

themenwohnen musik

Entwicklung eines urbanen Stützpunktes für Musiker

U. Schneider, F. Oettl, B. Quiring, et.al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

03/2003

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
Fax 01 /36 76 151 - 11
Email: projektfabrik@nextra.at

themenwohnen musik

Entwicklung eines urbanen Stützpunktes für Musiker

Auftragnehmer:
pos architekten
Arch. Dipl.Ing. Fritz Oettl

Autoren:
Arch. DI Ursula Schneider, pos architekten
Arch. DI Fritz Oettl, pos architekten
Dipl.Ing. Dr.techn. Bernd Quiring , Quiring Consultants
Ingenieurbüro und Prüfanstalt für akustik und Bauphysik
Ing. Bernd Stampfl, Ökoplan
energiotech. u.ökol. Beratungsgesellschaft mbH
Dipl. Ing. Thomas Zelger, IBO
Österr. Institut für Baubiologie und Ökologie GmbH

Konsulenten:
Mag. Tscho Theissing, Musiker, Musikervertreter
Mag. Roland Meingast, Fa. Natur und Lehm
Dipl. Biol. Manfred Radtke, Ing.büro Radtke Biotechnik
Dipl. Ing.FH B. Häring, Ing.b. für pflanzenphysiol. Klimatechnik
Dipl. Ing. Klaus Pokorny, Pokorny Lichtarchitektur
Dr. Christine Volm, Ingenieurbüro für Grünraumplanung
Dipl. Ing. Helmut Lutz, Zivilingenieur für Bauwesen

Wien , Jänner. 2003

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der zweiten Ausschreibung der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministeriums 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 www.hausderzukunft.at dem Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Kurzfassung

In die derzeitige Diskussion im Bereich des innovativen Bauens sollen die Themen **innerstädtische Nachverdichtung** (mit ihrem großen Energieeinsparungspotential), **soziologische Aspekte**, wie die Programmierung von Nutzungen und deren Überlagerung, und bisher wenig beachtete Aspekte des Lebenskomforts wie die **Luftfeuchtigkeit** oder die **Raumakustik** in Aufenthaltsräumen eingebracht werden.

Ausgehend von einem speziellen Nutzerprofil wird ein **Gebäudekonzept für Musiker** mit der Hauptfunktion **Wohnen** entwickelt und realisiert. Zusätzliche zu dieser werden auch andere Funktionen angeboten, (wie Arbeiten, Studentenwohnen, Gästeapartments, Veranstaltungsmöglichkeiten) die sowohl internen als auch externen Nutzern zur Verfügung stehen werden.

Durch diese Funktionsüberlagerung bildet das Gebäude einen Knoten und Impuls im Stadtgefüge und soll eine Teilpermeabilität besitzen.

3 Nutzgruppen werden angesprochen: Musikerbewohner, Stadtteil/Quartiersbewohner und spezielle Nutzergruppen aus Wien, dem In- und Ausland.

Musiker wurden als Zielgruppe ausgewählt, weil hier unter verschärften Bedingungen absehbare künftige Anforderungen des urbanen Lebensstiles ausgetestet werden können:

- + flexibler Arbeitsrhythmus
- + Ausdehnung der Aktivitäten in die späten Abendstunden
- + zunehmende Überlagerung von Wohnen und Arbeiten
- + zunehmende akustische Sensibilität der Bevölkerung

Schwerpunkte sind

1. Den Grundstein für die Energieeffizienz in der Wahl des Standortes zu legen
2. Untersuchung der ökologischen Konditionierung der Luftfeuchtigkeit in Aufenthaltsräumen
3. Die Fragestellung: was ist raumakustischer Komfort? und eine Untersuchung der raumakustischen Qualität von Wohnräumen als Beitrag zur ganzheitlichen Wohnqualität.
4. Untersuchung der akustischen Qualität von ökologischen Baustoffen

Ziel des Projektes ist

1. Entwurf eines innovativen Baukonzeptes für Musiker
2. Pilotprojekt für neue nachhaltige Urbanität
3. Detailergebnisse zu Akustik und Luftfeuchtigkeit im Wohnbau

Methoden und Daten

Nutzerprofil, Raumprogramm

Die Daten wurden durch eigene Erhebung recherchiert und zwar auf 3 Ebenen:

1. allgemeine Fragebögen, 2. Einzelinterviews, 3. Nutzerstellvertreterworkshop.

Methode: empirisch; die Methode ist Gegenstand der Erörterung.

ökologische Luftfeuchteconditionierung:

Die Daten zur Feuchteabgabe der Pflanzen wurden mit Biologen speziell für das Projekt erarbeitet. Die Daten zu internen Feuchtequellen in der Wohnung stammen teilweise aus Selbstversuchen, teils aus der Literatur. Für alle Bereiche wurden die Luftfeuchtigkeit mit dem Programm TRNSYS simuliert. Die entwickelten Maßnahmen werden mittels einer Luftfeuchtigkeitssimulation überprüft.

Akustische Eigenschaften von ökologischen Materialien:

Die Daten wurden mittels eigener Erhebung bei den einzelnen Herstellern recherchiert, Methode der Materialprüfung: Absorptionsmessung im Hallraum und Luftschallmessung

Was ist Raumakustischer Komfort:

Es wurde eine Umfrage durchgeführt und ebenso Begehungen von 6 Wohnungen. Hier wurden auch die Nachhallzeiten in 3 Zuständen gemessen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Nutzerprofil, Raumprogramm:

Die gewählte Methode der Befragung auf 3 Ebenen (allgemeine Fragebögen, Einzelinterviews und Workshops mit Nutzervertretern) ist sinnvoll um sowohl hinsichtlich Nutzerprofil als auch hinsichtlich der Anforderungen an das Raumprogramm signifikante Ergebnisse zu erzielen. Dabei ist zu beachten, dass die Befragungen nur bedingt unabhängig voneinander geführt werden können, da Teilergebnisse aus Befragungen wiederum neue Fragestellungen provozieren. Der Prozess sollte in abnehmender Intensität die gesamte Planungsphase begleiten. Die Auswertung der Ergebnisse hat gezeigt, dass eine Verdopplung der momentan vorgesehenen Projektgröße sinnvoll wäre. In der gegenwärtigen Projektgröße kann der Veranstaltungssaal nur mit Förderungs und Sponsorengelder errichtet werden.

ökologische Luftfeuchteconditionierung:

Wohnungen

Es konnte gezeigt werden, dass in einer Wohnung mit Lüftungswärmerückgewinnung prinzipiell auch im Winter genügend interne Feuchtigkeit anfällt, um ein Niveau von 40 % rel. Feuchtigkeit halten zu können. Da das Verdunsten von Wasser Energie verbraucht, ist es jedenfalls sinnvoll eine Optimierung der Feuchtebewahrung anzustreben. Das Feuchtedefizit tritt ausschließlich in den Zimmern auf

Um die Feuchtigkeit innerhalb der Wohnung in die Zimmer zu verschieben, konnte eine neue Methode entwickelt werden.

Die Frage einer komfortablen Luftmengenverteilung wird umso schwieriger (bei gleicher Energieeffizienz) je geringer die Wohnung belegt ist, je geringere Feuchtelasten anfallen und je größere Nutzungsschwankungen und -unterschiede bestehen. Es konnte gezeigt werden, dass die erforderlichen Luftmengenverschiebungen im Tagesablauf mit einfachen Mitteln hergestellt werden können.

Schlussfolgerung: um sowohl Luftfeuchtigkeit als auch Luftmengenverteilung in Wohnungen mit mech. Lüftung optimieren zu können, sollten konventionelle Zuluft, Überström- und Abluftzonen überdacht werden, Feuchtepuffermöglichkeiten gezielt eingesetzt werden, und Grundrissdispositionen auf ihre Tauglichkeit überprüft werden.

Überäume

Für alle Räume mit relativ gleichmäßiger Belegung und gleichmäßigem inneren Feuchteanfall wie Überäume oder Büroräume, ist eine Feuchteconditionierung über einen Pflanzenpufferraum sinnvoll und möglich. Die Luftfeuchtigkeit kann damit auch im Winter über 40 % r.F. gehalten werden, die Spreizung zwischen min und max wird deutlich verringert. Die Bedingungen, unter denen Pflanzen im Innenraum Wasser verdunsten sind sehr komplex und noch wenig erforscht. Um brauchbare Ergebnisse zu erzielen, müssen im dichtverbauten Gebiet jedenfalls Tageslichtmodellmessungen durchgeführt werden. Der Pufferraum muss die Elemente der Glashaustechnologie enthalten (Abschattung, Beleuchtung, wirksame Abfuhrmöglichkeit von Feuchte und Wärme ins Freie,

Überhitzungsschutz und die entsprechende Steuerung) Eine professionelle Betreuung der Pflanzen im laufenden Betrieb ist unverzichtbar.

Was ist akustischer Komfort:

akustischer Komfort im Wohnraum ist gegeben, wenn neben hoher Verständlichkeit, Ortbarkeit und Klangtreue des Schallereignisses Sprache die subjektive Lautheitsempfindung von Störlärm möglichst gering ist und die emotionalen Befindlichkeiten von Gemütlichkeit und Helligkeit raumakustisch ausreichend unterstützt werden. Gegenüber der Önorm für Sprache soll für Wohnräume zwischen 70 und 150 m³ eine um 0,1-0,2 sek. kürzere Nachhallzeit (konsequent durchlaufend) angestrebt werden.

Akustik und ökologische Materialien:

Für zahlreiche ökologische Materialien liegen keine akustisch relevanten Kennwerte vor. Dem konventionellen Akustikputz (akustisch transparenter Putz) kann derzeit auf ökologische Weise nicht entsprochen werden. Als interessante Alternative zur Gipskartonvorsatzschale konnte eine Vorsatzschale aus Schilf/Lehm entwickelt werden, sie verbindet die erforderlichen akustischen Eigenschaften mit hoher Wärme und Feuchtespeicherkapazität. Für Schafwolle wurden Absorptionsmessungen durchgeführt, das Material kann nun als Absorber eingesetzt werden.

Inhaltsverzeichnis:

1. EINLEITUNG:	10
2. VERWENDETE METHODEN UND DATEN:	13
2.1. Nutzerprofil, Raumprogramm	13
2.2. Luftfeuchtekkonditionierung	13
2.3. Raumakustik im Wohnbau	14
2.4. Akustische Eigenschaften von ökologischen Materialien	14
3. GRUNDLAGEN:	15
3.1. Exkurs zur Luftfeuchtigkeit: physiologische Aspekte	15
3.1.1. Begriffsdefinitionen, physikalische Zusammenhänge	15
3.1.2. Angaben aus der Literatur	16
3.1.3. Aussagen, mit deren Hilfe versucht werden soll, die optimale Luftfeuchtigkeit in Innenräumen mit einer Raumtemperatur von ca. 21° Celsius näher einzugrenzen.	17
3.1.4. Conclusio, Vorgaben für das Projekt	19
3.2. Raumkonditionen für Musikinstrumente, Theissing	19
3.2.1. Befragung von Fachleuten, Gesprächsprotokolle:	19
3.2.2. Zusammenfassung:	20
3.3. Feuchtigkeitsabgabe von Pflanzen im Innenraum	21
3.3.1. Grundlagengespräch mit Univ. Prof. Dr. Harald Bolhar-Nordenkamp	21
3.3.2. Recherche Verdunstungsleistung von Pflanzen, Dr. Chr. Volm	23
3.3.3. Beurteilung des Rechercheergebnisses	37
3.4. Raumakustik im Wohnbau: Stand der Forschung, Stand der Diskussion	38
3.4.1. Bauakustik	38
3.4.2. Raumakustik	38
3.4.3. Literaturrecherche	38
3.5. Konventionelle Materialien (Absorber) für die Raum und Bauakustik und ihre Wirkungsweise	40
3.5.1. Raumakustisch wirksame Materialien	40
3.5.2. Üblicherweise verwendete Materialien mit bauakustischer Relevanz und ihre Wirkung aus Sicht der Schalldämmung	42
3.6. ökologische Materialien für die Raum und Bauakustik, Kennwerte	43
3.6.1. Raumakustik	43
3.6.2. Bauakustik	44
3.7. Ökonomische Tragfähigkeit des Projektes: wie viele Musiker gibt es in Wien?	47

4. NUTZERPROFIL	48
4.1. Vorgangsweise	48
4.2. Fragebögen: Erstellung, Versendung,	48
4.2.1. Hauptstichprobe	48
4.2.2 weitere Befragung betreffend Überaum	49
4.2.3 Vergleich mit Musikstudierenden	49
4.2.3 Vergleich mit Musikstudierenden	50
4.3. Interessentenpflege	50
4.3.1. Aufstellung des Interessentenkreises	50
4.3.2. Infoabend	51
4.3.3. Nutzerfibel	51
4.3.4. kontinuierliche Betreuung:	51
4.3.5. Einzelwünsche	53
4.4. Workshop: Programmierung, Durchführung, Auswertung	54
4.5. Einzelinterviews: Protokolle	55
4.6. Auswertung	59
4.6.1. Nutzerprofil, Berufsmusiker	59
4.6.2. Vergleich mit Musikstudierenden	62
4.6.3 Anforderungen an das Raumprogramm	65
4.7. Schlussfolgerungen	74
5. RAUMPROGRAMM:	76
5.1. Näherungsverfahren zur Festlegung der Wohnungsgrößen	76
5.2. Variantenüberlegungen, Nutzerbefragung	78
5.3. Näherungsverfahren zur Festlegung Überaumanzahl und Lage	79
5.3.1 Var. 1: alle Überäume extern, kein Üben in der Wohnung, 39 Musiker	79
5.3.2. Var. 2: erhöhter Schallschutz für leise Instrumente in Wohnung, Rest Extern, 39 Musiker	80
5.3.3. Überäume für Studenten	80
5.3.4. Gesamtzahl	80
5.4. Festlegung Anzahl Ensembleproberäume	81
5.5. Erstellung eines Raumprogramms für 28 Wohneinheiten und 3 Wohngemeinschaften	82
6. ENTWURF:	85
6.1. Architektonisches Konzept	85
6.1.1. Standort	85
6.1.2. Bebauungsbestimmungen	86
6.1.3. Entwicklung des städtebaulichen Entwurfes	86
6.1.4. Exkurs: Städtebau-Energieeffizienz-Ökologie	88
6.1.5. Umsetzung des Raumprogramms	88

6.2. Technische Entwurfsdaten	91
6.2.1. Nutzflächen	91
6.2.2. Passivhausqualität	92
6.2.3. Materialien	92
6.2.4. Grundausstattung/ Zusatzmodule	93
6.3. Akustisches Konzept	94
6.3.1. Bauakustisches Konzept	94
6.3.2. Raumakustisches Konzept	95
6.4. Haustechnischer Entwurf	96
6.4.1. Systembeschreibung	96
6.4.2. Energieversorgung	109
6.4.3. Verbrauchsabrechnung	110
6.4.4. Resumee aus haustechnischer Sicht:	110
7. NATÜRLICHE LUFTFEUCHTEKONDITIONIERUNG IN ÜBERÄUMEN	112
Einleitung	112
7.1. Nutzung der Überäume	112
7.2. Wasserdampf und CO₂-Abgabe der Personen	114
7.3. Pflanzen	115
7.3.1. Pflanzenauswahl	115
7.3.2. Wirkung von <i>Cyperus alternifolius</i>	115
7.3.3. Hygiene/Pflege	118
7.3.4. Verdunstungsleistung der Pflanze	118
7.3.5. Steuerung der Pflanze	118
7.4. Pflanzenpufferraum, Lage und räumliche Disposition	119
7.4.1. Forderungen	119
7.4.2. Lage, räumliche Disposition	119
7.4.3. Pflanztröge	119
7.4.4. Farbe	119
7.5. Tageslichtverhältnisse im Puffer	121
7.6. Schlüsse für die normale Büronutzung	123
7.7. Dynamische Gebäudesimulation, Modellierung und Annahmen	124
7.7.1. Modellierung Feuchteprozesse	124
7.7.2. Wetterdaten	126
7.7.3. Zonierung, Bauteilflächen	126
7.7.4. Nutzung	126
7.7.5. Bauteilaufbauten	126
7.7.6. Sonnenschutz	126
7.7.7. Infiltration	126
7.7.8. Innere Wärmen, Feuchte	126
7.7.9. Lüftung und Heizung	127
7.7.10. Regelung Pufferraum	127
7.7.11. Gebäudevarianten	127

7.8. Ergebnisse der Simulation	128
7.8.1. Erdreichwärmetauscher	128
7.8.2. Hygrothermisches Verhalten der Überäume bei durchschnittlicher Belegung	134
7.8.3. Varianten Belegung	141
7.8.4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	153
8. NATÜRLICHE LUFTFEUCHTEKONDITIONIERUNG IN WOHNUNGEN	154
Einleitung	154
8.1. Feuchtebedarf	155
8.2. Interne Feuchtequellen	155
8.2.1. Personen/ Anwesenheit	156
8.2.2. Küche	158
8.2.3. Bad, Dusche	158
8.2.4. Wäsche	158
8.2.5. Pflanzen	158
8.2.6. Zusammenstellung	159
8.3. Feuchtepufferung	160
8.3.1. Lehmputz und Gipsputz	160
8.3.2. Feuchtepuffer in den Wohnungen	161
8.4. Feuchtebewahrung und -verteilung	161
8.4.1. Geschirrspülen, Kochen	161
8.4.2. Wäschetrocknen	162
8.4.3. Bad als Feuchtequelle	162
8.5. Luftmengenverteilung	164
8.5.1. Allgemeines	164
8.5.2. Übezimmer in der Wohnung	164
8.5.3. genauere Betrachtung	164
8.5.4. Schlussfolgerungen	164
8.6. Grundrissdisposition	165
8.7. Modellierung und Annahmen	166
8.7.1. Innere Wärmen, Feuchte	166
8.7.2. Lüftung und Heizung	166
8.7.2. Gebäudevarianten	166
8.8. Ergebnisse Hygrothermisches Verhalten Wohnung	167
8.8.1. Lüftungskonzept	167
8.8.2. Änderung Luftführung	173
8.8.3. Belegung	174
8.8.4. Heizwärmebedarf	176
8.8.5. Somerverhalten	178
8.8.6. Behaglichkeit im Winter	180
8.8.7. Zusammenfassung und Schlußfolgerung	180

9. RAUMAKUSTIK IM WOHNBAU	181
Einleitung	181
9.1. Grundlagen zur Raumakustik	182
9.2. Grundlagen aus Normen und Literatur	183
9.3. Auswertung der Fragebögen	184
9.4. Auswertung der Begehung	186
9.4.1. Messungen	186
9.4.2. Auswertung der Fragen	188
9.4.3 Interpretation	193
9.5 Definition zeitgemäßer Wohnbereich	194
9.6 Akustischer Komfort im Wohnbereich	195
9.6.1 Grundvoraussetzungen	195
9.6.2. funktionaler Ansatz	196
9.6.3. emotionaler Ansatz	198
9.7. Zusammenfassung	201
9.8. Konsequenzen für den Raum	201
9.8.1. Planparallelität	201
9.8.2. Vielfalt/Material	201
9.8.3. Tiefenabsorber/ Höhenabsorber	202
9.8.4. Resonanzräume, Volumen	202
9.8.5. Lage der Küche	202
9.8.6. Raumproportionen	203
9.8.7. Optimierung der Schallverteilung	203
9.8.8. Ausbildung unterschiedlicher Bereiche	203
10. MATERIALTESTS	204
10.1. Lehmputz	204
10.1.1. akustische Eigenschaften	204
10.1.2. Verwendung als Vorsatzschale	204
10.2. Luftschallmessung einer Vorsatzschale mit Lehmverputz	205
10.2.1. Beschreibung der Konstruktion	205
10.2.2. Beschreibung des Prüfstandortes	208
10.2.3. Durchführung der Messung	209
10.2.4. Art der Messung	209
10.2.5 Prüfbericht	209
10.2.6. Ergebnisse	209
10.3. Absorptionsmessungen für Schafwolle Dämmfilze	210
11. ERGEBNISSE UND SCHLUßFOLGERUNGEN:	211

11.1. ENERGIEEFFIZIENZ UND STANDORT	211
11.1.1. Transmissionsverluste	211
11.1.2. Städtebau/ Bebauungsplan	211
11.1.3. Nutzflächen	211
11.2. Nutzerprofil, Raumprogramm	212
11.3. Pilotprojekt für nachhaltige Urbanität	212
11.4. natürliche Luftfeuchtekkonditionierung in Überäumen	213
11.4.1. Pflanzenpufferraum	213
11.4.2. Feuchtigkeitsdaten	213
11.4.3. Projektierung	213
11.4.5. Anwendbarkeit auf den normalen Bürobereich	214
11.5. natürliche Luftfeuchtekkonditionierung in Wohnungen	214
11.5.1. semipermeable Baddecke	214
11.5.2. Wäschetrockenschrank	214
11.5.3. Menge der internen Feuchte, Konsequenzen	214
11.6. Was ist akustischer Komfort	215
11.6.1 Ergebnis der Begehungen und der Umfrage	215
11.6.2. Konsequenzen für die Planung	216
11.7. Akustische Eigenschaften von ökologischen Materialien	216
11.7.1. Lehmverputz	216
11.7.2. Lehm/Schilf Vorsatzschale	216
11.7.3. Schafwolle	217
11.8. Realisierung	217
12. AUSBLICK UND EMPFEHLUNGEN:	218
12.1. Feuchteleistung von Pflanzen	218
12.2. raumakustischer Komfort	218
12.3. Vorsatzschale Schilf/Lehm	218
12.4. Realisierung	218
13. LITERATUR	219

1. Einleitung:

Problembeschreibung

In vielen Bereichen des innovativen Bauens werden heute Entwicklungen vorangetrieben. Hierbei können 2 Hauptströmungen beobachtet werden: die **technische Diskussion** mit Beiträgen zum effizienten Umgang mit Energie, zum Fortschritt von techn. Komponenten und die **ökologische Diskussion** mit Beiträgen im Bereich ökologische Baustoffe, Gesundheit, Lebenszyklusbetrachtung

Themen wie die innerstädtische Nachverdichtung (mit ihrem bekannten enormen Energieeinsparungspotential), soziologische Aspekte wie die Programmierung von Nutzungen und deren Überlagerung, andere Aspekte des Lebenskomforts wie z.B. die Luftfeuchtigkeit oder die Raumakustik finden im innovativen Bereich derzeit wenig Raum.

Der generelle Ansatz des Projektes besteht daher darin ein Maßnahmenpaket umzusetzen das von der Auswahl des Ortes bis zur Qualität der Raumakustik im Wohnbereich geht und als Ziel eine breit gefächerte Lebensqualität für die Nutzer vor Augen hat.

Projekt : Thematik und Schwerpunkt

Ausgehend von einem speziellen Nutzerprofil wurde ein **Gebäudekonzept für Musiker** mit der Hauptfunktion **Wohnen** entwickelt und soll in weiterer Folge realisiert. Zusätzliche dazu werden ergänzende Funktionen angeboten (wie Arbeiten, Studentenwohnen, Gästeapartments, Veranstaltungsmöglichkeiten), die sowohl internen als auch externen Nutzern zur Verfügung stehen werden. Durch die Funktionsüberlagerung hat das Gebäude eine Teilpermeabilität und bildet einen Knoten und Impuls im Stadtgefüge. 3 Nutzergruppen werden angesprochen: Musikerbewohner, Stadtteil/Quartiersbewohner und spezielle Nutzergruppen aus Wien, dem In- und Ausland.

Musiker wurden als Zielgruppe ausgewählt, weil hier unter verschärften Bedingungen absehbare künftige Anforderungen des urbanen Lebensstiles ausgetestet werden können:

- + flexibler Arbeitsrhythmus
- + Ausdehnung der Aktivitäten in die späten Abendstunden
- + zunehmende Überlagerung von Wohnen und Arbeiten
- + zunehmende akustische Sensibilität der Bevölkerung

Schwerpunkte sind

5. Den Grundstein für die Energieeffizienz in der Wahl des Standortes zu legen
6. Untersuchung der ökologischen Konditionierung der Luftfeuchtigkeit in Aufenthaltsräumen
7. Untersuchung der raumakustischen Qualität von Aufenthaltsräumen im Wohnbau als Beitrag zur ganzheitlichen Wohnqualität.
8. Untersuchung der akustischen Qualität von ökologischen Baustoffen

Ziel des Projektes ist

1. Entwurf eines innovativen Baukonzeptes für Musiker
2. Pilotprojekt für neue nachhaltige Urbanität
3. Detailergebnisse zu Luftfeuchtigkeit und Akustik im Wohnbau

Vorarbeiten zum Thema

Zu den Themen Raumakustik und Luftfeuchtigkeit gibt es im Zusammenhang mit dem Wohnbau kaum Vorarbeiten. Die Themen werden per Analogie und allgemeinem Grundlagenstudium auf den Bereich Wohnbau übertragen.

Die Wahl des Standortes und der Größe ist in der Nachhaltigkeitsdiskussion ein bekannter Faktor, Realisierungen gibt es in diesem Zusammenhang im Bürobau und bei öffentlichen Gebäuden, im

Wohnbau dominieren im Bereich des innovativen Bauens derzeit noch Realisierungen auf der "grünen Wiese".

Für die Verknüpfung des Wohnens mit anderen Nutzungen gibt es in neuerer Zeit Beispiele in mehreren europäischen Ländern.

allgemeine Einführung in die Thematik

Nutzung der vorhandenen Potentiale, Standortfrage:

Energieeffizienz ist ein Thema das- bevor noch eine Planung beginnt –externe Parameter kennt, die manchmal entscheidender sind als die Möglichkeiten der Gebäudeplanung selbst. Je niedriger der Energieverbrauch des Hauses in Bezug auf Raumwärme, Warmwasser und Strom ist, desto entscheidender wirken sich diese Rahmenparameter auf die gesamte Energiebilanz aus.

Einige sollen hier exemplarisch aufgezeigt werden.

1. **die Anbindung an öffentlichen Verkehr:** sie ist wesentlicher Einflussfaktor darauf, wie viel Energie ein Haushalt durch PKW Fahrten verbraucht.
2. **Infrastruktur:** wird durch die Nachverdichtung bereits vorhandene Infrastruktur besser ausgelastet? Oder muss für ein Gebiet diese erst neu geschaffen werden, bzw. ist dies u.U. teilweise gar nicht möglich? z.b. Dienstleistungen jeder Art in fußläufiger Entfernung ?
3. **geschlossene Bauweise:** nur 2 von 4 Fassaden liegen an der Außenluft, 2 sind Feuermauern zum Nachbarn mit einem wesentlich reduzierten Wärmeverlust
4. **Bauklasse, Volumen:** geometrisch definiert ist, dass das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen umso günstiger wird, je größer das Volumen ist. Das bedeutet, dass für ein Einfamilienhaus –wenn es pro m² Nutzfläche den gleichen Transmissionswärmeverlust erzielen will wie ein großvolumiger Wohnbau- eine deutlich dickere Wärmedämmung gewählt werden muss, bzw. dass der gleiche Dämmstandard (Wände, Dach, Bodenplatte) beim großvolumigen Wohnbau nur auf Grund seiner Geometrie zu wesentlich geringeren Transmissionswärmeverlusten führt.
5. **solare Ausrichtung:** welchen solaren Eintrag gibt es am Grundstück, wie können die Baukörper optimal orientiert werden, gibt es Vorgaben bzw. Einschränkungen durch gesetzliche Rahmenbedingungen (Bebauungsplan, o.ä.)

ökologische Konditionierung der Luftfeuchtigkeit

Die Diskussion um die Höhe der optimalen relativen Luftfeuchtigkeit in Aufenthaltsbereichen ist ein Thema das seit langer Zeit zwischen den Extremen hin und her schwankt. In den letzten Jahrzehnten dominierte die Diskussion eine allgemeine Angst vor zuviel Luftfeuchtigkeit, ausgelöst durch die im Zuge der Energiekrise auftretenden Maßnahmen wie die Abdichtung der Fenster, Verzicht auf Lüftung und in Bereichen der Wohnung auch auf Beheizung um Energie zu sparen. Schimmelprobleme und daraus resultierend Gesundheitsprobleme und Bauschäden waren und sind die Folge.

Mit der kontinuierlichen Erhöhung der Wärmedämmung und der dadurch zunehmenden Minimierung der Transmissionswärmeverluste (alles für den Winterfall) kam der Reduktion der Lüftungswärmeverluste erhöhte Bedeutung zu. Durch die mechan. Be- und Entlüftung mit Lüftungswärmerückgewinnung wurde das Problem gelöst, die Wärme der Abluft kann so wiedergewonnen werden und geht nicht verloren.

Der Wärmebedarf der Wohnungen wurde schlussendlich soweit reduziert, dass auf ein konventionelles Heizsystem verzichtet werden konnte, die notwendige Wärme wird den Räumen nur mehr über die Nachwärmung der Zuluft zugeführt.

Dies bedingt aber auch einen dauernden Betrieb der Lüftung, denn ohne sie fehlt im Winter die notwendige Wärmezufuhr.

Da kalte Frischluft aufgrund der physikalischen Gegebenheiten bei der Erwärmung drastisch an relativer Feuchtigkeit verliert (s. 3.1.1), kommt es in solchen Häusern bzw. Systemen im Winter nun zu wesentlich zu geringer Luftfeuchtigkeit, die über lange Perioden im Bereich um 30 % r.F., oft auch noch darunter verbleibt.

In Wohnungen sind zwar eine Menge an internen Feuchtequellen vorhanden, die Normen und Regelwerke schreiben aber bisher (aus den o.a. Gründen) eine möglichst direkte Abfuhr dieser Feuchtigkeit vor, sodass sie derzeit zum Großteil nicht in die Räume gelangt.

In Büro oder Arbeitsräumen wo diese Feuchtequellen fehlen, ist bei mechanischer Be- und Entlüftung ohne Befeuchtung die Luft im Winter jedenfalls zu trocken.

Eine Aufgabenstellung des Projektes besteht dahin, hier Möglichkeiten zur Verbesserung aufzuzeigen.

Raumakustik im Wohnbau

Raumakustik ist ein Themenbereich an den normalerweise nur in Konzertsälen, großen Seminarräumen, - d.h. allen größeren Räumen, in denen Anforderungen an die Verständlichkeit und Qualität der Sprache oder des Tones bestehen- Anforderungen gestellt werden.

Zwischen dem Wohnbau und Veranstaltungsräumen besteht hier ein grundlegender Unterschied. Während in Veranstaltungsräumen die Raumakustik auf eine ganz bestimmte, definierte Nutzung ausgelegt werden kann, ist dies in Wohnräumen nicht der Fall. In einem Seminarraum beispielsweise kann davon ausgegangen werden, dass Zuhörer auf die Stimme eines Vortragenden konzentriert sind, die Arbeit der Raumakustik besteht darin, alle relevanten Parameter für alle Hörerplätze möglichst gut zu gewährleisten, z. B. die Lautheit, Ortbarkeit, Sprachverständlichkeit und Klangtreue. In Wohnräumen kann von einer definierten Funktion nicht ausgegangen werden, andere Faktoren wie z. B. die subjektive Lautheitsempfindung von Störlärm und die subjektive Befindlichkeit des Nutzers nehmen auf die Beurteilung der raumakustischen Qualität einen deutlichen Einfluss.

Im vorliegenden Projekt sollte erstmals die Frage aufgeworfen werden was "akustischer Komfort im Wohnbereich" ist, um Wohnkomfort auch mit raumakustischen Kriterien und Qualitäten in Verbindung zu bringen. Weiters sollte aufgezeigt werden, auf welche räumliche Anforderungen schon bei der Planung geachtet werden kann.

Akustik und ökologische Materialien

Zwei Themenbereiche die bis dato wenig Berührungspunkte hatten sollen einander angenähert werden. Derzeit werden im Bereich der Bau und Raumakustik ökologische Materialien nur in einem sehr geringen Maß verwendet. Das liegt zum Teil auch daran, dass für viele ökologische Materialien die akustisch relevanten Kenndaten nicht vorliegen. Im vorliegenden Projekt sollte der Kenndatenbestand erhoben werden (s. Kap. 3.6.3) . Darauf aufbauend sollte gezeigt werden, welche Materialien durch welche ersetzt werden könnten, welche Rolle der Baustoff Lehm in der Akustik spielt, und welche Materialeigenschaften den Einsatz von Lehm in dieser Hinsicht interessant machen. Weiters sollte festgestellt werden , bei welcher Materialgruppe hinsichtlich der Kenndaten das größte Defizit besteht und exemplarisch durch Absorptionsmessungen eines ökologischen Baustoffes ein weiterer Schritt in Richtung der erhöhten Verwendbarkeit ökologischer Baustoffe in der Raumakustik gesetzt werden.

Nutzerprofil, Raumprogramm

Monofunktionale Gebiete (wie z. b. reine Wohngebiete) haben in den vergangenen Jahrzehnten ihre Schwächen gezeigt. Städtisches Leben ist Vielfalt und Mischung. Im Projekt wird versucht an das Wohnen verwandte und ergänzende Funktionen anzulagern, um zu dieser Vielfalt und mit ihr zur Qualität des Quartiers beizutragen. Exemplarisch soll der Weg beschrieben werden, wie die möglichen Nutzer angesprochen und befragt werden, wie auf ihre Anforderungen reagiert wird, welches Raumprogramm hierbei entsteht und welche Konsequenzen auch für den weiteren Betrieb eines solchen Gebäudes daraus resultieren.

Aufbau der Arbeit

In Kapitel 3 werden die Grundlagen zu den einzelnen Themenbereichen erörtert.

Kapitel 4 behandelt das Nutzerprofil, die Anforderungen an das Raumprogramm und wie beide erstellt wurden.

In Kapitel 5 erfolgt die Erstellung des Raumprogramms, und auf welche Weise die Anforderungen aus Kap. 4 in Zahlen und Flächen umgesetzt wurden.

Der aus 5 resultierende Entwurf wird in Kap. 6 beschrieben, gegliedert in architektonisches, akustisches und haustechnisches Konzept.

Unter Kapitel 7 wird die ökologische Luftfeuchtekkonditionierung von Arbeitsräumen mit einem Pflanzenpuffer beschrieben –hier am Beispiel der Musikerüberäume- und weiters die Simulationsergebnisse für diesen Bereich dargestellt.

Unter Kap. 8 wird die ökologische Luftfeuchtekkonditionierung für Wohnungen beschrieben, ebenfalls unter Darstellung der Simulationsergebnisse.

In Kap. 9 wird der Themenkomplex Raumakustischer Komfort abgehandelt. Hier wird nach einer allgemeinen Einführung und Grundlagen zum allgemeinen raumakustischen Verständnis der Frage nachgegangen womit sich raumakustischer Komfort definieren ließe. Die durchgeführte Umfrage und raumakustische Begehungen werden dargestellt und die Ergebnisse ausgewertet.

Kap. 10 beschreibt die durchgeführten Materialtests Lehmvorsatzschale und Absorptionsmessung Schafwolle. Danach folgen Schlussfolgerungen, Ausblick, Literatur und Anhang

2. Verwendete Methoden und Daten:

2.1. Nutzerprofil, Raumprogramm

Die Daten wurden und werden durch eigene Erhebung recherchiert und zwar auf 3 Ebenen: 1. allgemeine Fragebögen, 2. Einzelinterviews, 3. Nutzerstellvertreterworkshop. Die Auswertung erfolgte für die Fragebögen durch die soziologische Begleitung (Dr. Alexander Keul Consulting), für den Rest durch das Architektenteam. Die Daten hinsichtlich Schall, Wärme und Feuchtigkeit entsprechen grundsätzlich den in den einschlägigen Normen vorgesehenen Werten, wurden aber auf Grund des Grundlagenstudiums in einem deutlich engeren Rahmen begrenzt.

Methode: empirisch, die Methode ist Gegenstand der Erörterung. Die Anzahl der Überäume wurde für 3 Szenarien aus den vorliegenden Daten berechnet. Die gewünschten Wohnungsgrößen wurden einer empirischen Bewertung und Korrektur unterzogen.

