gesamtgebäude zu erzeugen. Daher wurde dieser nur als Unterstützung für die Thermographieaufnahmen eingesetzt.

Die wichtigsten Ergebnisse (siehe Bericht im Anhang):

- ⚡ Undichtheiten bei allen Kreuzungspunkten der Leimbinder in der Außenhülle.
- ⚡ Undichtheiten bei den Glas- und Holzleistenanschlüssen in allen Außenfenstern.
- ⚡ Deutliche Undichtheiten bei den Außenfenstern mit Metallrahmen.
- ⚡ Deutliche Undichtheiten zwischen Baukörper und Dachkonstruktion des Atriums vor allem bei den Querträgern.
- ⚡ Wärmebrücken beim Anschluss des Stiegenhauses an den Holzbau.
- ⚡ Keine weiteren erkennbaren Schwachstellen in der Außenhülle.

Empfehlungen:

- ⚡ Sehr leicht zu beheben sind die Fugen zur Dachkonstruktion und die Dichtungen der Metallfenster. Beide Maßnahmen wurden von den ausführenden Firmen umgesetzt.
- ⚡ Besonders schwer zu beheben sind die Undichtheiten der Leimbinder wegen der großen Anzahl und der erschwerten Zugänglichkeit. In einer Arbeitsbesprechung mit der ausführenden Firma wurde Ausschäumen als einzige Variante definiert. Es wurde aus Kostengründen sowie wegen der unsicheren Erfolgsaussicht beschlossen, diese Maßnahme nicht durchzuführen.
- ⚡ Besonders erfolgreich waren die Innenraummessungen zur Unterstützung der Überprüfung der Luftdichtheit.
- ⚡ Eine Überprüfung der Dämmung ist mit Thermographieaufnahmen nicht möglich. Es können nur ausgeprägte Wärmebrücken entdeckt werden. Auf diese vermuteten Schwachstellen sind die Messungen zu konzentrieren.

12.1.4 Konkrete Maßnahmen

Alle Messungen hatten besonders positive Effekte auf das Bewusstsein der beteiligten Planer und ausführenden Firmen. So konnten Ergebnisse von Entscheidungen anschaulich demonstriert werden. Die Erleichterung der Diskussion über die Mängelbehebung kann somit als größter Erfolg von Thermografie- und Blower Door Messungen im Rahmen der Qualitätssicherung bezeichnet werden.

Die folgenden Maßnahmen wurden mit den Planern und ausführenden Firmen besprochen und im Rahmen des Projektes umgesetzt.

Büro EG Geschäftsführung:

- ⚡ Austausch eines Fensters (Nordseite) da die Dichtung falsch eingebaut wurde (deutlich sichtbarer Wärmefluss in der Thermographieaufnahme).
- ⚡ Austausch eines Fensters wegen eines Lecks in der Dichtung der Verglasung (Austritt der Gasfüllung, Nachweis durch die Thermographiemessung).

Büros im EG und 1.OG Nordwest:

⚡ Hier wurden außenliegende Stoffmarkisen montiert. Diese dienen speziell für den Sommer als Sonnenschutz (überraschender Einfluss der tiefstehenden Nachmittagssonne!)

Fugen in den Fensterrahmen und Holzelementen

Mitte Jänner 2003 werden von der Baufirma Kulmer alle Spalten/Fugen im gesamten Haus abgedichtet (Schwachstellen mit Thermographieaufnahmen bei Unterdruck durch Blower Door festgestellt).

Ergebnisse:

⚡ Verminderung der Lüftungswärmeverluste.

⚡ Bessere Funktion der Lüftungsanlage (Erreichen der erforderlichen Luftmengen).

⚡ Diese Maßnahme hat ca. 3 % Reduktion der Luftverluste bewirkt (Vergleichsmessung Zuluft – Abluft über die Überströmgitter in typischem Büro). Der Einfluss auf den Energieverbrauch ist nicht groß genug, um quantifiziert werden zu können.

12.2 Verbesserungen an der Lüftungsanlage

Zusammenfassung der im Rahmen von Messungen und Nutzerbefragungen festgestellten und Probleme die im Zuge weiterer baulicher und regelungstechnischer Maßnahmen verbessert werden mussten:

⚡ Nur 60% der ausgelegten Luftmenge werden direkt in den Büros geliefert

⚡ Das Zentralgerät der Lüftungsanlage erbringt offensichtlich nicht die geforderte Luftmenge von ca. 7.800 m³/h.

⚡ Da die technische Leistung der Ventilatoren bei einer Überprüfungs-messung als ausreichend festgestellt wurde, wurde versucht, die Regelungsanlage der Lüftung durch adaptive Programmierung der frequenzgesteuerten Antriebsmotoren den geforderten Rahmenbedingungen anpassen. Es hat sich dadurch eine deutliche Verbesserung im Betrieb ergeben.

⚡ Nicht umgesetzt wurde bisher die folgende Maßnahme: Das Übersetzungsverhältnis des Antriebes der Ventilatoren durch geänderte Riemenscheibendimensionen (z.B. größerer Durchmesser der Riemenscheibe am Antriebsmotor der Zuluftventilatoren)

⚡ Die erforderliche Luftreinheit scheint nicht mehr im ausreichendem Maße gegeben zu sein. Durch kumulative Staubablagerungen im Lüftungssystem werden einzelne Büros in strömungstechnisch günstiger Lage vermehrt mit Feinstaub beaufschlagt.

⚡ Die Filter im Zentralgerät sind offensichtlich zu grob. Die nächst feineren Filter wurden probeweise eingebaut und das Strömungsverhalten der Gesamtanlage wurde überprüft. Da schon jetzt die Lüftungsanlage die notwendigen Luftmengen nicht liefern kann, würden die feineren Filter die Lüftungsleistung bei gleich bleibender Ventilatorleistung weiter verschlechtern. Die Maßnahme wurde nicht umgesetzt.

⚡ Alternativ wurden alle betroffenen Zuluftkanäle gereinigt. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Staub während der Baumaßnahmen in die Kanäle gelangt ist.

⚡ Da scheinbar aufgrund eines Planungsfehlers keine Putzöffnungen für die Luftkanäle vorgesehen wurden, war die Sanierung und Reinigung der Zuluftkanäle äußerst zeitaufwendig und daher kostspielig für die ausführende Firma.

⚡ Da auch eine Differenz der gemessenen Luftmenge zwischen Zentralgerät und der Summe der Zuluftmengen in den Büros messbar ist, ist mit bedeutenden Undichtheiten der Kanäle zu rechnen.

- ⚡ Für die dauerhafte Behebung müssen die georteten Leckagestellen durch fachgerechte Sanierung abgedichtet werden. Diese Maßnahme bedeutet einen erheblichen Aufwand und wurde im Rahmen des Projektes noch nicht umgesetzt.
- ⚡ Die geringe Luftfeuchtigkeit im Winter ist ein essentielles Problem in Büropassivhäusern. Im Einfamilienhaus kann diese durch Ausdunstung, Kochen, Baden/Duschen der Bewohner gesteigert. In Bürogebäuden wo keine inneren Feuchtigkeitsquellen vorhanden sind, muss befeuchtet werden.
- ⚡ Im W.E.I.Z. wurde anfänglich eine elektrische Dampfbefeuchtung installiert. Diese wurde später durch eine Hochdruckbefeuchtungsanlage ersetzt. Bei der Hochdruckbefeuchtungsanlage besteht die Möglichkeit der kontinuierlichen Verbesserung einzelner Anlagenkomponenten. Dadurch sind schon deutliche Verbesserungen erzielt worden. Dennoch sind die Ergebnisse noch nicht ausreichend zufrieden stellend.

Bis heute ist noch nicht vollständig geklärt, warum berechnete Luftmengen vom Zentralgerät nicht geliefert werden können. Der „Schwarze Peter“ wird von den jeweiligen Verantwortlichen gegenseitig zugeschoben. Entweder wurde die falsche Baugröße ausgewählt oder die Dimensionierung des Zuluft-Verteilersystems ist fehlerhaft, weshalb zu hohe Druckverluste entstehen und das Zentralgerät den erforderlichen Luftdruck nicht erzeugen kann.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass die am W.E.I.Z. beteiligten Professionisten (Planer und ausführende Firmen) der Herausforderung, eine Passivhaus - Lüftungsanlage voll funktionsfähig zu planen und zu installieren, nicht gewachsen waren. Hier besteht enormer Aufholbedarf für zukünftige Projekte, obwohl alle Beteiligten jahrelange Erfahrungen mit der Errichtung vergleichbarer Anlagen hatten.

Empfehlung für zukünftige Projekte:

- ⚡ Konsequente Verwirklichung einer Beheizung und Kühlung über die Lüftungsanlage nur dann, wenn im ganzen Gebäude einheitliche Anforderungen gestellt werden und alle Kriterien des Passivhauses nachweislich erfüllt sind.
- ⚡ In allen anderen Fällen werden Kombinationen sinnvoll sein, die zu einer Trennung von Lüftung – Beheizung und Kühlung führen.

12.3 Maßnahmenplanung zur Optimierung der Kühlung

Im Jahr 2002 war klar, dass erstens das Sommerverhalten des Gebäudes deutlich schwerer zu optimieren war als die Beheizung im Winter, und dass die geplante Nachtkühlung von den Mietern nicht eingesetzt wurde. Somit stimmten die Randbedingungen von Gebäudesimulation und Betrieb nicht überein.

In diesem Kapitel soll am Beispiel der Kühlung über das Lüftungssystem demonstriert werden, wie aufwändig sich eine nachträgliche Problemanalyse und die Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen gestalten.

Einige der Fragestellungen konnten bisher noch immer nicht ausreichend geklärt werden und haben die Fertigstellung dieses Berichtes um Monate verzögert. In der Planung und Umsetzung der Maßnahmen hatte es der Bauherr nicht mit einem Forschungsteam sondern mit Auftragnehmern zu tun, die sich oft mit Händen und Füßen gegen die Aufnahme der Verbesserungen in die Mängelbehebung wehrten.

12.3.1 Fragestellungen zum Sommerverhalten im Juni 2002

Das Projektteam stellte fest, dass viele Bedingungen, welche die Funktion des Gebäudes im Kühlfall beeinflussen, nicht ausreichend bekannt waren. Im einzelnen wurden die folgenden Unklarheiten definiert:

Luftmengen und -verteilung in den Büros

- ⚡# Messungen in den Büros ergeben deutlich zu geringe Luftmengen. Dadurch ist die Kühlwirkung über die zentrale Lüftung reduziert.
- ⚡# Die Verteilung zu den Randbüros (am Ende der Zuluftstränge gelegen) funktioniert trotz offenen Reglern nicht optimal. Händisch verstellte Regler (um die Temperatur im Winter zu erhöhen) beeinflussen das Verhalten des gesamten Stranges.
- ⚡# Es ist unklar, ob in den Kanälen zusätzliche Filter eingebaut wurden und wie der Strömungswiderstand und die Verschmutzung der Heizregister aussehen?
- ⚡# Wodurch wird die Luftmenge noch beeinflusst: Offene Fenster, Türen, Klappen, Atriumlüftung, Luftführungen über Zwischenwände und abgehängte Decken? Das Zusammenspiel zwischen freier und Zwangslüftung bleibt unklar.
- ⚡# Die unterschiedlichen Wärmeverluste einzelner Büros wurden sowohl in der Simulation als auch in der Planung durch Dipl.-Ing. Sonnek berücksichtigt! Die Norm-Luftmengen wurden somit auf den Winterzustand optimiert. Das Sommerverhalten war nur in der Gesamtauslegung ein, allerdings untergeordnetes, Kriterium.
- ⚡# Mieter beobachten immer wieder, dass gerade am Tag immer wieder die Frischluftzufuhr ausgeschaltet wird. Das kann aus den Aufzeichnungen in der Anlage nicht verifiziert werden.

Zentrales Lüftungsgerät

- ⚡# Wie wird der Erdkollektor tatsächlich zugeschaltet? Entspricht die Strategie den Anforderungen an heißen Tagen? Laut Planung erfolgt sie in Abhängigkeit von T_A an zwei Umschaltpunkten für Heiz- und Kühlbetrieb.
- ⚡# Liefert das Zentralgerät die nötige Luftmenge? Die Messung erweist sich als nicht so einfach wie erwartet. Vergleichsmessungen ergeben Schwankungen von etwa 50 % je nach Messmethode.
- ⚡# Ist es möglich, dass die Steuerung von Honeywell das zentrale Lüftungsgerät elektrisch (Phasenwechsel) herunterregelt?
- ⚡# Können verschmutzte Filter oder sonstige Widerstände in den Zuluftkanälen zu geringeren Luftmengen führen? Dafür ergeben sich nach eingehenden Untersuchungen keine weiteren Hinweise.
- ⚡# Die im Rahmen des Forschungsprojektes der AEE INTEC gemessene Kühlleistung des Luft-Erdwärmetauschers lässt sich durch die Temperaturmessungen im Gebäude nicht nachvollziehen.
- ⚡# Trotz Bypass nimmt die Luft ca. 5 K beim Durchgang durch das Lüftungsgerät auf. Das Gerät ist auf den Winter optimiert, in einem Bürogebäude müsste der Sommerfall vorangestellt werden (Bypass ohne Wärmeaufnahme ist somit eine Hauptfunktion).
- ⚡# Die Luftleitungen vom Erdkollektor sollten im Gebäude gedämmt werden. Sonst nimmt er im Sommer Wärme auf, die Kühlleistung geht zurück.
- ⚡# Laut Aussage von Herstellerfirmen sind Luftklappen in Lüftungsgeräten nie dicht. In diesem Fall ist das ein Problem. Auch ist der Druckverlust im Bypass deutlich höher als im Wärmetauscher! Diese Probleme werden erst sichtbar, wenn die Anforderungen an die Lüftung so extrem werden, wie in einem Passivhaus.

Passive Lüftung

- ⚡# Wie genau funktioniert die Klappensteuerung der Entlüftung im Atrium? Wie kann man sichergehen, dass sie in den frühen Morgenstunden offen sind?
- ⚡# Was geschieht, wenn die Klappen zum Atrium an heißen Tagen auch offen sind? Wie ist dann die Luftströmung im Gebäude?
- ⚡# Wurden wirklich alle Umstände der Nutzung des Gebäudes ausreichend mit dem Simulationsprogramm TRNSYS im Rahmen der Planung simuliert? Hier wurden berechnete Zweifel laut, eine Simulation als ausreichende Planungsgrundlage heranzuziehen.
- ⚡# Wie wirken offene Fenster? Wie wirkt Querlüftung in Eckbüros im Vergleich zu Lüftung, die nur über das Atrium möglich ist?
- ⚡# Warum erwärmt sich gerade das Atrium im Sommer so stark? Es war aus Kostengründen weder möglich, eine Sonnenschutzverglasung zu wählen, noch bewegliche Lamellen als Sonnenschutz zu montieren.
- ⚡# Wie ist das mit den Jalousien in der Nacht? Können die unten bleiben? Nur dann ist ein ausreichender Witterungsschutz für den Fall von starkem Regen gegeben.

12.3.2 Optimierung der Programmierung der Steuerung

Die folgenden Maßnahmen wurden gemeinsam mit dem verantwortlichen Programmierer (Ing. Baierl als Mitglied des erweiterten Projektteams) umgesetzt.

Die Entlüftungsklappen im Atrium wurden als ein zentrales Element der Optimierung definiert und durch einige einfache Änderungen besser eingebunden:

- ⚡# Zeitprogramm für die Öffnung nach Betriebsschluss und das Schließen zu Betriebsbeginn..
- ⚡# Der Regensensor wurde neu so programmiert, dass einerseits die Klappen wieder aufgehen wenn der Regen aufhört, er andererseits erst bei größeren Wassermengen anspricht.
- ⚡# Ein Temperaturprogramm für die Klappen wurde installiert, sie öffnen, wenn die Außentemperatur unter die Komforttemperatur sinkt und somit ein Kühleffekt erzielt wird.

Der zweite Maßnahmenbereich, die Steuerung der Jalousien, wurde vorerst nur diskutiert, aber im bestehenden Zustand belassen:

- ⚡# Die Jalousien sind derzeit auf 15 m/sek eingestellt, das kann beliebig erhöht werden (z.B. 30 m/sek = 100 km/h).
- ⚡# Auch das automatische Schließen in der Nacht ist grundsätzlich kein Problem, wird derzeit aber nicht umgesetzt.

12.3.3 Einbindung der Mieter in die Nachtkühlung

Die Hauptverantwortung an der Realisierung des Potenzials der passiven Kühlung liegt bei den Mietern. Diese müssen im Anlassfall durch kippen der Fenster und Überströmöffnungen eine Entlüftung der Büros über das Atrium ermöglichen.

Im Rahmen eines Testprojektes im Sommer 2002 wurden alle Mieter mündlich und schriftlich über die Möglichkeiten informiert und dann aufgefordert, sich für eine ganze Woche konsequent an die Nachtlüftung zu halten.

Das ausgeteilte Informationsblatt versuchte, alle Aspekte der Maßnahme zu beschreiben:

Ausgangssituation

Die Simulation des Gebäudes zeigte, dass der erforderliche Komfort unter extremen Bedingungen im Sommer (längere Zeiträume über 30 °C Außentemperatur) nur mit einer effizienten passiven Kühlung in der Nacht erreicht werden kann. In bisherigen Hitzeperioden wurden die Möglichkeiten dafür nicht ausgeschöpft, dementsprechend stark stieg in einigen Büros die Innentemperatur an. Diese Situation ist untragbar. In den nächsten Monaten soll eine zufriedenstellende Lösung gefunden werden.

Konzept der Nachtkühlung, wie es im W.E.I.Z. verwirklicht ist

Zu diesem Zweck wurden Klappen oder Fenster zum Atrium, die von innen händisch betätigt werden, in allen Büros eingebaut. Gekühlt wird, wenn zumindest ein Fenster über Nacht gekippt bleibt und die Klappe zum Atrium geöffnet wird. Die Öffnung der Fenster im Atriumdach ist automatisch gesteuert. Durch den Kamineffekt wird kühle Außenluft durch die Büros angesaugt und über das Atriumdach wieder abgegeben. Bei gleichzeitiger Kühlung aller Büros wird das Gebäude – Luftvolumen pro Stunde zwischen 6 und 9 mal ausgetauscht („6-9-facher Luftwechsel“), verglichen mit maximal einfachem Luftwechsel über die Lüftungsanlage. Die Temperaturabsenkung sollte dann bis zu 10 Kelvin betragen. Das Gebäude hat ausreichend Speichermassen, um am darauf folgenden Tag die Innentemperatur in komfortablen Bandbreiten zu halten.

Versuchsdurchführung

In den nächsten beiden Wochen werden wir versuchen, den Effekt der Nachtkühlung genau zu verfolgen. Dazu ersuchen wir Sie, zu einer Zeit, wenn die Außentemperatur bereits sinkt, alle Klappen zum Atrium sowie mindestens ein Fenster zu kippen. Alle Daten werden aufgezeichnet und die tatsächlichen Effekte ausgewertet. Nach Ablauf der Versuchsphase werden die Ergebnisse den Mietern vorgestellt.

Ziel der Aktion

Durch diese Versuchsreihe soll festgestellt werden, wo das Potential der Nachtkühlung tatsächlich liegt. Reicht es grundsätzlich aus, um den nötigen Komfort (mittlere Raumtemperaturen und 27 °C) zu sichern, dann kann an der Optimierung der Methode gearbeitet werden. Sind wir nicht erfolgreich, muss eine aktive Klimatisierung eingebaut werden.

Wichtige Hinweise

Es sollen vorerst nur Tage ausgewählt werden, an denen kein Regen oder Gewitter zu erwarten ist. In der Frage der Wettertauglichkeit der Methode müssen noch offene Fragen geklärt werden (z.B. Steuerung der Jalousien).

Durch den Luftaustausch innerhalb des Gebäudes kommt eine konsequente Nachtlüftung allen Büros zugute und sollte möglichst vollständig erfolgen.

Büros, in die keine Außenluft eintreten soll, sind von diesem Versuch ausgenommen.

Jede nicht benötigte Abwärmequelle sollte über Nacht ausgeschaltet bleiben, um den Kühleffekt zu steigern!

12.3.4 Messprogramm

Die Maßnahmen zur Nachtkühlung durch die Mieter im Sommer 2002 wurden mit gezielten Messungen von Temperaturen und Volumenströmen unterstützt.

12.3.4.1 Ausgangssituation

Gemessen wurden die Temperaturen im Atrium im EG, OG1 und OG2. Durch Vergleich mit den Außentemperaturen sollten die Möglichkeiten einer Kühlung durch Öffnen der Fenster in den Büros und gleichzeitigem Öffnen der Lüftungsklappen zwischen Büros und dem Atrium untersucht werden, wobei diese Lüftung während der Nacht erfolgen sollte.

Da während der Nacht die in Dachnähe gelegenen Fenster im Atrium bei trockener Witterung ebenfalls öffnen strömt die Luft über die Bürofenster durch die Büros über die Klappe Büro-Atrium durch das Atrium über die obenliegenden Klappen wieder nach außen.

Je nach Sinken der Außentemperatur während der Nacht stellt sich somit die Qualität der Kühlung ein.

12.3.4.2 Durchlüften der Büros

Durch die offenen Klappen Büro-Atrium beträgt der Volumenstrom bei geöffneten Fenstern ca. 0,4 m/s (gemessen im EG) um 9:30 bei Windstille. Eine gute Durchströmung der Büros ist damit gegeben.

Sind die Klappen und Fenster in möglichst vielen Büros während der Nacht geöffnet, wirkt sich dies natürlich auch besser auf die Durchströmung des Atriums aus.

Da bei steigendem Temperaturunterschied zwischen Atrium und Außen die Kaminwirkung die Durchströmung zusätzlich verstärkt ist ein Öffnen von Fenster und Klappen vor allem der in den EG gelegenen Büros wichtig.

Nachdem die höheren Innentemperaturen jedoch verstärkt in den oberen Geschossen auftreten, kann man der Bitte der konsequenten Nachtlüftung vermutlich auch dort am ehesten nach.

Bei niedrigen Außentemperaturen während der Nacht fallen die Bürottemperaturen entsprechend. So wurden in der Früh lediglich 20 °C gemessen.

12.3.4.3 Atrium

Durch das Lüftung in den Büros (Beispiel 21.06.2002 – ca. 2/3 der Büros öffneten die Klappen) konnte die Temperatur im Atrium in der Früh auf 25,5 °C gesenkt werden, obwohl vor allem im EG mit wenigen Ausnahmen die Klappen geschlossen waren.

Im Atrium stellt sich generell eine Temperaturschichtung vom ca. 1 °C Erhöhung je Geschoss ein.

Die oberen Fenster waren während des Tages geöffnet.

Die Luft im obersten Teil des Atriums wird durch die Horizontalen Glasflächen (Dach) trotz der angebrachten Abschattungen ähnlich einem Glashaus im Tagesverlauf aufgeheizt.

Im Gegensatz zu den Büros bewirken die vorhandenen Speicherflächen im Atrium (Fußboden und Betonwand) eine trägere Temperaturänderung.

Beobachtet wurde, dass sich die Temperatur im Atrium, trotz Nachtlüftung, vor allem in längeren Hitzeperioden von Tag zu Tag weiter aufschaukelt. Die über den Tagesverlauf erreichten Temperaturen können über die Nacht nicht ausreichend abgebaut werden, bzw. verhindert dies das Speicherverhalten im Atrium. Die Temperaturen liegen dann in der Früh im Atrium auch im EG über den Außentemperaturen.

12.3.5 Ergebnisse des Testprogramms

- ⚡ Im betrachteten Zeitraum kam es zu einer deutlichen Senkung der mittleren Raumtemperatur im Gebäude gegenüber der vorangehenden Woche bzw. vergleichbaren klimatischen Verhältnissen (der Effekt bewegte sich zwischen 1 und 2 Kelvin).
- ⚡ Gleichzeitig wurde deutlich, dass dieser Effekt in einigen Büros kaum spürbar war, bzw. nur eintrat, wenn konsequent alle Fenster gekippt wurden.
- ⚡ In einem Büro kam es sogar zu einem Anstieg der Temperatur (wahrscheinlich über das Atrium).
- ⚡ Mängel an der Steuerung der Klappen im Atrium führten gerade in einer Nacht mit starker Abkühlung dazu, dass diese nicht genutzt werden konnte.
- ⚡ In mehreren Fällen wurde beobachtet, dass die Überströmöffnungen über Tag geöffnet blieben und der Effekt dadurch wieder verringert wurde.
- ⚡ Der Test stellt sicher, dass alle Mieter über die Funktion der Nachtkühlung informiert wurden.
- ⚡ Die Skepsis bezüglich der Sinnhaftigkeit konnte nur teilweise ausgeräumt werden, ebenso die Bedenken bezüglich Aufwand und Gefahr von Schäden bei nächtlichen Unwettern.
- ⚡ Seither wird die Nachtkühlung weiterhin nur von einigen Mietern eingesetzt, diese bemerken aber deutliche Verbesserungen im Temperaturverhalten. Der Gesamteffekt ist messtechnisch nicht nachweisbar.

12.4 Verbesserungen an der zentralen Gebäudeleittechnik

12.4.1 Funktionen der installierten Systeme

Das W.E.I.Z. als Büro Passivhaus braucht eine sehr komplexe Steuerung, um einen einigermaßen reibungsfreien Betrieb gewährleisten zu können. Mit der zentralen Gebäudeleittechnik werden folgende Elemente und Funktionen des Gebäudes zentral gesteuert und geregelt:

- ☞ Innen- und außentemperaturgesteuerte zentrale Heizung (Erwärmung der zentralen Zuluft).
- ☞ Steuerung der individuell einstellbaren Raumtemperatur durch Elektro-Nachheizregister in den einzelnen Büro-Zuluftrohren.
- ☞ Steuerung der zentralen Luftmenge. Dabei wird der Luftdruck der Zu- bzw. Abluft auf einen freiwählbaren Wert (Pa) mittels frequenzgesteuerter Ventilator Motore eingehalten.
- ☞ Raumlicht und Ganglichtsteuerung in Abhängigkeit des Tageslichtes und der inneren Lichtquellen und Bewegungsmeldern
- ☞ Jalousie - Steuerung für den automatischen Sonnenschutz des Gebäudes
- ☞ Atriumdach-Lüftungsklappen können nach freieinstellbaren Zeiten geöffnet oder geschlossen werden. Diese Automatik ist besonders im Sommer zur Spülung (= natürliche Kühlung) des Atriums und der Büros wichtig, wenn die Klappen geöffnet sind und ein Nachtgewitter kommt. Hier werden die Klappen automatisch geschlossen, gesteuert von der hauseigenen Wetterstation.
- ☞ Raumluftfeuchtigkeit durch zentrale Befeuchtung je Geschoß und Regelung über Referenzmesspunkte in einzelnen Büros.
- ☞ CO₂- Konzentration in den Medien und Besprechungsräumen. Die CO₂- Konzentration wird gemessen und entsprechend der eingegeben freiwählbaren Grenzwerte wird die Zuluftmenge gesteuert.

Für die Erfassung, Steuerung und Regelung des gesamten Gebäudes werden über ein Lon-Bus- System und via 85 kombinierte Messfühler Daten aufgezeichnet:

- ☞ Bewegungsmelder, Lichtsensoren und Temperaturfühler allen Büros, Medien und Besprechungsräumen und im öffentlichen Gangbereich
- ☞ Feuchtigkeitsmessfühler in je einem Referenzbüro je Geschoß
- ☞ Stellungsmessgeber für geschlossenes oder geöffnetes Fenster. Bei jedem Fenster eingebaut. Dient zur Regelung des elektrischen Nachheizregisters, das sich bei geöffneten Fenster ausschaltet.
- ☞ CO₂ Sensoren in den Medien- und Besprechungsräumen.
- ☞ Wetterstation für Messdaten wie: Außentemperatur, Helligkeit je Himmelsrichtung, Wetteranzeige (Regen, Sonne), Windgeschwindigkeit, Außenluftfeuchtigkeit

12.4.2 Erfahrungen und Maßnahmen zur Optimierung

Die verschiedenen Messdaten werden von 2 Systemen genutzt. Für das Gebäudemanagement (z.B. öffnen und schließen der Atriums-Lüftungsklappen, Steuerung der NHR) wurde ein eigenes System von der Fa. Feistritzwerke entwickelt und für das W.E.I.Z. adaptiert sowie für die Lüftungsanlage das System der Fa. Honeywell.