2.2. Luftfeuchtekkonditionierung

Die Luftfeuchtigkeit in den Wohnungen und Überäumen wurde mit dem Programm TRNSYS simuliert. Die Eingabedaten hierzu sind in einigen Bereichen derzeit nicht in der Literatur verfügbar.

Die Daten wurden daher wie folgt aufgestellt:

1. Berechnung der Raumboberflächen durch pos architekten
2. Aufstellung der Belegung der Räumen durch Auswertung des Nutzerprofils in Absprache mit Tscho Theissing (Konsulent)
3. Aufstellung der Daten zur Feuchteabgabe der Pflanzen aufbauend auf spezielle beauftragte Recherche durch Dr. Christine Volm in weiterer Zusammenarbeit mit Dipl. Biologe Manfred Radtke und der Fa. Grünplan. Die Vorschläge zu den lichtabhängigen Stundendaten wurden von pos architekten erstellt und von Radtke mit dem ihm zur Verfügung stehenden Datenmaterial verglichen und bestätigt.

4. Aufstellung der Daten zu internen Feuchtequellen in Wohnräumen durch Verwendung allgemeiner Daten aus der Literatur in Kombination mit diversen Selbstversuchen durchgeführt durch pos architekten.
5. Aufstellung der Daten zu den Tageslichtverhältnissen im Pflanzenpufferraum durch eine Tageslichtmessung an einem einfachen Massenmodell des Pufferraum und der Umgebung durch DI Klaus Pokorny.

2.3. Raumakustik im Wohnbau

Zum Thema wurde im Juni 2002 eine Umfrage durchgeführt. Die Auswertung erfolgte durch Büro Quiring und Büro pos architekten. Weiters wurden 6 Wohnungsbegehungen mit 18 Testpersonen durchgeführt. Die Begehungen wurden durch Messungen der Nachhallzeit durch das Büro Quiring begleitet.

2.4. Akustische Eigenschaften von ökologischen Materialien

Die Daten wurden mittels eigener Erhebung bei den einzelnen Herstellern recherchiert, Schalltechn. Gutachten wurden angefordert (soweit verfügbar).

Daten zum Lehm wurden den in Fachbüchern und Dissertationen (im Anhang verzeichnet) publizierten Messungen entnommen.

Methode der Materialprüfung Lehmvorsatzschale: vergleichende Luftschallmessung in konkreter Situation in einem Lagerraum der Fa. Zöchbauer in Winzing

Methode der Materialprüfung Schafwolle: Absorptionsmessung im Hallraum des Büros Quiring Consultants

3. Grundlagen:

3.1. Exkurs zur Luftfeuchtigkeit: physiologische Aspekte

Physiologische Grundlagen für die Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen

3.1.1. Begriffsdefinitionen, physikalische Zusammenhänge

Vor dem Einstieg in die Thematik Luftfeuchtigkeit ist es wichtig folgende Begriffe zu definieren und Zusammenhänge zu beleuchten:

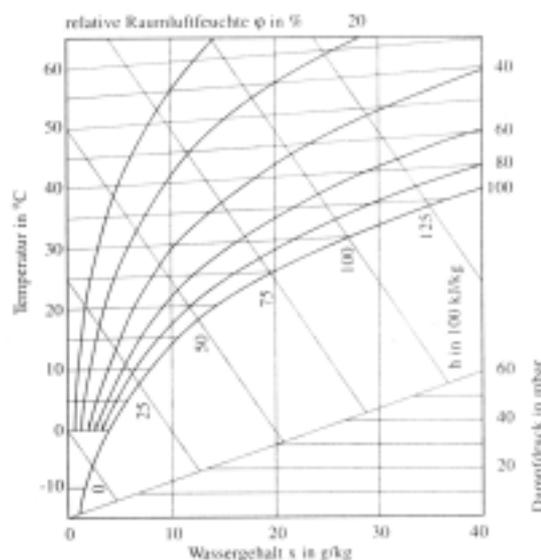
Relative Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit beschreibt die prozentuale Sättigung der Luft mit Wasserdampf bei einer gegebenen Lufttemperatur. Die relative Luftfeuchtigkeit wird in Prozent [% r.F.] angegeben.

Absolute Luftfeuchtigkeit

Die absolute Luftfeuchtigkeit beschreibt die Gesamtmenge von Wasserdampf in einem definierten Luftvolumen und wird in Milligramm pro Liter [mg/l] oder Volumenprozent [Vol %] angegeben.

Die Zusammenhänge zwischen absoluter und relativer Luftfeuchtigkeit können in dem folgenden Diagramm (Mollier h x Diagramm) sehr schön abgelesen werden.



Hier sieht man dass Luft mit einer relativen Feuchtigkeit von 50% bei **-8°Celsius** nur **1g/kg Wasser** enthält (1m^3 Luft hat bei dieser Temperatur und Feuchte ca. $1,25 \text{ kg/m}^3$) während sie mit derselben relativen Feuchtigkeit und **22,5° Celsius** **9g/kg Wasser** enthält (1m^3 Luft hat bei dieser Temperatur und Feuchte ca. $1,11 \text{ kg/m}^3$)

Umgekehrt gilt, und dies ist für Innenräume während der Heizperiode meist relevant, dass Außenluft von **-5°Celsius** und einer Luftfeuchtigkeit von **80%** wenn sie während des Lüftens oder durch eine mechanische Lüftungsanlage in den Aufenthaltsraum gebracht und hierbei erwärmt wird, durch die wesentlich höhere Wasserdampfaufnahmefähigkeit der Luft bei höherer Temperatur rapide an

relativer Luftfeuchtigkeit verliert und bei 21° Celsius nur mehr eine relative Luftfeuchtigkeit von ca.12% besitzt.

3.1.2. Angaben aus der Literatur

Bei der Grundlagenrecherche über Physiologische Grundlagen für die Luftfeuchtigkeit ist auffallend, dass die Frage nach der optimalen Luftfeuchtigkeit für Menschen in Innenräumen unbeantwortet bleibt. Über die verschiedenen Auswirkungen der Luftfeuchtigkeit auf die Behaglichkeit und Gesundheit des Menschen besteht nach wie vor ein großes Wissensdefizit.

Angaben seitens der Medizin:

Besonders von Seiten der befragten Mediziner wird angegeben, dass medizinische Forschung und Erkenntnisse in diesem Bereich noch viele Fragen offen lassen.

Angaben aus Normen:

ÖNORM H6000 – Teil 3 (Quelle 1) gibt Richtwerte für Räume mit mechanischer Lüftung und Feuchtigkeitsregelung:

- obere Grenze 11,5 g/kg absolute Feuchte oder 65% relative Feuchte
 - untere Grenze 6,5 g/kg absolute Feuchte oder 35% relative Feuchte
- DIN 1946 – Teil 2
- obere Grenze 11,5 g/kg absolute Feuchte oder 65% relative Feuchte
 - untere Grenze 30% relative Feuchte unabhängig von der Raumtemperatur

Angaben seitens anderer Institutionen:

Der ‚Wegweiser für eine gesunde Raumlufte‘ (HT Quelle 3), herausgegeben vom Umweltministerium in Kooperation mit dem österreichischen Institut für Baubiologie gibt folgende Werte für den idealen Raumluftezustand an:

40% bis 60% relative Luftfeuchtigkeit.

In der Klimatechnik wird 35% r.F. als untere Grenze und 70% r.F. als obere Grenze angenommen (HT Quelle 14, 19)

In bereits gebauten Wohnhäusern mit kontrollierter Lüftung ist eine häufige Beschwerde jene über zu geringe Luftfeuchtigkeit im Winter (HT Quelle 15, 4).

Bei der Fülle der Aussagen die von öffentlichen oder privaten Institutionen, Vereinen, Verbänden im Bereich des Bauens, Wohnens, Energiesparens, und Lüftens zum Thema Luftfeuchtigkeit getroffen werden können im wesentlichen 4 Gruppen unterschieden werden:

Die, die Erfahrungen im konventionellen Wohnbau haben und eher eine private Zielgruppe ansprechen: hier überwiegt deutlich die Sorge über zu hohe innere Feuchtelasten, ungenügende Lüftung, Schimmelbildung, Bauschäden . Angaben über die innere Feuchteproduktion werden eher hoch angesetzt, Empfehlungen für Luftfeuchtigkeit eher niedrig. (40 –50 %)

Die, die Erfahrungen im Bürobau mit Klimatisierung haben und eher spezielle Berufsgruppen oder Planer ansprechen. Hier wird einer deutlich höheren Luftfeuchtigkeit der Vorzug gegeben (50 – 65 %)

Die, die aus dem Bereich des ökologischen Bauens kommen. Hier wird meist ein Bereich von 40 – 60 % empfohlen.

Die, die aus dem Bereich des innovativen Bauens kommen und mechanische Lüftung der Räume mit Wärmerückgewinnung voraussetzen. Hier wird die Frage für den Winterfall eher an den Rand gedrängt, wenn sie überhaupt vorkommt werden hier nur die Untergrenzen betrachtet und hierbei die Normuntergrenzen von 30 % als durchaus akzeptabel angesehen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Aussagen kontrovers sind und sich eigentlich fast nie auf physiologische Erfordernisse des Menschen beziehen.

Die vorgebrachten Begründungen für die angeführten Werte stellen entweder Behaglichkeitsuntersuchungen in den Vordergrund oder Sekundärererscheinungen wie z. B. die Schimmelbildung.

3.1.3. Aussagen, mit deren Hilfe versucht werden soll, die optimale Luftfeuchtigkeit in Innenräumen mit einer Raumtemperatur von ca. 21° Celsius näher einzugrenzen.

Prof. Dr. med. Dr. phil. nat. H. Eyer, Max von Pettenkofer Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität München geht von einer physiologischen Forderung von **50% relativer Luftfeuchtigkeit** für Innenräume aus.

Univ. Prof. i.R. Dipl.-Ing. Dr.techn. Erich Panzhauser, TU Wien, Institut für Bauphysik - verlangt als Untergrenze 35 %, **50 % gelten lt. Panzhauser als Mittelwert** im Vorzugsbereich der relativen Luftfeuchtigkeit. (Wohnhabitat, s. lit.)

3.1.3.1. physiologische Erkenntnisse, Energie und Wasserhaushalt des Menschen

Der homöotherme warmblütige Mensch ist an eine gleichbleibende Blutwärme von 37° gebunden. Um ein Ansteigen seiner Kerntemperatur auf Werte über 37°Celsius als Folge der im Körper ständig ablaufenden Verbrennungsvorgänge zu verhindern **muss** er Wärme abgeben. Die Parameter dieser Wärmeabgabe sind die Stärke der Verbrennungsvorgänge einerseits und Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Umgebung andererseits. Nach Maßgabe dieser Parameter kann über direkte Strahlungswärme des Körpers, Wasserdampfdiffusion durch die Haut (perspiratio insensibilis) Schweiß-Verdunstung und Befeuchtung und Erwärmung der Atemluft Wärme an die Umgebung abgegeben werden.

Die Zellauskleidung unserer Atemwege besitzt eine Größe von über 100m², der bei der Atmung stattfindende Luftwechsel erfolgt rund 1000mal in der Stunde, bei jedem Atemzug ca. 0,5 l, die Funktionstüchtigkeit des Epithelbelages ist von großer gesundheitlicher Bedeutung.

Die Expirationstemperatur ist eine Funktion der Lufttemperatur(Größenordnung 30-35)°, die Ausatemungsluft ist feuchtegesättigt und enthält daher pro Minute im Durchschnitt etwa ¼ g Wasser. Neben der Wärmeabgabe dient sie der physiologischen Feuchterhaltung der Schleimhaut unserer oberen Atemwege.

Da der absolute Gehalt an Wasser in der eingeatmeten Luft je nach Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Umgebung sehr verschieden, der absolute Gehalt der Ausatemungsluft bei 30 -35° und Feuchtegesättigung nicht so stark differiert, muss oder kann der Körper je nach Umgebungsbedingungen der Luft unterschiedlich viel Feuchtigkeit zuführen.

Kann: deshalb, weil bei **hoher Temperatur und Feuchte** der Umgebung über die Atmung kaum noch Wärme abgeführt werden kann. Dieser Umstand wird als beschwerlich und deutlich beeinträchtigend wahrgenommen, ist aber in unserem Klima im Außenbereich kaum und im Innenbereich nur bei unsachgemäßer Verwendung anzutreffen.

Kalte Luft enthält wenig absolute Feuchte, die geforderte Befeuchtungsleistung ist hier sehr hoch, trotzdem wird ein Spaziergang an klaren Frosttagen als angenehm empfunden.

Dies hat folgende Ursache:

Kalte Luft erweitert die Blutkapillaren der Schleimhäute in den oberen Atemwegen und regt so zu stärkerer Flüssigkeitsabsonderung an. Durch die verbesserte kapillare Durchblutung können die Epithelbeläge der oberen Atemwege hinreichend feucht gehalten obwohl der geringe absolute Feuchtegehalt der eingeatmeten Luft eine maximale Befeuchtung und Erwärmung erfordert

In warmer und trockener Luft fehlt diese reflektorisch zustande gekommene Schleimhautbefeuchtung.

Eine vermehrte Schleimhautsekretion bleibt aus. In warmer Luft mit geringer rel. Luftfeuchtigkeit kann das Sekret der Schleimhaut eintrocknen, die Fließbandeigenschaften des Flimmerepithels werden ebenfalls beeinträchtigt und dadurch die mukoziliäre Reinigung gestört.

Die unspezifische Immunabwehr ist herabgesetzt, die Anfälligkeit für Infektionen erhöht sich.

Einige HNO Ärzte sind der Meinung, dass der normalen Luftfeuchtigkeit als bester Prophylaxe gegen Erkrankungen der Luftwege zu wenig Bedeutung beigemessen wird. Die optimale relative Feuchtigkeit liegt für diese Prophylaxe zwischen 50 und 60 Prozent.

3.1.3.2. Sekundäre Bedingungen für die Luftfeuchtigkeit in Innenräumen:

Die Luftfeuchtigkeit hat Auswirkungen auf

1. auf die elektrostatische Aufladung

steigt unter 40 % stark an. Funken, die bei Entladungen entstehen, können integrierte Schaltkreise von Computern stören

2. auf die Elastizität:

bei abnehmender Luftfeuchtigkeit nimmt auch die Elastizität von Materialien und Fasern ab. Haar und Haut werden spröde, dies gilt für Möbel und Teppiche gleichermaßen, als optimale Konservierungskondition für ihre Exponate nennen z.B. Museen bei Holz 55-60 %, bei Leinwand 50 – 55%.

In den meisten Museen konserviert man generell bei 55 %

3. auf die Schimmelbildung

die Schimmelbildung hängt mit der Luftfeuchtigkeit nur insoweit zusammen als bei hoher Luftfeuchtigkeit die Gefahr der Kondensation an Bauteilen infolge mangelnder Wärmedämmung oder Wärmebrücken erhöht ist, und die Trockenzeit für durchfeuchtete Materialien erhöht wird. Für Schimmelpilzwachstum sind bei zusammentreffen ungünstiger Randbedingungen eine tägliche über 12 Stunden währende und mindestens 5 Tage anhaltende Überschreitung der relativen Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche von 80 % erforderlich.

4. auf das Milbenwachstum

Zu den häufigsten allergisierenden Substanzen im Hausstaub (der aber natürlich auch noch viele andere wie Schimmelpilzsporen, Tierhaare und -schuppen, Speisereste, Bakterien, Überreste und Ausscheidungen anderer Insekten enthält) zählen die Kotballen der Hausstaubmilben.

Milben sind Spinnentiere und so winzig, dass sie mit dem bloßen Auge nicht zu erkennen sind. Sie sind natürlicher Bestandteil des Ökosystems fast jeden Haushaltes, also kein Anzeichen für mangelnde Hygiene oder Sauberkeit.

Der minimale Wassergehalt der Luft, bei der Hausstaubmilben noch lebens- und vermehrungsfähig sind, beträgt 7 g Wasser/kg Luft.

Hausstaubmilben sind lichtscheu. Zur ihrer Vermehrung sind Temperaturen um 20 - 25 Grad Celsius, eine relative Luftfeuchtigkeit von 60 bis 80 % , das Vorkommen menschlicher und tierischer Hautschuppen und eine gewisse Zahl von Schimmelpilzen erforderlich. Milben sind sie auf die relativ hohe Luftfeuchtigkeit angewiesen weil sie nicht trinken können, bei niedrigerer Luftfeuchtigkeit werden sie inaktiv. Trotzdem können die allergischen Beschwerden gerade bei Absenken der Luftfeuchtigkeit (eine vorausgehende Milbenbelastung vorausgesetzt) ihren Höhepunkt erreichen, weil die Kotbällchen austrocknen, zerfallen und als Feinststaub aufgewirbelt und mit der Atemluft inhaled werden. Bei einem erneuten Anstieg der Luftfeuchtigkeit erwachen die Milben wieder zum Leben.

Die Empfehlungen was die Luftfeuchtigkeit betrifft lauten hier meistens: unter 50 %

5. auf Gerüche:

Gerüche werden bei steigender Luftfeuchtigkeit intensiver wahrgenommen, dies betrifft vor allem Feuchtigkeitsbereiche ab 55% und kann in Wohnungen durchaus relevant sein.

3.1.4. Conclusio, Vorgaben für das Projekt

Eine Angabe der optimalen Luftfeuchtigkeit für den Menschen steht aus medizinischer Sicht noch aus. Betrachtet man die vorab dargelegten Themenkreise und bezieht man sich weiters auf die Luftfeuchtigkeit in Innenräumen, so scheint eine Abgrenzung zwischen 40 und 60 % rel. Luftfeuchtigkeit sinnvoll, ein Optimalbereich könnte zwischen 50 und 55% liegen. Der Wert von 40% sollte jedenfalls nicht unterschritten werden (darauf ist bei Häusern mit mechanischer Lüftung vor allem im Winter bedacht zu nehmen). Die Obergrenze wird eher von baulichen Gegebenheiten, vom Nutzerverhalten und den aus beiden resultierenden Folgen definiert (gute Wärmedämmung, keine Wärmebrücken, gute Durchlüftung von feuchten Bereichen, Lüften von Matratzen und Decken).

3.2. Raumkonditionen für Musikinstrumente, Theissing

3.2.1. Befragung von Fachleuten, Gesprächsprotokolle:

Hohenegger Anna, Geigenbauerin der Staats- und Volksoper, 1010 Wien,
Empfiehl ca. 60% Luftfeuchtigkeit für Streichinstrumente, wissenschaftliche Literatur nicht bekannt.

Rombach Hans, Geigenbauer, 1060 Wien,
Empfiehl 40-60% Luftfeuchtigkeit für Streichinstrumente, darunter besteht Gefahr für das Holz (Sprünge), darüber für den Leim. Bei längerer höherer Luftfeuchtigkeit könnte Holz auch zu schimmeln beginnen. Grundsätzlich sei die Luftfeuchtigkeit, die für Menschen gut und angenehm sei, auch für Streichinstrumente gut. Wissenschaftliche Literatur nicht bekannt.

Schueler Roland, Geigenbauer und Cellist, 1040 Wien
Auch er empfiehlt etwa 60% Luftfeuchtigkeit, betont aber besonders die Wichtigkeit der Stabilität. Instrumente überstehen z.B. oft jahrelange sehr trockene Lagerung (Dachboden!) gut, gefährlich sind aber Schwankungen. Dabei sei besonders die Relation zur Temperatur zu beachten, da bei steigender Temperatur (z.B. durch Heizung) die Feuchtigkeit trotz gleicher Wassermenge im Raum rapide abnimmt.
Besonders gefährdete Instrumente: Kontrabässe, Cembali, Klaviere, da diese „abgesperrte Decken“ haben (größere gerade Holzflächen, die nicht nachgeben können) und daher besonders zu Rissen neigen.

Musikhaus Votruba, führendes Fachgeschäft für Blasinstrumente, 1070 Wien, Lerchenfelder Gürtel 4, Tel.: 523 74 73.

Für Blechblasinstrumente spiele die Luftfeuchtigkeit praktisch keine Rolle, für Holzblasinstrumente werden 60-80% Luftfeuchtigkeit empfohlen.

Vienna Piano Team, Herr Michael Hahn, 1070 Wien.

Für Klaviere solle die Luftfeuchtigkeit generell nicht unter 40% sinken, 50% wären optimal. Wichtig für die Aufstellung von Klavieren: Keine Fußbodenheizung, keine direkte Sonneneinstrahlung, nicht zu nah an Heizkörpern.

Durch Erkundigungen auf dem Geigenbauertreffen „Klanggestalten“ im Herbert von Karajan - Zentrum Wien am 20./21.10.2001 gelang es, Kontakt zu 3 Experten aus dem ostdeutschen Raum aufzunehmen:

Fachhochschule für Geigenbau Markneukirchen (eine Außenstelle der Fachhochschule für angewandte Kunst Zwickau),

Leiter: Prof. Meinel, Telefonat 24.10.2001:

Ihm ist keine Einzeluntersuchung zum Thema „Luftfeuchtigkeit und Musikinstrumente“ bekannt

Der Katalog der Bibliothek der Fachhochschule Markneukirchen ist leider nicht im Internet.

Volker Jahn, Luftent- und -befeuchtung und Messtechnik, (Thüringen)Telefonat 24.10.2001:
Arbeitet viel mit lokalen Gitarrebauern.
Empfehlte eine Luftfeuchtigkeit von 45-50%.

Institut für Musikinstrumentenbau D - 08267 Zwota

Geschäftsführer: Gunter Ziegenhals Telefonat 29.10.2001:

Für alle Instrumente aus Holz gilt: Gute Raumtemperatur: 21/22 Grad Gute Luftfeuchtigkeit: 50% (48-52%)

Eigentlich wären rein physikalisch die besten akustischen Eigenschaften von Holz bei einer Luftfeuchtigkeit von 40% gegeben, das entspräche einer Holzfeuchte von 8%; bei diesem Wert ist die Dämpfung des Holzes am geringsten (was nicht notwendigerweise heißen muss, dass alle Instrumente bei diesem Wert am besten klingen; das hängt auch sehr vom jeweiligen Instrument ab und von den Bedingungen, unter denen es gebaut wurde).

Die Gefahr bei einer Luftfeuchtigkeit von 40% besteht aber darin, dass Instrumente, die bei einer deutlich höheren Luftfeuchtigkeit gebaut wurden, dann durch die relative Trockenheit schon gefährdet sind (Reißen), während die umgekehrte Abweichung (also feuchter als beim Bau des Instruments) viel weniger Gefahren mit sich bringt. Deswegen also „sicherheitsshalber“ die Empfehlung 50% Luftfeuchtigkeit.

Für die technische Durchführung der Raumkonditionierung werden in Zwota Geräte wie in Museen verwendet (Kästen mit Pumpe und Wasserverdunstungsmöglichkeit; Zerstäubung und Verdampfung werden ausdrücklich nicht empfohlen!).

Ideal wären kombinierte Be-, Entfeuchtungs- und Klimageräte, die neben der richtigen Luftfeuchtigkeit auch die richtige Temperatur sowie eine regelmäßige Umwälzung der Raumluft gewährleisten.

Fa. Lang, Geigenbauer der Wiener Philharmoniker, 1010 Wien, Telefonat mit Hrn. Ramsaier, 9.10.01

optimal für Streichinstrumente sind 50 – 60 % Luftfeuchtigkeit, der Maximalrahmen sind 40% und 70 % Luftfeuchtigkeit.

wenn es zu trocken wird, besteht Rissgefahr, der Klang verändert sich negativ, wenn es zu feucht wird verlieren die Instrumente ihre klangliche Brillanz und der Leim kann aufgehen. Abgeraten wird auch von Fußbodenheizungen, zumindest bei größeren Instrumenten mit Bodenkontakt (Celli, Bässe, Klaviere)

3.2.2. Zusammenfassung:

Die optimale Luftfeuchtigkeit für Holzinstrumente bewegt sich in dem Spannungsfeld:

1. Rissgefahr,
2. optimaler Klang und Lautstärke,
3. Aufgehen der Leimfugen

1. Rissgefahr

Holzinstrumente bestehen meistens aus zusammengeleimten Holztafeln, die an diesen Leimfugen in statischer Hinsicht eingespannt und nicht beweglich oder verschieblich sind. Da Holz bei abnehmender Luftfeuchtigkeit schwindet, treten im Material Spannungen auf, die schlussendlich zu Rissen führen, diese Gefahr ist naturgemäß auch noch umso größer (und bei den Instrumenten daher unterschiedlich) je höher die Luftfeuchtigkeit war, bei welcher das Instrument gebaut wurde. Wenn es z. B. bei 60 % gebaut wurde, ist es bei 40 % schon rissgefährdet.

2. optimaler Klang, optimale Lautstärke

Die minimale Dämpfung des Holzes und damit das maximale klangliche Volumen (Lautstärke) liegt bei etwa 40 % relat. Luftfeuchte. Dies ist eine physikalisch messbare Größe.

Die optimale Klangqualität eines Instrumentes ist eine nur subjektiv bewertbare Größe. Bei zu geringer Luftfeuchtigkeit werden für die Klangqualität Begriffe wie "klingt spröde und hart" verwendet, bei zu hoher Luftfeuchtigkeit Begriffe wie "hat seine Brillanz verloren, klingt dumpf". Die Luftfeuchtigkeit für optimale Klangqualität ist nicht unbedingt gleich der für maximale Lautstärke. Von den Musikern werden in diesem Zusammenhang 50 – 60 % genannt.

3. Aufgehen der Leimfugen

Bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit können die Leimfugen eines Instrumentes aufgehen. Dies ist in unseren Breiten allerdings unter normalen Bedingungen (auch in nicht klimatisierten Räumen) nicht der Fall, eine Gefahr für die Instrumente aus dieser Tatsache besteht nur in tropischen Gebieten

Aus den angeführten Punkten ergibt sich, dass in unseren Breiten Gefahr für Holzinstrumente lediglich aus der drohenden Rissbildung resultiert. Als Optimum zwischen Punkt 1 und Punkt 2 werden 48 – 52 % Luftfeuchtigkeit angegeben, als tolerabler Bereich 40 – 60 %. Die Grenze nach unten soll keinesfalls unterschritten werden.

Als weitere relevante Kriterien werden genannt: keine direkte Besonnung, möglichst wenig Schwankungen von Temperatur und Feuchte, keinesfalls **schnelle** Veränderungen, Verdunstung von Wasser ist besser als Vernebelung oder Verdampfen, keine Fußbodenheizung.

3.3. Feuchtigkeitsabgabe von Pflanzen im Innenraum

3.3.1. Grundlagengespräch mit Univ. Prof. Dr. Harald Bolhar-Nordenkamp

Pflanzenphysiologische Grundlagen, Gespräch mit Abteilungsleiter Univ. Prof. Dr. Harald Bolhar-Nordenkamp und Dr. Meister, Institut für Ökologie und Naturschutz, Abteilung für gärtnerische Pflanzenphysiologie und Primärproduktion

Pflanzenphysiologische Grundlagen für einen Pflanzenpufferraum zur Luftfeuchtigkeitskonditionierung

Pflanzen besitzen klimatisierende Wirkung, sie sind unter bestimmten ,sorgfältig definierten Umständen in der Lage das Raumklima zu verbessern.

Dies geschieht in dreierlei Weise:

1. Sie geben an die Raumluft Feuchtigkeit ab
2. Die direkte Umgebung von Pflanzen ist auf Grund der Verdunstungskühle ein Ort anderer Temperatur, durch die daraus resultierende Luftbewegung im Raum lagert sich an den Blättern vermehrt der in der Luft befindliche Staub ab.
3. Sie sind mit den Mikroorganismen in ihrem Wurzelbereich in der Lage die Luft von verschiedenen Schadstoffen zu reinigen, z.B. Formaldehyd, Benzol und viele andere

Wenn Pflanzen zur Luftbefeuchtung eingesetzt werden sollen, und die Feuchtigkeitsmenge in definiertem Rahmen bleiben soll sind hierfür vor einer präzisen Projektierung und Detaillierung folgende Parameter zu beachten:

Die Feuchtigkeitsabgabe von Pflanzen, die für einen solchen Pufferraum in Frage kommen, bewegt sich unter guten Bedingungen in der Größenordnung von 30g/m² Blattoberfläche und h, wobei 1m² Bodenfläche ca. 2 m² Blattoberfläche entspricht und bei einer Bepflanzung der Wand 1m² Wandfläche ca. 3 m² Blattoberfläche.

Um diese Werte zu erreichen sind folgende Rahmenbedingungen zu beachten:

1. Die Pflanzen müssen wüchsig gehalten werden. Eine Pflanze gibt nur Wasser ab wenn sie wächst.
2. es müssen entsprechende Pflanzen ausgesucht und auch noch konkreter auf ihr Transpirationsverhalten untersucht werden. Diese Pflanzen müssen unabhängig vom endogenen Rhythmus produzieren und eher geringen Lichtbedarf haben, da für die Befeuchtung der Winterfall relevant ist.
3. es muss eine optimale Wasser und Nährstoffversorgung gewährleistet werden.
4. es muss eine bestimmte Raumtemperatur eingehalten werden
5. bei einer Luftfeuchtigkeit von 10% und darunter stoppt die Pflanze ihre Feuchtigkeitsabgabe.
6. es muss je nach der gewählten Pflanzenart eine bestimmte Beleuchtungsstärke vorhanden sein, im Winter wird Zusatzbeleuchtung erforderlich sein, neben Licht von oben muss es unbedingt auch Seitenlicht geben.
7. Die Luftbewegung im Raum darf max. 0,5 m/sek. betragen.
8. Die Pflanzenauswahl und Situierung muss so vorgenommen werden, dass die Feuchtigkeit in den Raum gelangen kann, von der vorbeistreichenden Luft aufgenommen werden kann und nicht unter den Blättern "sitzen bleibt".
9. Die Pflanzen müssen kontinuierlich gärtnerisch gepflegt werden, auf Schädlinge und Pilzbefall überprüft werden, weiters regelmäßig und fachmännisch zurückgeschnitten werden.
10. In Zeiten in denen keine oder zuwenig Feuchtigkeit für die Raumluftkonditionierung erforderlich ist, muss die Feuchtigkeit aus dem Pufferraum abtransportiert werden, da neben Schäden an der baulichen Anlage bei zu hohen Luftfeuchtigkeiten auch mit erhöhtem Schädlings und Pilzbefall der Pflanzen zu rechnen ist.

Hinsichtlich des Pufferraumes gibt es neben der vorher aufgeführten Konditionen noch folgendes zu beachten:

Die Errichtung eines Turmgewächshauses könnte von Vorteil sein, da es hier leichter ist die Feuchtigkeit mit der vorbeistreichenden Luft in Kontakt zu bringen.

Auf Pilzsporen muss besonderes Augenmerk gelegt werden, sie können zwar aus der feuchtigkeitsangereicherten Abluft des Pufferraumes weggefiltert werden, bei Anlagenstillstand bedürfen diese Filter jedoch einer speziellen Wartung.

Da die Feuchteproduktion selbst unter idealen Bedingungen niemals ganz genau einstellbar ist , muss die zu konditionierende Luft auch noch mit anderen Maßnahmen regelbar sein: z.B. durch Mischung von befeuchteter mit nicht befeuchteter Luft, oder durch Reduzierung der zu befeuchtenden Luftmenge. Hierzu ist an mehreren Punkten im Pufferraum konstant eine Feuchte und Temperaturmessung durchzuführen und eine entsprechende Regelung zu konzipieren.

Da auch im Pufferraum bestimmte Temperatur und Feuchtigkeitskonditionen während des ganzen Jahres erhalten werden müssen, sind sowohl hinsichtlich Beheizung im Winter und Überhitzungsschutz im Sommer als auch hinsichtlich Durchlüftbarkeit die entsprechenden baulichen Vorkehrungen zu treffen. (z.B. Sonnenschutz, automatisierte Lüftungsklappen, etc.)

3.3.2. Recherche Verdunstungsleistung von Pflanzen, Dr. Chr. Volm

Im Zuge des Projektes wurde eine spezielle Recherche zur Frage der Verdunstungsleistung von Pflanzen in Auftrag gegeben. Es wurden konkrete Zahlen zur Befeuchtungsleistung erwartet, da diese Voraussetzung für eine aussagekräftige Simulation der Gruppe Pflanzenpufferraum/Überäume sind. Die Recherche und Literaturstudie zum Thema *"Verdunstungsleistung von Pflanzen in Abhängigkeit von der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit, und der Beleuchtungsstärke und anderer im Raum möglicherweise relevanter Parameter."* wurde vom Ingenieurbüro Dr. Christine Volm, 71063 Sindelfingen, Wurmbergstr. 27 im Mai 2002 durchgeführt:

3.3.2.1. Transpiration bei Pflanzen – physiologische Grundlagen

3.3.2.1.1. Bedeutung der Transpiration für die Pflanze

Die Abgabe von Wasserdampf durch Pflanzen wird als Transpiration bezeichnet. Für die Pflanze hat die Transpiration wichtige Bedeutung. Zum einen ergibt sich daraus ein Kühleffekt: durch Verdunstung des Wassers entsteht Verdunstungskälte. So wird eine Überhitzung der Pflanze bei hoher Einstrahlung vermieden. Zum anderen dient sie der Versorgung der Pflanze mit Wasser und den im Transpirationsstrom gelösten Nährstoffen.

Der größte Teil des Wasserdampfes wird durch die Spaltöffnungen (Stomata) der Blätter abgegeben (stomatäre Transpiration). Ein kleinerer Teil der Gesamttranspiration erfolgt direkt durch die Cutikula (cutikuläre Transpiration). Im Vergleich zur Evaporation über einer freien Wasserfläche gleicher Größe beträgt die cutikuläre Transpiration auch bei zarten Blättern feuchter Standorte nur 10% der Verdunstung der Wasserfläche, bei Hartlaubgewächsen und Coniferen sind es ca. 0,5%, bei Kakteen nur 0,05%. Im Vergleich dazu beträgt die stomatäre Transpiration 50-70% der Evaporation über einer Wasserfläche gleicher Größe. An der Gesamttranspiration der Pflanze hat die Transpiration über die Cutikula einen Anteil von etwa 10%, die stomatäre Transpiration dagegen hat einen Anteil von etwa 90%.

Die treibende Kraft der Transpiration ist das Wasserpotentialgefälle zwischen der nicht wassergesättigten Luft und dem vergleichsweise hohen Wasserpotential des Bodens. Der Wasserverlust der Pflanze muss laufend durch Wasseraufnahme aus dem Boden ersetzt werden.

Je größer die transpirierende Oberfläche ist, umso größer ist das Wasserpotentialgefälle zwischen Pflanze und Luft und umso größer ist die Transpiration. Die Haupttranspirationsorgane sind die Blätter.

Die Stomata haben zwei hauptsächliche Aufgaben:

- die Nachlieferung von CO₂ für die Photosynthese
- die stomatäre Transpiration, den Verlust von Wasser, zu drosseln

Landpflanzen benötigen das CO₂ aus der Luft für die Photosynthese. Mit der Aufnahme des CO₂ durch die Stomata wird aber gleichzeitig Wasserdampf abgegeben.

Die stomatäre Transpiration wird von der Pflanze entsprechend den Umweltbedingungen durch Öffnen bzw. Schließen der Spaltöffnungen aktiv reguliert. Es wird vermutet, dass außerdem eine endogene, genetisch bedingte Rhythmik das Öffnen und Schließen der Stomata beeinflusst.

3.3.2.1.2. Das Öffnen und Schließen der Stomata ist abhängig von folgenden Einflüssen:

Licht

Die meisten Landpflanzen reagieren auf Lichteinstrahlung mit Öffnen der Stomata, auf Dunkelheit mit Schließen der Stomata.