- ⚡ Beide Systeme greifen wechselseitig auf die Daten in anderen Systemen zu. Die technische Lösung hat nach anfänglichen Problemen nun eine sehr stabile, gute Qualität erreicht. Voraussetzung dafür war eine enge Kooperation mit den beteiligten Firmen und die Verfügbarkeit eines Programmierers im W.E.I.Z.
- ⚡ Es wurden inzwischen auch übersichtlichere Darstellungen am Bildschirm und Eingriffsmöglichkeiten via Bildschirm verwirklicht. Dadurch ist es dem Management möglich, auf Feststellungen der Mieter sofort mit einer Problemsuche und der Einleitung von Änderungen zu reagieren.
- ⚡ Automatik und Handbetrieb: Bei einigen Funktionen hat sich der Aufwand für die Automatik nicht gelohnt weil die Benutzer auf den Handbetrieb mit Nachdruck bestehen (z.B. Lichtsteuerung in den Büroräumen via. Außenhelligkeit und Innen- Bewegungsmelder. Hier haben alle Nutzer auf Handbetrieb umgestellt weil ansonsten das Licht immer ausgegangen ist).
- ⚡ Das System ist so komplex, dass es zum besseren Verstehen und Nutzen der Software umfangreiche und regelmäßige Einschulungen für die Mitarbeiter des W.E.I.Z. als auch Verständnis- und Infoveranstaltungen für die Mieter selbst braucht. Inzwischen sind mehrere Mitarbeiter mit der Bedienung vertraut, so dass auch bei Abwesenheit des Geschäftsführers ein sicherer Betrieb möglich ist.
- ⚡ Die hohen Kosten bei Ergänzungen des Regelwerkes (z.B. ein Lon- Knoten kostet ca. 400 €exkl. Installation und Programmierung) schrecken vor konstruktiver Weiterentwicklung des Systems ab. Hier kann nur eine grundsätzlich andere Lösung in zukünftigen Objekten die Abstimmungs- und Entwicklungsprobleme vermeiden.

Generell gilt aber, dass das W.E.I.Z. ohne eine gute, und verständlich visualisierte Steuerung nicht zu betreiben ist. Das Hausmanagement muss sich aber ständig mit dem System und Regelwerk auseinandersetzen um etwaige Probleme Rechtzeitig erkennen und ggf. Verbesserungsmaßnahmen ergreifen zu können. Das Haus ist so komplex, das es nicht von alleine läuft.

13 Stand der Erkenntnisse und Empfehlungen

Das vom BMVIT und dem Land Steiermark finanzierte Projekt einer Beileitforschung für Planung, und Errichtung und Betrieb des Weizer Energie – Innovations – Zentrums hat seinen Fokus während der Laufzeit von der Analyse der Messergebnisse und deren Vergleich mit den Simulationsergebnissen deutlich verschoben und auf die Unterstützung der Optimierung des Objektes gerichtet. Dabei stand weniger die Forschungsaktivität im Vordergrund, als vielmehr die ständige Kommunikation zwischen Eigentümer, Mietern, Planern und ausführenden Firmen.

Gerade deshalb können die Erkenntnisse aber eine fundierte Grundlage für die optimale Planung und Errichtung zukünftiger vergleichbarer Objekte bilden. Sie können in drei Bereiche zusammengefasst werden:

- ⚡ Voraussetzungen: Wann macht es überhaupt Sinn ein Bürogebäude als Passivhaus zu errichten?
- ⚡ Planung und Bauausführung: Worauf muss man achten, um die im Konzept definierten Bedingungen auch einhalten zu können, ohne die Beteiligten zu überfordern?
- ⚡ Nutzung: Ein Passivhaus muss nicht nur bewusst und sorgfältig errichtet werden, es muss auch mit dem selben Wissen und Bewusstsein genutzt werden. In dieser Hinsicht hat es Ähnlichkeit mit hochwertigen technischen Anlagen wie z.B. modernen Kraftfahrzeugen.

Der direkte Erfolg dieses Lerneffektes wird wahrscheinlich schon im nächsten Jahr und in nächster Nähe zum W.E.I.Z. nachgewiesen werden können. Dort soll nämlich in einem zweiten Bauabschnitt eine Erweiterung mit ähnlicher energetischer Zielsetzung verwirklicht werden. Die konkreten Empfehlungen für diesen Bau schließen dieses Kapitel ab.

13.1 Voraussetzungen

Ein konsequentes Büro – Passivhaus ist nur zu verwirklichen, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten werden:

- ⚡ Keine Sondernutzungen mit von Büro- und Schulungsbetrieb abweichenden Heiz- und Kühllasten oder Nutzeranforderungen
- ⚡ Absolute Einhaltung der für Passivhäuser definierten bauphysikalischen Werte als Sicherheit für externe Wettersituationen
- ⚡ Konzentration des Konzeptes auf die Optimierung im Sommerbetrieb (Orientierung, Fensterflächen, Beschattung, Speichermassen, Kühlkonzept).
- ⚡ Ausreichende Finanzierung aller nötigen Investitionen oder Verzicht auf die Verwirklichung als Passivhaus - keine finanziellen Kompromisse!

13.2 Planung und Bauausführung:

- ⚡ Erfahrung aller Beteiligten mit der Errichtung zumindest eines Wohngebäudes nach Passivhaus Richtlinien. Dieser Befähigungsnachweis könnte/sollte auch in der Ausschreibung bzw. Angebotsvergabe einen nicht unwesentlichen Faktor darstellen.
- ⚡ Die Planung muss bei einem Bürohaus dieser Größenordnung wesentlich genauer, exakter durchgeführt werden.
- ⚡ Die wichtigsten Schnittstellen müssen von allen Beteiligten besprochen und die Vorgehensweise beschlossen werden und jeweils eine Qualitätskontrolle Beinhalten (Umsetzung des Konzeptes des Bauteams).
- ⚡ Einzelne Bauabschnitte müssen, bevor weitere Bauschritte erfolgen, unbedingt abgenommen,

genauestens nach Fehlern oder möglichen Mängeln untersucht werden, sowie exakt dokumentiert werden. Erst nach Beseitigung diverser Fehler oder Mängel dürfen die nächsten Bauschritte unternommen werden.

13.3 Nutzung:

- ⚡ Den Mietern müssen die Grenzen des Gebäudes bekannt sein. Benutzerregeln müssen Bestandteil eines jeden Mietvertrages sein.
- ⚡ Ein Handbuch für die Nutzer eines solchen Gebäudes ist unbedingt erforderlich.

13.4 Empfehlungen für W.E.I.Z. II

In direkter Nachbarschaft des W.E.I.Z. soll in nächster Zeit ein vergleichbares Projekt verwirklicht werden. Eines der wichtigsten Ergebnisse der Begleitforschung sind klare Empfehlungen, die sich aus den bisherigen Erfahrungen ableiten lassen. Diese lassen sich wie folgt zusammenfassen:

13.4.1 Konzentration auf die Optimierung des Sommerbetriebes

Bereits im Entwurfsstadium soll die Gewährleistung eines angenehmen Raumklimas ohne Klimaanlage bei extrem Außentemperaturen Hauptkriterium der Konzeptwahl sein. Die Überlegungen müssen die folgenden Punkte umfassen:

- ⚡ Speichermassen im Gebäude
- ⚡ Minimieren der Fensterflächen bei Gewährleistung einer optimalen Tageslichtnutzung
- ⚡ Orientierung beachten
- ⚡ Sicherung einer ausreichenden Beschattung
- ⚡ Verbessertes einfaches und wettersicheres Konzept der Nachtlüftung

13.4.2 Hinterfragen des Passivhaus – Konzeptes

Nur wenn eine absolut gleichmäßige Nutzung ohne extreme Wärmelasten sicher gestellt ist, lässt sich das Gebäude als Passivhaus verwirklichen. Da dieser Umstand nicht wahrscheinlich ist, sollte die folgende Variante gewählt werden:

- ⚡ Optimierung des Wärmeschutzes
- ⚡ Verwirklichung eines einfachen Lüftungskonzeptes. Dazu geben die erwähnten Vergleichsobjekte einige Anhaltspunkte.
- ⚡ Verzicht auf die ausschließliche Beheizung und Kühlung mit der Luft, Abdecken der Grundlast durch ein einfaches wassergeführtes System.

13.4.3 Qualitätssicherung in Planung und Ausführung

Die in Kapitel 10.5 formulierten Erkenntnisse sollen lückenlos umgesetzt werden. Die größte Innovation in einem Folgeprojekt wären optimale Abläufe in Planung und Errichtung und Augenmerk auf Qualifikation und Kooperation aller beteiligten Unternehmen.

Die Aufwendungen dafür sollen Teil der Bau- und Planungskosten sein und nicht als getrennte und nachgeschaltete Begleitforschung organisiert werden.

13.4.4 Optimierung der Kosten – Nutzen Relation

Auch in Zukunft werden vergleichbare Projekte unter hohem Kostendruck stehen. Nachdem im W.E.I.Z. die Verwirklichung eines konsequenten Passivhaus versucht, diese aber durch knappe Mittel in vielen Facetten infrage gestellt wurde, sollte diesmal die Strategie geändert werden.

Statt der Definition energetischer Zielwerte sollten ein Budget sowie Nutzungs- und Komfortziele festgelegt und die maximale energetische Effizienz gefordert werden, ohne das Ergebnis bereits vorweg zu nehmen.

14 ANHANG

14.1 FOTOS W.E.I.Z.



Bild 1: Nord-Ost Ansicht W.E.I.Z.



Bild 2: Draufsicht Süd-Ost W.E.I.Z



Bild 3: Vorderansicht Ost W.E.I.Z.



Bild 4: Süd-West-Ansicht W.E.I.Z.



Bild 5: Innenbereich Atrium W.E.I.Z.



Bild 6: Medienraum W.E.I.Z.

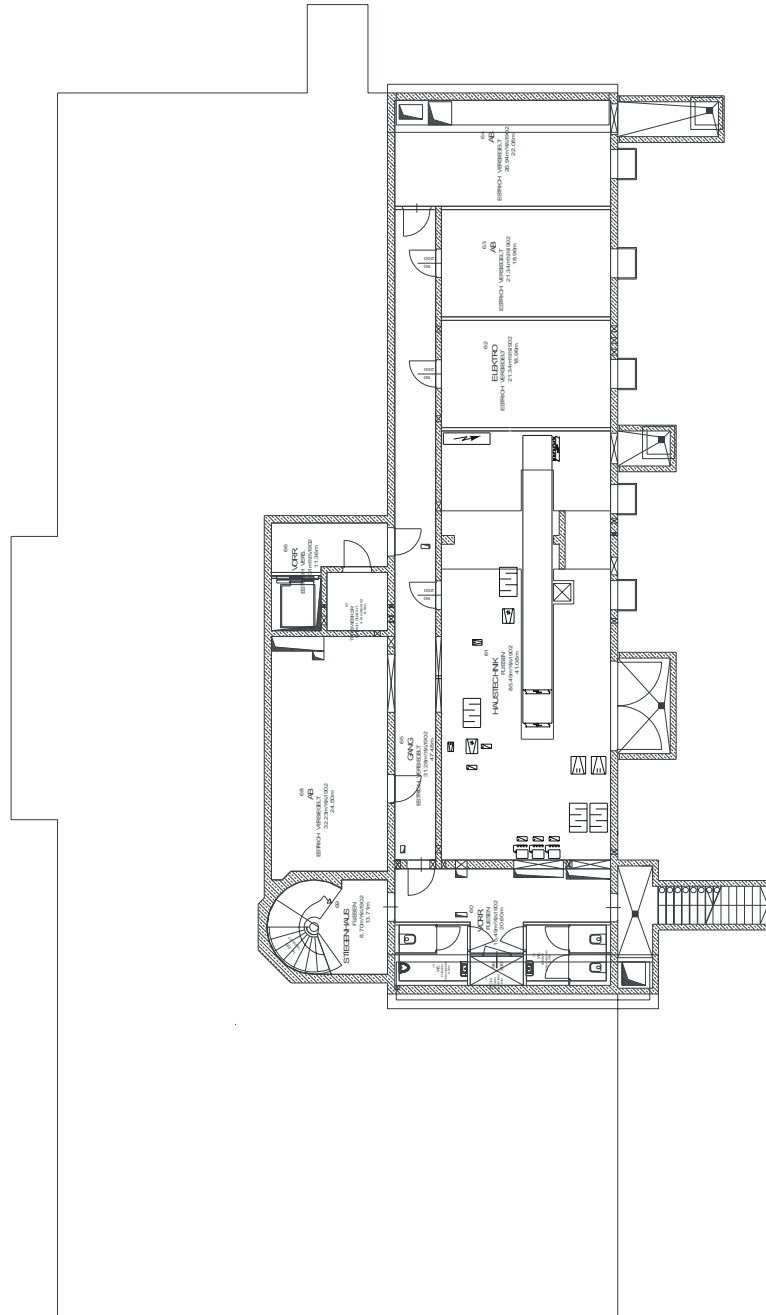


Bild 7: Heizungsverteiler W.E.I.Z.

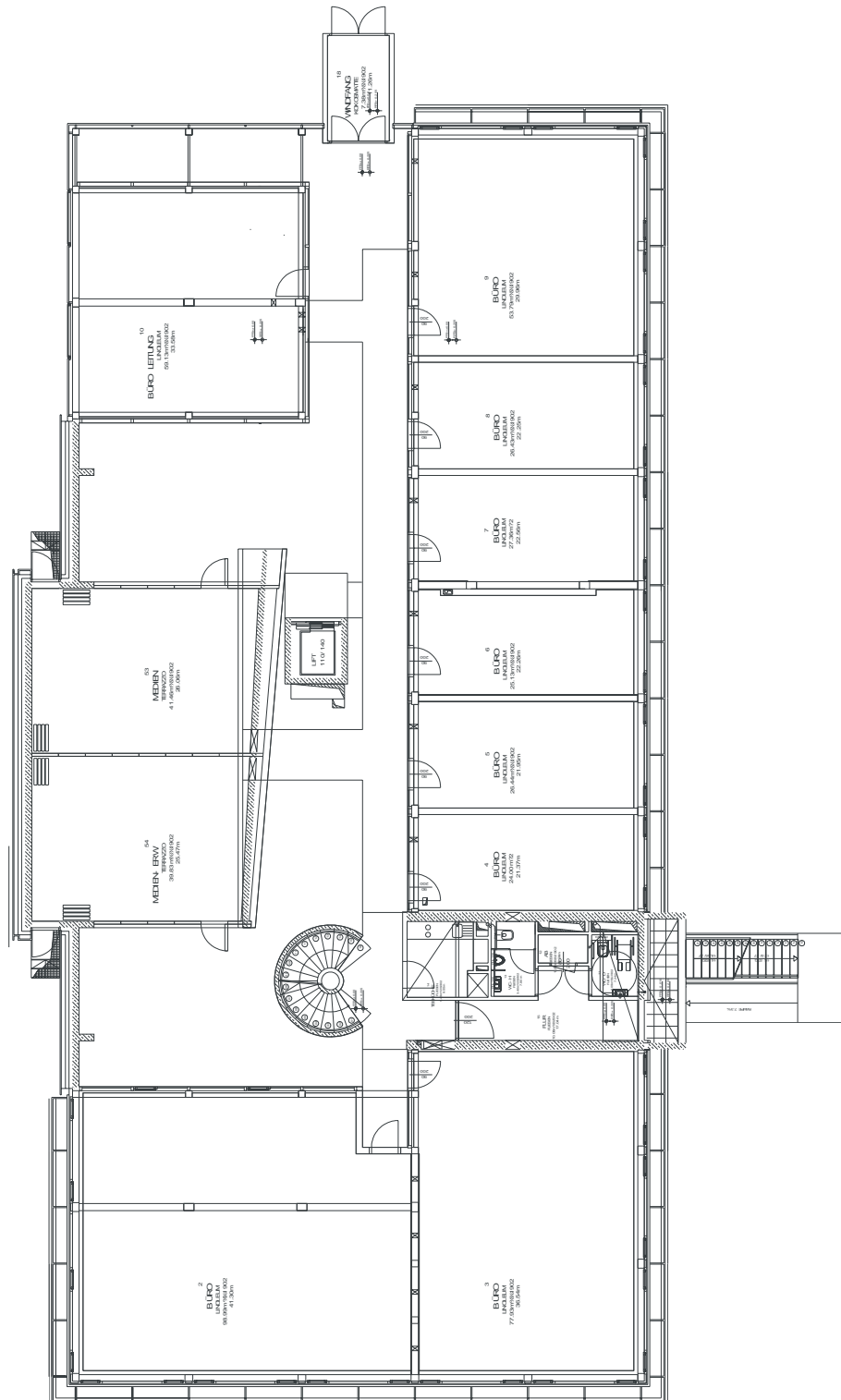


Bild 8: Lüftungsanlage u. Schaupläne W.E.I.Z

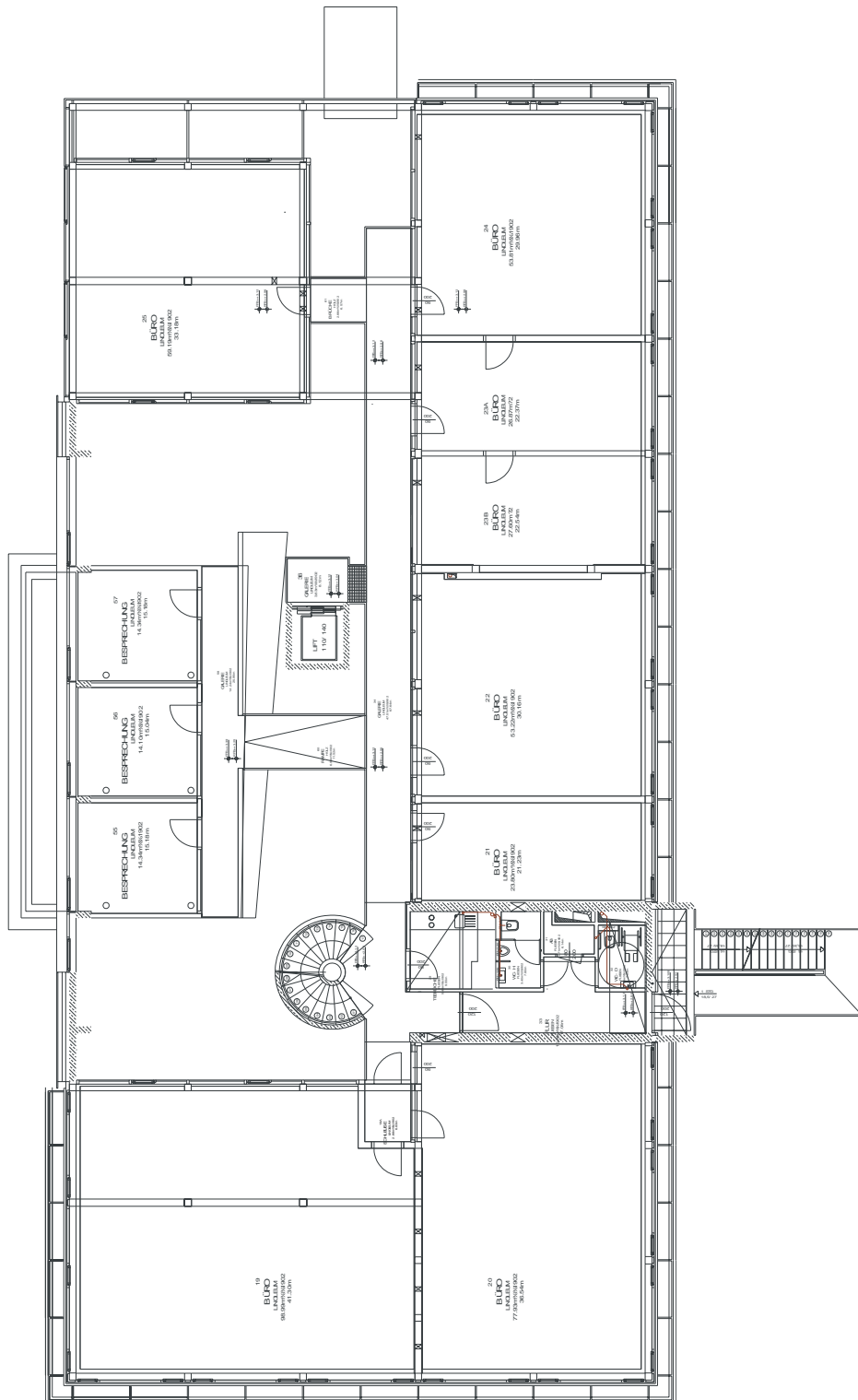
14.2 Pläne W.E.I.Z.



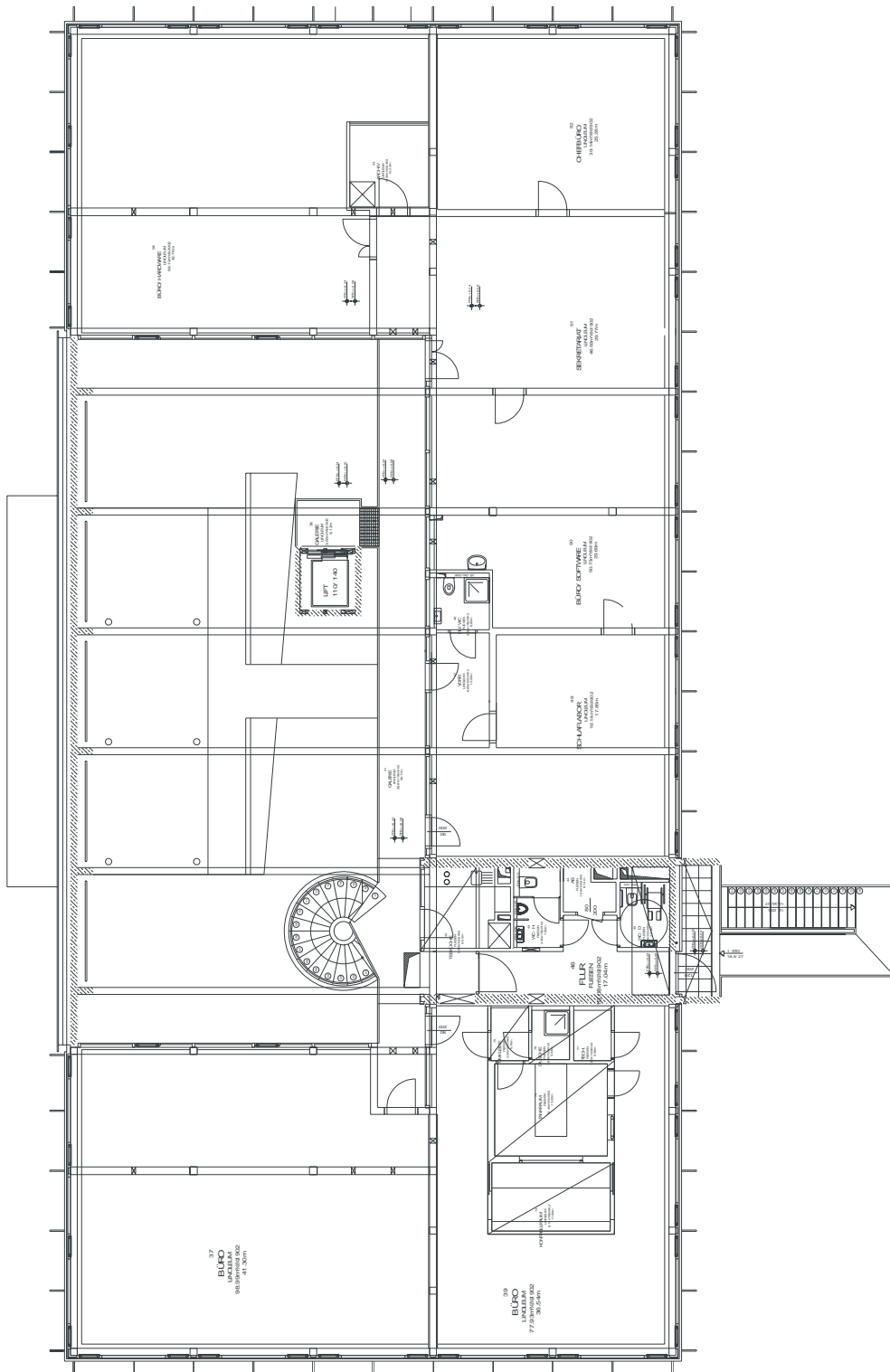
Plan Nr.1: Kellergeschoß W.E.I.Z.



Plan Nr.2: Erdgeschoß W.E.I.Z.



Plan Nr. 3: 1.Obergeschoß W.E.I.Z.



Plan Nr. 4: 2.Obergeschoß W.E.I.Z.

14.3 Messbericht Thermographie

Messbericht



Projekt:	Begleitende Qualitätsüberwachung am ersten Passiv-Bürogebäude Österreichs
Gefördert von:	Wissenschaftsressort des Landes Steiermark
Projektleiter:	DI. Johannes Haas
Messobjekt:	Passiv-Bürogebäude: Weizer-Energie-Innovations-Zentrum Franz-Pichler-Str. 30 8160 Weiz
Auftraggeber:	W.E.I.Z. GmbH, Franz-Pichler-Str. 30 8160 Weiz
Durchführungsdatum:	16.02.2001 bzw. 13.03.2001
Meßzeitraum:	3. ⁴⁵ bis 7. ⁴⁵ bzw. 4. ³⁰ bis 7. ³⁰
Durchgeführt von:	Thermografiemessung: Fa. Zamolo Hüttenweg 4 8572 Bärnbach Luftdichtheitsmessung: Ing. Johannes Geiger Dr.K.Renner-Str. 23 8101 Gratkorn
Inhaltsverzeichnis:	1. Randbedingungen der Messung 2. Messabfolge 3. Bemerkungen 4. Messergebnisse
Erstellt am:	02.03.2001 und 29.03.2001
Seiten insgesamt:	17

1. Randbedingungen der Messungen

Außentemperatur: TA: ca. -5 °C
Innentemperatur: TI: ca. 20 °C

Während der gesamten Messdauer wurde der Unterdruckteil der Lüftungsanlage im Atrium abgeschaltet. Bei den Messungen innerhalb der Büroräume wurden die Zuluftöffnungen der Lüftungsanlage verklebt. Die Überströmöffnungen zum Atrium hin wurden verschlossen.

2. Messabfolge

Messreihe A:
Außenaufnahmen der Fassade des Gebäudes; Identifikation von Wärmebrücken

Messreihe B:
Innenmessung des Büro Nr. 39 (2.OG, S/W) mit Unterstützung durch Unterdruck;
Identifikation von Leckagestellen nach außen

Messreihe C:
Außenaufnahmen des Büro Nr. 2 (EG, S/W, Energiewerkstatt) mit Unterstützung
durch Überdruck

Messreihe D:
Innenaufnahmen des Büro Nr. 2 (EG, S/W, Energiewerkstatt) mit Unterstützung durch
Unterdruck

Messreihe E:
Innenaufnahmen Atrium mit Unterstützung durch Unterdruck

Messreihe F:
Innenaufnahmen des Büro Nr. 37 (2. OG, N/W) mit Unterstützung durch Unterdruck