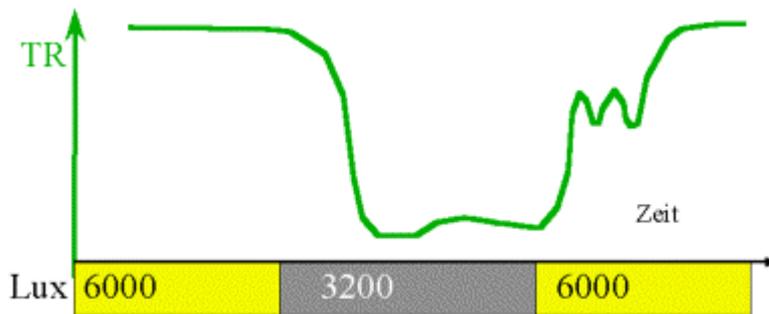


Abb1: Regelschwingungen der Stomaöffnung bei plötzlichem Lichtwechsel
 aus: <http://www.uni-hohenheim.de/lehre370/weinbau/biologie/bio2.htm>

Bei Dunkelheit ist bei den meisten Landpflanzen keine Photosynthese möglich, deshalb benötigt die Pflanze kein CO_2 , deshalb werden die Stomata geschlossen und es findet keine stomatäre Transpiration statt. Ausnahme sind die so genannten CAM-Pflanzen, die nachts ihre Stomata öffnen, s.u.

Luftfeuchtigkeit

Bei abnehmender Luftfeuchtigkeit steigt die Transpiration an.

CO_2 -Gehalt des Blattgewebes

CO_2 wird für die Photosynthese (Zusammenhang mit Licht) benötigt. Sinkt der CO_2 -Gehalt im Blattgewebe durch Verbrauch in der Photosynthese werden die Stomata geöffnet.

Temperatur

Eine Temperaturerhöhung verringert den Feuchtegehalt der Luft und erhöht das Potentialgefälle zwischen Luft und Pflanze und damit die Transpiration der Pflanze. Strahlungsabsorption führt zu erhöhter Temperatur in der Pflanze und fördert den Übergang des Wassers vom flüssigen in den gasförmigen Zustand.

Bei Temperaturen, die über dem für die jeweilige Pflanze erträglichen Maximum liegen, werden die Stomata geschlossen. Nur die so genannten C4-Pflanzen (z.B. Mais, Zuckerrohr) zeigen eine besondere Anpassung an hohe Temperaturen, die Stomata bleiben auch bei hohen Temperaturen geöffnet.

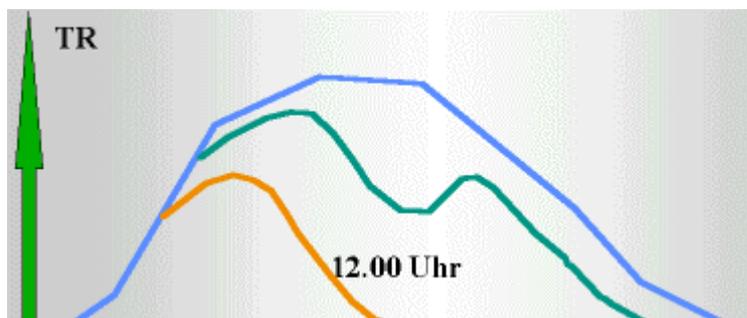
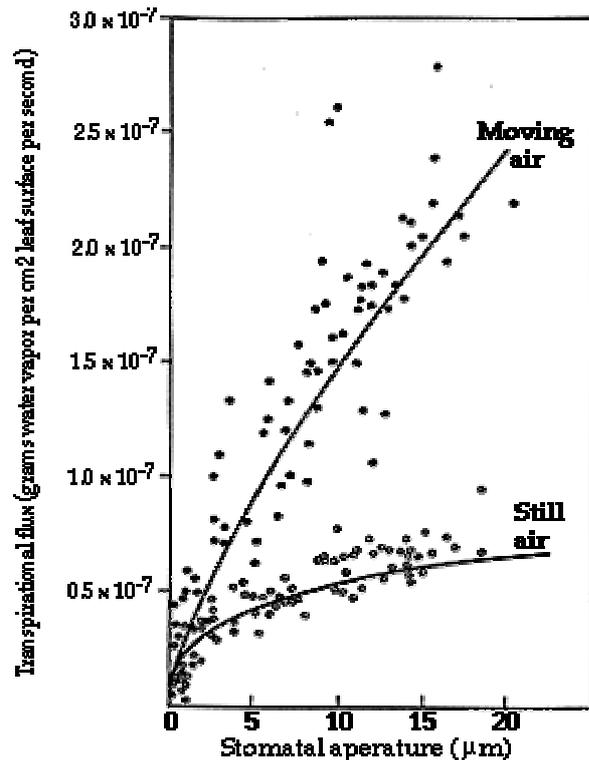


Abb. 2: Verlauf der Transpirationsrate an verschiedenen heißen Tagen
 aus: <http://www.uni-hohenheim.de/lehre370/weinbau/biologie/bio2.htm>

Die Transpirationskurve ist an trockenen, heißen Tagen zweigipflig, da der Wassertransport über das Xylem nicht mehr mithalten kann. In der Folge schließen die Stomata. Geht die Temperatur wieder zurück öffnen sie sich wieder und ein zweiter Gipfel entsteht.

Wasserzustand der Pflanze und Windgeschwindigkeit

Ein höherer Wassergehalt der Pflanze erhöht die Potentialdifferenz zwischen Pflanze und Luft wodurch die Transpiration zunimmt. Bei Wassermangel im Blatt werden die Stomata geschlossen. Die Windgeschwindigkeit hat einen großen Einfluss auf die Transpiration. Beim Austritt aus den Stomata hat der Wasserdampf eine sogenannte Grenzschicht zu passieren, bevor er in die Atmosphäre der Luft gelangt. Die Grenzschicht rund um das Blatt ist dick in unbewegter Luft, was die wichtigste Barriere für den Fluss von H_2O und CO_2 darstellt. Eine leichte Zunahme der Windgeschwindigkeit oder der Luftbewegung rund um das Blatt reduziert die Grenzschicht stark was zu einem steileren Potentialgefälle führt und eine Zunahme der Transpiration verursacht.



Eine weitere Zunahme der Windgeschwindigkeit kann die Transpiration jedoch reduzieren. Dies gilt vor allem für sonnenbeschienene Blätter. Bei starkem Wind schließen die Stomata jedoch zum Schutz vor Austrocknung. Die Windgeschwindigkeit kühlt das Blatt und reduziert dadurch den Wasserdampfgehalt im Blatt, s.o.

Dixon, M.J., and Grace, J. 1984. Effect of wind on the transpiration of young trees. *Annals of Botany* 53: 811-819.

aus: <http://treebiol.forest.wisc.edu/forestry415/lecture6/windspd.htm>

3.3.2.1.3. Tagesgang der pflanzlichen Transpiration

Morgen: Anstieg mit Einsetzen der Belichtung:
photoaktive Öffnung der Stomata

Zunahme: bis Mittag aufgrund zunehmender Erwärmung des Blattes und der Luft (mit Erwärmung der Luft, Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit)

Mittag: Maximum

(es kann es vorübergehend zum Schluss der Stomata kommen, wenn der Wasserhaushalt nicht ausgeglichen werden kann)

Abnahme: bis zum Beginn der Dämmerung

Abend: Die Stomata werden wieder geschlossen

Nacht: Stomata geschlossen, minimale Transpiration

3.3.2.1.4. Mechanismen, welche die Transpiration reduzieren können:

Einige Pflanzen haben sich an wasserarme Standorte angepasst, indem sie sich vor Wasserverlust schützen. Sie tun dies mit Hilfe unterschiedlicher Strategien:

- durch höhere Festigkeit des Pflanzengewebes wird dem geringeren Turgordruck begegnet
- durch zusätzlichen Transpirationsschutz, wie z.B. durch Verdickung der Epidermisaußenwände, der Cutikula oder durch wachsartige Überzüge (verringert cutikuläre Transpiration)
- durch eingesenkte Stomata (verringert stomatäre Transpiration)

Zu beobachten sind diese Veränderungen beispielsweise bei mediterranen Hartlaubgewächsen wie Oliven, Oleander oder Myrtengewächsen.

- Behaarung schafft eine windstille, wasserdampfgesättigte Schicht auf der Blattoberfläche
- temporäre oder permanente Oberflächenverringering: z.B. kleine Blätter oder Dornenbildung (z.B. bei Acacia-, Eucalyptus-, Hakea- oder Protea-Arten)
- Sukkulenz: Speicherung von Wasser im Spross oder in der Wurzel (z.B. bei Cactaceae, Agavaceae, Liliaceae, Euphorbiaceae)
- Stoffwechselveränderung bei CAM-Pflanzen
CAM steht für Crassulacean-Acid-Metabolismus. Diese Bezeichnung weist darauf hin, dass diese Art von Stoffwechsel hauptsächlich bei den Crassulaceen und anderen Sukkulente auftritt. Aber auch bei anderen Pflanzen findet man diese Anpassung, z.B. bei der nicht sukkulenten Bromeliacee Tillandsia usneoides. CAM-Pflanzen stammen vornehmlich aus heißen, trockenen Gebieten. Das Öffnen der Stomata zur CO₂-Aufnahme ist dort mit hohem Wasserverlust verbunden. Um diesen hohen Wasserverlust zu verhindern haben diese Pflanzen einen veränderten Stoffwechsel, der eine nächtliche Kohlendioxid-Aufnahme ermöglicht. Tagsüber bleibt somit nur die kutikuläre Transpiration erhalten.

3.3.2.2. Allgemeine Werte zur Transpiration

Im Folgenden sind einige Angaben aus der Literatur zusammengestellt, die sich auf die Transpirationsraten beziehen:

"Besonders geeignet ist Papyrus (Cyperus alternifolius), eine Pflanze mit großem Durst. Papyrus ist eine Sumpfpflanze, die das Wasser mit ihren Wurzeln aufsaugt und es über die Blätter wieder abgibt. Ein ca. 1 Meter hohes Exemplar verdunstet - sofern es ausreichend hell steht - am Tag ohne weiteres 2 Liter Wasser! Das ist in etwa die Menge, die zur Luftbefeuchtung eines durchschnittlich großen Raumes erforderlich ist.

Aber auch andere Zimmerpflanzen eignen sich zur Raumbefeuchtung.

Zum Beispiel die Zimmerlinde - eine relativ anspruchslose Pflanze, die stattliche Ausmaße annehmen kann - verbraucht 1 bis 1,5 Liter Wasser pro Tag.

Darüber hinaus benötigen auch Drachenbäume, der Hibiskus, die Schefflera, der Korallenbaum, manche Ficus-Arten und Farne sowie Efeu relativ viel Wasser und sorgen somit für erhebliche Verdunstung und angenehme Luftfeuchte im Raum."

aus: <http://212.110.100.152/umweltinfo/zimmerpfl.htm>

"Man hat errechnet, dass in einem Buchenwald etwa 60% der gesamten auf ihn niedergegangenen jährlichen Niederschlagsmenge durch die Transpiration als Wasserdampf wieder an die Atmosphäre zurückkehren. Eine Sonnenblume vermag an einem Sonnentag leicht 1 Liter, eine Birke mit etwa 200.000 Blättern 60-70 Liter an besonders heißen und trockenen Tagen sogar bis zu 400 Liter zu verdunsten. ... An trockenen Hängen des Kaiserstuhl transpirieren bestimmte Pflanzen pro Tag etwa das 12-fache ihres Wassergehalts."

Strasburger, Lehrbuch der Botanik [1]

Eine schon ältere Arbeit zum Thema Transpirationsleistung von Pflanzen ist die von HOLTERMANN (1907). Er untersuchte Pflanzen in den Tropen hinsichtlich ihrer Transpirationsleistung und kam zu folgendem Schluss: "Dass die Transpirationsverhältnisse in Europa und in den Tropen durchaus verschiedene sind, ist selbstverständlich; ob wir nun bei den "Tropen" an feucht-warme, feucht-kühle oder trockene Gegenden denken: immer finden wir dort andere Transpirationsbedingungen."

Er untersuchte nicht nur die Transpirationsleistung, sondern versuchte diese hinsichtlich der Anatomie einer Pflanze in Verbindung zu setzen. So fand er sehr niedrige Transpirationsraten bei einer Opuntie, einer Kakteenart, und hohe Transpirationsraten bei *Canna indica*, dem indischen Blumenrohr. Letztere wies in den Mittagsstunden Transpirationsraten von 2,6 g/Stunde*100 cm² auf. Hohe Transpirationsraten fand er auch bei Tabakpflanzen, *Nicotiana tabacum*, vor allem bei jenen, die an trockenen, sehr heißen Standorten standen. Sie wiesen Transpirationsraten von bis zu 3,82 g/Stunde*100 cm² auf. Bei *Ficus elastica*, dem Gummibaum, einer typischen Zimmerpflanze mit einem xerophytischen Blattbau, fand Holtermann in seiner Untersuchung eine maximale Transpirationsleistung von 0,63 g/Stunde*100 cm².

Holtermann, C. (1907): Der Einfluss des Klimas auf den Bau der Pflanzengewebe
www.zum.de/stueber/holtermann/start.html

Eine weitere Quelle mit Angaben zur Transpiration stammt aus dem Weinbau. Hier wird deutlich, dass genetische Unterschiede auch Unterschiede in der Transpirationsleistung bedingen.

Transpirationsrate $TR = 0,5 - 2,0 \text{ g H}_2\text{O} * \text{dm}^2 * \text{h}^{-1}$

Tab1: Sortenabhängigkeit der TR - Tagesgang je nach Wasserversorgung

Sorte	g H ₂ O * dm ² * h ⁻¹	
	feucht	trocken
Müller - Thurgau	1,4	0,7
Trollinger	1,3	0,6
Riesling	1,2	0,7
Kober 5 BB	1,1	0,2

aus: <http://www.uni-hohenheim.de/lehre370/weinbau/biologie/bio2.htm>

GROENERT (1997) beschreibt die Transpirationskurven, die er für verschiedene Pflanzen im Rahmen eines Praktikums erstellen ließ folgendermaßen:

"In der Nacht bei Dunkelheit findet nur die cutikuläre Transpiration statt (konstante Neigungsphase der Messkurve!). Bei gleichen Außenbedingungen (hauptsächlich Luftfeuchtigkeit) und vergleichbarer Transpirationsfläche hängt sie von der Durchlässigkeit der Cutikula, bzw. der cutinisierten Schichten ab. Bei Tag wird die stomatäre Transpiration zugeschaltet; sie ist über den Schließzellenmechanismus regulierbar. Die Spaltöffnungsweite hängt von der Lichtstärke, der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur ab. Andere Versuche können zeigen, dass bei ausreichendem Wasserangebot die stomatäre Transpiration in den Vormittagsstunden allmählich ansteigt, um die Mittagszeit das Maximum erreicht und dann am Nachmittag wieder absinkt."

Was sich aus diesen Erkenntnissen ableiten lässt, beschreibt er wie folgt:

"Experimentell können wir mit der gleichen Versuchsanordnung zeigen, daß die Transpiration von vielen Faktoren, die sich mehr oder weniger leicht experimentell überprüfen lassen, abhängt: z.B. von Temperatur, Luftbewegung, Licht, Wasserzufuhr, Struktur der Pflanze (Dicke der Cutikula, Cutinimprägung, etc.), Transpirationsregulation durch die Schließzellen, Biorhythmik der Pflanze etc."

Haben wir eine Pflanze ausgewählt, deren Transpirationsoberfläche leicht zu bestimmen ist, können wir vergleichsweise die Wasserverdunstung pro Fläche pro Tag ausrechnen, z.B.: Der Bergahornkeimling aus dem Versuch oben besteht aus zwei Blättern. Wir legen sie auf Millimeterpapier und errechnen eine Gesamtoberfläche (Blattober- und -unterseite berücksichtigt) von 39,2 cm². Insgesamt wurden 3,12 g Wasser in 39,58 Stunden verdunstet. Das sind im Durchschnitt 1,89 cm³ Wasser pro Tag."

Jetzt können wir auch verstehen, dass eine 100jährige Buche ca. 400 Liter Wasser an einem Tag verdunstet und dabei die Luftfeuchtigkeit in der Nähe des Stammes um 10% erhöht und die Temperatur um 2,5°C senkt.

Anwendung: Grünstreifen von 50-100 m Breite senken in einer Stadt die Temperatur im Sommer um 3,5°C und erhöhen die Luftfeuchtigkeit um 7%."

GROENERT, H., 1997: Die Wasserverdunstung der Wälder beeinflusst die Luftzirkulation (Transpiration)
aus: <http://www.uni-koblenz.de/~odsbcg/baeume97/compran.htm>

3.3.2.3. Spezifische Untersuchungen zur Transpiration von Pflanzen in Räumen

Leider gibt es nur wenige und teilweise in ihrer Aussagekraft unbefriedigende Untersuchungen zum Verhalten von Pflanzen im Innenraum.

Eine der wenigen Untersuchungen ist die Diplomarbeit von RADTKE (1986) [2]:

RADTKE hat verschiedene gebräuchliche Zimmerpflanzen hinsichtlich ihres Transpirationsverhaltens im Gewächshaus und in Büros untersucht. Er hat in seiner Auswahl lichtbedürftige und schattenertragende Arten beobachtet und verglichen. Untersucht wurden: *Aglaonema maculata*, *Cyperus alternifolius*, *Ficus benjamina*, *Schefflera octophylla*, *Sparmannia africana* und *Spathiphyllum wallisii*.

Der Wasserumsatz und die Transpiration der ausgewählten Arten war abhängig vom Standort und den dort herrschenden limitierenden Faktoren (Licht, Temperatur und Luftfeuchtigkeit).

Als hauptsächlich limitierenden Faktor für die Stomatareaktion bezeichnet RADTKE das Licht. Dies gilt vor allem für das Winterhalbjahr und für sehr dunkle Standorte im Büro, wo sogar tagsüber bei *Aglaonema maculata* und *Spathiphyllum wallisii* keine Anzeichen einer Stomatareaktion beobachtet werden konnten. Im Gewächshaus dagegen stellte das Licht auch im Winter keinen Mangelfaktor dar. Hier wurden eindeutige Stomatareaktionen beobachtet, damit schließt Radtke auch eine jahreszeitlich bedingte Rhythmik für diese Arten aus. Anders verhält es sich bei *Schefflera octophylla*. Dass sie an keinem Standort Stomatareaktionen zeigt, führt RADTKE auf eine genetisch verankerte Ruheperiode zurück. "Die entscheidenden begrenzenden Faktoren sind für alle Arten in den Büros das Licht und die zu niedrige Luftfeuchte."

Als besonders leistungsfähig hinsichtlich der Luftbefeuchtung stuft RADTKE die lichtbedürftigen Arten *Cyperus alternifolius* und *Sparmannia africana* ein. RADTKE

teilt die untersuchten Pflanzen hinsichtlich des Wasserumsatzes in zwei Gruppen ein:

Pflanzenart	Durchschnittswerte in Liter pro Tag und Pflanze	Transpiration in Mikroliter pro Tag und cm ² Blattfläche (min-max)
1. stark transpirierende Arten		
<i>Cyperus alternifolius</i>	Ø 0,431 l/d und Pflanze	26,3-227 µl*d ⁻¹ *cm ⁻²
<i>Sparmannia africana</i>	Ø 0,117 l/d und Pflanze	1-215 µl*d ⁻¹ *cm ⁻²
<i>Ficus benjamina</i>	Ø 0,0544 l/d und Pflanze	23,4-119,4 µl*d ⁻¹ *cm ⁻²
<i>Schefflera octophylla</i>	Ø 0,0629 l/d und Pflanze	15,5-94,8 µl*d ⁻¹ *cm ⁻²
2. schwach transpirierende Arten		
<i>Aglaonema maculata</i>	Ø 0,033 l/d und Pflanze	11,3-71,4 µl*d ⁻¹ *cm ⁻²
<i>Spathiphyllum wallisii</i>	Ø 0,0486 l/d und Pflanze	11,6-64,6 µl*d ⁻¹ *cm ⁻²

In den Wintermonaten sind die Wasserumsätze in den Büros deutlich geringer als im Frühjahr. Nur bei *Cyperus alternifolius* findet RADTKE während dieser Zeit einen Wasserumsatz pro Pflanze größer als 0,1 l/d.

"Dunkeltranspiration wurde während des ganzen Jahres am Standort Gewächshaus bei *Cyperus alternifolius* und *Sparmannia africana* festgestellt. An den Bürostandorten wurde Dunkeltranspiration besonders am Abend nach hohen Leitfähigkeiten während des Tages gemessen. Deutliches Ansteigen der Leitfähigkeit während der Nacht könnte auf endogene Rhythmik zurückzuführen sein. Alle Arten zeigten eine leichte Öffnung während der Nacht." Zur Erhöhung der Luftfeuchtigkeit in Büros hält RADTKE *Cyperus alternifolius* und *Sparmannia africana* (mit Einschränkungen) für geeignet. Ob Pflanzen ein Luftfeuchtedefizit in Büros kompensieren können wird von ihm in seiner Diplomarbeit noch als offene Frage gesehen.

Mit der Erhöhung der Luftfeuchtigkeit beschäftigten sich auch KÖTTER und REIMHERR (2001) in dem "Projekt Bürobegrünung der bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau". Aus der Internetdarstellung dieser Arbeit stammt folgender Auszug:

"Trockene Luft macht durstig"

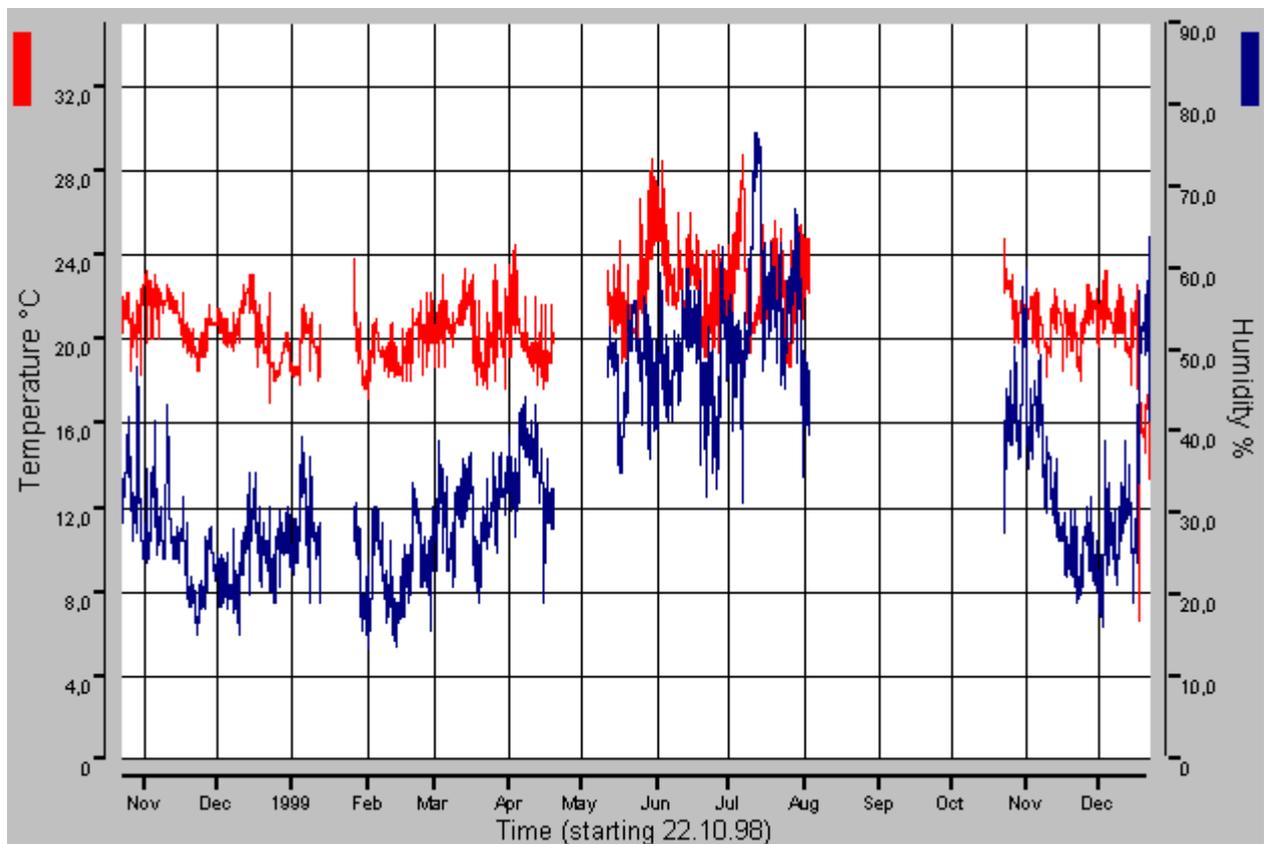
In *Abbildung 2* ist der typische Verlauf einer Messkurve der Luftfeuchtigkeit dargestellt. Dabei zeigt es sich, dass die Luftfeuchtwerte in Innenräumen sehr stark an die Außenfeuchtigkeit gekoppelt sind. Das liegt daran, dass die Fenster oft geöffnet werden bzw. dass viele Fenster nicht ganz dicht sind. Insgesamt gesehen ist die Luftfeuchte im Frühjahr, Herbst und Winter mit schwankenden Werten zwischen 20 bis 40 % nicht allzu hoch. Lediglich in den frühen Sommermonaten steigt die Luftfeuchte erstaunlicherweise deutlich an.

Abbildung 2:

Beispiel einer Jahresmesskurve aus dem beschriebenen Versuch (Messung in München von 10.98 bis 12.99, Kurven quartalsweise geteilt, Temperaturkurve rot, Humiditätskurve blau)

Mittelwert der Temperatur: 21 °C

Mittelwert der relativen Luftfeuchtigkeit: 36 %



Die niederen Luftfeuchten in den kühlen Jahreszeiten kommen daher, dass die Raumluft aufgeheizt wird und dadurch an Feuchtigkeit verliert.

Die aufgeführten Feuchtigkeitswerte sind eigentlich für den Menschen zu niedrig. Die Arbeitsstättenrichtlinie fordert 40 bis 60 %. Von diesen Werten der relativen Luftfeuchte sind wir weit entfernt. Eine Verbesserung dieser Werte ist daher für das gesundheitliche Befinden der Büroinsassen von großer Bedeutung.

Unsere Ergebnisse zeigten Abhängigkeiten der Erhöhung der Luftfeuchte von der Raumgröße, der Pflanzenart, der Menge der Pflanzen und sonstiger Beschaffenheiten des Büros. Im Durchschnitt fanden wir zwischen 2 und 5 % Erhöhung der relativen Luftfeuchte.

Wir waren zuerst sehr enttäuscht, weil wir dachten, die Werte müssten höher sein. Wenn man aber überlegt, dass ständig die Türen und auch die Fenster geöffnet werden und eine Luftwechselzahl von 16- bis 18-mal pro Tag normal ist, dann sind diese Zahlen doch relativ anders zu bewerten. Im Grunde genommen ist damit ausgesagt, dass in geschlossenen Räumen die Luftfeuchte wesentlich stärker angestiegen ist und lediglich durch das ständige Öffnen von Fenstern und Türen auf diesen Wert von 2 bis 5 % im Durchschnitt herabgedrückt wurde.

Die Ergebnisse der Befragungen bestätigten dies: Im Versuchsverlauf verfestigte sich bei den Versuchspersonen der Eindruck, dass die Luft deutlich feuchter ist und dass die Atembeschwerden und Erkrankungen seltener werden siehe

Abbildung 3:

Bewertung der Luftfeuchtigkeit im Büro auf das persönliche gesundheitliche Empfinden

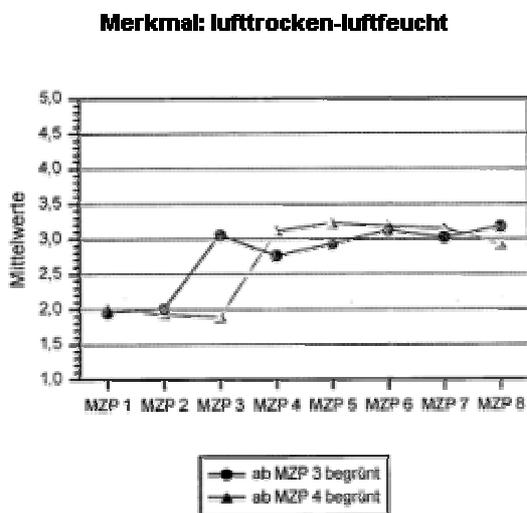
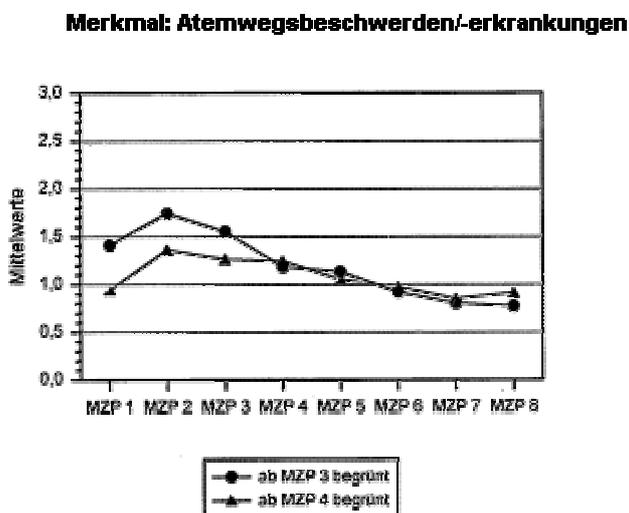


Abbildung 4:

Bewertung der Veränderung der Atemwegsbeschwerden im Verlaufe der Bürobegrünung



Die in den Abbildungen 3 und 4 aufgetretenen Zahlenwerte erscheinen erst einmal nicht sehr groß, aber bei genauer Überlegung ist festzustellen, dass sie auf einer großen Anzahl von Personen beruhen, die selbstverständlich bei Befragungen zu den einzelnen Messzeitpunkten immer wieder unterschiedliche Angaben machen. Daher wohnt auf alle Fälle einer solchen Befragung eine große Streuung inne und große Unterschiede sind daher nicht zu erwarten.

Weiterhin ist zu beachten, dass bei ohnehin zu niedrigen Luftfeuchtwerten kleine Verbesserungen eine größere Auswirkung haben. Siehe dazu *Abbildung 5*. Damit ist eine 5%ige Erhöhung im niedrigen Luftfeuchtebereich deutlich spürbarer als im bereits höheren Luftfeuchtebereich.

aus: <http://www.stmelf.bayern.de/lwg/gartenbau/buero/buero.html>

An dieser Stelle sollen auch die Arbeiten von KOHLRAUSCH und RÖBER (1997, 1999) aufgeführt werden, anhand derer ersichtlich wird, dass die Frage der Produktion von Luftfeuchtigkeit nicht einseitig betrachtet werden darf. Die Pflanzen selbst benötigen für gesundes Wachstum und ein vitales Erscheinungsbild eine bestimmte Luftfeuchtigkeit, die gerade im Winterhalbjahr in geschlossenen Räumen für Pflanzen zu niedrig sein kann.

KOHLRAUSCH und RÖBER fanden eine positive Auswirkung hoher relativer Luftfeuchtigkeit (82%). Die untersuchten Zimmerpflanzen wiesen ein besseres Wachstum und eine höhere äußere Qualität auf als die Pflanzen der gleichen Arten, die bei niedriger relativer Luftfeuchte (52%) kultiviert wurden. [3, 4]

Aus einer Diplomarbeit, die an der TU München-Weihenstephan von PARTZSCH (2001) [5] erstellt wurde, stammt folgende Modellrechnung:

Annahmen / Voraussetzungen

Pflanze:

1 *Ficus benjamina*

Qualität: Solitär

Höhe = 1,80 m

Breite = 1,05 m

$A_{\text{beschattet}} = 1,80 \text{ m} \times 1,05 \text{ m} = 1,89 \text{ m}^2$ (Bodenfläche)

$n_{\text{Blätter}} = 4000$

$A_{\text{Einzelblatt}} = 15 \text{ cm}^2$

$\Rightarrow A_{\text{gesamte Blätter}} = 6 \text{ m}^2$

$\Rightarrow \text{Leaf Area Index (LAI)} = A_{\text{gesamte Blätter}} / A_{\text{beschattet}} = 6,90$

optimale Beleuchtung, Wasser- und Nährstoffversorgung

Raum:

z.B. Büro

Grundfläche = 30 m²

Raumvolumen = 90 m³

Temperatur = 22 °C

Kein Einfluss von Boden, Decke oder Wänden (inklusive Fenster) auf Temperatur und Feuchte

Luftwechselrate = 0,2 (d.h. 20 % des Luftvolumens werden pro Stunde durch frische Luft ersetzt)

Keine zusätzliche Lüftung

Luftfeuchte = 30 %

Keine weiteren Feuchtequellen (außer Pflanze und Mensch) im Raum"

...

*"Die durchschnittliche Transpirationsrate für *Ficus benjamina* betrug im Innenraumversuch $J_{\text{H}_2\text{O}} = 13,4 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Die maximale $J_{\text{H}_2\text{Omax}} = 20,0 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$.*

Für unsere Modellpflanze mit 6 m² Blattfläche ergibt sich folglich im Durchschnitt:

$J_{\text{H}_2\text{O}(\text{Ficus})} = 13,4 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1} \times 6 \text{ m}^2 = 80,4 \text{ g h}^{-1}$.

Die maximale Transpirationsleistung um die Mittagszeit (12.30 Uhr) beträgt analog:

$J_{\text{H}_2\text{O}(\text{Ficus})\text{max}} = 20,0 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1} \times 6 \text{ m}^2 = 120,0 \text{ g h}^{-1}$."

"Unser Modell-Ficus kann also pro Stunde maximal 120,0 g Wasser an die Zimmerluft abgeben. Dieses Maximum fällt, wie man erwarten konnte, mit dem Zeitpunkt der höchsten Sonneneinstrahlung zusammen. Über den Tag betrachtet, erreicht die Pflanze immerhin eine durchschnittliche Abgabe von 80,4 g Wasser pro Stunde.

Wenn die relative Luftfeuchte in unserem Modellraum bei 22 °C nun 30 % beträgt, was in Büroräumen durchaus keine Seltenheit ist, wäre es interessant zu wissen, wieviel Transpiration nötig wäre, um jene auf angenehme 50 % zu erhöhen.

Das führt zu folgender Überlegung: Gegeben sind die Ausgangsluftfeuchte $rF_1 = 30\%$ und die gewünschte Endluftfeuchte $rF_2 = 50\%$. Aus dem Luftfeuchte-Temperatur-Diagramm kann man für beide Feuchten den zugehörigen Sättigungsdampfdruck bei Raumtemperatur $T_R = 22\text{ °C}$ ablesen.

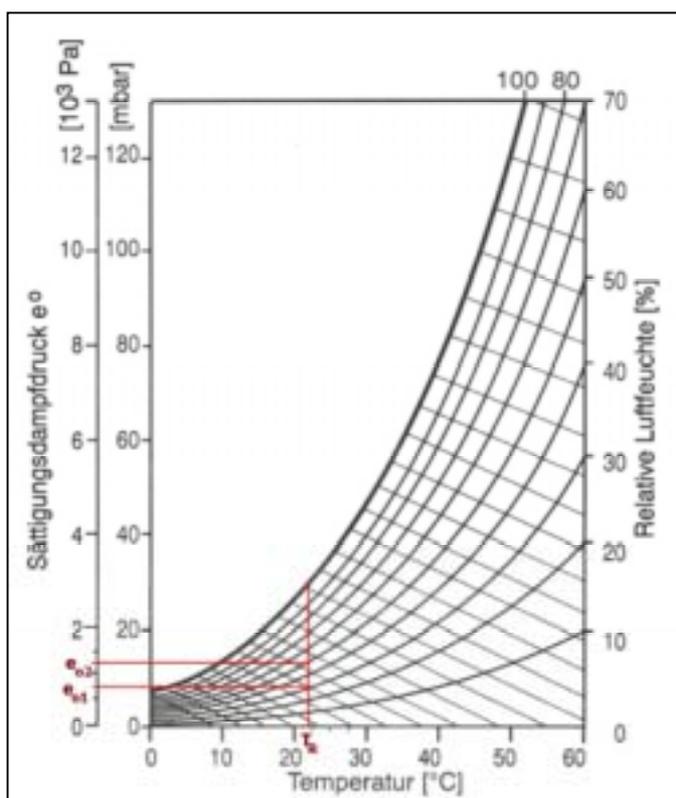


Abb. 1: Luftfeuchte-Temperatur-Diagramm (VON WILLERT et al. 1995)

Er beträgt im ersten Fall $e_{o1} = 0,75 \times 10^3 \text{ Pa}$ im zweiten $e_{o2} = 1,23 \times 10^3 \text{ Pa}$.
Der Raum, auf den sich die Rechnung bezieht, beträgt, wie oben erwähnt, 90 m^3 .

Nach der allgemeinen Gasgleichung $e \times V = n \times R \times T$ errechnet sich, aufgelöst nach n :

$$n_1 = e_{o1} \times V \times R^{-1} \times T^{-1} = \mathbf{27,52 \text{ mol}}$$

$$n_2 = e_{o2} \times V \times R^{-1} \times T^{-1} = \mathbf{45,13 \text{ mol}}$$

Durch Subtraktion der beiden Stoffmengen n_2 und n_1 erhält man die Differenzmenge an Wasser $n_{\text{Diff.}} = \mathbf{17,61 \text{ mol}}$.

Da die Masse eines Mol Wassers 18 g beträgt, ergibt sich mit $n_{\text{Diff.}}$ eine Masse von $m_{\text{Diff.}} = \mathbf{316,98 \text{ g}}$. Bezogen auf den Gesamtraum von 90 m^3 bedeutet das, dass pro m^3 Luft $\mathbf{3,522 \text{ g}}$ Wasser nötig sind, um die Feuchte von 30 auf 50 % zu erhöhen.

Betrachtet man nun die oben errechnete stündliche Transpiration der Ficus-Pflanze von 80,4 g, stellt sich die Frage, welche Anzahl gleichartiger Pflanzen nötig wäre, um diesen Luftfeuchteanstieg zu erreichen.

Die Anzahl beträgt: $n_{\text{Ficus}} = 316,98 \text{ g} + 80,4 \text{ g} = 3,94$.

Es wären also 4 Pflanzen vom Typ unseres Modell-Ficus nötig, um die Luftfeuchte im Modellraum auf 50 % anzuheben."

Nachstehende Auszüge aus einer Dissertation zeigen ebenfalls Werte zur Transpirationsleistung von Pflanzen:

Feuchteemission in Wohnungen nach der dort zitierten Literatur:

"Emission in glh permanent

Zimmerblumen (z.B. Veilchen)	5-10
Zimmerpflanzen (z.B. Farn)	7-15
mittelgroßer Gummibaum	10-20"

Diese Werte, so der Autor, beziehen sich auf den natürlichen, gut beleuchteten Standort. Im Vergleich dazu rechnete er mit niedrigeren Emissionswerten in Räumen. Um dies zu beweisen wurden von ihm eigene Messungen durchgeführt.

"Feuchteemission, die bei angestellten Versuchen ermittelt wurde:

Emission in glh

Pflanzenart	Größe in cm	mittlere Wasserabgabe in glh
Dieffenbachia	60	2,0
Dieffenbachia – direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt	60	11,3
Affenbrotbaum	70	1,8
Gummibaum	70	1,1
Monstera	80	2,2
unbekannt	150	6,0

Gemessene mittlere stündliche Wasserdampf-abgabe von Zimmerpflanzen in Räumen

Die gemessene mittlere stündliche Wasserabgabe dieser mittelgroßen Zimmerpflanzen ohne direkte Sonneneinstrahlung beträgt ca. 2 glh. Selbst bei Berücksichtigung einer täglichen Sonnenbescheinigung von 4 Stunden weisen die Messungen für mittelgroße Zimmerpflanzen keine größere Emission als ca. 3,5 glh (im Tagesmittel) aus."

Daraus wird geschlossen, dass die gemessene Wasserabgabe unter Raumbedingungen weniger als ein Viertel der ansonsten verwendeten Angaben beträgt. Verantwortlich dafür macht der Autor die veränderten Randbedingungen für den Stoffwechsel der Pflanzen in Räumen im Vergleich zum natürlichen Standort.

aus: "Zur Zuluftsicherung von nahezu fugendichten Gebäuden mittels dezentraler Lüftungseinrichtungen." Von der Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) angenommene Dissertation Dipl.-Ing. Dirk Reichel (über www.aldes.de)

3.3.2.4. Spezielle Anmerkungen zur Übertragbarkeit der Werte aus der Literatur

Wie oben dargestellt, gibt es zwar Untersuchungen zum Transpirationsverhalten von Pflanzen, diese entsprechen jedoch nur in wenigen Fällen, den im Zusammenhang mit dem Projekt "Themenwohnen Musik" zu stellenden Fragen. Die Untersuchungen haben zudem exemplarischen Charakter: Es sind einzelne, ausgewählte Räume und nur wenige Pflanzenarten beobachtet worden. Die Werte, die dabei gewonnen wurden haben also nur für den untersuchten Standort und die dort untersuchten Parameter Gültigkeit.

Es muss davon ausgegangen werden, dass die im Versuch gewonnenen Werte im Objekt nicht unbedingt reproduzierbar sind.

So schreibt auch PARTZSCH (2001) in ihrer Diplomarbeit [5]: *"Alle Überlegungen am Modell gehen davon aus, dass es sich dabei um ein geschlossenes Innenraum-Ökosystem handelt. Faktoren wie Öffnen von Türen und Fenstern und damit verbundener Luftaustausch werden nicht in die Rechnung einbezogen. Teilweise wurde in der Literatur behauptet, dass die diskutierten Wirkungen im Falle eines freien Luftaustausches mit der Umgebung (z.B. Lüften oder Luftzufuhr über eine Klimaanlage) gegen Null gehen.*

Sicher ist in jedem Fall, dass die „Klimamaschine“ Pflanze in einem solchen Fall überfordert wäre und Probleme, wie etwa das Feuchtedefizit der Raumluft, auf diesem Weg nicht mehr behoben werden könnten."

Auch die Unterschiede zwischen Einzelpflanzen und Begrünungsflächen gilt es zu berücksichtigen. So bedingt zum Beispiel allein schon die Beschattung im Pflanzenbestand, dass die in Versuchen mit Einzelpflanzen gemessenen Werte für die Transpiration nicht einfach aufsummiert werden können. Die Luftfeuchtigkeit, die Windbewegung und weitere Parameter können in einer Begrünungsfläche gegenüber dem freien Raum stark verändert sein.

Weiterhin werden von Herrn RADTKE die Werte der Verdunstungsleistung nur dann für reproduzierbar gehalten, wenn nicht nur dieselbe Pflanzenart und –sorte verwendet wurde, sondern diese Pflanzen exakt dieselbe genetische Information besitzen, also vegetativ vermehrt wurden. Dies gilt auch für das von ihm ausgewählte Prima-Klima-Sortiment. [Mündliche Mitteilung, RADTKE, 16.05.02]

Auch bezüglich der Herkunft einer Pflanze muss die Reproduzierbarkeit von Transpirationsraten in Frage gestellt werden. So wäre es denkbar, dass es trotz genetischer Übereinstimmung durch unterschiedliche Anzuchtbedingungen zu Modifikationen und damit unterschiedlich hohen Transpirationsleistungen kommt.

3.3.2.5. Objekte, in denen Pflanzen zur Luftbefeuchtung genutzt werden:

Objekte, in denen Pflanzen zur Luftbefeuchtung eingesetzt werden gibt es viele, ist doch die Luftbefeuchtung neben der psychologischen Wirkung der zweite wichtige Faktor hinsichtlich der positiven Wirkung von Begrünungen.

Eines der wenigen Objekte, in denen Pflanzen in einem zentralen Raum zur Befeuchtung angrenzender Räume verwendet werden ist das Wohn- und Geschäftshaus Prisma in Nürnberg.

aus: http://www.agsn.de/prisma/prisma_beschreibung.htm

aus: <http://www.stahl-sonnenenergie.de/pihtml/gost.htm>

Für das Gebäude wurden in der Planungsphase Modellrechnungen angestellt, leider wurde nach Fertigstellung nicht weiter beobachtet, wie sich die Luftfeuchtigkeit im Gebäude verhält, da die Mittel hierfür nicht zur Verfügung standen. Hinzu kommt, dass der mit Pflanzen üppig ausgestattete Pufferraum zusätzlich mittels Wasserwänden klimatisiert wird, was ebenfalls zur Erhöhung der Luftfeuchtigkeit beiträgt. Dies Wasserwände sollten zunächst nur bei Bedarf zugeschaltet werden, laufen aber jetzt nach den mir vorliegenden Auskünften rund ums Jahr.

(mündliche Mitteilung Büro RICHTER, Büro DREISEITL und Büro SUNNA, 13.05.02)

Auch das Ökohaus in Frankfurt wurde begrünt, mit dem Ziel die Luftfeuchtigkeit im Gebäude zu erhöhen. Eine Literaturangabe [6] berichtet dazu:

"Im Südklasshaus steigern der Wasserlauf, ein Schilfteich am Eingang und die Begrünung des Raumes die Luftfeuchte auf die benötigte Höhe. Der Bachlauf entspringt einem kleinen Teich und wird mit unterschiedlich starkem Gefälle an verschiedenen Hindernissen - Steinen und Pflanzenschalen - vorbeigeleitet. Die entstehenden Turbulenzen tragen dazu bei, die Luftfeuchtigkeit zu erhöhen. Im besonders kritischen Winterzeitraum wird die Luft durch die Glashäuser im Verhältnis zur Außenluftfeuchtigkeit um 10 Prozentpunkte verbessert. Das ist mehr als dieser Wert angibt, denn ohne diese Glashäuser würde sich die Luftfeuchtigkeit im Prozess der Erwärmung der Außenluft zur Innenraumluft um etwa 10 Prozentpunkte verschlechtern."

Zu berücksichtigen ist hierbei, dass auch bei diesem Objekt die Steigerung der Luftfeuchte in Kombination mit einer Wasserfläche erreicht wird. Die tatsächliche Leistung der Pflanzen ist daher nicht zu beziffern.

Die Planungsgruppe LOG ID in Tübingen arbeitet seit langen Jahren mit Pflanzen zur Klimatisierung von Räumen, dabei wird jedoch hauptsächlich Wert auf die Kühlung durch die Transpirationsleistung der Pflanzen gelegt. Im Buch "Mensch, Raum und Pflanze" [7] wurden einige Objekte beschrieben, teilweise wurden auch die zur Klimatisierung angestellten Simulationen vorgestellt, ohne jedoch explizit auf den Beitrag zur Erhöhung der Luftfeuchte mittels Werten einzugehen.

Anhang:

Worterklärungen:

- Cutikula: Überzug auf den Außenwänden der Epidermiszellen von Pflanzen
Evaporation: Verdunstung ohne Diffusionswiderstände und bei ungehinderter Wassernachfuhr
Stomata: Spaltöffnungen: zwischen der sonst lückenlosen Schicht der Epidermiszellen paarweise angeordnete Schließzellen, die einen Spalt zwischen sich frei lassen. Sie dienen dem Gasaustausch (Wasserdampf, CO₂, O₂) der Pflanze.
Turgor: (auch: Turgordruck oder Turgeszenz) hydrostatischer Druck in der Pflanzenzelle, ausgelöst durch osmotischen Wassereinstrom. Für die Festigkeit einer Pflanze von großer Bedeutung.

Literatur:

- [1] Strasburger, E. [Begr.]; Denffer, D. v. [Bearb.]; 1983: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen / begr. von E. Strasburger et al. 32. Auflage /neubearbeitet von v. Denffer et al. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
[2] Radtke, M., 1986: Stomataverhalten, Transpiration und Wasserumsatz typischer Zimmerpflanzen in Büroräumen und im Gewächshaus. Diplomarbeit; Würzburg, 1986.
[3] Kohlrausch, F. und R. Röber, 1997: Codiaeum und Aglaonema danken höhere Luftfeuchte. In: TASPO Gartenmagazin, Juni 1997, 36-37, Thalacker Verlag, Braunschweig.
[4] Kohlrausch, F. und R. Röber, 1999: Positive Reaktion. Einfluss der Luftfeuchte auf Wachstum und Qualität von Hydrokulturpflanzen. In: Gärtnerbörse, 09/99, S. 18-20, Thalacker Verlag, Braunschweig.
[5] Partzsch, K. 2001: Biophysikalische und medizinische Aspekte der Innenraumbegrünung. Diplomarbeit an der Technischen Universität München-Weihenstephan, Fachbereich: Gartenbau in Siedlungsgebieten.
[6] Das Ökohaus Frankfurt – eine Oase mitten in Frankfurt. In: ZVG (Hrsg.), 1995: Luftreinigung durch Pflanzen - Innenraumbegrünung. Dokumentation des Plantec-Schwerpunkts '94. FGG Förderungsgesellschaft Gartenbau mbH, Bonn.
[7] Schempp, D., Krampen, M., Frantz, J. und S. Weißinger 1997: Mensch, Raum und Pflanze. Bernhard Thalacker Verlag GmbH & Co. KG, Braunschweig.

3.3.3. Beurteilung des Rechercheergebnisses

Wie aus der Recherche ersichtlich wird, ist die Innenraumbegrünung als gärtnerisches Fachgebiet noch nicht in einem Stadium angelangt, wo die Eckparameter vollständig bekannt wären. Die durchgeführten Versuche sind zur Gänze schlecht auf andere Fälle übertragbar, da die Bedingungen unter denen Verdunstungsleistungen von Pflanzen zustande gekommen sind, mehr oder weniger, in keinem Fall aber in ausreichendem Maße dokumentiert sind. Es war daher unbedingt erforderlich, für den speziellen Fall die Rahmenbedingungen soweit festzulegen und zu dokumentieren, dass anhand des vorhandenen Datenmaterials voraussichtliche Verdunstungsleistungen aufgestellt werden konnten. Hierzu wurde die Zusammenarbeit mit den Büros Radtke, Häring und Pokorny gesucht, wie unter 7.3 dokumentiert.

3.4. Raumakustik im Wohnbau: Stand der Forschung, Stand der Diskussion

Es wurde sowohl in Quellen des Wohnbaues als auch allgemeiner Literatur der Akustik nach Zusammenhängen zwischen Wohnbau und Raumakustik gesucht. Von speziellem Interesse war dabei die Vorstellung von "raumakustischen Behaglichkeitskriterien".

3.4.1. Bauakustik

Hinsichtlich der Bauakustik, also jenem Teilgebiet, welches sich auf Aspekte des Lärmschutzes (im oder gegenüber dem Außenbereich von Gebäuden) und Schallschutzes (im Innenbereich von Gebäuden) bezieht, existieren seit geraumer Zeit Normenwerke, welche die Messvorschriften für den Nachweis baulichen Schallschutzes - und zwar auch ausdrücklich für den Wohnbau - dokumentieren.

Die wesentlichen Themen der Bauakustik sind die einschlägigen Nachweise für Luft-, Tritt- und Körperschallschutz sowie der Schallschutz im Inneren des Gebäudes gegen Immissionen von haustechnischen Einrichtungen. Ein Zitat der einschlägigen Normenwerke fällt nicht in die Thematik der gegenständlichen Arbeit.

Die Messvorschriften als Bestandteil dieser Normenwerke haben immer wieder Neuentwicklungen erfahren, wobei eine Tendenz zur Adaptierung auf die nach dem derzeitigen Stand üblichen Bauweisen abzulesen ist, als auch durch laufende Prüfungen - entsprechend behördlichen Auflagen im Zuge der Benützungsbewilligung - eine breite Hintergrundinformation vorhanden ist.

3.4.2. Raumakustik

Bezüglich der Integration raumakustischen Wissens in den Wohnbau - und hier vornehmlich in die Bereiche des Aufenthaltes - konnten in den unten angeführten Quellen der Akustik und des Wohnbaues weder Beiträge noch Ansätze zur Anwendung gefunden werden.

Die wesentlichen Parameter der Raumakustik sind die Raumgröße und das damit verknüpfte Raumvolumen sowie die Oberflächenbeschaffenheit aller Raumbegrenzungselemente. Dabei werden im Wohnbau die raumakustischen Eigenschaften weitgehend von der Bauart des Gebäudes (Stahlbeton, Holz, Gipskarton usw.) bestimmt. - Diese - offenbar nicht kontrollierten - Abhängigkeiten, nämlich bei unberücksichtigten raumakustischen Planungsaspekten einen Raum mit teilweise ungeeigneten Elementen zu schaffen, können bei Überdenken der Raumkonzepte in einen befriedigenderen Zustand übergeleitet werden. Dieser Sachverhalt wird unter Kap.9 behandelt.

3.4.3. Literaturrecherche

Literatur aus der Akustik

Schneider, J. M.	Räume zum Hören	Köln	1989
Rudolph, Axel	Akustik-Design	Frankfurt am Main ; Wien [u.a.]	1993
Römer, Claus	Schall und Raum	Berlin [u.a.]	1994
Reichardt, Walter	Gute Akustik, aber wie?	Berlin	1979
Pfleiderer, Peter M.	HiFi auf den Punkt gebracht	München	1990
Kuttruff, Heinrich	Room acoustics	London	2000
Heher, Erich	Mathematische Modelle und geometrische Verfahrensweisen in der Raumakustik		1990
Fasold, Wolfgang	Bauphysikalische Entwurfslehre		1987
Dickreiter, Michael	Handbuch der Tonstudioteknik		1987
Cremer, Lothar	Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik	Stuttgart	1978

Cavanaugh, William J.	Architectural acoustics	New York [u.a.]	1999
Bruckner, Heinrich	Raumakustik in Hoch- und Industriebau		1989
Bobran, Hans W.	ABC der Schall- und Wärmeschutztechnik	Nürtingen	1973
Bobran, Hans W.	Handbuch der Bauphysik	Braunschweig [u.a.]	1995
Charles M. Salter Associates	Acoustics	San Francisco	1998
Fassold, Sonntag, Winkler	Bau- und Raumakustik	Berlin	1987
Beranek, Leo L.	Acoustics	New York [u.a.]	1954
Fassold, Veres	Schallschutz + Raumakustik in der Praxis	Berlin	1998
Hartmann, Günter	Praktische Akustik, Bd1	München [u.a.]	1964
Barron, Michael	Auditorium Acoustics and Architectural Design		London [u.a.]
			1998

Literatur aus dem Wohnbau

	30 Jahre Wohnbauforschung: FGW - Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen.	Wien	1986
	30 Jahre Wohnbauforschung: FGW - Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen.	Wien	1986
	30 Jahre Wohnbauforschung: FGW - Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen.	Wien	1986
Auböck, Carl	Beton im Wohnbau	Wien	1987
Bickenbach, Gerhard	Wohnen heute	Stuttgart	1987
Binder, Konrad	Langzeitverhalten und Einsatz von Kunststoffen im Wohnbau, Wien		1986
Bliem, Ernst	Sozialer Wohnbau in Tirol	Innsbruck	1987
Bornberg, Renate	Die Wohnzelle		1994
Brandstetter, Klaus	Kostengünstiger Wohnungsbau	Stuttgart [u.a.]	1986
Bura, Josef	Miteinander wohnen	Darmstadt	1992
Chermayeff, Serge	Gemeinschaft und Privatbereich im neuen Bauen, Mainz [u.a.]		1971
Czermak, Klaus M.	Das Fenster im Wohnbau		1985
Dirisamer, Rudolf	Wohnen	Wien	1984
Dirlmeier, Ulf	Geschichte des Wohnens		1998
Durm, Josef	Lehrbuch des Hochbaues		1920
Dworschak, Gunda	Neue Wohnexperimente	Augsburg	1997
Erol, Karin	Mehrgeschoßiger Wohnbau in Holzbauweise, Wien		1998
Fenz, Martin	Wohnbau 2000	Wien	1991
Flagge, Ingeborg	Geschichte des Wohnens		1999
Geisendorf, Charles-Edouard	Dichte individuelle Wohnbauformen	Teufen	1983
Geist, Jonas	Die Grundrissarbeit im Wohnungsbau des 20. Jahrhunderts in Deutschland	Berlin	1999
Gieselmann, Reinhard	Wohnbau	Wien	1991
Godthart, Johann	Wohnbau in Österreich	Wien	1986
Greiff, Rainer	Ökologischer Mietwohnungsbau	Karlsruhe [u.a.]	1991
Hochmayr, Rainer	Dreigeschossiger Wohnbau in Holzbauweise		2000
Hübner, Stefan K.	Ganztagsvolksschule, Musikschule, Wien 21	Wien	1995
Jax, Lothar	Ökologische Konzepte für den verdichteten Wohnungsbau		Aachen 1996
	Kommunaler Wohnbau in Wien	Wien	1977
Krzizek, Katharina	Holzkonstruktionen im Wohnungsbau		1995
Lugger, Klaus	Wohnbau sozial	Innsbruck	1993
Mang, Karl	Möbel und Wohnen unserer Zeit	Wien	1984
Mang, Karl	Wohnen in der Stadt	Wien	1988
Mehlhorn, Dieter-Jürgen	Grundrißatlas Wohnungsbau Spezial	Berlin	2000
Meyer-Bohe, Walter	Neue Wohnformen	Tübingen	1970
	Modellwohnbau Radstadt-West	Salzburg	1999
Risser, Ralf	Konflikte	Wien	1992
Schmitz, Heinz	Neue Wege im Geschoß-Wohnungsbau	Köln	1992
Schneider, J. M.	Wohnen in Zukunft	Köln	1990
Schneider, Wolfram	Einfluß der Bodenpreise auf Standortwahl und Wohnbauform		1997
Sokop, Hans W.	Die Wiener Gemeinderats- und Bezirksvertretungswahlen vom 8. November 1987		Wien
			1988
Tichelmann, Karsten	Entwicklungswandel Wohnungsbau	Braunschweig [u.a.]	2000
	Wie wohnen wir morgen?	Wien	1988
	Wie wohnen wir morgen?	Wien	1988
Wien / Magistrat	Wiener WohnRaum	Wien	1996
	Wohnbau in Österreich		1986
	Wohnbau	Wien	1981
	Wohnmodelle Bayern		1999

14. Okt. 2001 KBQ

3.5. Konventionelle Materialien (Absorber) für die Raum und Bauakustik und ihre Wirkungsweise

3.5.1. Raumakustisch wirksame Materialien

Im gegenständlichen Teil soll eine Liste des Bestandes an **raumakustisch wirksamen Materialien** - also Schallschluckern - ausgearbeitet werden.

Aus dieser Zusammenstellung heraus soll in weiterer Folge geklärt werden, welche Schallschlucker durch ökologische Stoffe ersetzbar sind.

Einteilung der Schallschlucker

Grundsätzlich ist bei einem Schallschlucker eine "breitbandige" Wirkung, also auf einen möglichst großen Frequenzbereich erwünscht. - Der für raumakustische Überlegungen interessante Frequenzbereich kann dabei als der von 125 bis 4000 Hz angesehen werden.

Messtechnische raumakustische Untersuchungen werden dabei entweder in Terz- oder Oktavbandabschnitten durchgeführt.

Wir haben es dabei bei Terzbandanalysen mit den Bandmittenfrequenzen

125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 Hz

bei Oktavbandanalysen mit den Bandmittenfrequenzen

125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz

zu tun.

Die Schallschlucker werden - je nach den frequenzmäßigen Bereichen ihrer Wirksamkeit - verschiedenen Gruppen zugeteilt:

3.5.1.1. Poröse Höhenschlucker

Darunter werden alle Materialien mit porigem Gefüge verstanden. Die Wirkungsweise hängt vom Grad der Porosität, und insbesondere der Materialdicke ab.

Der Absorptionsgrad α (der Anteil an verschluckter Schallenergie mit $0 \leq \alpha \leq 1$) weist dabei im tieffrequenten Bereich einen geringen Wert auf. Mittelfrequent gibt es einen Anstieg, welcher im Bereich zwischen 500 bis 630 Hz auf Werte von 0,8 - 1 zugeht. Dieser hohe Absorptionsanteil bleibt im oberen Frequenzbereich annähernd konstant.

Der Übergangsbereich von geringen zu hohen Absorptionsgraden verschiebt sich dabei mit zunehmender Absorberdicke zu tiefen Frequenzen hin. Anders ausgedrückt, wird ein poröser Höhenschlucker zu tiefen Frequenzen hin mit wachsender Dicke wirksamer.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass z.B. ein 4 cm dicker Absorber vor 4 cm dickem Luftraum in seiner Wirkung fast gleichwertig einem 8 cm dicken Schlucker ist.

Die Wirkungsweise der porösen Absorber besteht in einem Reibungsvorgang: die Schallenergie wird den sich im Absorber befindlichen Luftteilchen durch Reibung entzogen.

Dabei ist die Porosität als durchgehende materialspezifische Eigenschaft nicht mit Rauigkeit, also einer oberflächlichen Materialstruktur, zu verwechseln.

Nach dem oben Gesagten wird für sehr dünne, auf massive Oberflächen aufgebraachte poröse Stoffe (Tapeten, dünne Spritzputze, usw.) die Absorption im wesentlichen nur auf den obersten Frequenzbereich beschränkt, was sich infolge der fehlenden Absorption im mittleren und besonders unteren Frequenzbereich in einer unerwünschten "Baßlastigkeit" von Räumen äußert, in welchen solche Absorber verwendet werden.

Für Einrichtungsgegenstände (Kästen, Sofas, etc.) sind praktisch keine Angaben hinsichtlich ihres Schallschluckvermögens vorhanden.

Folgende porösen Absorber werden üblicherweise in der Raumakustik für die Regulierung der Halligkeit verwendet:

- Mineralwollematten- und platten
- Steinwollematten- und platten
- Schaumstoffplatten mit offenporiger Struktur
- Kunststoff-Spritzputze
- Dicke Stoffvorhänge
- Stofftapeten

3.5.1.2. Mittenschlucker

Diese Gruppe von Absorbern weist ein Absorptionsverhalten auf, das durch ein Maximum des Schallschluckverhaltens mit gipfelartiger Verteilung bei einer bestimmten Frequenz im mittleren Frequenzbereich (ca. 160 bis 400 Hz) charakterisiert ist.

Zur Gruppe der Mittenabsorber zählen Loch- oder Schlitzplatten. - Dabei wird das Luftvolumen in den Löchern oder Schlitzten als "Massenbelag" bezeichnet, und das Luftvolumen hinter der Platte bildet die Feder eines schwingungsfähigen Masse-Feder-Systems.

Die Wirkungsweise der Mittenabsorber besteht damit aus den Massenanteilen in den Löchern, welche auf dem dahinter befindlichen Luftraum als Feder zu Schwingungen angeregt werden können und damit dem Schallfeld Energie entziehen. Dem Massenbelag und dem Luftvolumen dahinter entspricht eine Resonanzfrequenz, bei der das oben erwähnte Maximum der Schallabsorption auftritt.

Folgende Mittenabsorber werden üblicherweise für raumakustische Aufgaben verwendet:

- Schlitzplatten aus Hartfaser, Holz, Blech oder Gipskarton
- Lochplatten aus Hartfaser, Holz, Blech oder Gipskarton
- Lochplattensysteme mit Vliesabdeckung und dünner, akustisch transparenter Putzschicht

3.5.1.3. Tiefenschlucker

Diese Gruppe von Absorbern weist ein Absorptionsverhalten ähnlich jenem der Mittenabsorber auf, das - ebenfalls als Resonanzsystem - durch ein Maximum des Schallschluckverhaltens mit gipfelartiger Verteilung und der Resonanzfrequenz als Maximum im tiefen Frequenzbereich charakterisiert ist.

Zur Gruppe der Tiefenabsorber zählen praktisch alle mitschwingenden, Massen mit geringer Dicke.

Die Wirkungsweise der Tiefenabsorber besteht darin dass diese Plattenmasse mit dem dahinter befindlichen Luftraum ebenfalls wieder zu einem schwingungsfähigen Masse-Feder-System wird und damit - abhängig von der Plattenmasse und dem Abstand der Platte von der Wand - dem Schallfeld

besonders tieffrequente Energieanteile entzieht. Auch hier stellt sich eine Resonanzfrequenz ein, bei der das Maximum der Schallabsorption auftritt.

Folgende Tiefenabsorber werden üblicherweise für raumakustische Aufgaben verwendet:

- Platten aus Hartfaser, Holz oder Gipskarton
- Sogenannte Helmholtzresonatoren mit einem bestimmten Volumen und einem Schlitz, wobei diese Resonanzfrequenz von diesen beiden Parametern abhängig ist.

3.5.2. Üblicherweise verwendete Materialien mit bauakustischer Relevanz und ihre Wirkung aus Sicht der Schalldämmung

Im gegenständlichen Teil soll eine Liste des Bestandes an **bauakustisch wirksamen Materialien** zusammengestellt werden.

3.5.2.1. Luftschalldämmung

In bauakustischer Hinsicht werden für Trennbauteile in erster Linie möglichst hohe Werte der Luftschalldämmung (meist als bewertete Normschallpegeldifferenz $D_{n,T,w}$ ausgewiesen) und möglichst tiefe Werte der Trittschalldämmung (meist als bewerteter Normtrittschallpegel $L_{n,T,w}$ ausgewiesen) angestrebt.

Für Wandbauteile werden folgende Materialien verwendet

- Stahlbeton
- Ziegel
- Gips
- Leichtkonstruktionen als Gipskarton-Ständerwände

Für potentielle ökologische einschalige Wandbauteile ist demnach hauptsächlich Masse als relevante Einflussgröße der Schalldämmung gefordert, für zweischalige entsprechende Materialeigenschaften und Verarbeitbarkeit.

Weiters werden leichte, biegeeweiche Vorsatzschalen (meist zur luftschalltechnischen Verbesserung von Massivwänden) meist als

Gipskarton-Ständerkonstruktionen ausgeführt.

3.5.2.2. Trittschalldämmung

Für Deckenbauteile werden folgende Materialien verwendet

- Estrich
- Trittschalldämmplatten aus Mineral-, Steinwolle oder Weichschaum

Für potentielle ökologische Deckenbauteile ist demnach hauptsächlich Masse (im Estrichbereich) bzw. entsprechende dynamische Steifigkeit als Einflussgröße für die Trittschalldämmung gefordert.

3.6. ökologische Materialien für die Raum und Bauakustik, Kennwerte

Aus Kapitel 3.5 lässt sich für Raumakustik und Ökologie folgendes zusammenfassen:

Vor allem im Bereich der porösen Höhengschlucker wird konventionell mit Materialien gearbeitet, die nicht oder nicht uneingeschränkt als baubiologisch unbedenklich gelten.

Der Forderung vieler Planer nach einer gleichmäßigen Putzoberfläche, die – ohne dass es nach außen kenntlich wird- schalltechnisch unterschiedlichen Anforderungen genügt (poröse Putze als Höhengschlucker oder akustisch transparente Abdeckung eines Mittenabsorbers) kann derzeit mit ökologischen Materialien nicht entsprochen werden bzw. wurde eine Entwicklung zur Erfüllung dieser Kriterien noch nicht vorangetrieben.

Es werden Systeme gesucht, die die allgegenwärtige GK Platte ersetzen können und die vor allem mehr Masse und möglichst hohe spezifische Wärmekapazitäten besitzen.

Baustoffdatenbanken nennen keine Schallabsorptionsgrade, raum- und bauakustische Datenbanken enthalten wenig ökologische Materialien. Eine Annäherung ist wünschenswert.

3.6.1. Raumakustik

Poröse Höhengschlucker

Folgende ökologische Materialien sind als Schallabsorber denkbar:

- Schafwolle
 - Dicke Lage offenporiger Lehmputz auf Massivwand (ein Produkt dieser Art ist nicht bekannt)
 - Kokosmatten
 - Baumwolle-Dämmmatten (nicht mehr am Markt)
 - Flachs-Dämmplatten
 - Hanf-Dämmplatten
- Zellulosefaserplatten
- aufgespritzte Zellulose (in Entwicklung)
- Kleegrass-Dämmmatte (in Entwicklung)

Mittenabsorber

Folgende ökologische Materialien sind **Mittenabsorber** denkbar:

Dabei soll Bedacht genommen werden, dass die gegenständlich in der Folge untersuchten Materialien sich nicht nur speziell auf Wohnbau beziehen, sondern eventuell auch Möglichkeiten für andere raumakustische Anwendungen offen stehen.

- Gelochte oder geschlitzte Fermacellplatte + Vlies + dünne, offenporige Lehm-putzlage
- Loch-GKP + Vlies + dünne Lehmputzlage
- Hartes, dünnes Flachsvlies 0,1-0,2 mm (als optisch - und gestalterisch sichtbare - Abdeckung für Lochplatten)
- Gipsfaserplatten
- Holz-Gipsplatte
- Zementgebundene Spanplatten
- OSB-Platten*
- 3-Schichtplatten*
- offenporige Kalkputze

* Ökologie stark von Leimanteil und Leimtyp abhängig

Tiefenabsorber

Folgende ökologische Materialien als Tiefenabsorber denkbar:

Dabei soll auch hier Bedacht genommen werden, dass die gegenständlich in der Folge untersuchten Materialien sich nicht nur für den Wohnbau eignen, sondern eventuell auch für Möglichkeiten anderer raumakustischer Anwendungen.