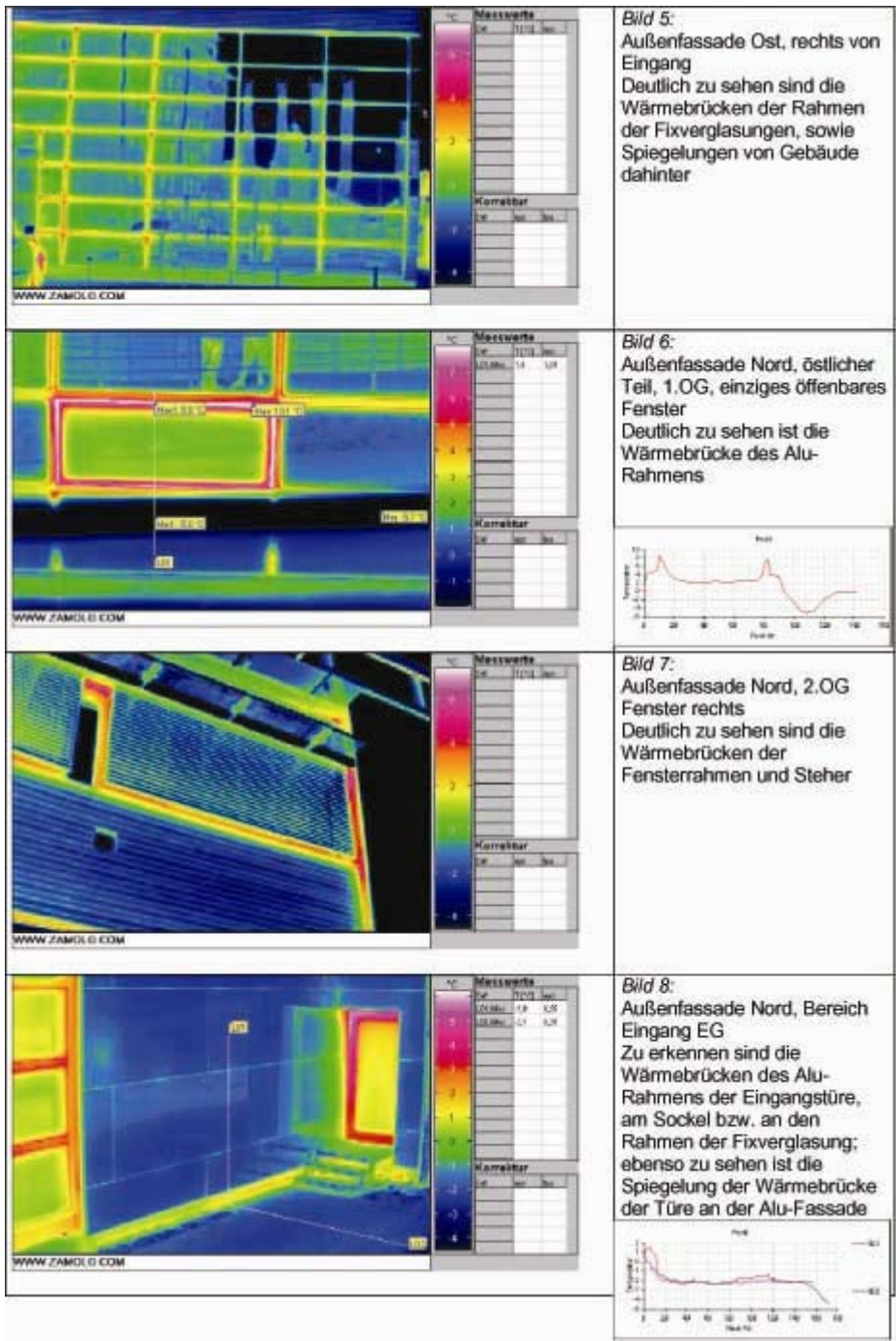
3. Bemerkungen

Anfangs war geplant, das Büro Nr. 20 (1.OG, S/W, Jonneum Research) zu vermessen, da speziell in diesem Labor Luftdichtheit gefordert ist. Nachdem die Türe zum Büro zu groß für das Unterdruckgebläse war, wurde auf das Büro Nr. 2 im EG ausgewichen.

4. Messergebnisse

Messreihe A

<p>WWW.ZAMOLO.COM</p>	<p>Messwerte Ort: T101, 101</p> <p>Korrektur Ort: 101, 101</p>	<p>Bild 1: Außenfassade Ost 1.OG + 2.OG, südlicher Teil Deutlich erkennbar sind die Wärmebrücken an den Fensterrahmen, an den Stehern bzw. an den Alu-Rahmen der Fixverglasung</p>
<p>WWW.ZAMOLO.COM</p>	<p>Messwerte Ort: T101, 101</p> <p>Korrektur Ort: 101, 101</p>	<p>Bild 2: Außenfassade Ost EG + 1.OG, südlicher Teil und Freitreppe Süd Zu erkennen sind Wärmebrücken an den Fensterrahmen, an den Stehern und die "Wärmebrücke" Freitreppe</p>
<p>WWW.ZAMOLO.COM</p>	<p>Messwerte Ort: T101, 101</p> <p>Korrektur Ort: 101, 101</p>	<p>Bild 3: Außenfassade Ost, Bereich Eingang Zu erkennen sind wiederum die Wärmebrücken der Fensterrahmen; zu sehen sind auch Spiegelungen in dser Glasfassade (Fahren)</p>
<p>WWW.ZAMOLO.COM</p>	<p>Messwerte Ort: T101, 101</p> <p>Korrektur Ort: 101, 101</p>	<p>Bild 4: Außenfassade Ost, Bereich Eingang Zu erkennen sind wiederum die Wärmebrücken der Fensterrahmen; zu sehen sind auch Spiegelungen in dser Glasfassade (Fahren)</p>



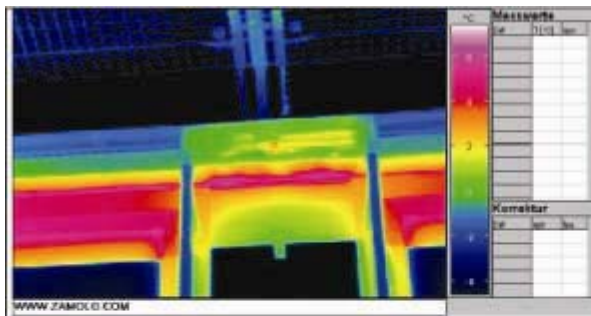


Bild 13:
Außenfassade Süd, Büro Nr. 9
(Fa. Perhofer), Detail
Fensteranschluß oben
Zu erkennen sind die
Wärmebrücken der
Fensterrahmen

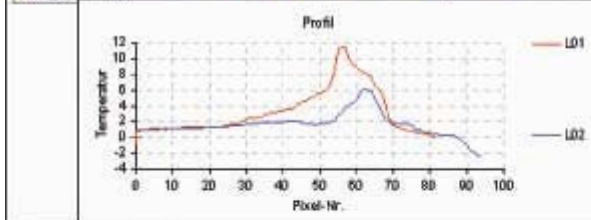
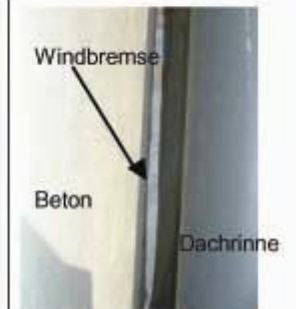


Bild 17 + 18:
Außenfassade Süd, Anschluß
AW Büro Nr. 4 zum Massivteil
der Freitreppe
Zu erkennen ist die
Wärmebrücke am Anschluß von
Leichtbau zu Massivteil

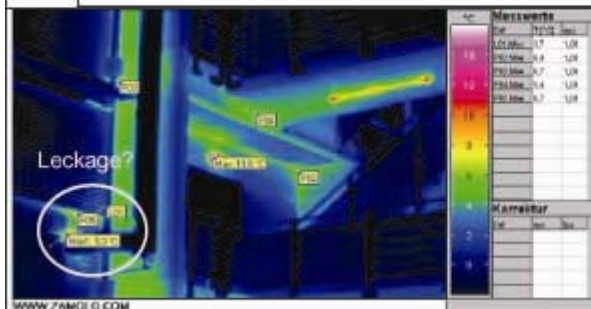
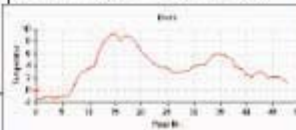
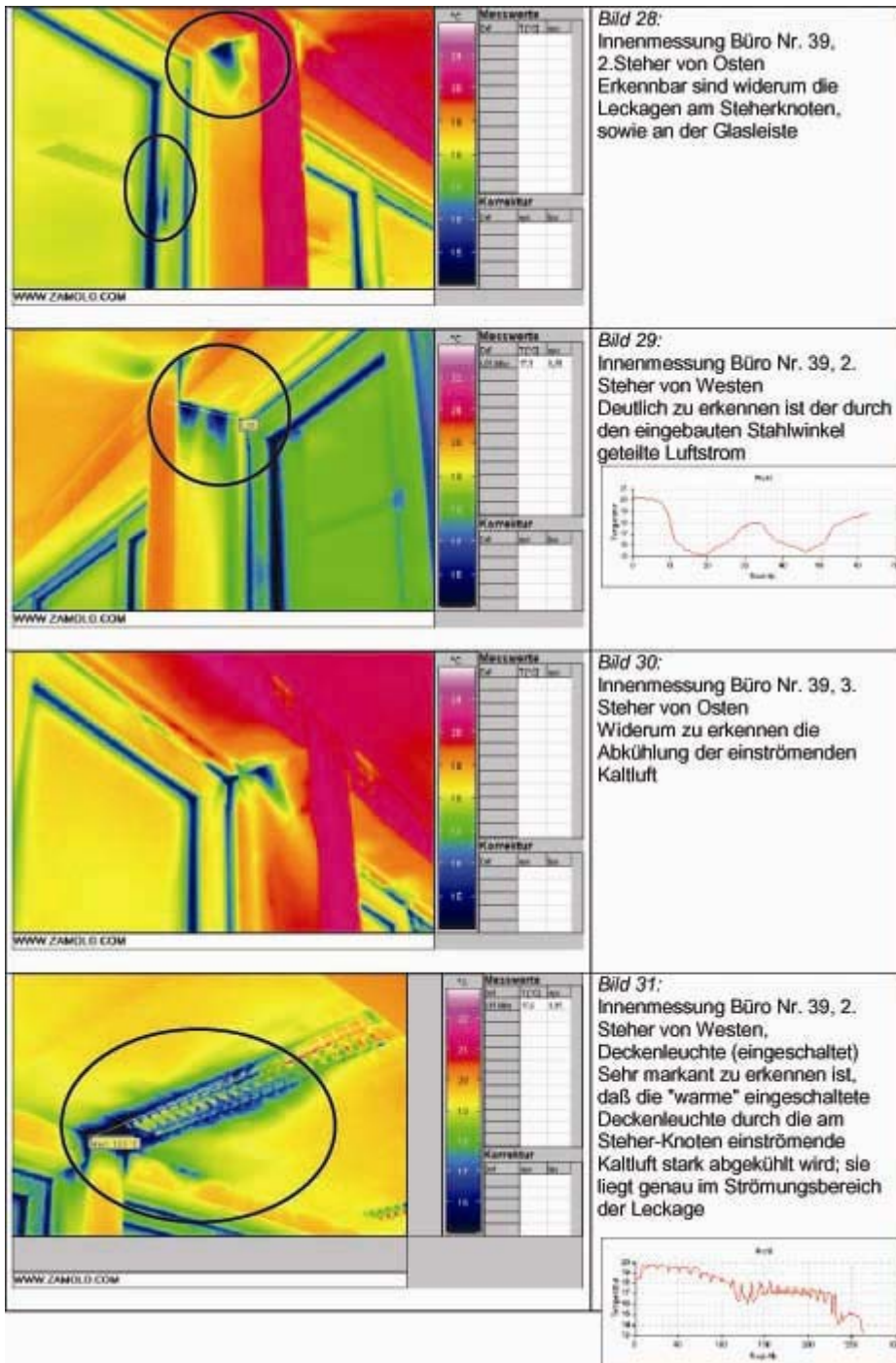
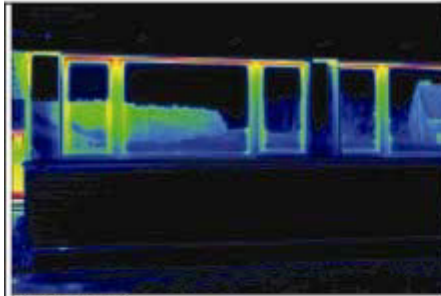
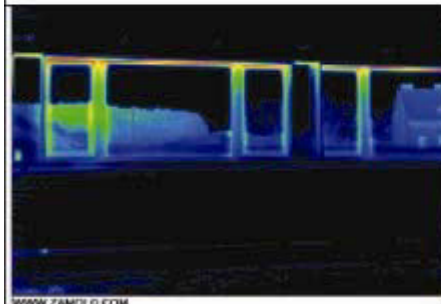
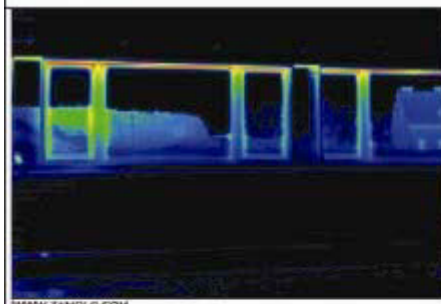
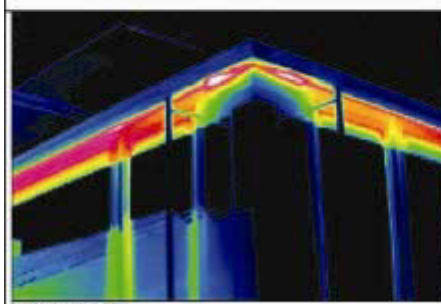


Bild 19:
Außenfassade Süd, Bereich
Freitreppe
Zu erkennen sind die
zahlreichen Wärmebrücken des
Massivteiles, aber auch eine
augenscheinlich undichte Stelle
am Anschluß des
Lüftungrohres vom Büro Nr.20
(besitzt eigene Abluftanlage)