- Jede dünne Platte mit ausreichender Steifigkeit für größerflächige Konstruktionen auf Unterlagsrost - eventuell mit Flachsvlies, Hanfvlies oder Schilf als Bewehrung.
- Gipsfaserplatten
- Holz-Gipsplatten
- HDF-Platten*
- MDF-Platten *
- Zementgebundene Spanplatten
- OSB-Platten*
- 3-Mehrschichtplatten*
- Sperrholzplatten*

* Ökologie stark von Leimanteil und Leimtyp abhängig

3.6.2. Bauakustik

Bauakustisch relevant: Vorsatzschalen

Potentielle ökologische leichte einschalige Wandbauteile wären:

- Vorsatzschale aus Kokosmatte + Putz
- Verputzbare Weichfaserplatten
- Schilfdämmplatten, Lehmverputzt
- Strohplatten verputzt
- Gipsfaser(Fermacellplatten)-Ständerkonstruktion
- Verputzte Holzwolle-Dämmplatten (Vorschlag IBO)
- CaSi-Platten

Deckenbauteile

Alternativen:

- Trockenestrichaufbau (Vielzahl an Systemen), Riemenfußböden etc.(Vorschlag IBO)
- Steinholzestrich (Vorschlag IBO)
- Trittschalldämmplatten aus Schafwolle, Flachs, Hanf, Kokos, unter Estrich

3.6.3. Am Markt verfügbare Materialien

Mat.	Fa.	Produktbezeichnung	Rohdichte ρ kg/m ³	Wärmeleitfähigkeit W/mK	Wärmeleitfähigkeit I W/mK	Brandwiderstandsklasse lt. ENORM	Wärmekapazität Wh/kgK	Diff.-widerstand m	Lieferform in mm			Stromungswiderstand RPAS/m ²	dynam. Steifigkeit s [*] MN/m ²	relevante schalltechnische Werte							
									Dicke	Länge	Breite			Schallabsorptionsgrad α bei Dicke / Frequenz in Hz	125	250	500	1000	2000	4000	
FLACHS	Waldwörter Flachshaus	Flachs-Dämmplatte	30	max 0,037		B 2		1	40 - 200	1000	625	4,2		60	0,31	0,60	0,76	0,84	0,86	0,96	
		Flachs-Granulat	95	0,045		B 3				(Pressballen zu 20 kg)											
		Wergwolle natur	40 - 50	0,040 - 0,045		B 3					(Pressballen zu 120 kg)										
		Wärmewolle natur	40	0,040		B 2					Dämmpl.-Reste (Pressballen zu 60-80 kg)										
		Flachs-Dämmfilz								2, 5, 10	12500/25000	1000		163,1 bei 5 mm 56,6 bei 10 mm							
		zusätzlich erweitertes Produktsortiment (Kleinmaterial)	41			B 2			20, 30, 40	1200	625			40	0,18	0,48	0,73	0,86	0,88	0,89	
	Herflax	Wd.-Platte -SAP 040				B 2			120 - 180	1200	800										
		Wd.-Platte -SP 040				B 2			50 - 100	6000-3000	625, 800										
		Wd.-Filz -SF 040				B 2			40 - 120	1000	500										
H A N F		Handdämmpl. HWP	40	0,043		B 2	0,55	1													
		Handdämmwolle HW	50	0,043		B 2	0,55	1		(Ballen zu 50 oder 130 kg)											
		Handstopfwolle HSW	200-250	0,043		B 2	0,55	5		(Ballen zu 25 - 60 kg)											
		Schallid.matte-HSM	80	0,045		B 2	0,55	1		30 - 40	1000	500		35	0,24	0,33	0,47	0,62	0,75	0,79	
		Akustikmatte-HAM	140 - 160	0,046		B 2	0,55	1 - 2		20	500,600,1000	500, 600		20	0,12	0,17	0,39	0,61	0,87	0,96	
			zusätzlich erweitertes Produktsortiment (Kleinmaterial etc.)	20 - 40	0,045 / 0,040		B 2		1/2	40 - 200	1200,2	625,1									
		Thermo Hanf	Stopfhanf				B 2														
		Hanf filz	150			B 2			3, 5, 10	rollen 25 m	1000										
		zusätzlich erweitertes Produktsortiment (Kleinmaterial etc.)	40 - 50	0,040 - 0,045		B 3				(Pressballen zu 120 kg)											
		Hant Wergwolle				B 2			40 - 120	5000, 10000	900										
		Dämmmatten	14	0,040 - 0,045		B 2				(in 5 kg Säcken)											
		Stopfw. / Dämmzopf		0,040 - 0,045		B 2			5/3, 8/5	20000	100 - 1000										
		Trittschall -Dämmfilz		0,040 - 0,045		B 2															
		zusätzlich erweitertes Produktsortiment (Kleinmaterial etc.)	18	0,038 - 0,042		B 2		1 - 2	30 - 90	6000	500 - 900										
		Dämm-Bahn SDB	13 - 14	0,037		B 2				Säcke (5 und 10kg)											
	Wlgr. Naturl.	Stopf-Wolle SW		0,0338 W/m ² K		B 2		1 - 2	5/3,7/5,10/6	10000	900										
		Trittschall-Bahn				B 2															
		zusätzlich erweitertes Produktsortiment (Kleinmaterial etc.)	30	0,0350		B 2		1	30 - 100	bis 10000	300 - 1000										
		Kleimfilz	18	0,0385		B 2		1	30 - 200	bis 10000	300 - 1400										
		Schafwollbahn Opt.	13	0,040		B 2		1	30 - 240	bis 10000	300 - 1400										
		Schafwollb. Block	13 - 14			B 2															
		Stopfwolle	100			B 1		14840		Verpackungseinheit 5 od. 10 kg											
		Trittschdämmung	20	0,040		B 2	0,84	-1/2	50 - 120	4000- 9000	500 - 1200	>4									
		zusätzlich erweitertes Produktsortiment (Kleinmaterial etc.)	20	0,040		B 2	0,84	-1/2	80 - 180	2500-6000	500 - 1200	>4									
		Baumw.-Dämm. DM20	3	0,036-0,040		B 2	0,84	-1/2		Säcke zu je 5 kg											
		Baumw.-D. DM20	25	0,040		B 2	0,84	-1/2	4 - 10	16000-40000	1600	>4									
		Stopfwolle SW02	60	0,040		B 2	0,84	-1/2													
		Biaswolle				B 2	0,84	-1/2													
		Dämmfilz DFF60				B 2	0,84	-1/2													
		zusätzlich erweitertes Produktsortiment (Kleinmaterial etc.)				B 2	0,84	-1/2													
	Isocoton (derz. nicht in prod.)					B 2	0,84	-1/2													

Auflagedämmung auf gelochten, abgehängten Decken (Akustikd.)
zur Reduzierung des Schalls, speziell im tiefen u. mittleren Frequenzber.

Mat.	Fä.	Produktbezeichnung	Rohdichte F kg/m³	Wärmeleitfähigk. I W/mK	Brandwiderstandsklasse fl. NORM	Wärme- kapaz. C Wh/kgK	Diff- wieder- stand m	Lieferform in mm			Strömungs- widerstand RPAS/m²	dynam. Stiefigkeit s' MN/m²	relevante schalltechnische Werte					
								Dicke	Länge	Breite			30	125	250	500	1000	2000
ZELLULOSE	OPH	aufgeflocktes Zellulosematerial Isocell/Climasuper Zellul.-Pl. K-ZP F040	85										0,13	0,43	0,83	0,96	1,02	0,99
		Dämmflocke fineFI. (Unterdachplatte) Holzfaserdämmstoff	35 - 65 270	0,040 0,050	B 2 B 2	1600 ca. 2200 J/(kgK)	1		(eingelassen) 750	3,6 - 20			0,12	0,33	0,82	1,04	1,06	(1,18)
		Holz-Pl. HP-ADD 045 Holzfaserdämmstoff Trockenstrichsys.						5	40 - 100				0,31	0,76	1,02	1,04	1,03	(1,16)
		S.-Therm Platten zusätzlich erweitertes Produktortiment (Kleinmaterial etc.)	150	0,040	B 2		5	20 - 100	2500/800, 1250/600 cm				keine wertel					
HOLZFASER	Steico	S.-Unterdach	270	0,050; 0,055	B 2		5	18 - 24	750									
		S.-Universal		0,050; 0,055				5	21 - 35	750								
		S.-Wand	270	0,050; 0,055	B 2		5	18	2500	750			0,27	0,73	1,02	1,08	1,02	(1,16)
		Unterboden zusätzlich erweitertes Produktortiment (Kleinmaterial etc.)	250	0,050	B 2		5	4; 5,5; 7	790	590								
		Holzfaserdämmplatte	170	0,045	B 2		10	40 - 80	120 - 200	40 - 120								
		Trennwandplatte	170	0,045	B 2		10	40	1000	625								
		Unterdeckplatten	230 - 250	0,050	B 2	2100	5	20 - 52	2480	580/780								
KOKOSFASER	EMFA	Trittschall-Platte zusätzlich erweitertes Produktortiment (Kleinmaterial etc.)	155	0,045	B 2		7	17/16,22/21	1200	600		36						
		Wärmedämmfilz	50	0,050	B 3			50	Rollen zu 7,5m	1000								
		Kokospescheifermatte						20	Rollen zu 30 m²									
		Kokoswandplatten	140	0,046				25; 28	1250	600			9; 10					
		Estrichdämmplatte	137	0,046				23/20, 28/25	1250	600			11					
		Kokosrollfilz		0,046				20/15, 25/20, 32/25	10000	1000			9; 10; 12					
		Herakustik F zusätzlich erweitertes Produktortiment (Kleinmaterial etc.)	48	0,090 - 0,100	B 1		4 - 6	15 - 50	500 - 1250	500 - 625				25	0,13	0,11	0,22	0,54
HOLZWOLLE	Heraklith	Heraklith-C zusätzlich erweitertes Produktortiment (Kleinmaterial etc.)	34	0,080	B 1	2	4 - 6	25 - 50	2000	600			35	0,06	0,15	0,29	0,77	0,68
		OSB3 (AGEPAN) zusätzlich erweitertes Produktortiment (Kleinmaterial etc.)	600	0,130	B 2			10 - 25	2500 - 5000	600 - 2500			50	0,10	0,31	0,63	0,94	0,66
		OSB4 (AGEPAN)	600 - 650	0,130	B 2			8 - 22	200 - 1000									
		Holzspanpl. FF B1 zusätzlich erweitertes Produktortiment (Kleinmaterial etc.)	700 - 780	0,130	B 1			13 - 38	4100	1850								
MDF, OSB, etc.	Egger	Formline MDF E1 zusätzlich erweitertes Produktortiment (Kleinmaterial etc.)	690 - 750	0,130	B 2		50	4 - 40										
		Formline DHF	850 - 900					2,4 - 6										
		Verbundpl. OSB/MDF zusätzlich erweitertes Produktortiment (Kleinmaterial etc.)																
LEHM	CLAYTEC	Lehmplatte zusätzlich erweitertes Produktortiment: Lehmputze (div. Sorten), Schilfrohmplatten, Rohrgewebe, Lehmsteine, Kleinmaterial etc.	ca. 700	0,130			18	20, 25	625	1500								
		Lehm-Trockenputzpl. zusätzlich erweitertes Produktortiment: Lehmputze (div. Sorten), Schilfrohmplatten, Rohrgewebe, Lehmsteine, Kleinmaterial etc.	ca. 700	0,130			18	16	625	1625								

Hohlraumdämmung für leichte Trennwände
Schallschutz für verschiedene Aubaute R_w = 43 - 58 dB

keine wertel

keine wertel

keine wertel

keine wertel

keine wertel

keine wertel

Schallschutzmessungen bei verschiedenen Trennwand
und Vorsatzschalen;

3.7. Ökonomische Tragfähigkeit des Projektes: wie viele Musiker gibt es in Wien?

Ergebnisse Musiker, Studentenpotential in Wien
 Alle Zahlen über Schulen, Universitäten sind ca. Angaben

Komponisten,Texter,Reproduz. Künstler	2439	
Orchester und Chor	2175	
Lehrer (Univ.,Konserv.,Musiksch.)	1430	
Studenten		4450
Gesamt	6044	4450

Zahlen aus 1 und 2 aus: Manfred Scheuch, Die Musikwirtschaft Österreichs, Wien, Juni 2000
 Zahlen aus 3 und 4 : eigene Abfrage siehe Detailerhebung

Verein/Lehranst.	Lehrer	Studenten*	(dav. ausländ.)
Musiksch.d.St.W.	330		
Konservatorium	270	1350	450
Fr. Schubert Kons	80	300	
Univ.f.Musik	750	2800	1100
Gesamt	1430	4450	

4. Nutzerprofil

4.1. Vorgangsweise

Im Wesentlichen wurden die Erhebungen zum Nutzerprofil auf 3 Ebenen durchgeführt.

1. Durch Versendung von **Fragebögen** auf einer allgemeinen Ebene: persönliche, private Aussagen, die in ihrer Summe Relevanz erhalten
2. Durch Abhalten von **Workshops** oder Informationsveranstaltungen auf einer spezifischen Ebene. persönliche, private Aussagen, die durch die Anwesenheit einer größeren Gruppe beeinflusst und in Relation gestellt werden. Im Dialog der Nutzer untereinander können so Einzelaspekte eines Themas herausgearbeitet werden.
3. Durch die Führung von **Einzelinterviews** auf einer exemplarischen Ebene. Nutzer die Stellvertreter einer Gruppe sind (extern, intern, allgemein) werden zu Einzelthemen befragt.

Die Vorgänge aller 3 Ebenen stehen zueinander in Interaktion, teilweise bedingen vorangegangene Ergebnisse neue Fragestellungen, in der zeitliche Abfolge durchdringen die 3 Ebenen einander daher.

4.2. Fragebögen: Erstellung, Versendung,

4.2.1. Hauptstichprobe

Der Text der 1. Fragebögen wurde vom Architektenteam erstellt und von Soziologe (Dr. Keul), Bauträger (Lenikus), und Musiker (Theissing) korrigiert, ergänzt und erweitert. Als schwierig und zeitaufwendig stellte sich die Versendung heraus: Zuerst mussten Institutionen gesucht werden, deren Mitglieder ein möglichst breites Spektrum an potentiellen Nutzern darstellen. In weiterer Folge wurden persönlich alle Leiter kontaktiert und um Unterstützung der Verteilung ersucht. Bei größeren Institutionen dauerte es einige Wochen, bis eine Erlaubnis erwirkt werden konnte.

An folgende Institutionen wurden Fragebögen für alle Mitglieder versendet:

- Universität für Musik und darstellende Kunst
- Konservatorium der Stadt Wien
- Musikschulen der Gemeinde Wien
- vienna Konservatorium
- Wiener Philharmoniker
- Wiener Symphoniker
- NÖ Tonkünstlerorchester
- Volksopernorchester
- Klangforum Wien
- Arnold Schönberg Chor
- emailVerteiler des mica, des music information center Austria

Insgesamt wurden etwa 2000 Fragebögen verschickt, unter der Annahme dass nicht alle Fragebögen auch tatsächlich an Adressaten gelangt sind und unter Rücksicht auf die Tatsache, dass einige Musiker mehreren Institutionen angehören, kann mit einer tatsächlichen Verteilung von ca. 1200 Bögen gerechnet werden.

Bis 31.1.2001 haben 105 Personen den Fragebogen ausgefüllt zurückgeschickt, es gibt weiterhin auch noch neue Rückmeldungen.

Fragebogen

1. Rufen Sie eine Wohnung an für welchen Zweck? privat gewerblich sonstiges

2. Welche Lagerflächen sind für Sie am wichtigsten? Lagerfläche Büroräume Werkstatt sonstiges

3. Welche Funktionen wünschen Sie sich? Lager Werkstatt Büro sonstiges

4. Wie würden Sie gerne arbeiten? im Einzelnen in einem Team in einem Unternehmen

5. Wie würden Sie gerne arbeiten? im Einzelnen in einem Team in einem Unternehmen

6. Welche Bauteile/Anforderungen interessieren Sie? Dachstuhl Fassade Außenputz Treppen Keller sonstiges

7. Haben Sie Interesse an einer Informationsveranstaltung? ja nein

8. Welche Tätigkeiten interessieren Sie? Bauplanung Projektmanagement Ausführung sonstiges

9. In welchem Bereich sind Sie am meisten interessiert? Bauplanung Projektmanagement Ausführung sonstiges

10. In welchem Bereich sind Sie am wenigsten interessiert? Bauplanung Projektmanagement Ausführung sonstiges

11. Welche Instrumente nutzen Sie? Hand Computer sonstiges

12. Welche sind Ihre bevorzugten Disziplinen? Architektur Innenarchitektur Landschaftsarchitektur sonstiges

13. Sie sind weiblich? ja nein

14. Sie sind verheiratet? ja nein

15. Sie sind kinderlos? ja nein

16. Geben Sie Ihre Adresse an, wenn Sie an einer Informationsveranstaltung teilnehmen möchten.

4.2.2 weitere Befragung betreffend Überaum

Nachdem sich im Rahmen des Workshops 3 Möglichkeiten herauskristallisiert hatten, wie mit den Überäumen prinzipiell umgegangen werden kann, wurden im Anhang an eine 2. Interessententinformation diese Möglichkeiten noch mal kurz erläutert und um Rückmeldung gebeten. Diese Aussendung wurde an ca. 70 Interessenten verschickt, die ihre Adresse angegeben hatten. Es gab einen Rücklauf von 24 Bögen.

Befragung

1. Möchten Sie den Überaum allein verwenden oder mit anderen teilen? allein mit anderen

2. Wie bewerten Sie die Möglichkeit, dass sich Ihr Überaum nicht der Wohnung sondern z.B. auf der anderen Seite des Ganges befindet? gut nicht so gut schlecht

3. Bitte bewerten Sie die Überaumsmöglichkeiten aus dem Workshop (siehe 2. Seite). 1 2 3

4. Grundsätzlich, Fördermöglichkeiten, Organisation

6. November: Infoveranstaltung

1. pos architekten: Ein Schwerpunkt unserer Arbeit ist der biologische Wohnbau. Themen sind: Sonne, Licht, Behaglichkeit, Farbe, der wohnungswirtschaftliche Prozess, Bauen mit Öko, integrative Konzepte, Nachhaltigkeit, Atmosphäre

2. Projektteam: pos architekten, Quiring, Uwe/Lena, Sie und Raumakustik, Guggen, Hans/Christa, Fa. Natur und Leben, Leibel, Brandl/Reinold, Raumüberbauwerk, Fa. Training, Akzentkonzepte, Fa. Uwe/Lena, Leibel

3. Inhalt des Forschungsprojekts: Bauplanung, Raumprogramm, Raumakustik und Schallschutz, Biologische Ausstattung der Luftfeuchtigkeit, Biologische Materialien, Energieeffizienz

at | bmvit

www | 13.02.2002

4.2.3 Vergleich mit Musikstudierenden

Der Text der Fragebögen wurde mit Frau Dr. Ostleitner vom Institut für Musiksoziologie der Universität für Musik und darstellende Kunst nochmals überarbeitet und dankenswerterweise durch Dr. Ostleitner an ca. 100 Studierende der Universität verteilt. Der Rücklauf betrug 24 Fragebögen, diese wurden mit der Hauptstichprobe verglichen.



4.3. Interessentenpflege

4.3.1. Aufstellung des Interessentenkreises

Eines der wesentlichen Elemente für das Projekt ist die Aufstellung eines Interessentenkreises. Dies ist nicht nur wirtschaftlich erforderlich, sondern in erster Linie, um ein relevantes Nutzerprofil generieren zu können.

Die Hauptfrage hier lautet:

wer aus der heterogenen Künstlergruppe ist überhaupt an einem Zusammenleben in der vorgeschlagenen Art interessiert und wie sehen die speziellen Anforderungen dieser eingeschränkten Gruppe aus?

Aus diesem Grund wurde der Fragebogen mit einer Information über das beabsichtigte Projekt kombiniert und die Antwortenden gebeten bei Interesse eine Kontaktmöglichkeit anzugeben über die sie weiter erreichbar sind. Dieser Aufforderung sind bis dato 105 Interessenten nachgekommen, weitere Interessenten kommen immer wieder dazu.

Als zweite Kontaktaufnahme wurde eine Einladung zu einem Informationsabend und zu einem Workshop verschickt.

4.3.2. Infoabend

Anfang November wurde der Informationsabend abgehalten. In diesem Zusammenhang wurden zuerst das Architektenteam und alle Konsulenten vorgestellt, ihr Hauptaufgabengebiet und ihre bisherigen Planungen und Realisierungen in Form von digitalisierten Fotos in einer powerpoint-Präsentation per Videobeamer gezeigt.

In weiterer Folge wurde das Forschungsprojekt und das Bauprojekt genauer erklärt und auch dargelegt, dass die Teilnahme der Interessenten am Prozess für die Qualität und das Ergebnis notwendig wenn nicht essentiell ist.

Einen wichtigen Inhaltspunkt bildete auch die Darstellung der Förderungsmöglichkeiten und des Zeithorizontes, da das Projekt ja prinzipiell sowohl freifinanziert als auch im Rahmen der Wohnbauförderung und hier wieder in zwei unterschiedlichen Förderungsschienen angesiedelt werden kann.

Es wurde versucht hier die Unterschiede und Auswirkungen auf das Projekt darzulegen, und die Interessenten zu einer Äußerung hinsichtlich ihrer Präferenzen zu bewegen.

4.3.3. Nutzerfibel

Wichtigste Erkenntnis aus den Ausführungen und den manchmal zaghaften Rückmeldungen war, dass es unbedingt erforderlich ist die Interessenten während des gesamten **Planungsprozesses** kontinuierlich zu betreuen und langsam und mit mehrmaligen Wiederholungen die Fülle an Informationen und Projektinhalten an sie heranzutragen, damit Grundlagen zur Entscheidungsfähigkeit geschaffen werden und die Nutzer sich überhaupt im klaren sind, was sie später erwartet.

Die während des gesamten Projektablaufes kontinuierlich ausgegebenen schriftlichen Informationen könnten und sollten in der Summe schlussendlich eine komplette **Nutzerfibel** ergeben

4.3.4. kontinuierliche Betreuung:

wie vorab dargestellt ist die kontinuierliche Betreuung der Interessenten von großer Wichtigkeit. Hier geht es in erster Linie darum die Interessenten als wichtigste Informationsquelle für im Verlauf des Projektes immer wieder auftretende Fragen zu Nutzeigenschaften oder Wünschen entsprechend interessiert zu halten damit die Bereitschaft besteht immer wieder Antworten zu geben, und in zweiter Linie darum die Interessenten langsam in das Projekt mit seinen Möglichkeiten aber auch Anforderungen einzuführen, damit Haus, Funktionen und Nutzer schlussendlich eine Einheit bilden.

4.3.4.1. Projektinfo April 2002

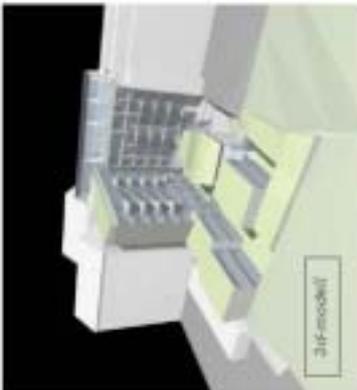
Zu diesem Zweck wurde im April 2002 eine 2- seitige Projektinformation an alle Interessenten verschickt, die den Projektstand dokumentiert und die wesentlichen Features des Projektes darstellt.

themenwohnen^musik

Stand des Projektes im April 2002



pos architekten
projektinformation



3d-modell



standort

Unter dem Namen **themenwohnen^musik** entsteht ein **Wohnhaus für Musikschaffende**, in dem sich auch Räume für verschiedene andere Nutzungen finden, die speziell auf Musiker, Musikstudenten und Gäste aus dem In- und Ausland abgestimmt sind.

Forschungsprojekt

Im Rahmen eines Forschungsprojektes im Programm "Nachhaltig wirtschaften" des Bundesministeriums Verkehr, Innovation, Technologie wurde im Herbst 2001 anhand einer Befragung ein Nutzenprofil erarbeitet und darauf basierend ein Raumprogramm für das Projekt entwickelt. Im Forschungsprojekt werden auch noch andere Themen untersucht wie z. B. eine ökologische Konditionierung der Luftfeuchtigkeit, Kriterien für die Qualität der Raumakustik in Aufenthaltsräumen sowie Schallschutz und Raumakustik mit ökologischen Materialien.

Bauprojekt

Lage in der Stadt

Als Standort wurde das Grundstück Webgasse 9 in 1060 Wien ausgewählt, in 5 min. fußläufiger Entfernung von der U3 in der Mariahilferstraße und 2 min. zur Buslinie 57A. Das Grundstück ist gartenseitig nach **Südwesten** zum **Hubert- Marschka Park** hin orientiert und bietet ausgezeichnete **zentrale, ruhige und sehr sonnige Wohnlage**.

Wohnungsangebot

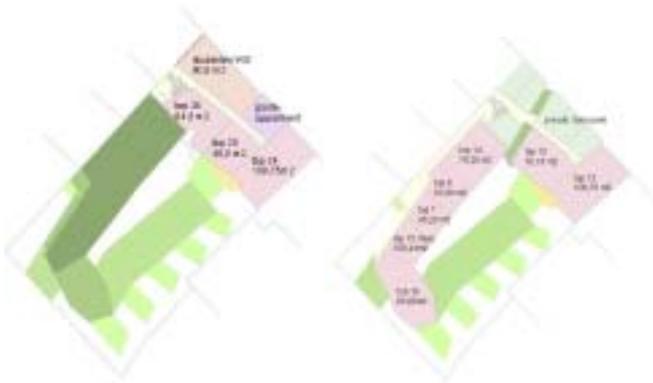
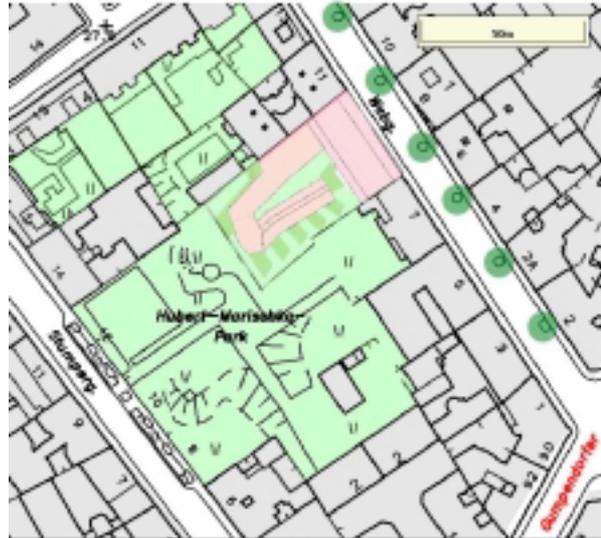
Derzeit sind 28 Wohnungen mit Größen zwischen 50 und 150 m² geplant, davon 4 Dachgeschosswohneinheiten und 3 ebenerdige Reihenhäuser mit kleinem Garten. Alle Wohnungen verfügen über Balkon/ Terrasse od. Garten. Der Großteil der Wohnungen ist rein gartenseitig orientiert. Zur Grundausrüstung gehört weiters eine etwas höhere Raumhöhe in den Wohnungen und höhere Rohdeckenstärken für erhöhten Schallschutz.

Sonderwohnungen

Neben den normalen Wohnungen sind 3 Studentenwohngemeinschaften mit je 4 Zimmern und außerdem 3 Gästeparapentments vorgesehen. Diese sollen sowohl zur internen (für Gäste der Hausbewohner) als auch zur externen Vermietung lage- oder wochenweise zur Verfügung stehen.

4.3.4.2. Projektinfo Oktober 2002

Eine weitere Projektinformation wurde im Oktober 2002 ausgesandt. Man erkennt hier bereits im Wesentlichen den endgültigen Entwurfsstand.



4.3.5. Einzelwünsche

Einzelwünsche soll in einem späteren Projektstadium durch Disposition von Ausstattungs- und Aufbaupaketen entsprochen werden, wie dies in der Autoindustrie seit langem üblich ist. Über die üblichen Varianten in der elektrischen und sanitären Ausstattung, der Verfließung und den Bodenbelägen sollen auch technische Ausbaupakete angeboten werden:

- Ausbaupaket erhöhter Schallschutz in einem Raum der Wohnung, indem dann mit leisen Instrumenten geübt werden kann.
- Ausbaupaket raumakustische Ausstattung der Wohnung
- Ausbaupaket Lehmputz
- Ausbaupaket Passivhausstandard mit ökologischer Luftfeuchteconditionierung auch in den Gartenwohnungen

Ziel der Zusammenarbeit mit den Nutzern während der Planungsphasen ist aber unabhängig davon jedenfalls die Festlegung von Rahmenbedingungen und Anforderungen, die für eine größere Gruppe Gültigkeit haben.

4.4. Workshop: Programmierung, Durchführung, Auswertung

Die 2. Erhebungsebene bildete der am 18.11. 2001 abgehaltene Workshop. Dieser wurde den Interessenten in einer Aussendung angekündigt und war für einen ganzen Tag anberaumt. Spontan meldeten sich einige Interessenten die ihre Teilnahme zusagten und einige die aus Termingründen absagten aber um Information über das Ergebnis ersuchten. Ca. 1/3 der Teilnehmer wurde vom Architektenteam speziell angefragt um ein einigermaßen abgerundetes Nutzerbild (Instrumente, Bereiche, Tätigkeiten, Spezialtätigkeiten)
Zur Vorbereitung wurde den Teilnehmern ein Programm mit Abfolge, Inhalt und den voraussichtlichen Fragen zugesandt.



Durchführung:

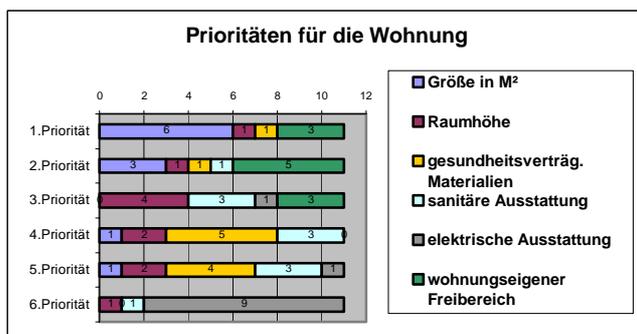
Protokollierung per Laptop und Videobeamer

Während des Workshops wurde am Laptop protokolliert, das Protokoll konnte von den Teilnehmer dauernd auf der Leinwand verfolgt werden.

Direkte Auswertung von Teilergebnissen

Weiters war eine Umfrage zur Wertigkeit verschiedener Qualitäten der Wohnung als Excel Tabelle bereits vorbereitet, die Ergebnisse konnten im Laufe einer Kaffeepause direkt ausgewertet und den Teilnehmern im Anschluss direkt präsentiert werden.

Eine derartige Zusammenfassung von Teilergebnissen mit graphischer Aufbereitung wirkt sehr animierend und auflockernd und könnte im Rahmen eines Workshoptages durchaus mehrmals (vielleicht in jeweils etwas modifizierter Form) stattfinden.



	1.Priorität	2.Priorität	3.Priorität	4.Priorität	5.Priorität	6.Priorität	summe
Größe in M²	6	3	0	1	1		11
Raumhöhe	1	1	4	2	2	1	11
gesundheitsverträgl. Materialien	1	1		5	4	0	11
sanitäre Ausstattung		1	3	3	3	1	11
elektrische Ausstattung			1	0	1	9	11
wohnungseigener Freibereich	3	5	3				11
summe	11	11	11	11	11	11	

Fragen

wichtig wäre, dass die Fragen nicht nur vom Architektenteam sondern von allen Konsulenten auf ihrem Fachgebiet gleichermaßen erfolgen. Dazu sollten alle Konsulenten ihre Fragen vorher schriftlich vorbereiten und in einem Rundlauf miteinander abstimmen.

4.5. Einzelinterviews: Protokolle

Die Befragung zu Spezialthemen im Rahmen von Einzelinterviews wird den Planungsprozess je nach Möglichkeit und Erfordernis bis zum Ende begleiten. Bisher wurden folgende Interviews geführt:

Musikalische Früherziehung

Interview mit Fr. Elisabeth Lemmel, Musikpädagogin, Ausbildung am ORFF Schulwerk in Salzburg , 28.11.01

Für die musikalische Früherziehung ist ein Raum mit ca. 50 m² erforderlich (40 m² bilden jedenfalls die untere Grenze), es muss ein Klavier vorhanden sein und Platz für diverse sonstige Unterrichtsbehelfe, die Form sollte ca. quadratisch oder leicht längsrechteckig sein, jedenfalls so, dass neben den Gegenständen Platz für eine Kreisformation bleibt(viele Übungen werden im Kreis gemacht). Außer der angeführten Behelfe muss der Raum leer sein.

Man muss am boden sitzen können, auf dem Belag sollte man nicht rutschen, Holz wäre ein bevorzugtes Material wegen der " Atmosphäre "Wenn der Boden eher kühl ist, müssen beim Sitzen Matten verwendet werden, das ist umständlich.

Die Lüftung ist ein wesentlicher Faktor, natürliche Belichtung wird eindeutig bevorzugt, es soll kein Außenkontakt mit belebten Bereichen vorhanden sein, da Kinder sich leicht ablenken lassen.

Temperatur: max.21°, nicht zu heiß da viel Bewegung gemacht wird. Luftfeuchtigkeit: keine besonderen Anforderungen,

Wohnsituation Musikstudenten

Interview mit Fr. Gräser, Studentenvertreterin an der Univ. f. Musik u. darst. Kunst, 19.9.01

Die Problematik Üben ist für sehr viele Musikstudenten virulent. Hauptbetroffen sind die Pianisten, Bläser und Sänger. Probleme gibt es

1. mit der Lautstärke beim Üben ganz generell,
2. wenn nicht 1. dann zumindest mit den in der jeweiligen Hausordnung vorgeschriebenen Zeiten und damit, dass andere Hausbewohner noch zusätzliche Rücksichten fordern. (Auf den Nachmittagsschlaf von alten Leuten oder kleinen Kindern etc.)

Üben kostet derzeit auf der Uni pro Stunde ATS 10, auch in ein paar wenigen Studentenheimen gibt es Übezimmer, aber es gibt immer zu wenig, und man kriegt selten eines.

Es gibt in Wien auch viele ausländische Studenten aus den ehemaligen Oststaaten, sie haben sehr wenig Geld zur Verfügung.

Üben ist für Konzertsachstudenten bedeutender als für Lehrfachstudenten, erstere üben 6-8 Stunden am Tag, der Durchschnitt sonst beträgt 5 Stunden. Die Möglichkeit, am Abend zu üben ist ganz wichtig.

Auch bei den Musikstudenten besitzen die meisten Pianisten ein eigenes Instrument, die sonstigen Instrumentalisten so und so.

Der überwiegende Bedarf besteht also in einer möglichst günstigen Wohnmöglichkeit

(Untermietzimmer, WG oder kleine Wohnung) mit ungestörter und günstiger Übemöglichkeit. 4000 ATS Bruttomiete (inkl. BK) für Wohnung und Üben wären wünschenswert.

Tagesablauf Musiker mit mehreren Tätigkeiten

Interview mit Tscho Theissing, Mitglied des Volksopernorchesters, der Neuwirth Extrem Schrammeln, Jazzformation Pago libre, sonstige freiberufliche Tätigkeiten, Familienvater 3 Kinder, 10.9.01

Orchesterproben oder private Ensembleproben finden meist in der Zeit zwischen 10 und 14h statt, wenn keine Probe, dann wird in dieser Zeit geübt, wenn Probe, gibt es an sehr dichten Tagen nur ein Einspielen vor der Orchesterprobe, sonst eine Verschiebung der Übezeit an einen anderen freien Termin im Tagesablauf.

Der Nachmittag besteht entweder aus Üben oder Ensembleprobe (wenn dazu vormittags keine Möglichkeit war) oder aus etwas Zeit für die Familie oder kurzem Relaxing, wenn möglich.

Abends ab 18h30 gibt es Orchesterdienst (max. 17 Abende pro Monat) dazu durchschnittlich 6 Konzerte aus der freischaffenden Tätigkeit, das variiert sehr stark.

In der Jazzszene gibt es meist keine Proben vor 12h mittags, dafür wird bis spät in die Nacht gearbeitet.

Erfahrungen aus Projekt Sargfabrik

Interview mit Christian Flicker und Gerda Ehs, Projektbewohner und in der Verwaltung tätig, 7.9.01

Das Projekt Matznergasse hat eine Nutzfläche von fast 8000 m². An Gemeinschaftseinrichtungen gibt es den 150 m² Saal mit 100 m² Foyer und den Nebenräumen, das Bad mit ca. 300 m², den Kindergarten mit 40 Kindern und 7 Hortkindern, den Seminarraum (teilbar) mit 100 m² plus Nebenräume, die Gästeböden und das Cafehaus mit 220 m²

Die Verwaltung der Gemeinschaftsflächen ist in einzelne Geschäftsbereiche unterteilt, es gibt in der Verwaltung ehrenamtliche Funktionen aber auch bezahlte Funktionen (Größenordnung: 20 Personen in bezahlten Funktionen)

Lediglich der Geschäftsbereich Seminarraum ist nicht wirtschaftlich zu führen, es gibt mit ähnlichen Qualitäten viel Angebot am Markt, der Seminarraum ist am freien Markt platziert, es gibt keine sonstige Unterstützung.

Durch die Errichtung des 2. Projektes in der Missindorfstr.(4000 m²) gibt es eine bessere Auslastung. Schwierigkeiten gab es mit den Gästeböden, sie waren viel zu groß (80 m²) und daher zu teuer; in der Missindorfstr. wurden ganz kleine geplant, das funktioniert.

Der Betrieb des Bades wird z. B. aus einem monatlichen Badbeitrag je Wohneinheit und den Einnahmen durch interne und externe Badegäste finanziert. Externe Gäste können um ATS 3600 ein Jahr lang rund um die Uhr baden.

Entscheidungen wurden von den Mitgliedern des Vereins anfänglich nach dem Konsensprinzip getroffen (zumindest war die Aussage: damit kann ich leben erforderlich), derzeit gibt es 2mal jährlich und nach Bedarf eine Generalversammlung

Externe Nutzer

Gästeartsments 1

Gespräch mit Michael Wolf, Orchestervorstand der Wiener Volksoper,3.9.01

Die Volksoper benötigt immer wieder Wohnungen für Solisten, Dirigenten, Regisseure mit kurzfristigen Produktionsverträgen, die Volksoper besitzt auch eigene Wohnungen, Bedarf an Anmietung hochwertiger Appartements in entsprechender Lage könnte durchaus bestehen, Kontakt mit der kaufmännischen Direktion zu späterem Zeitpunkt wird vorgeschlagen.

Gästeartsments 2

Gespräch mit Univ. Prof. Hubertus Petroll, Leitung Max Reinhardseminar,18.11 01

Die Universität braucht immer wieder Unterbringungsmöglichkeiten für Gastprofessoren, im Theaterbereich handelt es sich da meist um Zeiträume von 4-6 Wochen, es gibt Unieigene Gästewohnungen, sie sind aber nicht für alle Anforderungen geeignet. Oft müssen Hotelzimmer gebucht werden, die Marktpreise bewegen sich derzeit bei ATS 500/tag für eine einfache Pension, für ein Hotelzimmer ATS 1000/tag, meist wird von den Gästen die mangelnde Atmosphäre beklagt.

Apartments mit guter Ausstattung und angenehmer Atmosphäre die ein Heimatgefühl vermitteln können, der Anschluss an andere Künstler und teilweise auch die Mitbenutzung der allgemeinen Räume wäre sicher sehr interessant, Bedarf seitens der Universität besteht jedenfalls

Gästeapartments 3

Gespräch mit Nora & Michael Scheidl, „netZZeit“ (freie Opern- und Musiktheaterproduktionsgruppe)

„netZZeit“ realisiert ca. 2 Produktionen pro Jahr, pro Produktion müssen 1-3 Personen in Wien untergebracht werden: Gesangssolisten ca. 6-8 Wochen, Lichtdesigner ca. 2 Wochen. Da diese Personen meistens alleinstehend sind, wären Single-Apartments mit kleiner Küche und (wichtig!) Waschmaschine wünschenswert.

Gästeapartments 4

Gespräch mit Claudius Traunfellner, „Wiener Kammerphilharmonie

Da Gastsolisten meist von den Konzertveranstaltern untergebracht werden, besteht hier nur ca. 1x jährlich der Bedarf nach Übernachtungsmöglichkeit für wenige Tage (üblicherweise Hotel).

Gästewohnungen wären aber als Alternative interessant, v.a., wenn sie mit Übungs- oder sogar Probemöglichkeiten gekoppelt wären.

Gästeapartments 5

Gespräch mit Huw Rhys James, „Musikwerkstatt“ (freie Opernproduktionsgruppe),

Die „Musikwerkstatt“ produziert 2 Opern pro Jahr, dabei besteht jedes Mal Bedarf nach einer Wohnung für den jeweiligen Regisseur der Produktion für 6 Wochen. Bisher wird für diesen Zweck eine schöne, zentral gelegene 2-Zimmer-Wohnung bei einer Firma angemietet, Kostenpunkt für 6 Wochen: ca. ATS 12.000,-.

Gästeapartments 6

Gespräch mit Klangforum Wien (Ensemble für zeitgenössische Musik),

Bei ca. jedem 2. Projekt des Klangforums müssen Musiker und Dirigent extra untergebracht werden (2-4 Nächte pro Monat, Hotel), das Klangforum verfügt aber auch selber über 2 Wohnungen für Gastmusiker, die für längere Zeit untergebracht werden müssen, doch können diese Wohnungen wegen dezentraler Lage und schlechten Standards nicht allen Personen zugemutet werden.

Veranstaltungssaal

Saal 1

Gespräch mit Nora & Michael Scheidl, „netZZeit“ (freie Opern- und Musiktheaterproduktionsgruppe)

An kleineren Sälen auch für musikalische Proben herrscht kein besonderer Mangel, gesucht werden aber größere Räume für szenische Proben (mindestens 10x10 m + Nebenräume).

Saal 2

Gespräch mit Claudius Traunfellner, „Wiener Kammerphilharmonie

Die Situation, was erschweringliche Probemöglichkeiten für freie Orchester betrifft, wird als sehr schlecht beurteilt (das betreffe nicht nur die Kammerphilharmonie, sondern viele kleinere Orchester, die in Wien für auswärtige Konzerte, Japantourneen etc. proben). Die günstigste Probemöglichkeit scheint der Pfarrsaal der Pfarre St. Gertrud in Wien XVIII zu sein (kostet pro Tag ca. ATS 2.400,- + USt.), ein wesentlich kleinerer Raum im Musikverein kostete schon vor Jahren zum ermäßigten Hauspreis ATS 1.800,- + USt. pro Probe. Ein wünschenswerter Saal sollte seiner Meinung nach mindestens 100 m² in Rechteckform haben (z.B. 14x8m), er rechne für Podiumsorderungen pro Musiker mit ca. 2 m² Platzbedarf (zusätzlich muss im Probesaal natürlich Raum sein, um Instrumentenkästen abzulegen etc.). Besonders wichtig sei eine genügende Raumhöhe. Regt an, bei einem solchen Saal einen kleinen Nebenraum einzuplanen, der für Aufnahmen als Regieraum verwendet werden kann.

Saal 3

Gespräch mit Huw Rhys James, „Musikwerkstatt“ (freie Opernproduktionsgruppe)

Sieht großen Bedarf nach zentral gelegenem kleinen/mittleren Probesaal; probt selbst meistens im Pfarrsaal St. Gertrud in Wien XVIII.

Saal 4

Gespräch mit Klangforum Wien (Ensemble für zeitgenössische Musik),

Das Klangforum hat einen eigenen Proberaum, den es auch ganz für sich benötigt. Im Sommer wird manchmal wegen Hitze ausgewichen.

Zusammenfassung Gästeapartments, Veranstaltungssaal:

Einigkeit herrscht darüber, dass ein Bedarf an Wohnungen für gastierende Musiker/Sänger/Regisseure etc. besteht, besonders für längerfristige (mehrwöchige) Engagements. Zentrale Lage und gute Ausstattung wären sehr erwünscht. Was die Situation kleinerer Säle und Probemöglichkeiten betrifft, gehen die Meinungen auseinander. Bedarf scheint an Sälen mit 100 – 150 m² zu bestehen.

Überäume, allgemeine Kooperation

Gespräch mit Direktor Ranko Markovic, Konservatorium der Stadt Wien, Fr. Svea Hilscher, Leiterin der Musikschulen der Stadt Wien

Die Musikschulen suchen in einigen Bezirken andere Räumlichkeiten, im 8. Bezirk z. B. soll eine Musikschule überhaupt erst entstehen (es gibt hier derzeit keine). Der Raumbedarf einer durchschnittlichen Musikschule liegt bei etwa 500 m². Möglichkeiten das Projekt themenwohnen musik in Kombination mit einer Musikschule anzusiedeln werden besprochen, im 6. Bez. besteht seitens der Musikschulen allerdings kein Bedarf. –Synergien wären durchaus vorhanden, allerdings auch impedimenta z. B. die Frage nach den Kosten für Anschaffung und Pflege der Klaviere. Prinzipiell haben Musikschulen nur nachmittags Betrieb, am Vormittag stehen die Räume leer.

4.6. Auswertung

4.6.1. Nutzerprofil, Berufsmusiker

Die Befragung wurde durch Dr. Alexander Keul, Umweltpsychologie, 5020 Salzburg ausgewertet und interpretiert: Zur Hauptstichprobe der 92 MusikerInnen wurden 13 Gestützte(quantitative) Fragen mittels SPSS (EDV-Statistikpaket) datatypiert und ausgewertet, fünf mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Oberbegriffe, Auszählung). Die Angaben der 24 Musikstudierenden wurden parallel handausgezählt.

Die Daten und Auswertungen von Hrn. Dr. Keul sind in der Folge durch kursive Schrift erkenntlich.

4.6.1.1. Personelle Daten

Alter, Familienstand, Kinder, Geschlecht

Alter: 42% sind in den Vierzigern, 32% in den Dreißigern. Etwa 15% sind unter dreißig, etwa 11% über fünfzig.

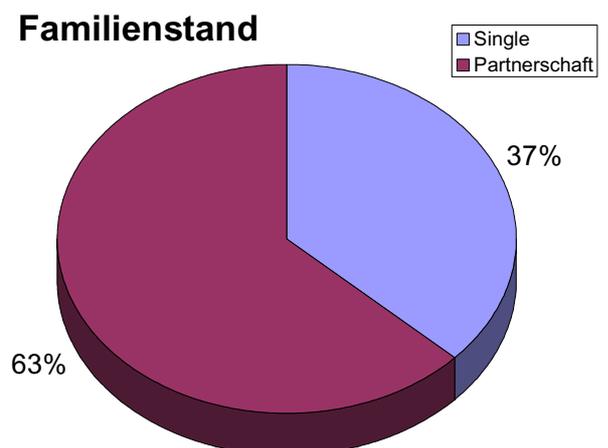
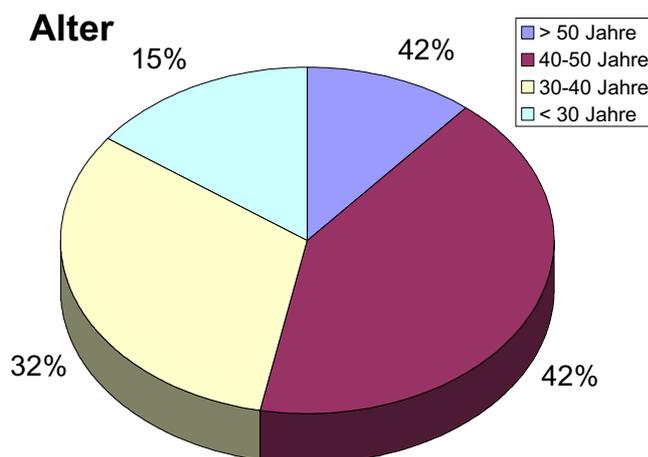
Es überwiegt also das "reife Mittelalter".

Familienstand: 63% geben eine Partnerschaft, 37% Singledasein an. Durch Freundel/Lebensgemeinschaften dürfte sich der Prozentsatz etwas verwischen.

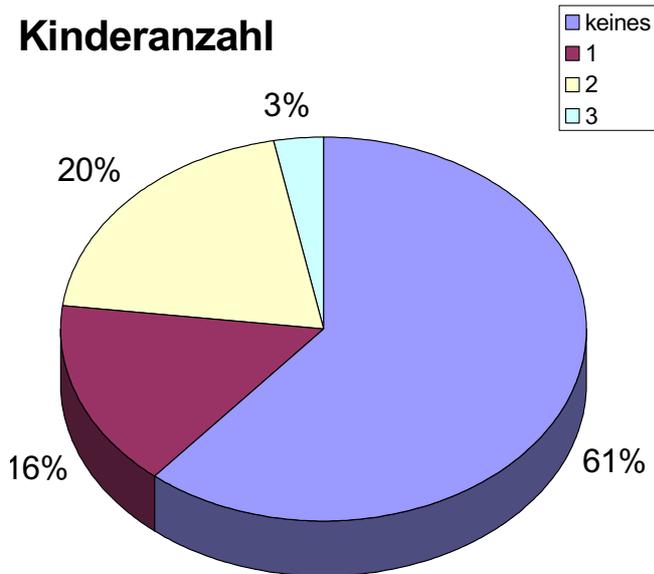
Kinder: 61% nennen keine Kinder, 16% eines, 20% zwei, 3% drei.

Geschlecht: Den Fragebogen füllten 51% Männer und 49% Frauen aus.

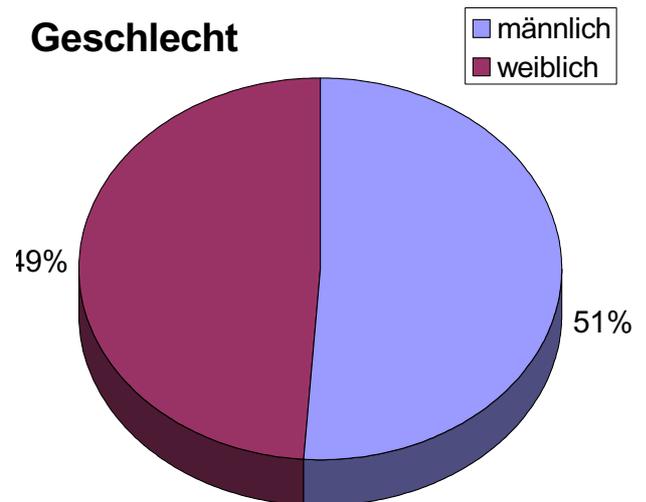
Suche: 37% suchten eine Wohnung in 1-2 Jahren, 19% in weiterer Zukunft, 21% suchten aktuell, 23% gar nicht.



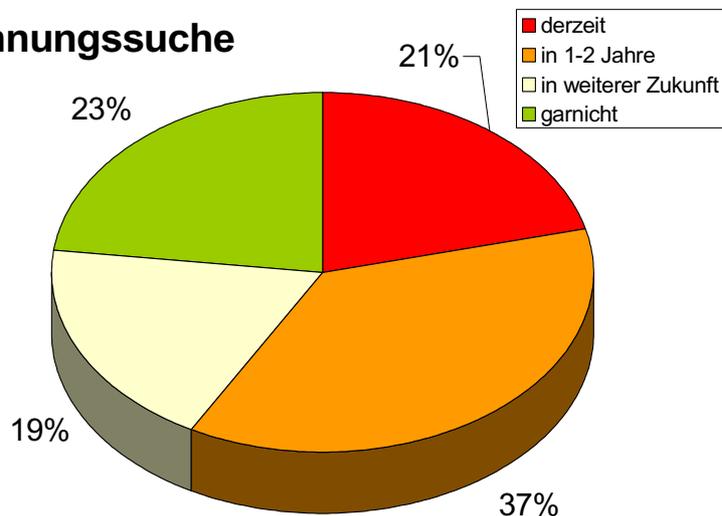
Kinderanzahl



Geschlecht



Wohnungssuche



4.6.1.2. Berufliche Daten

Bereich, Tätigkeit, Instrument

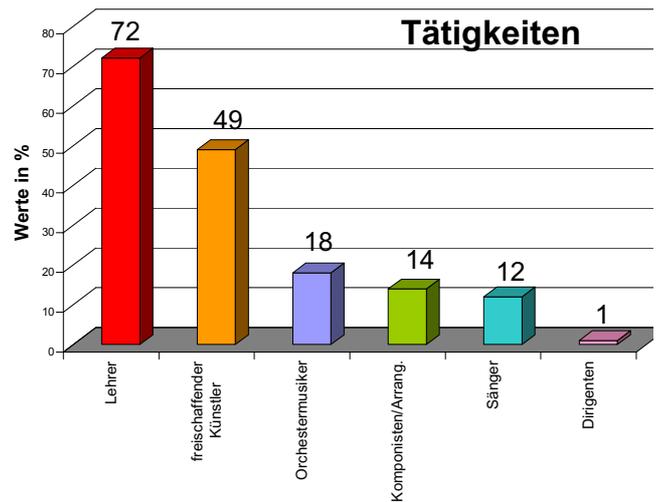
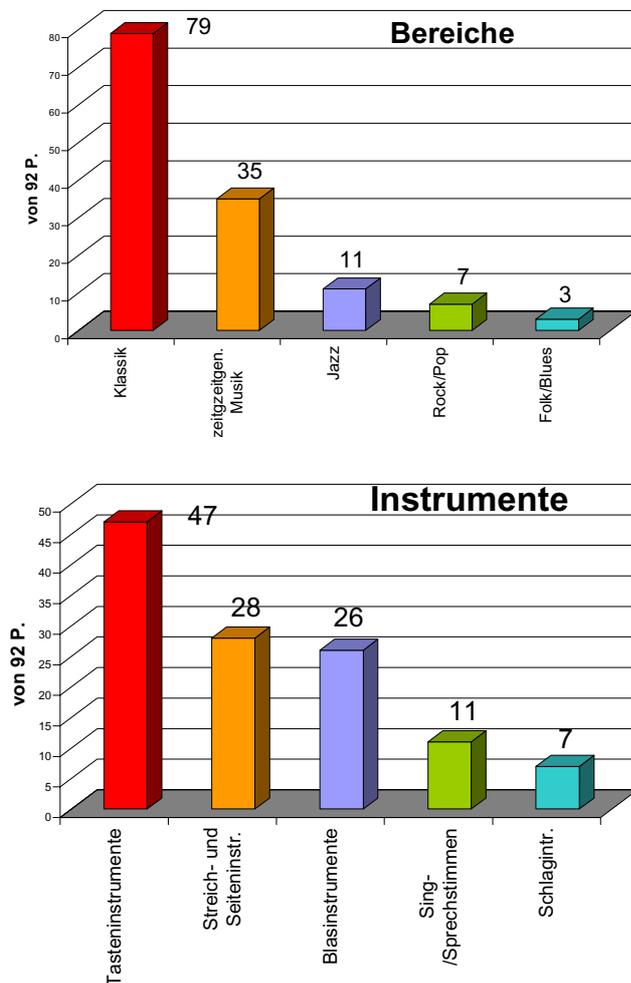
Bereiche: 60% geben eine, 37% zwei, 3% drei Bereiche an. Als Mehrfachnennungen ausgewertet, ergeben sich 79% Klassik, 35% zeitgenössische Musik, 11% Jazz, 7% Rock/Pop und nur 3% Folk/Blues.

Tätigkeiten: 47% geben eine, 37% zwei und 15% drei Tätigkeiten an. Als Mehrfachnennungen ausgewertet, ergeben sich 72% Lehrer, 49% freischaffende Musiker, 18% Orchestermusiker, 14% Komponisten/Arrangeure, 12% Sänger und nur 1% Dirigenten (genau eine Person).

Instrumente: 65% spielen ein Instrument, 25% zwei, 9% drei und 1% vier. Dabei zählen die Instrumente pro Haushalt. 46% der Mehrfachnennungen sind Tasteninstrumente (v.a. Klavier), 28% Streich- und Saiteninstrumente, 26% Blasinstrumente, 12% Sing-/Sprechstimme und 7% Schlaginstrumente.

An Instrumentenkombinationen tritt folgendes auf (Auswertung alles mit allem): Am häufigsten (je 8x) ist die Kombination Tasten+Streich/Saiten-Instrumente und die Kombination Tasten+Blasinstrumente, weiters (5x) Tasten+Sprech-/ Singstimme und (je 3x) Streich/Saiten-Instrumente+Sprech-/Singstimme sowie Tasten+Schlaginstrumente. Andere Kombinationen sind selten (2x o.weniger).

Architektonisch zu rechnen ist also v.a. mit klassischen Kombinationen.



4.6.1.3. beruflicher Tagesablauf:

Als berufliche Tätigkeiten im Tagesablauf eines Musikers werden folgende genannt:
 Üben, proben im Ensemble, proben im Orchester/Kammerorchester/Chor, unterrichten,
 komponieren/arrangieren, Konzert/Aufführung, administrative Tätigkeiten, mentales Training, Pflege
 und Training der körperlichen Fitness und Entspannung.

Einige dieser Tätigkeiten finden derzeit in der Wohnung statt,
 Der Tagesablauf ist sehr unregelmäßig, generell wird sehr hohe Flexibilität und Mobilität angegeben.
 Anm.: weniger Spitzen, bessere Verteilung, weniger Gleichzeitigkeit

Am ehesten lässt sich der Tagesablauf an den Tätigkeiten festmachen:

unterrichten findet meistens nachmittags bis in den Abend statt,
Orchesterproben überwiegend am Vormittag, ab 10 h,
Konzerte, Orchesterdienste , Aufführungen überwiegend abends bis nachts,

Ensembleproben in der freischaffenden Tätigkeit je nach den sonstigen Tätigkeiten der Mitglieder,
 manche Ensembles haben auch feste Probertermine- diese vormittags oder abends.

Lehrer/ Professoren üben daher vormittags, manche abends und sind je nach zusätzlicher
 Konzerttätigkeit eher abends zu Hause

Orchestermusiker haben oft vormittags probe, abends Orchesterdienst, meist Nachmittag keine Orchesterverpflichtungen, daher zuhause sein möglich, üben ist keiner Zeit zuordenbar, da es sich nach den wechselnden Diensten richtet.

Freie Musiker haben freie Zeiteinteilung.

Viele Musiker üben mehrere Tätigkeiten aus, die vorher angegebenen Zeiten überlagern und mischen sich daher in den meisten Fällen.

Hinzu kommt die Überlagerung mit Lebenspartnern in anderen Berufen, Überlagerungen mit dem Lebensrhythmus von Klein und Schulkindern.

Unterschiede zwischen **Wochentag und Wochenende** sind für viele Musiker **kaum** vorhanden, lediglich Kinder in der Familie erfordern ein Wochenendszenario

4.6.1.4. persönlicher Tagesablauf:

die **Anwesenheit in der Wohnung** wird gegenüber normalen Berufen (Abwesenheit tagsüber 9-10 h) im Durchschnitt als **deutlich erhöht** angegeben.

hinsichtlich interner Feuchtequellen (kochen, duschen, waschen) wird keine Abweichung vom Normalverhalten angegeben.

4.6.1.5. Besonderheiten:

Ruhe, Tages und Nachtzeiten, Auslandsaufenthalte

Tages und Nachtzeiten: bei der Frage nach Tages und Nachtzeiten gehen die Nennungen von 6h 30 - 24h bis zu 10h – 4h früh. Die meisten Nennungen erhält die Angabe 9h – 2h früh.

Ruhe: Die Ruhephase ist gegenüber Normalzeiten mehr oder weniger stark verschoben, zusätzlich ist oft eine Ruhephase während des Tages erforderlich.

Musiker verfügen über ein deutlich verfeinertes und geschultes Gehör. Sowohl das Hören und Zuhören als auch die große Lautstärke der Umgebung (z.B. bei Orchesterproben) spielen hier eine prägnante Rolle.

Es wird daher die Möglichkeit zur Regeneration in großer Stille gefordert.

Auslandsaufenthalte: Die Dauer der Auslandsaufenthalte und damit Abwesenheit von der Wohnung wird von den Nutzerstellvertretern beim Workshop nicht als signifikant höher als im Durchschnitt angegeben. Es befinden sich jedoch in der Interessentengruppe einige Musiker für die diese Aussage nicht gilt. Diese Gruppe ist jedenfalls sehr häufig nicht in Wien und konnte daher weder bei der Infoveranstaltung noch beim Workshop eine entsprechende Gegenposition vertreten.

4.6.2. Vergleich mit Musikstudierenden

Auch 24 Musikstudierende füllten den pos-Fragebogen aus. Sie wurden separat per Hand ausgewertet und die Unterschiede zur Hauptstichprobe beachtet.

Geschlecht:

Fünfzehn (62%) Ausfüllende sind weiblich, neun (38%) sind männlich.

Bei der Hauptstichprobe ist die Zahl der Männer und Frauen etwa gleich.

Familienstand:

18 (78%) sind alleinstehend, fünf (22%) verheiratet/in Partnerschaft. Einmal fehlen die Angaben. Gegenüber der Hauptstichprobe kehrt sich das Verhältnis von Partnerschaften zu Singles also hier um.

Kinderzahl:

Es gibt wenige Kinder - zweimal eines, einmal zwei. Auch die Hauptstichprobe ist nicht sehr kinderreich. Trotzdem soll auf die Bedürfnisse von Familien mit Kindern planerisch Bezug genommen werden.

Wohnungssuche:

Die meisten (10; 45%) suchten nicht, sieben (32%) in weiterer Zukunft, vier in I

bis 2 Jahren (18%), einer derzeit (5%). Zwei machten keine Angaben.
Die Wohnbedürfnisse sind gegenüber der Hauptstichprobe weniger akut.

Lagekriterien: (47 Mehrfachnennungen)

Am häufigsten genannt wurde die U-Bahn-Anbindung (15x, 32%), dann Zentrumsnähe, Grünlage und Ruhelage (je 9x, je 19%), dreimal Freizeitwert (7%) und zweimal Einkaufsmöglichkeit (4%). Das entspricht fast exakt der Hauptstichprobe.

Als **Bezirkswünsche** tauchen je einmal I.-IO., 3., 4., 6. und 8. auf. In der Hauptstichprobe überwogen ebenfalls Ortswahlen der ersten zehn Bezirke. Rechtsform Hier dominiert die Miete mit 17 Nennungen (74%) vor Eigentum (4; 17%) und Mietkauf (9%). Gegenüber der Hauptstichprobe (Eigentum knapp vor Miete) dominiert hier noch die Miete als Wohnform der jüngeren Ansparerinnen.

Wohnform/Größe:

Hier wurden folgende Angaben gemacht:

Garconniere 40 qm	Altbaugarconniere 80 qm
Wohnung	Wohnung 15-20 qm
Wohnung 20-25 qm	Wohnung 80-90 qm
Wohnung mind. 40 qm	Wohnung 40 qm
Wohnung 45-50 qm	Wohnung 45-50 qm
Wohnung ca. 50 qm	Wohnung 50 qm
Wohnung 50 qm	Wohnung mind. 60 qm
Wohnung 60 qm 3 Zi	Wohnung 60-70 qm 2 Zi
Wohnung 80 qm	Wohnung 80 qm
Wohnung 2-3 Zi	Wohnung 20 qm Zi
Wohnung 20 qm Zi	Haus
keine Angaben	keine Angaben

Der Mittelwert der angegebenen Flächengrößen (17 Fälle) beträgt 54 qm.
In der Hauptstichprobe wurde, entsprechend den überwiegenden Partnerschaften, Flächen ab 75 qm präferiert, hier wird noch die Singlewohnung stärker nachgefragt.

Bruttomiete:

Es wurden folgende Kategorien gewählt:

keine Angaben	5x
bis ATS 3.000	5x
ATS 3.001-4.000	8x
ATS 4.001-5.000	3x
über ATS 5.000	3x

Die mehrheitliche Wahl niedrigerer Mietenkategorien entspricht auch der Hauptstichprobe.

Kosten/Quadratmeter:

Es kamen nur vier Nennungen, alle im Bereich ATS 28.001-32.000/qm.
Das entspricht tendenziell genau der Hauptstichprobe.

Übezimmer Kosten:

Dazu kamen folgende Nennungen:

keine Angabe	5x
nichts	12x
ATS IO/h	4x
ATS 20/h	1x
3.000/Mon.	1x
500/Mon.	1x

Das heißt, das Übezimmer soll möglichst nichts oder wenig zusätzlich kosten.
Diese Frage wurde der Hauptstichprobe nicht gestellt.

Sonderfunktionen: (45 Mehrfachnennungen)

Hier ergab sich folgende Nennungsreihe:

Übungsraum	22	49%
Mittagstisch	7	16%
Fitnessräume	5	11%
Probelokal für Gruppe	4	9%
Aufführungs-/Konzertsaal	3	7%
Tonstudio	2	4%
CafelBar	2	4%

Sonstige Ideen: Grüner Garten mit Goldfischen (Inspiration), Musikraum Gegenüber Hauptstichprobe fällt die Ähnlichkeit der Präferenzreihe auf, wobei aber insgesamt weniger oft gewählt wurde. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Stichprobengröße und der verschiedenen "Auswahlfreude" wurde der Mittagstisch von älteren Musikern seltener präferiert.

Informationsveranstaltung:

14 (70%) waren interessiert, 6 (30%) desinteressiert, 4 hatten keine Meinung. In der Hauptstichprobe waren 75% für eine Informationsveranstaltung.

Tätigkeit: (23 Personen, 30 Tätigkeitsangaben)

Es kamen 18 Einzelnennungen (17 Instrumentalistinnen, 1 Sängerinnen) vor, drei Doppelnennungen (Instrumental + Gesang) und zwei Dreifachnennungen (Instrumental+Gesang+Dirigieren), einmal keine Angabe. Da es sich um Studierende handelt, kann nicht direkt mit der Hauptstichprobe verglichen werden. Dort überwiegen Lehrerinnen und freischaffende Musikerinnen.

Bereiche: (24 Personen, 37 Bereichsangaben)

16 nannten einen Bereich (67%; 14 Klassik, 1 Jazz, 1 Barockmusik), vier Leute gaben Doppelnennungen (17%; drei Klassik+zeitgenössische Musik, einmal Klassik+Rock, Pop), außerdem gab es drei Dreifach- (13%; Klassik+Jazz +Rock,Pop) und eine Vierfachnennung (4%; Klassik+Jazz+Folk,Blues+Gospel).

Prozentuell entspricht die Vielfalt der Bereiche etwa der Hauptstichprobe.

Bei den Bereichen selbst führt die Klassik mit 22 (59%) vor Jazz (5; 14%), Rock,Pop (4; 11%), zeitgenössischer Musik (4; 11%) und je einmal Barock, Folk,Blues und Gospel (je 3%). Gegenüber der Hauptstichprobe - älteren Musikern im Beruf- fällt bei den Studierenden die prozentuelle Abnahme der Klassik (hier 59% zu 79%) und eine starke Abnahme der zeitgenössischen Musik (hier 11% zu 35%) auf. Die anderen Gebiete sind nicht häufiger, werden aber etwas häufiger als bei den älteren Musikern dazukombiniert. So wird das Bild etwas bunter. "Ein Haus für Musiker" sollte diese Entwicklung, sofern sie auch für andere Studierende gilt, aufnehmen und sich nicht am "klassischen Musentempel" orientieren, sondern kulturell Breite gewinnen.

Instrumente: (24 Personen, 28 Mehrfachnennungen)

Ein Instrument nannten 21 (88%), zwei nannten zwei (8%), drei eine Person (4%). Damit geht bei den Studierenden die Tendenz mehr in Richtung eines Instruments (88%) als bei den älteren Musikern (65%).

43% sind Tasteninstrumente (=Klavier),
 21% Streich- und Saiteninstrumente (v.a. Gitarre),
 29% Blasinstrumente (v.a. Flöten),
 3,5% Sing-/Sprechstimme,
 3,5% Elektronisch,
 0% Schlaginstrumente.

Im Vergleich zur Hauptstichprobe gibt es weniger Sängerinnen und keine Schlaginstrumente. Bei den Streich- und Saiteninstrumenten finden sich mehr Gitarren als Violinen.

Übezeiten: (41 Mehrfachnennungen)

"früh"	1	3 %
vormittags	10	24 %
nachmittags	12	29%
abends bis 22 Uhr	14	34 %

nach 22 Uhr 4 10% (keine Angaben 2)
 Es zeigt sich eine Gleichverteilung zwischen Vormittag und Nachmittag (je etwa ein Viertel) und ein relatives Überwiegen der Abendübezeit mit einem Drittel.
 Die Wünsche nach sehr spätem oder frühem Üben sind wenig ausgeprägt.
 Diese Frage wurde der Hauptstichprobe nicht gestellt.

4.6.3 Anforderungen an das Raumprogramm

4.6.3.1. Allgemeine Anforderungen:

Lage, Kosten, Größe

Lagekriterien: Diese wurden als zwei Nennungen ausgewertet. Total gab es 174 Mehrfachnennungen, wovon 29% die U-Bahn betrafen, 21% Zentrumsnähe und 20% Ruhe, 19% Grünlage, 7% Einkaufsmöglichkeiten und 4% Freizeitwert. Wichtig sind also Infrastruktur/Urbanität und Stille.

Bezirk: Die Auswertung der Mehrfachnennungen ergab folgende Präferenz-rangreihe (Nennungen): **9. Bez.**(13), **3. Bez.**(11), **7. Bez.**(9), und **8. Bez.**(9), **2. Bez.**(8), **4. Bez.**(7), **6. Bez.**(7), **18. Bez.**(6) und **19. Bez.**(6).

Alle anderen Bezirke lagen bei 5 oder darunter. Ablehnung erfuhren besonders die Bezirke 20 bis 22 und der 11. Bezirk.

Rechtsform: Hier dominierte mit 44% das Eigentum vor Miete mit 37% und Mietkauf mit 19%.

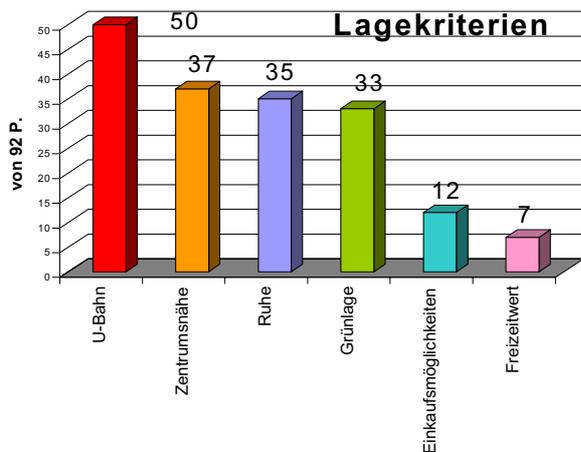
Größe: Gewünscht wurden 50 qm (10%), 75 qm (25%) vor 90 qm (17%), 110 qm (17%) und 130 qm (je 23%), und >130 qm (8%). 35 qm wurden nie gewünscht. Größere Objekte wollen signifikant mehr Paare/HH mit Kindern.

Kosten/Miete: 57% wünschten sich Mieten im Bereich 5.001-10.000, 23% im Bereich bis 5.000, 16% im Bereich 10.001-15.001, nur mehr 3% >15.000.

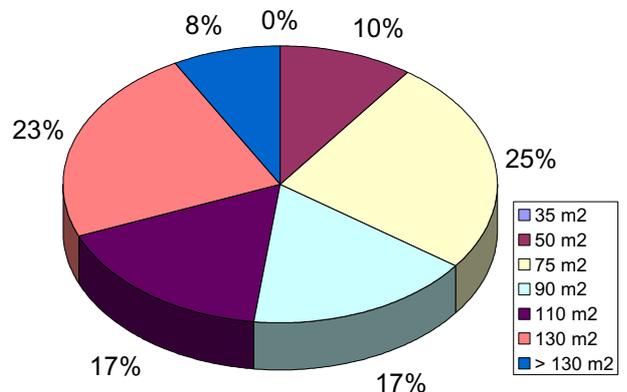
Kosten/Eigentum: 51% wollten bis 28.000/qm zahlen, 40% 28.001-32.000, nur mehr 4% 32.001-36.000, nur 4% >36.000/qm.

Allgemeine Wünsche:

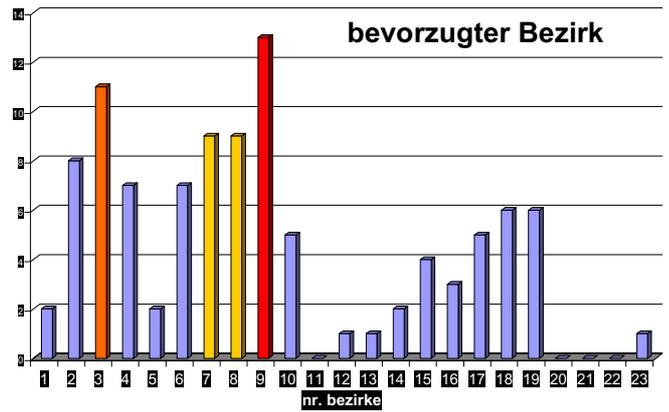
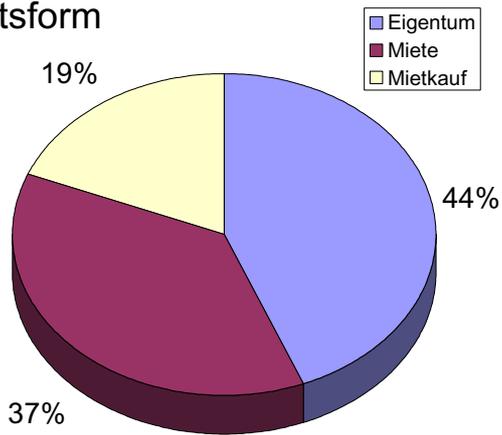
Die Fragebögen boten die Möglichkeit zu Kommentaren was beim Wohnen "besonders wichtig" sei. Hier dominieren Nennungen zu Hof, Garten, Naturnähe, Ruhe, Schallschutz (je 10) vor Licht, Sonne (9), und Balkon, Terrasse (6). Relevant sind weiters (je 4) Raumhöhe über 2m50 und nette Nachbarn, Kommunikation.