Messreihe C

 <p>WWW.ZAMLO.COM</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Messwerte</th> </tr> <tr> <th>nr.</th> <th>Wert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td></tr> <tr><td>32</td><td></td></tr> <tr><td>33</td><td></td></tr> <tr><td>34</td><td></td></tr> <tr><td>35</td><td></td></tr> <tr><td>36</td><td></td></tr> <tr><td>37</td><td></td></tr> <tr><td>38</td><td></td></tr> <tr><td>39</td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td></tr> <tr><td>41</td><td></td></tr> <tr><td>42</td><td></td></tr> <tr><td>43</td><td></td></tr> <tr><td>44</td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td></tr> <tr><td>46</td><td></td></tr> <tr><td>47</td><td></td></tr> <tr><td>48</td><td></td></tr> <tr><td>49</td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td></tr> <tr><td>51</td><td></td></tr> <tr><td>52</td><td></td></tr> <tr><td>53</td><td></td></tr> <tr><td>54</td><td></td></tr> <tr><td>55</td><td></td></tr> <tr><td>56</td><td></td></tr> <tr><td>57</td><td></td></tr> <tr><td>58</td><td></td></tr> <tr><td>59</td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td></tr> <tr><td>61</td><td></td></tr> <tr><td>62</td><td></td></tr> <tr><td>63</td><td></td></tr> <tr><td>64</td><td></td></tr> <tr><td>65</td><td></td></tr> <tr><td>66</td><td></td></tr> <tr><td>67</td><td></td></tr> <tr><td>68</td><td></td></tr> <tr><td>69</td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td></tr> <tr><td>71</td><td></td></tr> <tr><td>72</td><td></td></tr> <tr><td>73</td><td></td></tr> <tr><td>74</td><td></td></tr> <tr><td>75</td><td></td></tr> <tr><td>76</td><td></td></tr> <tr><td>77</td><td></td></tr> <tr><td>78</td><td></td></tr> <tr><td>79</td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td></tr> <tr><td>81</td><td></td></tr> <tr><td>82</td><td></td></tr> <tr><td>83</td><td></td></tr> <tr><td>84</td><td></td></tr> <tr><td>85</td><td></td></tr> <tr><td>86</td><td></td></tr> <tr><td>87</td><td></td></tr> <tr><td>88</td><td></td></tr> <tr><td>89</td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td></tr> <tr><td>91</td><td></td></tr> <tr><td>92</td><td></td></tr> <tr><td>93</td><td></td></tr> <tr><td>94</td><td></td></tr> <tr><td>95</td><td></td></tr> <tr><td>96</td><td></td></tr> <tr><td>97</td><td></td></tr> <tr><td>98</td><td></td></tr> <tr><td>99</td><td></td></tr> <tr><td>100</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Messwerte		nr.	Wert	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100		<p>Bild 32: Außenmessung Büro Nr. 2 (Energiewerkstatt), Überdruck im Büro (35 Pa)</p>
Messwerte																																																																																																																																																																																																														
nr.	Wert																																																																																																																																																																																																													
1																																																																																																																																																																																																														
2																																																																																																																																																																																																														
3																																																																																																																																																																																																														
4																																																																																																																																																																																																														
5																																																																																																																																																																																																														
6																																																																																																																																																																																																														
7																																																																																																																																																																																																														
8																																																																																																																																																																																																														
9																																																																																																																																																																																																														
10																																																																																																																																																																																																														
11																																																																																																																																																																																																														
12																																																																																																																																																																																																														
13																																																																																																																																																																																																														
14																																																																																																																																																																																																														
15																																																																																																																																																																																																														
16																																																																																																																																																																																																														
17																																																																																																																																																																																																														
18																																																																																																																																																																																																														
19																																																																																																																																																																																																														
20																																																																																																																																																																																																														
21																																																																																																																																																																																																														
22																																																																																																																																																																																																														
23																																																																																																																																																																																																														
24																																																																																																																																																																																																														
25																																																																																																																																																																																																														
26																																																																																																																																																																																																														
27																																																																																																																																																																																																														
28																																																																																																																																																																																																														
29																																																																																																																																																																																																														
30																																																																																																																																																																																																														
31																																																																																																																																																																																																														
32																																																																																																																																																																																																														
33																																																																																																																																																																																																														
34																																																																																																																																																																																																														
35																																																																																																																																																																																																														
36																																																																																																																																																																																																														
37																																																																																																																																																																																																														
38																																																																																																																																																																																																														
39																																																																																																																																																																																																														
40																																																																																																																																																																																																														
41																																																																																																																																																																																																														
42																																																																																																																																																																																																														
43																																																																																																																																																																																																														
44																																																																																																																																																																																																														
45																																																																																																																																																																																																														
46																																																																																																																																																																																																														
47																																																																																																																																																																																																														
48																																																																																																																																																																																																														
49																																																																																																																																																																																																														
50																																																																																																																																																																																																														
51																																																																																																																																																																																																														
52																																																																																																																																																																																																														
53																																																																																																																																																																																																														
54																																																																																																																																																																																																														
55																																																																																																																																																																																																														
56																																																																																																																																																																																																														
57																																																																																																																																																																																																														
58																																																																																																																																																																																																														
59																																																																																																																																																																																																														
60																																																																																																																																																																																																														
61																																																																																																																																																																																																														
62																																																																																																																																																																																																														
63																																																																																																																																																																																																														
64																																																																																																																																																																																																														
65																																																																																																																																																																																																														
66																																																																																																																																																																																																														
67																																																																																																																																																																																																														
68																																																																																																																																																																																																														
69																																																																																																																																																																																																														
70																																																																																																																																																																																																														
71																																																																																																																																																																																																														
72																																																																																																																																																																																																														
73																																																																																																																																																																																																														
74																																																																																																																																																																																																														
75																																																																																																																																																																																																														
76																																																																																																																																																																																																														
77																																																																																																																																																																																																														
78																																																																																																																																																																																																														
79																																																																																																																																																																																																														
80																																																																																																																																																																																																														
81																																																																																																																																																																																																														
82																																																																																																																																																																																																														
83																																																																																																																																																																																																														
84																																																																																																																																																																																																														
85																																																																																																																																																																																																														
86																																																																																																																																																																																																														
87																																																																																																																																																																																																														
88																																																																																																																																																																																																														
89																																																																																																																																																																																																														
90																																																																																																																																																																																																														
91																																																																																																																																																																																																														
92																																																																																																																																																																																																														
93																																																																																																																																																																																																														
94																																																																																																																																																																																																														
95																																																																																																																																																																																																														
96																																																																																																																																																																																																														
97																																																																																																																																																																																																														
98																																																																																																																																																																																																														
99																																																																																																																																																																																																														
100																																																																																																																																																																																																														
 <p>WWW.ZAMLO.COM</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Messwerte</th> </tr> <tr> <th>nr.</th> <th>Wert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td></tr> <tr><td>32</td><td></td></tr> <tr><td>33</td><td></td></tr> <tr><td>34</td><td></td></tr> <tr><td>35</td><td></td></tr> <tr><td>36</td><td></td></tr> <tr><td>37</td><td></td></tr> <tr><td>38</td><td></td></tr> <tr><td>39</td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td></tr> <tr><td>41</td><td></td></tr> <tr><td>42</td><td></td></tr> <tr><td>43</td><td></td></tr> <tr><td>44</td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td></tr> <tr><td>46</td><td></td></tr> <tr><td>47</td><td></td></tr> <tr><td>48</td><td></td></tr> <tr><td>49</td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td></tr> <tr><td>51</td><td></td></tr> <tr><td>52</td><td></td></tr> <tr><td>53</td><td></td></tr> <tr><td>54</td><td></td></tr> <tr><td>55</td><td></td></tr> <tr><td>56</td><td></td></tr> <tr><td>57</td><td></td></tr> <tr><td>58</td><td></td></tr> <tr><td>59</td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td></tr> <tr><td>61</td><td></td></tr> <tr><td>62</td><td></td></tr> <tr><td>63</td><td></td></tr> <tr><td>64</td><td></td></tr> <tr><td>65</td><td></td></tr> <tr><td>66</td><td></td></tr> <tr><td>67</td><td></td></tr> <tr><td>68</td><td></td></tr> <tr><td>69</td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td></tr> <tr><td>71</td><td></td></tr> <tr><td>72</td><td></td></tr> <tr><td>73</td><td></td></tr> <tr><td>74</td><td></td></tr> <tr><td>75</td><td></td></tr> <tr><td>76</td><td></td></tr> <tr><td>77</td><td></td></tr> <tr><td>78</td><td></td></tr> <tr><td>79</td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td></tr> <tr><td>81</td><td></td></tr> <tr><td>82</td><td></td></tr> <tr><td>83</td><td></td></tr> <tr><td>84</td><td></td></tr> <tr><td>85</td><td></td></tr> <tr><td>86</td><td></td></tr> <tr><td>87</td><td></td></tr> <tr><td>88</td><td></td></tr> <tr><td>89</td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td></tr> <tr><td>91</td><td></td></tr> <tr><td>92</td><td></td></tr> <tr><td>93</td><td></td></tr> <tr><td>94</td><td></td></tr> <tr><td>95</td><td></td></tr> <tr><td>96</td><td></td></tr> <tr><td>97</td><td></td></tr> <tr><td>98</td><td></td></tr> <tr><td>99</td><td></td></tr> <tr><td>100</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Messwerte		nr.	Wert	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100		<p>Bild 33: Außenmessung Büro Nr. 2 (Energiewerkstatt), Überdruck im Büro (35 Pa) nach 3 min</p>
Messwerte																																																																																																																																																																																																														
nr.	Wert																																																																																																																																																																																																													
1																																																																																																																																																																																																														
2																																																																																																																																																																																																														
3																																																																																																																																																																																																														
4																																																																																																																																																																																																														
5																																																																																																																																																																																																														
6																																																																																																																																																																																																														
7																																																																																																																																																																																																														
8																																																																																																																																																																																																														
9																																																																																																																																																																																																														
10																																																																																																																																																																																																														
11																																																																																																																																																																																																														
12																																																																																																																																																																																																														
13																																																																																																																																																																																																														
14																																																																																																																																																																																																														
15																																																																																																																																																																																																														
16																																																																																																																																																																																																														
17																																																																																																																																																																																																														
18																																																																																																																																																																																																														
19																																																																																																																																																																																																														
20																																																																																																																																																																																																														
21																																																																																																																																																																																																														
22																																																																																																																																																																																																														
23																																																																																																																																																																																																														
24																																																																																																																																																																																																														
25																																																																																																																																																																																																														
26																																																																																																																																																																																																														
27																																																																																																																																																																																																														
28																																																																																																																																																																																																														
29																																																																																																																																																																																																														
30																																																																																																																																																																																																														
31																																																																																																																																																																																																														
32																																																																																																																																																																																																														
33																																																																																																																																																																																																														
34																																																																																																																																																																																																														
35																																																																																																																																																																																																														
36																																																																																																																																																																																																														
37																																																																																																																																																																																																														
38																																																																																																																																																																																																														
39																																																																																																																																																																																																														
40																																																																																																																																																																																																														
41																																																																																																																																																																																																														
42																																																																																																																																																																																																														
43																																																																																																																																																																																																														
44																																																																																																																																																																																																														
45																																																																																																																																																																																																														
46																																																																																																																																																																																																														
47																																																																																																																																																																																																														
48																																																																																																																																																																																																														
49																																																																																																																																																																																																														
50																																																																																																																																																																																																														
51																																																																																																																																																																																																														
52																																																																																																																																																																																																														
53																																																																																																																																																																																																														
54																																																																																																																																																																																																														
55																																																																																																																																																																																																														
56																																																																																																																																																																																																														
57																																																																																																																																																																																																														
58																																																																																																																																																																																																														
59																																																																																																																																																																																																														
60																																																																																																																																																																																																														
61																																																																																																																																																																																																														
62																																																																																																																																																																																																														
63																																																																																																																																																																																																														
64																																																																																																																																																																																																														
65																																																																																																																																																																																																														
66																																																																																																																																																																																																														
67																																																																																																																																																																																																														
68																																																																																																																																																																																																														
69																																																																																																																																																																																																														
70																																																																																																																																																																																																														
71																																																																																																																																																																																																														
72																																																																																																																																																																																																														
73																																																																																																																																																																																																														
74																																																																																																																																																																																																														
75																																																																																																																																																																																																														
76																																																																																																																																																																																																														
77																																																																																																																																																																																																														
78																																																																																																																																																																																																														
79																																																																																																																																																																																																														
80																																																																																																																																																																																																														
81																																																																																																																																																																																																														
82																																																																																																																																																																																																														
83																																																																																																																																																																																																														
84																																																																																																																																																																																																														
85																																																																																																																																																																																																														
86																																																																																																																																																																																																														
87																																																																																																																																																																																																														
88																																																																																																																																																																																																														
89																																																																																																																																																																																																														
90																																																																																																																																																																																																														
91																																																																																																																																																																																																														
92																																																																																																																																																																																																														
93																																																																																																																																																																																																														
94																																																																																																																																																																																																														
95																																																																																																																																																																																																														
96																																																																																																																																																																																																														
97																																																																																																																																																																																																														
98																																																																																																																																																																																																														
99																																																																																																																																																																																																														
100																																																																																																																																																																																																														
 <p>WWW.ZAMLO.COM</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Messwerte</th> </tr> <tr> <th>nr.</th> <th>Wert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td></tr> <tr><td>32</td><td></td></tr> <tr><td>33</td><td></td></tr> <tr><td>34</td><td></td></tr> <tr><td>35</td><td></td></tr> <tr><td>36</td><td></td></tr> <tr><td>37</td><td></td></tr> <tr><td>38</td><td></td></tr> <tr><td>39</td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td></tr> <tr><td>41</td><td></td></tr> <tr><td>42</td><td></td></tr> <tr><td>43</td><td></td></tr> <tr><td>44</td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td></tr> <tr><td>46</td><td></td></tr> <tr><td>47</td><td></td></tr> <tr><td>48</td><td></td></tr> <tr><td>49</td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td></tr> <tr><td>51</td><td></td></tr> <tr><td>52</td><td></td></tr> <tr><td>53</td><td></td></tr> <tr><td>54</td><td></td></tr> <tr><td>55</td><td></td></tr> <tr><td>56</td><td></td></tr> <tr><td>57</td><td></td></tr> <tr><td>58</td><td></td></tr> <tr><td>59</td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td></tr> <tr><td>61</td><td></td></tr> <tr><td>62</td><td></td></tr> <tr><td>63</td><td></td></tr> <tr><td>64</td><td></td></tr> <tr><td>65</td><td></td></tr> <tr><td>66</td><td></td></tr> <tr><td>67</td><td></td></tr> <tr><td>68</td><td></td></tr> <tr><td>69</td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td></tr> <tr><td>71</td><td></td></tr> <tr><td>72</td><td></td></tr> <tr><td>73</td><td></td></tr> <tr><td>74</td><td></td></tr> <tr><td>75</td><td></td></tr> <tr><td>76</td><td></td></tr> <tr><td>77</td><td></td></tr> <tr><td>78</td><td></td></tr> <tr><td>79</td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td></tr> <tr><td>81</td><td></td></tr> <tr><td>82</td><td></td></tr> <tr><td>83</td><td></td></tr> <tr><td>84</td><td></td></tr> <tr><td>85</td><td></td></tr> <tr><td>86</td><td></td></tr> <tr><td>87</td><td></td></tr> <tr><td>88</td><td></td></tr> <tr><td>89</td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td></tr> <tr><td>91</td><td></td></tr> <tr><td>92</td><td></td></tr> <tr><td>93</td><td></td></tr> <tr><td>94</td><td></td></tr> <tr><td>95</td><td></td></tr> <tr><td>96</td><td></td></tr> <tr><td>97</td><td></td></tr> <tr><td>98</td><td></td></tr> <tr><td>99</td><td></td></tr> <tr><td>100</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Messwerte		nr.	Wert	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100		<p>Bild 34: Außenmessung Büro Nr. 2 (Energiewerkstatt), Überdruck im Büro (35 Pa) nach 6 min</p>
Messwerte																																																																																																																																																																																																														
nr.	Wert																																																																																																																																																																																																													
1																																																																																																																																																																																																														
2																																																																																																																																																																																																														
3																																																																																																																																																																																																														
4																																																																																																																																																																																																														
5																																																																																																																																																																																																														
6																																																																																																																																																																																																														
7																																																																																																																																																																																																														
8																																																																																																																																																																																																														
9																																																																																																																																																																																																														
10																																																																																																																																																																																																														
11																																																																																																																																																																																																														
12																																																																																																																																																																																																														
13																																																																																																																																																																																																														
14																																																																																																																																																																																																														
15																																																																																																																																																																																																														
16																																																																																																																																																																																																														
17																																																																																																																																																																																																														
18																																																																																																																																																																																																														
19																																																																																																																																																																																																														
20																																																																																																																																																																																																														
21																																																																																																																																																																																																														
22																																																																																																																																																																																																														
23																																																																																																																																																																																																														
24																																																																																																																																																																																																														
25																																																																																																																																																																																																														
26																																																																																																																																																																																																														
27																																																																																																																																																																																																														
28																																																																																																																																																																																																														
29																																																																																																																																																																																																														
30																																																																																																																																																																																																														
31																																																																																																																																																																																																														
32																																																																																																																																																																																																														
33																																																																																																																																																																																																														
34																																																																																																																																																																																																														
35																																																																																																																																																																																																														
36																																																																																																																																																																																																														
37																																																																																																																																																																																																														
38																																																																																																																																																																																																														
39																																																																																																																																																																																																														
40																																																																																																																																																																																																														
41																																																																																																																																																																																																														
42																																																																																																																																																																																																														
43																																																																																																																																																																																																														
44																																																																																																																																																																																																														
45																																																																																																																																																																																																														
46																																																																																																																																																																																																														
47																																																																																																																																																																																																														
48																																																																																																																																																																																																														
49																																																																																																																																																																																																														
50																																																																																																																																																																																																														
51																																																																																																																																																																																																														
52																																																																																																																																																																																																														
53																																																																																																																																																																																																														
54																																																																																																																																																																																																														
55																																																																																																																																																																																																														
56																																																																																																																																																																																																														
57																																																																																																																																																																																																														
58																																																																																																																																																																																																														
59																																																																																																																																																																																																														
60																																																																																																																																																																																																														
61																																																																																																																																																																																																														
62																																																																																																																																																																																																														
63																																																																																																																																																																																																														
64																																																																																																																																																																																																														
65																																																																																																																																																																																																														
66																																																																																																																																																																																																														
67																																																																																																																																																																																																														
68																																																																																																																																																																																																														
69																																																																																																																																																																																																														
70																																																																																																																																																																																																														
71																																																																																																																																																																																																														
72																																																																																																																																																																																																														
73																																																																																																																																																																																																														
74																																																																																																																																																																																																														
75																																																																																																																																																																																																														
76																																																																																																																																																																																																														
77																																																																																																																																																																																																														
78																																																																																																																																																																																																														
79																																																																																																																																																																																																														
80																																																																																																																																																																																																														
81																																																																																																																																																																																																														
82																																																																																																																																																																																																														
83																																																																																																																																																																																																														
84																																																																																																																																																																																																														
85																																																																																																																																																																																																														
86																																																																																																																																																																																																														
87																																																																																																																																																																																																														
88																																																																																																																																																																																																														
89																																																																																																																																																																																																														
90																																																																																																																																																																																																														
91																																																																																																																																																																																																														
92																																																																																																																																																																																																														
93																																																																																																																																																																																																														
94																																																																																																																																																																																																														
95																																																																																																																																																																																																														
96																																																																																																																																																																																																														
97																																																																																																																																																																																																														
98																																																																																																																																																																																																														
99																																																																																																																																																																																																														
100																																																																																																																																																																																																														
 <p>WWW.ZAMLO.COM</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Messwerte</th> </tr> <tr> <th>nr.</th> <th>Wert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td></tr> <tr><td>32</td><td></td></tr> <tr><td>33</td><td></td></tr> <tr><td>34</td><td></td></tr> <tr><td>35</td><td></td></tr> <tr><td>36</td><td></td></tr> <tr><td>37</td><td></td></tr> <tr><td>38</td><td></td></tr> <tr><td>39</td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td></tr> <tr><td>41</td><td></td></tr> <tr><td>42</td><td></td></tr> <tr><td>43</td><td></td></tr> <tr><td>44</td><td></td></tr> <tr><td>45</td><td></td></tr> <tr><td>46</td><td></td></tr> <tr><td>47</td><td></td></tr> <tr><td>48</td><td></td></tr> <tr><td>49</td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td></tr> <tr><td>51</td><td></td></tr> <tr><td>52</td><td></td></tr> <tr><td>53</td><td></td></tr> <tr><td>54</td><td></td></tr> <tr><td>55</td><td></td></tr> <tr><td>56</td><td></td></tr> <tr><td>57</td><td></td></tr> <tr><td>58</td><td></td></tr> <tr><td>59</td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td></tr> <tr><td>61</td><td></td></tr> <tr><td>62</td><td></td></tr> <tr><td>63</td><td></td></tr> <tr><td>64</td><td></td></tr> <tr><td>65</td><td></td></tr> <tr><td>66</td><td></td></tr> <tr><td>67</td><td></td></tr> <tr><td>68</td><td></td></tr> <tr><td>69</td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td></tr> <tr><td>71</td><td></td></tr> <tr><td>72</td><td></td></tr> <tr><td>73</td><td></td></tr> <tr><td>74</td><td></td></tr> <tr><td>75</td><td></td></tr> <tr><td>76</td><td></td></tr> <tr><td>77</td><td></td></tr> <tr><td>78</td><td></td></tr> <tr><td>79</td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td></tr> <tr><td>81</td><td></td></tr> <tr><td>82</td><td></td></tr> <tr><td>83</td><td></td></tr> <tr><td>84</td><td></td></tr> <tr><td>85</td><td></td></tr> <tr><td>86</td><td></td></tr> <tr><td>87</td><td></td></tr> <tr><td>88</td><td></td></tr> <tr><td>89</td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td></tr> <tr><td>91</td><td></td></tr> <tr><td>92</td><td></td></tr> <tr><td>93</td><td></td></tr> <tr><td>94</td><td></td></tr> <tr><td>95</td><td></td></tr> <tr><td>96</td><td></td></tr> <tr><td>97</td><td></td></tr> <tr><td>98</td><td></td></tr> <tr><td>99</td><td></td></tr> <tr><td>100</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Messwerte		nr.	Wert	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100		<p>Bild 35: Außenmessung Büro Nr. 2 (Energiewerkstatt), Überdruck im Büro (35 Pa) nach 9 min</p>
Messwerte																																																																																																																																																																																																														
nr.	Wert																																																																																																																																																																																																													
1																																																																																																																																																																																																														
2																																																																																																																																																																																																														
3																																																																																																																																																																																																														
4																																																																																																																																																																																																														
5																																																																																																																																																																																																														
6																																																																																																																																																																																																														
7																																																																																																																																																																																																														
8																																																																																																																																																																																																														
9																																																																																																																																																																																																														
10																																																																																																																																																																																																														
11																																																																																																																																																																																																														
12																																																																																																																																																																																																														
13																																																																																																																																																																																																														
14																																																																																																																																																																																																														
15																																																																																																																																																																																																														
16																																																																																																																																																																																																														
17																																																																																																																																																																																																														
18																																																																																																																																																																																																														
19																																																																																																																																																																																																														
20																																																																																																																																																																																																														
21																																																																																																																																																																																																														
22																																																																																																																																																																																																														
23																																																																																																																																																																																																														
24																																																																																																																																																																																																														
25																																																																																																																																																																																																														
26																																																																																																																																																																																																														
27																																																																																																																																																																																																														
28																																																																																																																																																																																																														
29																																																																																																																																																																																																														
30																																																																																																																																																																																																														
31																																																																																																																																																																																																														
32																																																																																																																																																																																																														
33																																																																																																																																																																																																														
34																																																																																																																																																																																																														
35																																																																																																																																																																																																														
36																																																																																																																																																																																																														
37																																																																																																																																																																																																														
38																																																																																																																																																																																																														
39																																																																																																																																																																																																														
40																																																																																																																																																																																																														
41																																																																																																																																																																																																														
42																																																																																																																																																																																																														
43																																																																																																																																																																																																														
44																																																																																																																																																																																																														
45																																																																																																																																																																																																														
46																																																																																																																																																																																																														
47																																																																																																																																																																																																														
48																																																																																																																																																																																																														
49																																																																																																																																																																																																														
50																																																																																																																																																																																																														
51																																																																																																																																																																																																														
52																																																																																																																																																																																																														
53																																																																																																																																																																																																														
54																																																																																																																																																																																																														
55																																																																																																																																																																																																														
56																																																																																																																																																																																																														
57																																																																																																																																																																																																														
58																																																																																																																																																																																																														
59																																																																																																																																																																																																														
60																																																																																																																																																																																																														
61																																																																																																																																																																																																														
62																																																																																																																																																																																																														
63																																																																																																																																																																																																														
64																																																																																																																																																																																																														
65																																																																																																																																																																																																														
66																																																																																																																																																																																																														
67																																																																																																																																																																																																														
68																																																																																																																																																																																																														
69																																																																																																																																																																																																														
70																																																																																																																																																																																																														
71																																																																																																																																																																																																														
72																																																																																																																																																																																																														
73																																																																																																																																																																																																														
74																																																																																																																																																																																																														
75																																																																																																																																																																																																														
76																																																																																																																																																																																																														
77																																																																																																																																																																																																														
78																																																																																																																																																																																																														
79																																																																																																																																																																																																														
80																																																																																																																																																																																																														
81																																																																																																																																																																																																														
82																																																																																																																																																																																																														
83																																																																																																																																																																																																														
84																																																																																																																																																																																																														
85																																																																																																																																																																																																														
86																																																																																																																																																																																																														
87																																																																																																																																																																																																														
88																																																																																																																																																																																																														
89																																																																																																																																																																																																														
90																																																																																																																																																																																																														
91																																																																																																																																																																																																														
92																																																																																																																																																																																																														
93																																																																																																																																																																																																														
94																																																																																																																																																																																																														
95																																																																																																																																																																																																														
96																																																																																																																																																																																																														
97																																																																																																																																																																																																														
98																																																																																																																																																																																																														
99																																																																																																																																																																																																														
100																																																																																																																																																																																																														