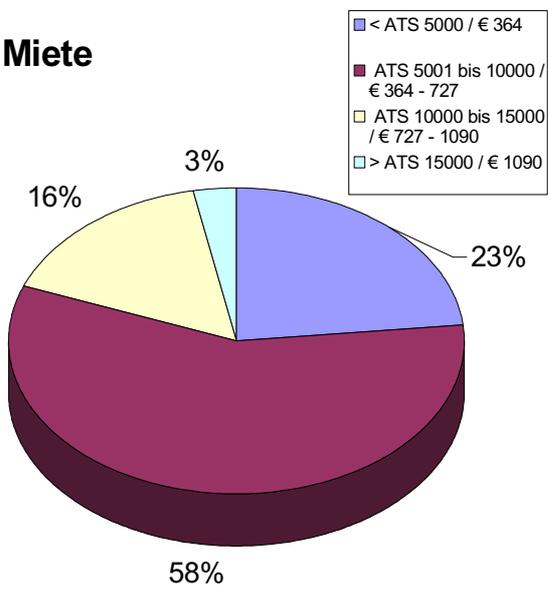
Wohnungsgrößen



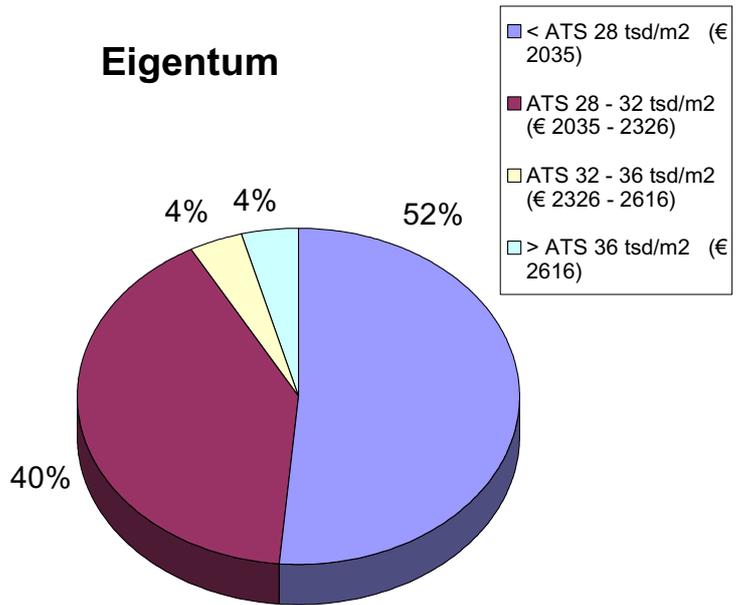
Rechtsform



Miete



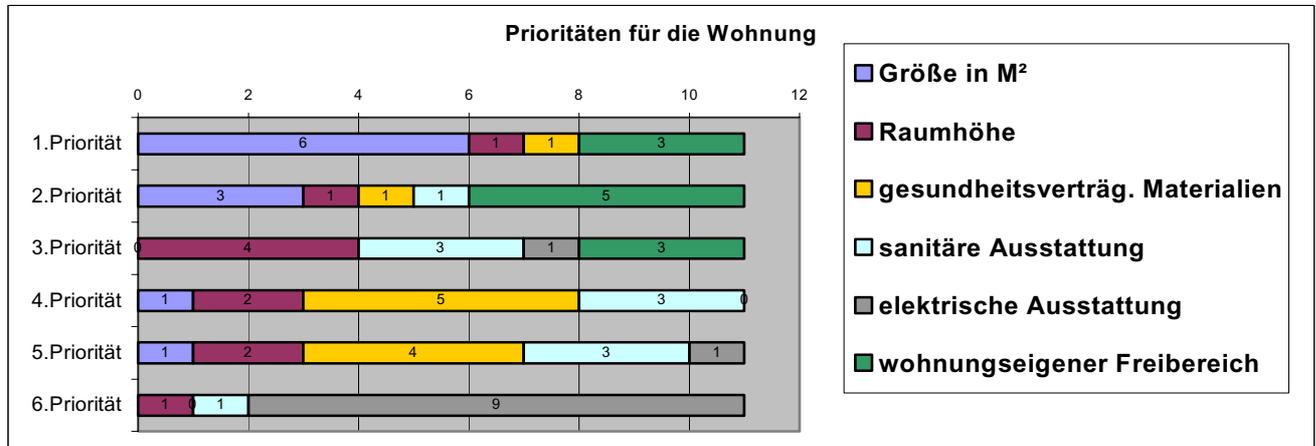
Eigentum



4.6.3.2. Die Wohnung:

Prioritätenreihung von Wohnungsqualitäten:

diese Reihung wurde im Rahmen des Workshop durchgeführt



in dieser Wertung liegt

die Größe(1) an **erster Stelle**, dicht gefolgt vom wohnungseigenen Freibereich(2), Raumhöhe(3), gesundheitsverträgliche Materialien(4) und sanitäre Ausstattung(5) bilden einen deutlich abgesetzten **Mittelbereich** und die elektrische Ausstattung(6) liegt klar **am Schluss**.

Vorstellungen zur räumlichen Konfiguration der Wohnung

Hier werden hauptsächlich ein Wohn/Essbereich mit integrierter oder angelagerter Küche gefordert, Gerüche und der Blick aufs schmutzige Geschirr sollen vermieden werden.

Bei der Frage nach offenem **Loft** einerseits kontra **Gang mit Einzelräumen** andererseits ist eine Tendenz in Richtung Einzelräume feststellbar. Die Forderung lautet: offenes Wohnen soweit als möglich, Rückzugsbereiche (eigene Zimmer) und Bereiche die akustisch deutlich entkoppelt sind **müssen** jedoch jedenfalls vorhanden sein.

Üben in der Wohnung

Ein Teil der Musiker fordert die Möglichkeit nach Üben in der eigenen Wohnung. Dies wird hauptsächlich von den "leisen" Instrumenten gefordert, die auch bisher in der Wohnung geübt haben und damit wenig Schwierigkeiten hatten in Hinblick auf Nachbarinterventionen. Als Gründe werden angegeben, dass man nebenbei Kinder beaufsichtigen kann oder Kochvorgänge überwachen kann.

Vernehmbarkeit von Musik in der Wohnung:

Was ist geringe Vernehmbarkeit? Ich höre etwas und kann erkennen dass es ein Klavier ist.

ca. 90 % der Befragten lassen während der normalen Tageszeit (6 –22h) geringe Vernehmbarkeit von Musik aus Räumen außerhalb der Wohnung zu.

ca. 67 % der Befragten lassen geringe Vernehmbarkeit auch während der Nachtzeit zu.

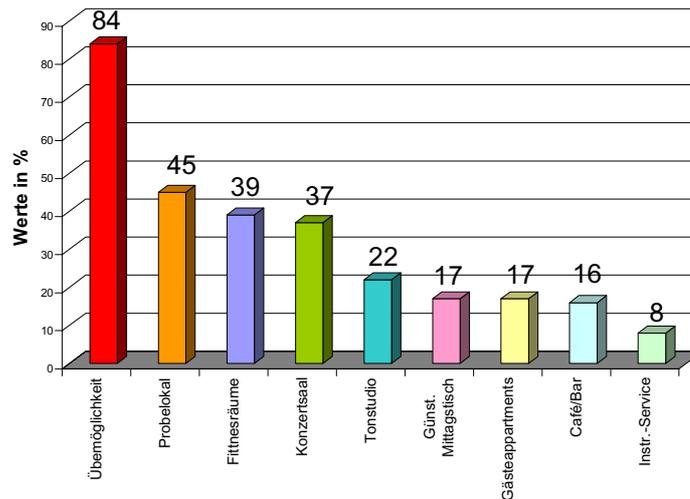
Arbeitsbereich in der Wohnung

mehrfach wird auch ein eigener, abschließbarer Arbeitsbereich in der Wohnung gefordert.

4.6.3.3. Sonderfunktionen:

Die Mehrfachnennungen wurden nach Einzeleigenschaften prozentuell ausgewertet. Der Reihenfolge nach ergab sich: 84% wollen Überemöglichkeiten, 45% ein Probelokal für Gruppen, 39% Fitnessräume, 37% einen Aufführungs-/Konzertsaal, 22% ein Tonstudio, 17% einen günstigen Mittagstisch, 17% Gästearringtons, 16% Café/Bar, nur 8% einen Instrumentenservice.
Sonstiges: Hier wünscht man Üben in der Wohnung (4x), einen begrünten Innenhof/Garten (2x) und einen Seminar-/Unterrichtsraum (2x).

Sonderfunktionen



4.6.3.4. Überäume:

Tätigkeit:

der Überaum wird für die Einzelarbeit verwendet. Lediglich in Räumen mit Klavier finden auch Ensembleproben statt.

Zeit:

Die tägliche Übedauer ist äußerst unterschiedlich und von verschiedensten Faktoren abhängig. Die Übedauer wird minimal mit 0 h, maximal mit 10 h pro Tag angegeben. Als häufiges, durchschnittliches Maß geben die befragten Musiker 2 – 5 h/ Tag an.

Lage:

wie vorher erwähnt fordert ein kleiner Teil der Musiker eine Überemöglichkeit in der Wohnung. Die Vorstellung eines wohnungsexternen Überaumes (auf der anderen Seite des Ganges) wird positiv aufgenommen, sobald die Möglichkeit des alleinigen Besitzes, der alleinigen Miete vorhanden ist.

Organisation:

68% möchten einen eigenen Überaum besitzen, er soll jederzeit unbeschränkt zur Verfügung stehen. Der Raum wird dann auch zum Arbeiten verwendet, Noten und Material werden dort aufbewahrt, auch das Instrument wird dort verwahrt.

32% brauchen keinen eigenen Überaum und können sich vorstellen, den Überaum mit anderen Kollegen zu teilen.

Zeitbedarf für ein geteiltes Übezimmer wird mit max. 2 – 3 h/ Tag angegeben.

Externe, interne Überäume:

50% der Befragten bevorzugen eine Lösung, wo alle Überäume extern sind, außerhalb der Wohnung (z.B. auf der anderen Seite des Ganges), und in der Wohnung nicht geübt werden kann.

36% bevorzugen einen erhöhten Schallschutz in allen Wohnungen und zusätzlich externe Überäume für die "lauten Instrumente", in den Wohnungen können nur die "leisen" Instrumente üben: Geige, Bratsche, Cello, Gitarre, Flöte, etc., jedoch nicht Klavier !!!

14% möchten unbedingt einen Überaum innerhalb der Wohnung, auch wenn der Schallschutz für diesen Raum auf lauteste Instrumente ausgelegt werden muss .

Solltemperatur im Überaum:

Es werden gegenüber dem Wohnen keine erhöhten Anforderungen gestellt, eine Kühlung im Sommer ist nicht erforderlich, die allgemeine Obergrenze von 26°C ist ausreichend.

Luftfeuchtigkeit im Überaum:

50% wird als optimal angesehen, wichtig ist, dass weder Luftfeuchtigkeit noch Temperatur sich abrupt verändern.

Raumgröße:

Für leise Instrumente wird eine Größe von 12-15 M² als ausreichend angegeben, für laute Instrumente 20-25 M². Je größer das Raumvolumen wird, umso geringer wird die Abhängigkeit vom Ausmaß der Besetzung und der Ausstattung, und außerdem wird die bei kleinen Räumen unangenehme hohe Lautheit günstig abgemindert.

Im wesentlichen stimmen die Wunschgrößen der Nutzer mit den Anforderungen der Instrumente überein, die sie spielen, es ist jedoch eine Tendenz zu mehr Raumvolumen festzustellen. Ca. 30% der Musiker wünschen einen Raum, der die für ihr Instrument minimal ausreichende Größe von ca. 14M² bzw. ca. 22M² überschreitet.

Raumhöhe:

64% fordern eine Raumhöhe von 2,8 – 3 Metern, 27% fordern nur 2,5 – 2,8 Meter, 9% fordern 3 –3,5 Meter.

Seitens des Akustikers wird ein Raum von 25 – 30 M² und eine Raumhöhe von 3,5 Meter als ideal angesehen.

Zugänglichkeit:

Die Zugänglichkeit des Raumes für den Transport großer Instrumente muss beachtet werden.(Lift, Gangbreite, Türbreiten)

Tageslicht, Ausblick:

Tageslicht wird ausdrücklich gewünscht, Ausblick ist nicht erforderlich, Besonnung ist eher nicht erwünscht, von der Lagegunst im Gebäude sind die Überäume den Wohnräumen unterzuordnen.

Kosten:

Das Üben soll nichts kosten.

Anm.: Die Anforderungen stimmen nicht mit dem überein, wie viel Geld man ausgeben möchte.

4.6.3.5. Ensembleproberaum:

Größe: 30 –50 M²

Raumhöhe: Die Nutzer fordern mindestens 3 m, der Akustiker fordert jedenfalls 4 m.

Nutzung:

Die Nutzung dieses Raumes wird sehr breit gestreut gesehen, daher sollte er auch eher Mehrzweckraum heißen.

Die Nutzer vermuten, dass teilweise Nutzungen erst durch den Raum selbst provoziert/hervorgerufen werden.

Momentan sind denkbar:

Ensembleprobe, z.B. Streichsextett, Klavierquintett, diverse Jazzformationen, Schauspielprobe, Musikalische Früherziehung, Flamencoprobe (transportables Podium erforderlich), Tanzen, Gymnastik, Seminarraum, Bewohnerplenum, Raum für Kinderfest, Vereinslokal.
Probe mit Bigband (17 Leute) ist hier noch nicht möglich, dafür wären ca. 60 M² erforderlich.

Nebenräume:

Einzelne Nutzer brauchen einen eigenen Abstellraum daneben, um Gegenstände, Instrumente verwahren zu können.

Klavier:

kein Ergebnis wird auf die Frage erzielt, ob der Raum ein Klavier enthalten soll. Probleme mit Anschaffungs- und Servicekosten werden angesprochen, eine Möglichkeit ist ein Klavier, das wahlweise in den Aufführungsraum oder Ensembleraum geschoben werden kann.

Belegung:

10 – 25 Personen, 2h bis Halbtage mit Pause.

Materialien, Oberflächen:

Hinsichtlich mancher Nutzungen bestehen spezielle Anforderungen an den Boden, z. B. für die musikalische Früherziehung soll er fußwarm und nicht rutschig sein, die Flamencoprobe benötigt überhaupt ein eigenes Podium, Tanz und Gymnastik brauchen Spiegel und Haltestangen.

Solltemperatur im Ensembleraum:

Es werden gegenüber dem Wohnen keine erhöhten Anforderungen gestellt, eine Kühlung im Sommer ist nicht erforderlich, die allgemeine Obergrenze von 26°C ist ausreichend.

Luftfeuchtigkeit im Ensembleraum:

50% wird als optimal angesehen, für die Holzinstrumente ist wichtig, dass weder Luftfeuchtigkeit noch Temperatur sich abrupt verändern, für die anderen Nutzungen sind keine speziellen Anforderungen bekannt.

Anm. KBQ - Nach übereinstimmender Meinung vieler Restauratoren ist die Feuchte (und deren gewünschte Konstanzhaltung) der wichtigste Parameter, dann erst ist die Raumlufttemperatur zu nennen.

Nutzungsdauer:

die Angaben zu Nutzungsdauer und Häufigkeit sind äußerst schwankend.

Es gibt Nennungen zu:

1- 2xpro Woche ca. 2-3 h, 1xpro Woche ca. 6 h, 5xpro Jahr geblockt mehrere Tage

Kosten:

Kostenangaben liegen bei 200 bis 300 ATS pro Halbtage, d.s. 50 bis 70 ATS /h. Einige Nutzer möchten auch gar nichts für die Benützung zahlen. Gefordert wird eine Gratisnutzung für Projektbewohner durch Außenvermietung.

4.6.3.6. Veranstaltungsraum

Nutzung: folgende Nutzungen wurden erwähnt:

Probelokal für externe (Kammerorchester oder freie Gruppen),

Hauskonzerte (abspielen eines neu erarbeiteten Programms)

Schülerabende

Jazzsessions

Flamencoaufführungen

Theateraufführungen

Aufführungen von Schauspiel/ Musik Kooperationen
Kabarettveranstaltungen

nach Außen vermietbarer Saal für Musik/ Sprechen/ Tanz

Problem: für Theaterproduktionen werden eher langfristig geblockte Belegungen gefragt, dies könnte den Raum eventuell zu lange blockieren.

Größe:

Kammerorchester oder freie Gruppen brauchen für Proben ca. 100 M²
für Veranstaltungen kann von 50 – 100 Zuschauern ausgegangen werden.

Bigbandproben brauchen 70 –100 M²

Hinweis : unter 100 Zuschauer bleiben und nicht als Aufführungsraum deklarieren um behördliche Vorschriften und Auflagen gering zu halten.

Raumform:

Seitens der Schauspieler wird ein Raum gefordert der nicht konventionelle Bespielung nahe legt sondern auf Grund seiner Form, Proportion, Oberflächenbeschaffenheit neue Konzepte, Ausdruckformen und Bespielungen ermöglicht und herausfordert. "Arena" als Arbeitstitel, Achtung: Techniker für den Umbau erforderlich

Nebenräume:

für Aufführungen ein "Künstlerzimmer"+ Sanitärgruppe = Aufenthalts, Garderoben und Pausenbereich +WC/Dusche für die Aufführenden, (10 - 15 Leute)

Depot für Sessel, Pulte, techn. Equipment, diverses

Depot für Klavier, Schlagzeug, ca. 15- 20 M², eventuell kleinere private Einzeldepots

Nebenräume für Publikum: Garderobe, WC, Pausenbereich, Buffet,

Klavier:

Probleme mit Anschaffungs- und Servicekosten werden angesprochen, eine Möglichkeit ist ein Klavier, das wahlweise in den Aufführungsraum oder Ensembleraum geschoben werden kann, also zwischen beiden sein Depot haben sollte.

Bühnenvorhang:

ein Bühnenvorhang wird gefordert.

Podium, Beleuchtung:

Ein Podium wird nicht ausdrücklich gefordert, ebenso nicht eine größere Beleuchtungstechnik.

Da diese Maßnahmen Einbauten darstellen , die ebenso kostenintensiv wie nachrüstbar sind, wird in diesem Stadium von einer Präzisierung der Forderungen hinsichtlich Podium und Bühnenbeleuchtung Abstand genommen.

Belegung:

für Proben ca. 20 – 40 Leute,

für Aufführungen inkl. Künstler ca. 120 Leute, bei Überbelegung im Maximalfall 200 Leute

Solltemperatur im Veranstaltungsraum:

Es werden keine erhöhten Anforderungen gestellt, jedoch Obergrenze 26° im Juni oder September bei 120 Personen Belegung

Luftfeuchtigkeit im Veranstaltungsraum:

50% wird als optimal angesehen, höhere Werte bis 70 % sind möglich, solange langsam ansteigend.

Für die Holzinstrumente ist wichtig, dass weder Luftfeuchtigkeit noch Temperatur sich abrupt verändern, für die anderen Nutzungen sind keine speziellen Anforderungen bekannt.

Kosten:

für interne: 500 ATS bis max. 2000 ATS für einen Abend (18 – 23 h), Theatergruppen die den Raum normalerweise für z.B. 6 Wochen für die Probenarbeit belegen wollen, können 500 ATS pro Tag meist nicht aufbringen, hier müssten Sonderarrangements getroffen werden.

4.6.3.7. Gästeapartments :

Nutzung:

Es sind prinzipiell mehrere Nutzungsarten denkbar:

als Unterbringung für Freunde

als Unterbringung für Berufskollegen während einer gemeinsamen Produktion

als Mietobjekt für externe Veranstalter, die für nicht ortsansässige Künstler für mehrere Wochen eine Unterkunft suchen.

Größe, Ausstattung:

Die meisten Nennungen erhält eine Garconniere mit Kochgelegenheit, Geschirrspüler und Waschmaschine, Bad, möglichst mit abteilbarem Schlafbereich.

Atmosphäre:

Für aus und inländische Gäste, die mehrere Wochen bleiben ist die Atmosphäre sehr wichtig, "Heimatgefühl", Komfort, und Wohlfühlen sind genannte Begriffe.

Nutzungsdauer, Belegung:

von Seiten der möglichen Bewohner besteht momentan geringer Bedarf. ca. 3x pro Jahr, 3-5 Tage, ca. 3 Personen.

Kosten:

die Forderungen reichen von nichts bis zu vergleichbaren Kosten in einer Pension.

Externe Veranstalter zahlen derzeit in einer einfachen Pension 500 ATS pro Tag, in Hotel 1000 ATS pro Tag.

andere Gästeunterbringung:

von einigen Nutzern wird in diesem Zusammenhang angedacht, Gästefreunde im Überzimmer unterzubringen.

4.6.3.8. Sekretariatsbereich:

Diesbezüglich besteht wenig Bedarf, es wird damit gerechnet, dass es im Haus einen Raum für das facility Management gibt, hier könnte die entsprechenden Geräte mitbenutzt werden (Kopierer).

4.6.3.9. was brauchen Musiker noch?

Fitnessbereich: 50 % der Workshopteilnehmer möchten einen Fitnessbereich, Ausstattung diverse Geräte, Matten, Stepper, Fahrrad

Sauna: 70 %

Jogging und Spaziergang in der Nähe: 80 %

Garagenplatz im Haus:

90% fordern einen Garagenplatz, jedoch nur 10 % verwenden ihr Auto täglich.

Die meisten besitzen nicht genügend Informationen über car-sharing, 50 % könnten sich nach kurzer Information ein car sharing Modell im Haus vorstellen.

Dachgarten: Dachgarten oder Dachterrasse möchten 100%, ein privater Dachgarten statt des wohnungseigenen Freibereiches erhält nur 10 % Zustimmung, allgemeine Zustimmung erhält öffentlicher Dachbereich –nicht zu groß- für spezielle Gelegenheiten

Fahrradabstellplätze: 100%

Abstellräume: in der Wohnung und im Keller nicht zu klein. 20% benötigen einen eigenen Abstellraum auf der PKW Zufahrtsebene.

interner Spielraum für Kinder: 10%, mit Geräteausstattung

Transportwege: alle Transportwege für Instrumente einschließlich des Liftes und der Stiegen müssen ausreichend dimensioniert sein.

Schönes Gebäude: Hier dominieren folgende Begriffe: hell, freundlich, großzügig, warm (farbig), behaglich,

Eingang und Gänge sollen hell, freundlich und nicht eng sein, Kommunikationsmöglichkeit im Stiegenhaus, Übersichtlichkeit, Sicherheit werden gefordert.

Das Haus soll sich auch nach außen offen, freundlich und "schön" präsentieren.

4.6.3.10. Kooperation mit extern. Nutzern, Veranstaltern, Bewirtschaftung

Allgemein wird die Bereitschaft erklärt aktiv bei der Bewirtschaftung des Hauses mitzubestimmen und auch für Sitzungen und Initiativen Zeit zu investieren.

Das Modell eines Vereines erscheint möglich.

Grundsätzlich gibt es Entscheidungsbedarf hinsichtlich des Zusammenlebens der Bewohner (Überäume, Anschaffungen, interne Kosten für die Sonderräume, etc.)

und hinsichtlich der externen Initiativen und Veranstaltungen.

Das Gespräch muss in diesem Bereich zu einem fortgeschritteneren Zeitpunkt weitergeführt werden.

4.7. Schlussfolgerungen

Wohnung:

Prioritäten:

Wohnungsgröße, Freibereich, Raumhöhe:

Ein wohnungseigener Freibereich muss für alle Wohnungen geschaffen werden.

Die Wohnungsgröße an 1. Stelle bedeutet, dass bei gleichem Budget lieber mehr in Raum als in Ausstattung investiert wird. In extremer Formulierung ist dieser Wunsch aber nicht vorhanden, da zumindest die sanitäre Ausstattung durchaus im Mittelfeld liegt.

Hinsichtlich der Raumhöhe könnte vielleicht der Versuch einer Staffelung vorgenommen werden: Nebenräume niedrig, Aufenthaltsräume höher, wenn dies im Geschosswohnbau realisierbar ist.

gesundheitsverträgliche Materialien:

Hier soll mit Information und Ausstattungspaketen reagiert werden.(Böden, Wandfarbe, Oberflächenmaterialien)

Sanitäre Ausstattung:

Das Raumangebot wird im Mittelbereich liegen, die Ausstattung an san. Einrichtungsgegenständen in 3 Aufbaupaketen anbieten.

elektrische Ausstattung: eventuell 2. Erhebung in fortgeschrittenem Projektstadium, welche Möglichkeiten zum Aufrüsten müssen geboten werden.

räumliche Konfiguration:

integrierter Wohn/Ess/Küchenbereich mit der Möglichkeit die Küche optisch und olfaktorisch auszublenden.

Es müssen der Wohnungsgröße entsprechend viele Zimmer abteilbar sein, das Wohnzimmer kann als Verteiler dienen.

Forderung an die Haustechnik: für die Wohnungen: die meisten Musiker sind wenig ökologisch orientiert, aber in Bezug auf Geräusche sehr sensibel. Die Geräusche einer Lüftungsanlage sind daher vorderhand emotionell nicht positiv besetzt und könnten (in dieser Kombination) als störend empfunden werden. Ein Ausschalten der Lüftung muss möglich sein, eine Kombination mit der Heizung scheint aus diesen Gründen nicht empfehlenswert. Es ist ein kostengünstiges Doppelsystem gefragt: mech. Lüftung mit Wärmerückgewinnung ohne Nachheizung, Restwärmebedarf durch konventionelle Heizkörper decken.

Für die Trennung der Lüftung von der Heizung spricht auch die Tatsache, dass nach der vorliegenden Statistik (s. 5.1. Excel Tabelle) mit geringer Personenzahl je Wohnung gerechnet werden muss. Da die zugeführte Luftmenge sinnvollerweise nach der Anzahl der Personen zu berechnen ist, könnte hier die erforderliche Wärmemenge u.U. über die Luft nicht mehr zugeführt werden.

Überäume:

Der Überaum stellt erstens präzise Anforderungen an die raumakustische Ausstattung, zweitens soll er aber einladend, animierend, und für stundenlanges alleine Verweilen prädestiniert sein. Natürliche Belichtung spielt in diesem Zusammenhang eine tragende Rolle, angenehme Materialoberflächen, Farbigkeit. Auf jeden Fall sollten Überäume von ihrer Lage die Qualität von Aufenthaltsräumen in einer Wohnung erhalten (keine Kellerräume). Besonnung ist unerwünscht.

Zu beachten ist der Wunsch nach Wohnungsnähe (auf der anderen Seite des Ganges) in Kombination damit, dass Überäume ca.3,2 M hoch sein sollen. Diese Raumhöhe überschreitet die normaler Wohnungen deutlich. Es wird daher die Frage nach der Einheitlichkeit der Geschossebenen aufgeworfen.

Ensembleproberaum:

Für den Ensembleproberaum ist insbesondere seine Lage bedeutsam. Er muss einerseits eine ähnliche Erreichbarkeit wie die allgemeinen Überäume haben – vom Stiegenhaus aus-; es muss weiters eine Verbindung zum Instrumentendepot bestehen, das neben dem Veranstaltungssaal liegt, damit vor allem ein Klavier in beide Räume geschoben werden kann. Eine Zugangsmöglichkeit von der Lobby aus sollte gewährleistet sein, räumliche Nähe zu der WC Gruppe des Veranstaltungsbereiches ist erforderlich.

Wesentlich ist noch die raumakustisch erforderliche Höhe mit min. 4 m. Vom Material und der Ausstattung ist hier große Variabilität gefragt.

Veranstaltungssaal und Nebenräume:

Bezüglich des Veranstaltungssaales kann zum gegenständlichen Zeitpunkt lediglich ausgesagt werden, dass er ca. 120 m² groß sein soll. Die Nutzung wird 1. in der Verwendung als vermieteter Probersaal bestehen, 2. für Eigenveranstaltungen der Bewohner (Musiker und Studierende) und ihrer Schüler und Studenten; gemeint sind hier Hauskonzerte mit geringem Kartenpreis zum Abspielen von neuen Programmen (wie eine Voraufführung) und 3. in dem Aufbau einer eigenen Veranstaltungsreihe mit externen Ensembles.

5. Raumprogramm:

5.1. Näherungsverfahren zur Festlegung der Wohnungsgrößen

Da im Raumprogramm davon ausgegangen wird, dass ein Großteil der Überäume sich nicht in den Wohnungen befinden wird, die Interessenten bei der Befragung aber von dieser Tatsache sicher nicht ausgegangen sind sondern von der Vorstellung, dass sich der Überaum im Wohnungsverband befindet und dafür eine entsprechende Fläche veranschlagt haben wurden die Angaben zu den Wohnungsgrößen vom Architektenteam noch mal bewertet. Es erfolgte zumeist eine Abminderung der Flächen mit der obenangeführten Begründung, es flossen aber auch Kriterien ein wie die Frage, ob eine Vergrößerung der Personenanzahl zu erwarten ist, ob die finanziellen Mittel der gewünschten Größe entsprechen und ob anhand des gespielten Instrumentes üben in der Wohnung möglich ist. Bewertet wurden nur die Fragebögen von Personen die eine Wohnung suchen.

Unter "**Abschätzung der Wohnungsgrößen**" erfolgt eine Gegenüberstellung zwischen gewünschten Wohnungsgrößen, und der Einschätzung Architekten.

Unter "**Korrektur hinsichtlich finanzieller Lage**" wurde als Grundlage für den Wohnungsschlüssel angenommen, dass 5 Anwärter auf 2 Zimmer Wohnungen, die offensichtlich nicht über genügend finanzielle Möglichkeiten verfügen entweder in Wohngemeinschaften ausweichen oder gar nicht am Projekt teilnehmen.

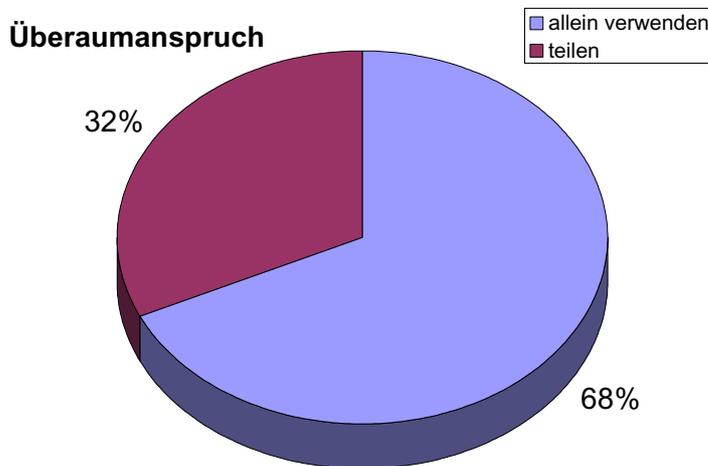
Unter "**Umlegung auf allgemeines Raumprogramm**" wurden die Korrekturen unter Bewertung der derzeitigen allgemeinen Nachfragetendenzen am Markt auf ein allgemeines Raumprogramm für 28 Wohneinheiten für das Grundstück Webgasse 9 umgelegt.

Unter "**Personen im Haushalt**" ist auch die für das Projekt zu erwartende durchschnittliche Belegung der Wohnungen abzulesen.

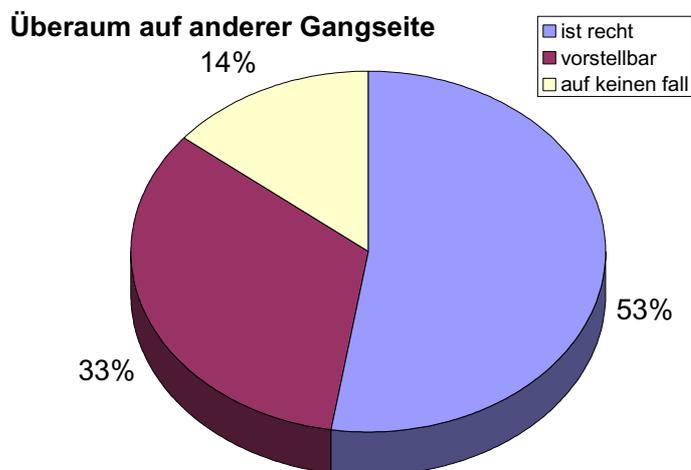
5.2. Variantenüberlegungen, Nutzerbefragung

Auswertung der 2. Befragung entsprechend 4.2.3

1. Frage Möchten Sie den Überaum allein verwenden oder mit anderen teilen?



2. Frage Mein Überaum befindet sich nicht in der Wohnung sondern z.B. auf der anderen Seite des Ganges. Das ist mir sehr recht; es ist für mich vorstellbar; das geht auf gar keinen Fall



Hinsichtlich der Überäume wurden folgende räumliche Szenarien angedacht:

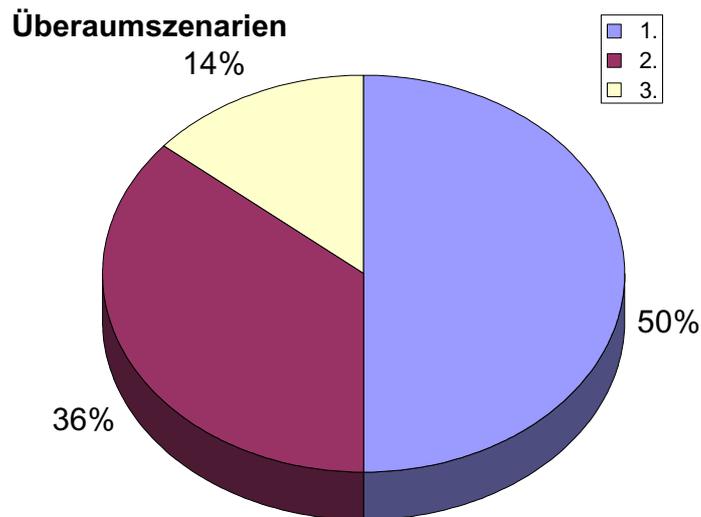
(Bei wohnungsexternen Übelösungen kann man entweder einen Raum alleine besitzen/mieten oder mit anderen teilen)

1. alle Überäume sind extern, außerhalb der Wohnung (z.B. auf der anderen Seite des Ganges), in der Wohnung kann nicht geübt werden.

2. alle Wohnungen besitzen erhöhten Schallschutz, in den Wohnungen können die "leisen" Instrumente üben: Geige, Bratsche, Cello, Gitarre, Flöte, etc. , jedoch nicht Klavier !!!, für alle übrigen Instrumente gibt es Überäume extern (siehe 1.)

3. alle Überäume sind innerhalb der Wohnung, Schallschutz muss für diesen Raum auf lauteste Instrumente ausgelegt werden.

3. Frage Bitte entscheiden Sie sich für ein Überaum-Szenario aus dem Workshop



5.3. Näherungsverfahren zur Festlegung Überaumanzahl und Lage

entsprechend der raumakustischen Erfordernisse gibt es 3 Überaumgrößen:

- 14 M², min. 2,8 m Höhe für leise Instrumente
- 22 M², min. 3,1 m Höhe für laute Instrumente
- 30 M², min. 3,5 m Höhe für Schlagzeug im Keller

Anzahl der Musiker bei 28 Wohnungen:

28 WE, ⇒11 Singles, 17 Paare, davon 11 Paare beide Musiker, 6 Paare, nur einer Musiker, ⇒39 Musiker,
Bei 28 WE wird von 39 Berufsmusikern ausgegangen.

Die erforderliche Anzahl an Überäumen hängt von der gewählten Projektvariante ab.

Für den vorliegenden Entwurf wurde unter Einbeziehung der Interessentenwünsche Var. 2 gewählt.