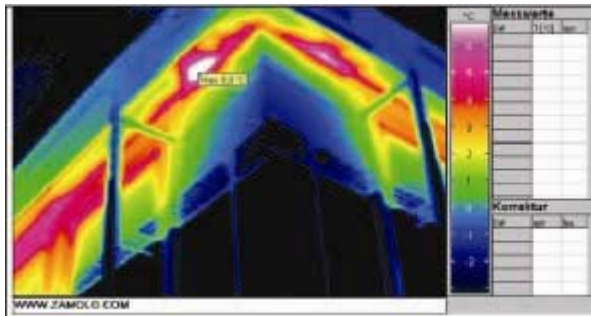


Bild 36:
 Außenmessung Büro Nr. 2
 (Energiewerkstatt), Überdruck
 im Büro (35 Pa) nach 9 min
 (Nahaufnahme)

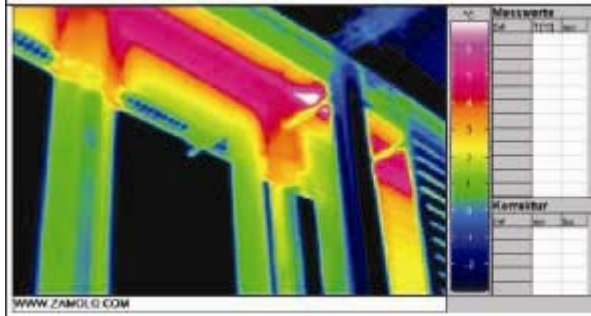
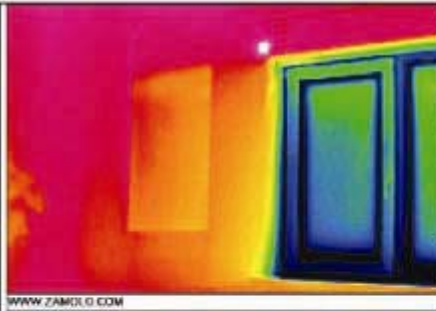

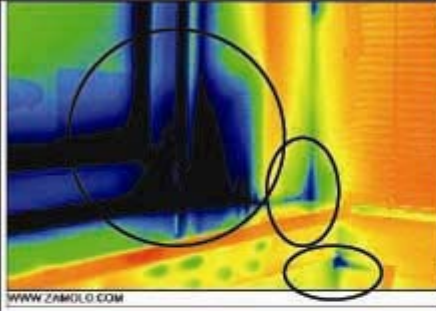
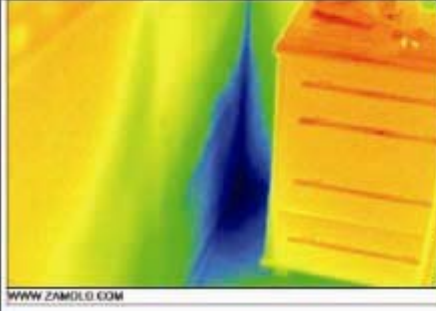


Bild 37:
 Außenmessung Büro Nr. 2
 (Energiewerkstatt), Überdruck
 im Büro (35 Pa)
 Am Mittelsteher ist
 mittlerweile eine eindeutige
 Erwärmung der
 Außenoberfläche erkennbar

Messreihe D

 <p>WWW.ZAMOLO.COM</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">°C</th> <th colspan="3">Messwerte</th> </tr> <tr> <th>Ort</th> <th>T1/T2</th> <th>Zeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Kameratyp</th> <th colspan="3">Messwerte</th> </tr> <tr> <th>Ort</th> <th>Zeit</th> <th>Wert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	°C	Messwerte			Ort	T1/T2	Zeit	20,0				18,0				16,0				14,0				12,0				10,0				8,0				6,0				4,0				2,0				0,0				Kameratyp	Messwerte			Ort	Zeit	Wert																																									<p>Bild 38: Innenmessung Büro Nr. 2 (Energiewerkstatt), südlichstes Fenster des Westfassade, Unterdruck von 40 Pa; zu erkennen sind die Wärmebrücken am Fensterrahmen</p>
°C	Messwerte																																																																																																			
	Ort	T1/T2	Zeit																																																																																																	
20,0																																																																																																				
18,0																																																																																																				
16,0																																																																																																				
14,0																																																																																																				
12,0																																																																																																				
10,0																																																																																																				
8,0																																																																																																				
6,0																																																																																																				
4,0																																																																																																				
2,0																																																																																																				
0,0																																																																																																				
Kameratyp	Messwerte																																																																																																			
	Ort	Zeit	Wert																																																																																																	
 <p>WWW.ZAMOLO.COM</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">°C</th> <th colspan="3">Messwerte</th> </tr> <tr> <th>Ort</th> <th>T1/T2</th> <th>Zeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Kameratyp</th> <th colspan="3">Messwerte</th> </tr> <tr> <th>Ort</th> <th>Zeit</th> <th>Wert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	°C	Messwerte			Ort	T1/T2	Zeit	20,0				18,0				16,0				14,0				12,0				10,0				8,0				6,0				4,0				2,0				0,0				Kameratyp	Messwerte			Ort	Zeit	Wert																																									<p>Bild 39: Innenmessung Büro Nr. 2 (Energiewerkstatt), Ecksteher West/Nord, Unterdruck 40 Pa. Zu erkennen sind die Abkühlung der Steheroberfläche durch die eintretende Kaltluft am Knoten, der Bewegungsmelder (heller Punkt) aber auch die Bolzen der Knotenverbindung als Wärmebrücken</p>
°C	Messwerte																																																																																																			
	Ort	T1/T2	Zeit																																																																																																	
20,0																																																																																																				
18,0																																																																																																				
16,0																																																																																																				
14,0																																																																																																				
12,0																																																																																																				
10,0																																																																																																				
8,0																																																																																																				
6,0																																																																																																				
4,0																																																																																																				
2,0																																																																																																				
0,0																																																																																																				
Kameratyp	Messwerte																																																																																																			
	Ort	Zeit	Wert																																																																																																	
 <p>WWW.ZAMOLO.COM</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">°C</th> <th colspan="3">Messwerte</th> </tr> <tr> <th>Ort</th> <th>T1/T2</th> <th>Zeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Kameratyp</th> <th colspan="3">Messwerte</th> </tr> <tr> <th>Ort</th> <th>Zeit</th> <th>Wert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	°C	Messwerte			Ort	T1/T2	Zeit	20,0				18,0				16,0				14,0				12,0				10,0				8,0				6,0				4,0				2,0				0,0				Kameratyp	Messwerte			Ort	Zeit	Wert																																									<p>Bild 40: Innenmessung Büro Nr. 2 (Energiewerkstatt), östlichster Steher der Nordwand. Abkühlung der Oberflächen nach ca. 15 min Unterdruck (40 Pa); deutlich zu sehen sind die Leckagestellen am Anschluß zum Massivteil, sowie die Abkühlung am Fensteranschluß</p>
°C	Messwerte																																																																																																			
	Ort	T1/T2	Zeit																																																																																																	
20,0																																																																																																				
18,0																																																																																																				
16,0																																																																																																				
14,0																																																																																																				
12,0																																																																																																				
10,0																																																																																																				
8,0																																																																																																				
6,0																																																																																																				
4,0																																																																																																				
2,0																																																																																																				
0,0																																																																																																				
Kameratyp	Messwerte																																																																																																			
	Ort	Zeit	Wert																																																																																																	
 <p>WWW.ZAMOLO.COM</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">°C</th> <th colspan="3">Messwerte</th> </tr> <tr> <th>Ort</th> <th>T1/T2</th> <th>Zeit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0,0</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Kameratyp</th> <th colspan="3">Messwerte</th> </tr> <tr> <th>Ort</th> <th>Zeit</th> <th>Wert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	°C	Messwerte			Ort	T1/T2	Zeit	20,0				18,0				16,0				14,0				12,0				10,0				8,0				6,0				4,0				2,0				0,0				Kameratyp	Messwerte			Ort	Zeit	Wert																																									<p>Bild 41: Innenmessung Büro Nr. 2 (Energiewerkstatt), Ecke Nordwand Anschluß zum Massivteil. Deutlich zu erkennen ist die Wärmebrücke im unteren Eck</p>
°C	Messwerte																																																																																																			
	Ort	T1/T2	Zeit																																																																																																	
20,0																																																																																																				
18,0																																																																																																				
16,0																																																																																																				
14,0																																																																																																				
12,0																																																																																																				
10,0																																																																																																				
8,0																																																																																																				
6,0																																																																																																				
4,0																																																																																																				
2,0																																																																																																				
0,0																																																																																																				
Kameratyp	Messwerte																																																																																																			
	Ort	Zeit	Wert																																																																																																	

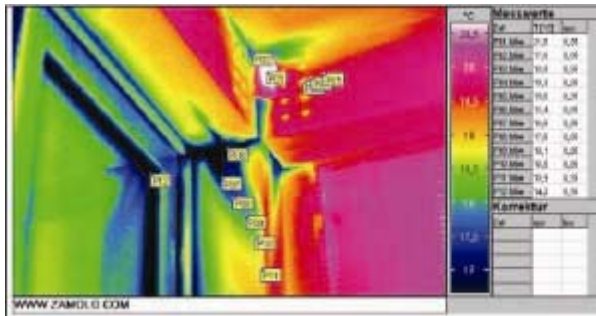


Bild 42:
Innenmessung Büro Nr. 2
Abkühlung am Knotenpunkt
(nach ca. 10 min. Unterdruck
von 50 Pa.)

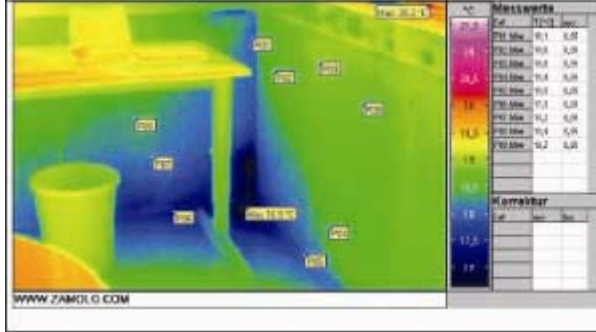


Bild 43:
Innenmessung Büro 2
Wärmebrücke oder Leckage
am östlichen Anschluß zum
Massivteil der Nordwand


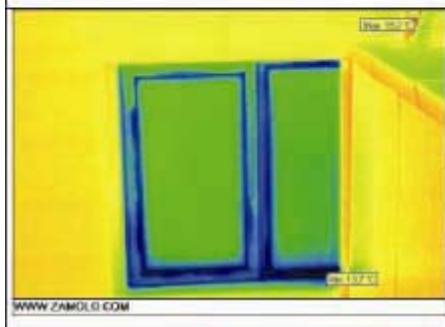
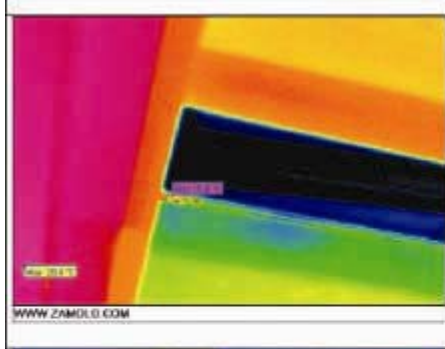
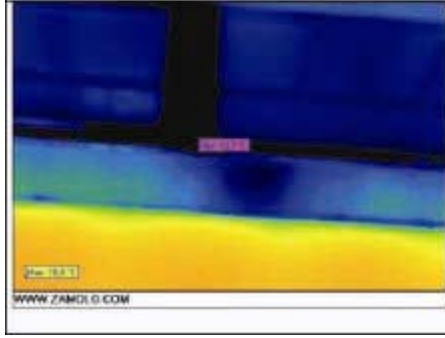
 <p>WWW.ZAMOLO.COM</p>	<p>Bild 48: Atrium, Blick nach N</p>
 <p>WWW.ZAMOLO.COM</p>	<p>Bild 49: Atrium, Blick nach N, Fensterelement links neben Besprechungsräumen</p>
 <p>WWW.ZAMOLO.COM</p>	<p>Bild 50: Atrium, Blick nach N, Detail Leckage am Anschluß I-Träger</p>
 <p>WWW.ZAMOLO.COM</p>	<p>Bild 51: Atrium, Blick nach N, Leckage am Anschluß I-Träger zu vertikal eingebauten Fenstern der N-Wand</p>



Bild 52:
Atrium, Blick nach N, Leckage
am Anschluß I-Träger zu
vertikal eingebauten Fenstern
der N-Wand

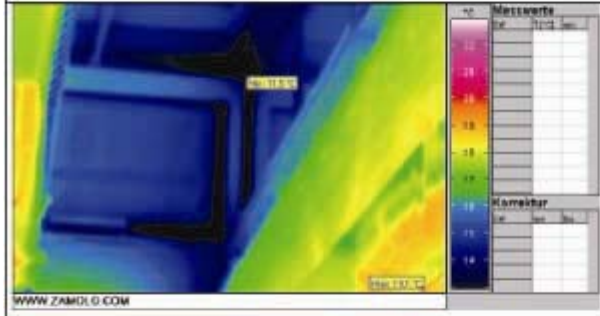


Bild 53:
Atrium, Blick nach N

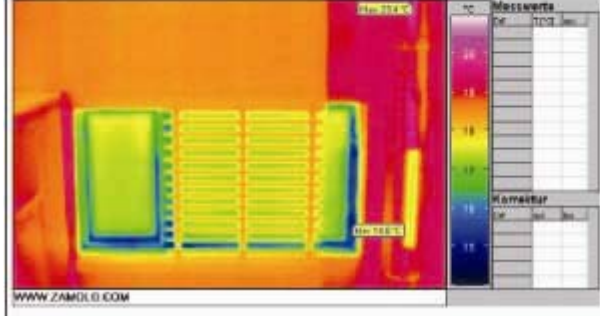


Bild 54:
Atrium, Blick nach N

14.4 Endbericht Simulation mit TRNSYS

Der Endbericht ist mit dem Titel „Passive Kühlkonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude mittels luft- bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauschern“ unter der Nummer 35/2002 in der Schriftenreihe „Berichte aus Energie- und Umweltforschung“ des BMVIT erschienen.

Kurzfassung:

Der Betrieb von zehntausenden österreichischen Büro- und Verwaltungsgebäuden sorgt für einen enormen jährlichen Energieverbrauch. Nicht nur die Wärmeversorgung spielt bei diesen Gebäuden eine zentrale Rolle, sondern in zunehmendem Maße ist es die Klimatisierung, die signifikante Anteile am Energieverbrauch einnimmt. Üblicherweise werden die auftretenden Kühllasten mit konventionellen Kompressionskälteanlagen (zentral bzw. dezentral) kompensiert. Die Folge ist ein sehr hoher Strombedarf für Klimatisierung, woraus hohe Betriebskosten resultieren.

Alternative Kühlmöglichkeiten mit wesentlich geringerem Einsatz an Primärenergie stellen passive Kühlkonzepte dar. Diese Systeme erlauben es, mit sehr einfachen Maßnahmen natürliche Wärmesenken (kühles Erdreich, kalte Nachtluft) zu verwenden, indem sie gezielt Wärme abführen und Speichereffekte nutzen. Aufgrund der beschränkt nutzbaren Temperaturniveaus der Wärmesenken passiver Kühlsysteme ist es unerlässlich, durch einhergehende Gebäudeoptimierungen (externe Lasten) und Ausstattungsoptimierungen (interne Lasten) die spezifische Kühllast auf einen Richtwert von max. 45 W/m² zu senken.

Anhand eines repräsentativen Referenz-Bürogebäudes wurde eine Sensitivitätsanalyse für die passiven Kühlsysteme „Nachtlüftung“, „luftdurchströmter Erdreichwärmetauscher (L-EWT)“ und „wasserdurchströmter Erdreichwärmetauscher (W-EWT) in Kombination mit Betonkernaktivierung (BKA“ durchgeführt. Die Modellierungen hierfür erfolgten in der dynamischen Simulationsumgebung TRNSYS.

Die Nutzung der im Sommer verhältnismäßig kühlen Nachtluft zur Raumkühlung zeigte bei natürlicher Fensterlüftung gute Ergebnisse und brachte eine Reduktion des Kühlenergiebedarfs um über 50%. Als grober Richtwert kann die Leistungsfähigkeit der natürlichen Fensterlüftung mit etwa 150Wh/m²d angegeben werden. Die nächtliche Entwärmung über die mechanische Lüftungsanlage zeigte sich aufgrund des hohen Energiebedarfs für den Ventilatorbetrieb als nicht zweckmäßig.

L-EWT können sinnvoll eingesetzt werden, wenn der erforderliche Luftvolumenstrom in der Größenordnung des hygienisch erforderlichen Luftwechsels liegt. Ansonsten steigen – ähnlich der mechanischen Nachtlüftung - sowohl Antriebsenergiebedarf als auch Kosten für Rohr- und Kanalnetz erheblich an. Der grobe Richtwert für die Leistungsfähigkeit eines L-EWT liegt bei etwa 300 Wh/m²d.

Im Vergleich zu den vorhin genannten Systemen zeigen W-EWT in Kombination mit Betonkernaktivierungen vor allem bei monovalenten Kühlsystemen größerer Leistung Vorteile, da durch die Aktivierung der Gebäudemasse die Leistung der Wärmesenke erheblich reduziert werden kann. Der Richtwert zur Leistungsfähigkeit von W-EWT und BKA liegt bei etwa 480 Wh/m²d.

Eine umfassende Betrachtung von acht unterschiedlichen Kühlsystemen für das Referenz-Bürogebäude zeigte, dass intelligent ausgelegte und betriebene passive Kühlsysteme neben energetischen Vorteilen auch ökonomische Vorteile aufweisen können. Das beste Ergebnis in den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen erzielte die „Variante W-EWT und BKA“ (Flächenverhältnis 3:1), die sogar günstigere jährliche Kosten aufweist als konventionell betriebene Kälteanlagen.

Die insgesamt 64 Teilnehmer am projektbezogenen Planerworkshop zeigen deutlich das Interesse an der Technologie und an der geleisteten Projektarbeit.