5.3.1 Var. 1: alle Überäume extern, kein Üben in der Wohnung, 39 Musiker

5.3.1.1. Abschätzung Minimalanzahl,

Voraussetzung: alle Musiker sind bereit, einen Überaum zu teilen, in der Wohnung keine Übemöglichkeit:

Übezeit ca.: 9-22 h = 13h täglich, Auslastung 50 %: = 6,5 h, durchschnittl. Übezeit: 3h, ⇒ Belegung: 2 Musiker pro Zimmer, ⇒

19 Überäume extern,

ca. 35% leise und 65% laute Instrumente ⇒ 7 Räume 14 M² und 12 Räume 22M²,

7 Räume	14 m ²	Summe 98 m ²	60dB,	allgemein
11 Räume	22 m ²	Summe 242 m ²	65 dB	allgemein
1 Raum	30m ²	Summe 30 m ²	75 dB	allgemein
19 Räume		Summe 370 m²		allgemein

ca 9,5 M² pro Musiker alles außerhalb der Wohnung

5.3.1.2. Abschätzung Komfortanzahl

68% aller Musiker verwenden einen Raum alleine, 32% sind bereit einen Überaum zu teilen, in der Wohnung für alle keine Übemöglichkeit:

Übezeit: 9-22 h = 13h täglich, Auslastung 50%: = 6,5 h, durchschnittl. Übezeit: 3h, ⇒ Belegung: 2 Musiker pro geteiltem Zimmer, ⇒ bei 39 Musikern : 27 allein Benutzer, 12 gemeinsame Benutzer
27 private +6 allgemeine= 33 Überäume extern,

ca. 35% leise und 65% laute Instrumente ⇒ 12 Räume 14 M² und 21 Räume 22M²,

12 Räume	14 m ²	Summe 168 m ²	60dB,	teil Privat, teil allgemein
20 Räume	22 m ²	Summe 440 m ²	65 dB	teil Privat, teil allgemein
1 Raum	30m ²	Summe 30 m ²	75 dB	allgemein
33 Räume		Summe 638 m²		allgemein

ca19,5 M² pro Musiker alles außerhalb der Wohnung

5.3.2.Var. 2: erhöhter Schallschutz für leise Instrumente in Wohnung, Rest Extern, 39 Musiker

5.3.2.1. Abschätzung Komfortanzahl

Abschätzung nach Instrumenten: von 39 Musikern sind lt. soziologischer Umfrage 15 Pianisten, 9 Streicher und Saiteninstrumente, 9 Bläser, 2 Schlagzeuger und 4 Sänger/Sprecher.

35% 14 Personen üben in der Wohnung: 9 Streicher, 4 leise Bläser, 1 Sprecher ,
65% 25 Personen üben extern: 15 Pianisten, 5 laute Bläser, 2 Schlagzeuger, 3 Sänger

15 Pianisten ⇒ eigenes Zimmer, extern

5 Bläser üben extern, 1 hat eigenes Zimmer, 4 verwenden allgemeine Räume

3 Sänger üben extern und verwenden allgemeine Räume

9 Streich und Saiteninstrumente üben in der Wohnung

4 leise Bläser üben in der Wohnung

1 Sprecher übt in der Wohnung

2 Schlagzeuger üben extern und teilen 1 Raum

Von 25 extern übenden Personen haben 16 einen eigenen Überaum: 65 %, entspricht in etwa der allgemeinen Forderung. Gesamt: 19 Räume

14 Räume	14 m ²	Summe 196 m ²	60 dB,	privat, in Wohnung
16 Räume	22 m ²	Summe 352 m ²	65 dB	privat, extern
2 Räume	22 m ²	Summe 44 m ²	65 dB	allgemein, extern
1 Raum	30 m ²	Summe 30 m ²	75 dB	allgemein
14 Räume		Summe 196 m²		in der Wohnung
19 Räume		Summe 426 m²		extern
33 Räume gesamt		Summe 622 m²		

ca16 M² pro Musiker

5.3.3.Überäume für Studenten

9 Musikstudenten, (3 WGs a 3 Zimmer) Übedauer durchschnittlich 6.5 h/Tag Übezeit 7-1h= 18h täglich, Auslastung: 80%= 14,5h ⇒

Belegung: 2,2 Studenten pro Raum, ⇒

4 Übezimmer für 9 Studenten, a 22 m² ⇒ 4 Räume mit 22m², gesamt: 88 m²= ca. 10 m² /Student

5.3.4. Gesamtzahl

für die Gesamtzahl aller externen Überäume muss für die Berufsmusiker zwischen Var. 1 und Var. 2 gewählt werden, die Überäume für Studenten sind zu dieser Anzahl hinzuzuzählen. Überäume für Gäste werden derzeit nicht separat ausgewiesen, eventuell könnte ein zusätzlicher Raum geschaffen werden.

Im speziellen Fall wurde eine Entscheidung für die Var. 5.3.2.1 getroffen, die Summe der externen Überäume resultiert daher wie folgt:

14 Räume	14 m ²	Summe	196 m ²	60 dB,	privat, in Wohnung
16 Räume	22 m ²	Summe	352 m ²	65 dB	privat, extern
6 Räume	22 m ²	Summe	132 m ²	65 dB	allgemein
1 Raum	30 m ²	Summe	30 m ²	75 dB	allgemein
14 Räume		Summe	196 m²		in der Wohnung
23 Räume		Summe	514 m²		extern

Für mehr oder weniger Wohneinheiten und mehr oder weniger Studentenwohngemeinschaften, bzw. für andere Nutzungskonzepte kann die entsprechende Anzahl und Größe aus den Berechnungen unter 5.3.1. –5.3.3. hochgerechnet werden.

5.4. Festlegung Anzahl Ensembleproberäume

Größe, Höhe, Qualität und Nutzungsart des Ensembleproberaumes wurde im Workshop und in Einzelinterviews näher definiert.

Die Anzahl berechnet sich wie folgt:

Es werden hier die Nutzungen bewertet, bei denen der Saal im Rahmen der Berufsausübung benutzt und gemietet wird, Es wird angenommen, dass Nutzungen wie Kinderfeste oder Bewohnerversammlungen in geringer zeitlicher Häufigkeit auftreten und terminlich mit den beruflichen Nutzungen abgestimmt werden können, sie werden daher nicht explizit bewertet.

Der Nutzungszeitrahmen des Ensembleproberaumes erstreckt sich über 15 h/ Tag, bei einer Auslastung von 50 % ergeben sich 7,5 genutzte Stunden pro Tag, bei einer durchschnittlichen Nutzungsdauer pro Termin von 2,5 h ergeben sich 3 Nutzungstermine pro Tag, d.s. 21 Nutzungstermine pro Woche.

In den Fragebögen haben 45 % der Musiker Interesse an einem Ensembleproberaum bekundet. Im Workshop ergab sich eine Häufigkeit von 1-2 mal pro Woche.

Momentan kann davon ausgegangen werden dass es pro Tag einen Vormittags-, einen Nachmittags- und einen Abendtermin gibt. Die teilweise angegebenen Nutzungszeiten bis zu einem halben Tag wirken sich daher auf die Anzahl der wöchentlichen Termine eher nicht aus.

Bei 21 Terminen und 1,5 Terminen pro Musiker und Woche ergeben sich 14 nutzende Musiker. Hochgerechnet mit 45 % Nutzungsinteresse ergeben sich 31 Musiker auf einen Ensembleraum, das entspricht etwa 25 WE (in manchen Familien sind beide Musiker)

1 Ensembleraum /25 WE

Aus dieser Berechnung ergibt sich, dass die geforderte Finanzierung der Betriebskosten dieses Raumes durch externe Vermietung vermutlich nicht möglich sein wird, da ein Ensembleproberaum in Eigennutzung bei 28 WE etwas über 100 % ausgelastet ist.

Eine Befragung der Studenten hinsichtlich ihrer Nutzungswünsche wurde nicht durchgeführt.

5.5. Erstellung eines Raumprogramms für 28 Wohneinheiten und 3 Wohngemeinschaften

Für die Erstellung eines allgemeinen Raumprogramms kann von einer Anzahl von 5 ‰ aller Musiker und von 5 ‰ aller Studenten in Wien ausgegangen. Daraus ergeben sich etwa 48 im musikalischen Bereich tätige Personen (Studierende und Musiker). Da bei einer kleinen Anzahl wie dieser der statistische Durchschnitt nicht 100% aussagekräftig ist, kann daher nicht präzise definiert werden, wie viel Musiker Paare und Singles vertreten sein werden, und wie viele Studenten an WGs interessiert sind oder etwa an den 50 m² Wohnungen.

Im ursprünglichen Raumprogramm waren 25 Wohnungen und 4 WGs mit 4 Zimmern vorgesehen. Aus den obengenannten Gründen kann aber mit hinreichender Genauigkeit für das Grundstück Webgasse auch von 28 Wohnungen und 3 WGs mit je 3 Zimmern ausgegangen werden. Hierfür wurden unter 5.1. Wohnungsgrößen definiert, unter 5.3 die erforderlichen Überäume und unter 5.4 der Ensembleproberaum definiert.

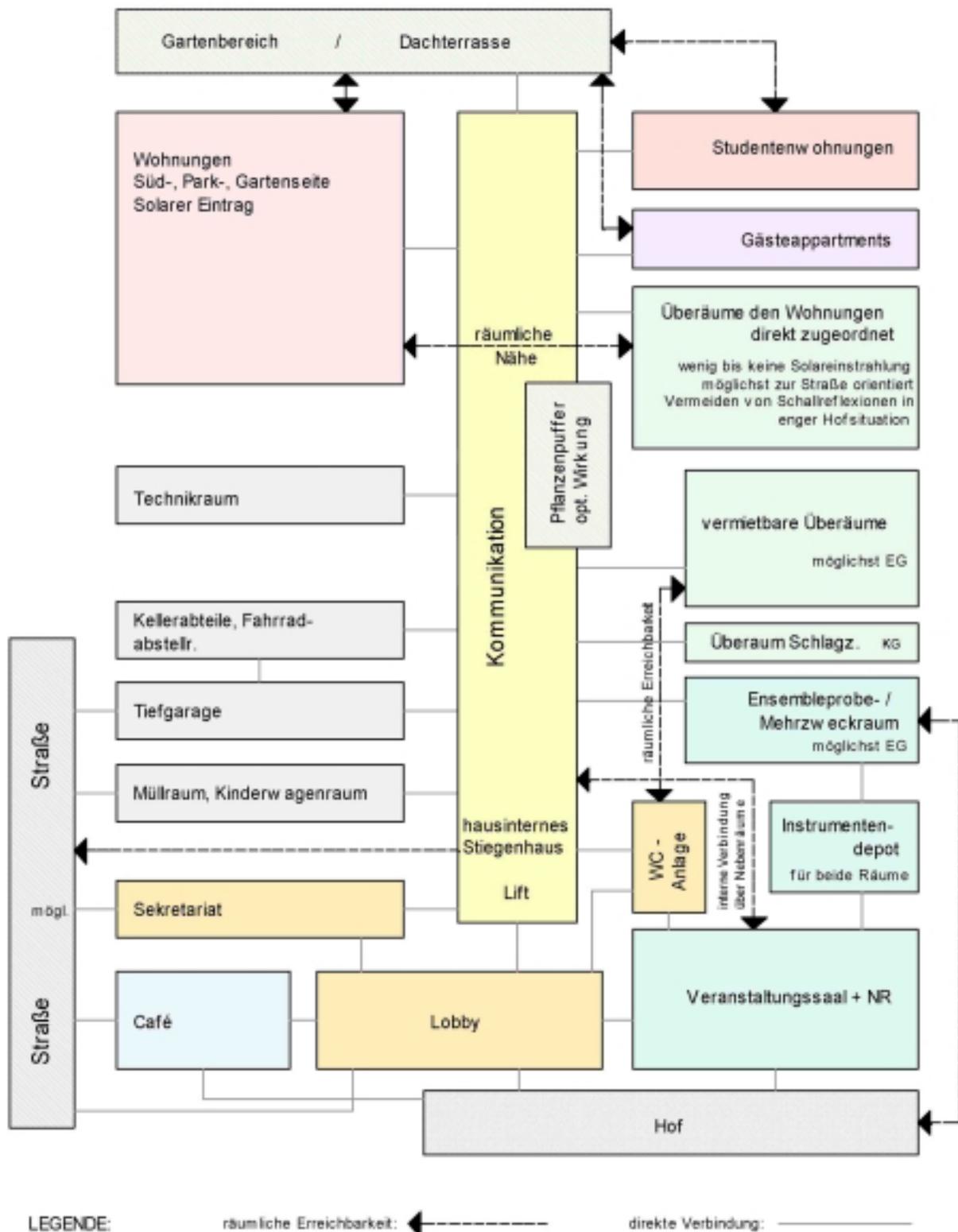
Hier wurde 1 Ensembleproberaum je 25 WE errechnet, dies muss jedenfalls mit der konkreten Interessentengruppe noch einmal verifiziert werden, da nicht gesichert ist, ob die statistischen Werte bei der vorgesehenen Projektgröße entsprechend aussagekräftig sind.

Der Veranstaltungssaal samt Nebenräumen wird durch interne Verwendung sicher nicht ausgelastet und muss jedenfalls extern vermietet werden und mit einer Veranstaltungsreihe belegt werden. Hier ist ein entsprechendes Bewirtschaftungsmodell zu erarbeiten.

Der Veranstaltungssaal ist das einzige Element, für welches eine höhere Wohnungsanzahl wünschenswert wäre, 50 WE/ Saal wären in Hinblick auf die Aufteilung der Herstellungskosten anzustreben.

Die Größe des Cafes wird sich im Allgemeinen nach der Lage des Projektes in der Stadt richten, danach welcher externe Kundenverkehr zu erwarten ist. Für das Projekt *themenwohnen[^]musik* muss das Cafe im Wesentlichen nur die Funktion eines Pausenbuffets bei Veranstaltungen und Proben erfüllen, da bei der Nutzerbefragung hinsichtlich Mittagstisch oder ähnlicher Funktionen wenig Nachfrage bestand.

FUNKTIONSDIAGRAMM RAUMPROGRAMM



Allgemeines Raumprogramm für 28 Wohneinheiten und 3 Wohngemeinschaften:

Raumeinheiten	Sik.	m²Nutzfläche	Nutzfläche gesamt (M²)	Fläche Summe	Flächen EG	Flächen OG	Flächen KG	Höhe (m)	Temperatur (°C)	Luftfeuchtig keit(%)	Schalldämmmaß D _{ntw} (dB)	durchschn. Belegung/ Pers.	Tag (h)	Nacht (h)
													7-2 h	2-7h
Wohnungen														
	3	50	150			150		2,80	21	40 - 65	60	1	19h	5h
	7	75	525			525		2,80	21	40 - 65	60	1,47	19h	5h
	6	90	540			540		2,80	21	40 - 65	60	2,3	19h	5h
	8	110	880			880		2,80	21	40 - 65	60	2,94	19h	5h
	3	130	390			390		2,80	21	40 - 65	60	3,69	19h	5h
	1	145	145			145		2,80	21	40 - 65	60	4,66	19h	5h
	28		2630								durchschnittlich	2,37	Pers. pro Haushalt	
Sonderwohnungen													9-2 h	9-2 h
Stud. WGs	3	90	270			270		2,50	21	40 - 65	55	3	17h	7h
Gästeapp.	3	30	90			90		2,50	21	40 - 65	55	1	17h	7h
	6		360											
Summe Wohnen gesamt						2990					durchschnittlich	2,30	Pers. pro Haushalt	
private Überäume													9-2h	2-9h
Einzelüberäume	16	22	352		132	220		3,10	21	40 - 55	laute Instr.65dB	1	17h	7h
Depotflächen EG	8	4	32		32									
Summe private Überäume			384		384									
Gewerbe/Cafe					50	50								
Summe Eigentum/Miete					3424									
bewirtschaftete Räume													9-2h	2-9h
Einzelüberäume	4	23	92		23	69		3,10	21	40 - 55	laute Instr.65dB	1	17h	7h
	1	28	28				28	3,10	21	40 - 55	Schlagzeug 75 dB	1	17h	7h
	2	14	28		28			2,80	21	40 - 55	leise Instr.55-60 dB	1	17h	7h
Ensembleaum	1	45	45		45			4,50	21	40 - 55	65 dB	5-30 Pers.	15h	9h
			193		193								9-24h	0-9h
Veranstaltungsbereich													8-24h	24-8h
saal	1	130	130		130			5,00	21	45 - 55	65 dB	5 - 110 Pers.	16h	8h
depot	1	25	25		25			2,60						
hassr./umkl.	1	14	14		14			2,40						
künstlerzi.	1	16	16		16			2,40	21	45 - 55				
gard. Besucher	1	15	15		15			2,40	21					
san. Besucher	1	20	20		20			2,40	21					
instr. depot	1	18	18		18			2,80		45 - 55				
Lobby/pause/Gard.	1	100	100		100				21			100 Pers.		
			337		337									
Summe bewirtschaftete Räume					530									
Sonderräume														
Sekretariat	1	20	20		20			2,60	21	40 - 65				
Pflanzenpuffer	1	20	20		20			10,00		15 - 80				
			40		40									
Summe Sonderräume					40									
Summe Nutzflächen					3994	687	3279	28						
Serviceflächen														
Kellerabteile	34	4	136					136						
Fahrräder	1	65	65					65						
Kinderwagen	1	20	20			20								
Müll	1	20	20			20								
Haustechnik	1	45	45					45						
Abstellraum	1	10	10					10						
			376											
Summe Serviceflächen					376	767	284							
Garage														
Stellplätze	36	25	900											
			900											
Gangflächen			500											

6. Entwurf:

6.1. Architektonisches Konzept

6.1.1. Standort

Vom der Fa. Lenikus Bauträger GmbH wurde das **Grundstück Webgasse 9 in 1060 Wien** zur Bebauung vorgeschlagen. Es hat **1694 m²** und liegt an der Webgasse im Nahbereich der Gumpendorferstrasse. Die Anbindung an den ÖPNV ist optimal, 5 min. fußläufig von der U-bahnstation U3 Zieglergasse entfernt, 2 min. fußläufig zur Buslinie 57 A, die U-bahnlinie U4 ist ebenfalls fußläufig zu erreichen.

Das Grundstück ist gartenseitig nach Südwesten zum Hubert – Marischka Park hin orientiert und bietet eine ausgezeichnete zentrale, ruhige und besonnte Wohnlage.

Es ist derzeit strassenseitig mit einem 3-geschossigen Gebäude aus dem 19. Jhdt. bebaut, der hofseitige Teil ist fast zur Gänze mit teilweise mehrgeschossigen Betriebsgebäuden bebaut. Die hofseitige Grundgrenze zum Park wird derzeit ausschließlich durch Feuermauern gebildet.



6.1.2. Bebauungsbestimmungen

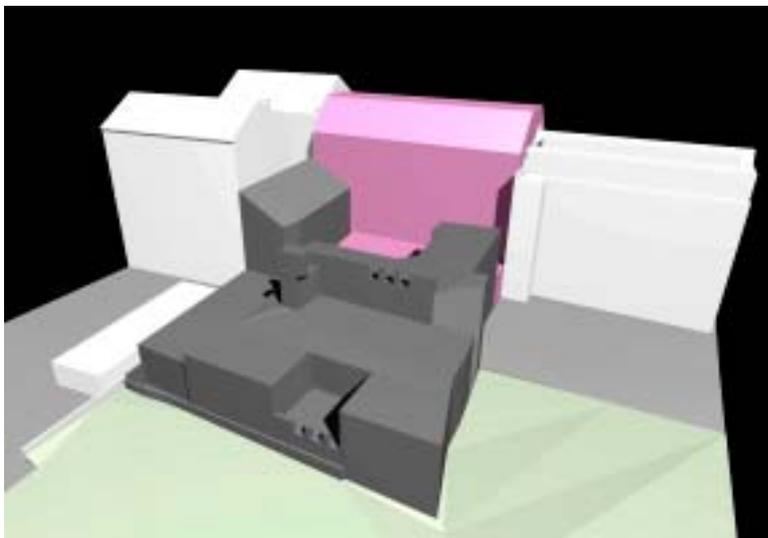
Das Grundstück befindet sich in einer Wohnzone. Die Bebauungsbestimmungen sehen an der Straße Bkl. IV g mit einer Höhenbeschränkung auf 18m +4,5m Dach vor; dies auf eine Trakttiefe von 15m. Hofseitig ist die Liegenschaft zur Gänze Bkl. I g gewidmet, mit einer Höhenbeschränkung 4,5 m, Flachdach, begrünt.



6.1.3. Entwicklung des städtebaulichen Entwurfes

Die Liegenschaft ist im Hofbereich derzeit zu einem überwiegenden Teil 2-3 geschossig bebaut. Der Bestand an der parkseitigen Grundgrenze weist eine Höhe von 7- 12 m auf.

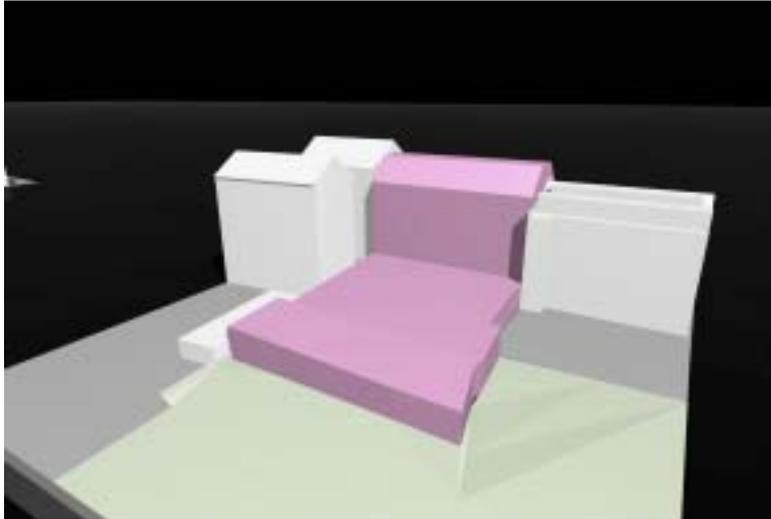
Durch die Höhe der Bestandsbebauung (im Bild grau) an der parkseitigen Grundgrenze wird einerseits der Park unangenehm geteilt und andererseits kann die höchst wertvolle Grün und Sonnenlage für die Wohnbebauung nicht optimal genutzt werden.



3D – Modell mit Neubau an der Straße und bestehender Hofbebauung

Die Widmung 4,5 m im gesamten Hofbereich ist auf die Errichtung eines größeren Nahversorgungsbetriebes oder den Verbleib des bis vor kurzem ansässigen Gewerbebetriebes abgestellt.

Auf der nördlichen Nachbarliegenschaft befindet sich ein gründerzeitlicher Doppeltrakter mit einer Gesamttiefe von 34 m und einer Traufhöhe von ca. 22m (im Bild links).



3D – Modell mit Bebauung, wie sie der Bebauungsplan vorsieht: mit 4,5m hoher durchgehender Hofbebauung

6.1.3.1. Entwurfsansatz: Widmungsänderung

Aufgrund der besonderen Lage schien es angebracht, eine Änderung des Bebauungsplanes anzustreben.

Unter Beibehalten der derzeit vorgesehenen Gesamtbaumasse eine Erhöhung auf Bkl. IV in dem Teil der Liegenschaft, der an den sehr hohen nördlichen Nachbarn anschließt, dafür eine Reduzierung der Baumasse auf der restlichen Liegenschaft. Dies hätte folgende Vorteile:

- Eine optische Erweiterung der Parkbereiche, die derzeit unterteilten Bereiche könnten mehr Zusammenhang erhalten.
- Eine Erhöhung der Belichtungs und Besonnungsqualität: durch die Masseverschiebung könnten alle neuen Wohnungen nach Südost/Südwest orientiert werden und maximale Winterbesonnung erhalten.
- Jeder Wohnung könnte ein parkseitiger Balkon vorgelagert werden.
- Die wertvolle Erholungsqualität des Parkes könnte besser in die Wohnbebauung integriert werden.
- Die Verschiebung der Baumassen würde die Kompaktheit des Baukörpers erhöhen, sein Volums-/Oberflächenverhältnis verbessern und die gesamte Energieeffizienz des Gebäudes steigern.
- Die Bebauung stellte für alle Seiten: Öffentlichkeit, Nachbarn, zukünftige Bewohner eine **win-win** Situation dar.



3D – Modell mit Bebauungsvorschlag, der eine Widmungsänderung erforderte

Mitte März (nach Abschluss des Vorentwurfes Ende Februar 2002) wurde ein entsprechender Antrag auf Widmungsänderung fertig ausgearbeitet. Seitens der Behörden wurde daraufhin festgestellt, dass einem Umwidmungsantrag in etwa in der vorgeschlagenen Form stattgegeben werden könnte, aber erst mittelfristig, eine Baugenehmigung könne erst nach Abschluss des Widmungsverfahrens erteilt werden, der Zeitrahmen betrage ca. 5 Jahre.

6.1.3.2. Entwurfsansatz Ausnahmeverfahren im Bauverfahren nach §69

Um die Qualitäten der Lage unter den gegebenen Bedingungen so gut wie möglich ausschöpfen zu können, wurde das Projekt zur Gänze umgearbeitet. Die nunmehr vorgesehene mittlere Gebäudehöhe im Hofbereich beträgt 7,38 m. Damit ist das Projekt im Rahmen einer Ausnahmegenehmigung nach § 69 im Bauverfahren genehmigungsfähig. Die Höhenentwicklung an der nordseitigen Grundgrenze bedarf jedoch im Bereich der Bebauung der benachbarten Liegenschaft der Zustimmung des Nachbarn. Zugunsten dieser Zustimmung wurde das Projekt nochmals überarbeitet, sie steht jedoch noch aus.

Im vorliegenden Projekt wurde versucht, trotz der geringeren Höhenentwicklung die Qualitäten des 1. Entwurfes beizubehalten. Es wurde hofseitige eine Staffelung der Bebauung vorgenommen die von Südost nach Nordwest in der Weise ansteigt, dass eine sehr gute Besonnung für die Wohnungen gewährleistet ist.

Es ist jedoch mit der geänderten Bebauung nicht möglich, dieselbe Kompaktheit wie im 1. Entwurf zu erhalten. Ein etwas schlechteres Volums/oberflächenverhältnis und eine etwas verschlechterte Besonnung musste zugunsten der Genehmigungsfähigkeit in Kauf genommen werden.

Durch die Terrassierung können allerdings für die meisten Wohnungen eigene Freiflächen großzügiger Ausdehnung und kleine Gärten geschaffen werden.

Die kleineren Außenraumdimensionen im Bereich der erdgeschossigen Überäume und die damit erhöhten Schallreflexionen müssen mit erhöhter Schalldämmung der transparenten Bauteile kompensiert werden.

6.1.4. Exkurs: Städtebau-Energieeffizienz-Ökologie

Wie das Beispiel demonstriert, ist es derzeit innerhalb der gesetzlichen Rahmenbedingungen des Bebauungsplanes unter Umständen nicht möglich, die im Bebauungsplan vorgesehene Baumasse auf der Liegenschaft nach Gesichtspunkten der Energieeffizienz oder der maximalen Besonnung zu gruppieren. Es gibt derzeit kein rechtliches Instrumentarium für die Behörden, das es ermöglichte, auf diesbezügliche Vorschläge (wie der 1. Entwurf einen darstellte) flexibel zu reagieren. Das Verfahren einer Widmungsänderung ist in der momentanen Form für einzelne Liegenschaften aus zeitlichen Gründen nicht geeignet, andere Verfahren fehlen. Für die ‚Häuser der Zukunft‘ im städtischen Umfeld wird es von nachhaltiger Bedeutung sein, ob zugunsten der Kriterien Energieeffizienz und Besonnung = Wohnungsqualität auf städtebaulicher Ebene Instrumentarien entwickelt werden, die die erforderliche Flexibilität gewährleisten.

6.1.5. Umsetzung des Raumprogramms

Die Lage des Grundstückes Webgasse 9 ergibt einen großen Unterschied in der Wertigkeit zwischen Straßen und Hofseite.

Die Straßenseite liegt nach Nordosten und ist mit innerstädtischem Durchzugsverkehr belastet. Die Hofseite liegt frei nach Südwesten an einem Park, die Beschattung durch Nachbargebäude ist auf dieser Seite aufgrund der freien Lage für städtische Verhältnisse gering.

Daraus ergibt sich klar die Forderung möglichst viele Wohnungen zur wesentlich attraktiveren Parkseite zu orientieren.



Lage der Überäume :

Dem Anliegen Überäume nahe zu den Wohnungen zu bringen mit der Schwierigkeit der unterschiedlichen Geschosshöhe wurde folgendermaßen entsprochen: Die Raumhöhe der Wohnungen wurde im Straßentrakt auf 2,8 m erhöht. Dies entspricht auch einem Interessentenwunsch. (Im hofseitigen Trakt ist dies auf Grund der Höhenlimitierung wie unter 6.1.3. beschrieben nicht möglich)

In 2 Geschossen des Straßentraktes wurden Überäume angeordnet die 3,1 m hoch sind. Darüber werden Studenten und Gästewohnungen angeordnet, die mit einer Raumhöhe von 2,5 m diese Differenz wieder kompensieren.

Die restlichen Überäume wurden im EG angeordnet. Ihnen vorgelagert ist der Hof und die Rückseite der EG maisonetten/ Reihenhäuser mit minimaler Befensterung. Diese Rückseite wird als Absorptionsfläche ausgebildet werden um Reflexionen der Schallemission durch den Baukörper zu verhindern.

Lobby:

Der Lobbybereich ist durchbindend angelegt. Man kann dadurch von dort in den Hof und weiter in den Park durchgehen. An der Lobby liegen der Eingang zu den hausinternen Bereichen, das Cafe und die Stiege in den Veranstaltungssaal im UG.

Cafe:

auch das Cafe bindet durch, sodass es sowohl von den Hausbewohnern, von Passanten auf der Straße und auch von Parkbesuchern genutzt werden kann. Hierdurch ergibt sich auch die Möglichkeit für einen kleinen Gastgarten auf der Hofseite.

Freibereiche:

1. Jeder Wohnung ist hofseitig ein Freibereich zugeordnet. Viele dieser Freibereiche können in Form von Dachterrassen und kleinen Gärten geschaffen werden. Einige Wohnungen erhalten Balkone. Die Problematik, dass Balkone entweder eine zu geringe Nutztiefe aufweisen oder aber die Wohnung darunter zu sehr beschatten wird auf folgende Weise gelöst: Der Balkon weist im Vergleich zur Wohnung ein um 40 cm erhöhtes Niveau auf. Durch diese Maßnahme in Kombination mit einer minimalen Balkonplattenstärke und der erhöhten Raumhöhe in den Wohnungen (2,8 m) behalten diese ihre Helligkeit und winterliche Besonnung.

2. eine gemeinsame Dachterrasse ist auch für die Studenten und Gästewohnungen zugänglich.

3. ebenerdig ist ein Hof als Pausenbereich für den Veranstaltungssaal, Gastgarten und Durchgang zum Park ausgebildet. Ein Hof ist der Übehof mit meditativem Charakter. Der an den Park angrenzende Bereich ist zum Spielen für die Kinder am besten geeignet.

Pufferraum:

Der Pflanzenpufferraum ist dem Stiegenhaus angelagert und erstreckt sich in form eines schmalen Schlitzes durch die ganze Tiefe des Straßentraktes. Entsprechend der Empfehlung aus der Grundlagenforschung ist der Pflanzenpuffer als Turmgewächshaus über 12 m Höhe ausgebildet. Die Pflanzen werden in mehreren Etagen auf quergespannten Gitterrosten aufgestellt. Über diesen Raum fällt auch gefiltertes Licht in den Bereich der öffentlichen Erschließung.

**Wohnungen:**

Die Wohnungen sind so konfiguriert, dass sowohl Lösungen mit der konventionellen Zimmeranzahl als auch die Ausbildung von offenen Wohnbereichen möglich ist. Die Optimierung der Wohnungskonfiguration in Hinblick auf Lüftung ist in Kap. 7, in Hinblick auf Akustik unter 6.2 erläutert. Veränderungen der Wohnungsgrößen sind in allen Geschossen möglich. Die Wohnungen im Dachgeschoss sind als Maisonetten mit Wohnbereich im oberen Geschoss ausgeführt. Dies hat den Vorteil, dass mehr Wohnungen Dachterrassen erhalten können, und die hohe Raumhöhe im Dachgeschoss für den Wohnbereich verwendet werden kann. Grundrissdisposition In außenräumlich engeren Situationen wurde konsequent mit 2 geschossigkeit der Wohnung reagiert, sodass zumindest in einem Geschoss ein freier Ausblick ermöglicht wird.

Veranstaltungssaal:

Da hinsichtlich des Veranstaltungssaales eine gewisse Unsicherheit ob der Finanzierbarkeit besteht und im weiteren Projektverlauf erst Partner für eine Kooperation fixiert werden müssen wurde der Veranstaltungssaal im Vergleich zum Vorentwurf in eine Position verschoben, die eine Entscheidung über seine Realisierung in sehr spätem Stadium (sogar noch in der Bauphase ermöglicht). Er ist nun als 2-geschossiger Raum im UG und EG des Straßentraktes konzipiert und kann an dieser Stelle auch als Gewerbefläche Verwendung finden. Sollte eine gewerbliche Verwendung aus Kostengründen erforderlich sein, so ist auf Grund der Rohbaustruktur die Ausstattung als Saal selbst nach Jahren anderweitiger Nutzung noch möglich.

In der Anlage:

Vorentwurfspläne,

Perspektivische Darstellung

Passivhausvorprojektierungsprojekt

6.2. Technische Entwurfsdaten

6.2.1. Nutzflächen

Die Nutzflächen wurden in Straßentrakt und Gartentrakt gegliedert und die Flächen je nach Art der Nutzung unterteilt.

Detailaufstellung								Summe
	m ²	Anzahl	summe	m ²	m ²	Anzahl	summe	m ²
Strassentrakt				Gartentrakt §69 Endversion Nachbar 12/02				
top 10	110,22	1	110,22	top 1	103,94	1	103,94	
top 11	76,33	1	76,33	top 2	103,04	1	103,04	
top 12	109,42	1	109,42	top 3	104,14	1	104,14	
top 13	76,33	1	76,33	top 4	105,37	1	105,37	
top 18	109,42	1	109,42	top 5	65,91	1	65,91	
top 19	76,33	1	76,33	top 6	98,40	1	98,40	
top 24	110,21	1	110,21	top 7	84,36	1	84,36	
top 25	50,57	1	50,57	top 8	92,38	1	92,38	
top 26	64,79	1	64,79	top 9	77,20	1	77,20	
top 29	134,92	1	134,92	top 14	77,20	1	77,20	
top 30	140,22	1	140,22	top 22	93,34	1	93,34	
top 31	114,98	1	114,98	top 21	74,89	1	74,89	
top 32	114,51	1	114,51	top 16	87,86	1	87,86	
top 33	134,68	1	134,68	top 15	118,83	1	118,83	
	summe	14	1422,93		summe	14	1286,86	1286,86
top 17	30,80	1	30,80					
top 23	30,70	1	30,70					
top 28	30,59	1	30,59					
top 20	89,12	1	89,12					
top 27	89,12	1	89,12					
top 34	89,12	1	89,12					
	summe	6	359,45					359,45
ü 11 - 15	22,47	5	112,35	ü 2 - 7	22,07	6	132,42	
ü 17 - 21	22,14	5	110,70					
	summe	10	223,05		summe	6	132,42	132,42
	Gewerbe							
	cafe		54,95					
	summe		54,95					54,95
Summe Eigentum/Miete			2060,38					1419,28
								3479,66
Strassentrakt				Gartentrakt §69 Endversion Nachbar 12/02				
ü 16, 22, 23	23,96	3	71,88	ü 8, 9, 10	22,10	3	66,30	
	summe	3	71,88	ü 1	28,36	1	28,36	
					ensemble	1	44,96	
					summe	4	139,62	139,62
saal	127,75		127,75					
depot	36,22		36,22					
foyer	108,64		108,64					
Garderobe/Sanitär	54,55		54,55					
instrum. Depot	20		20,00					
	summe		347,16					347,16
Summe bewirtschaftete Räume			419,04					139,62
								558,66
	Sonderräume							
	Sekretariat	1	16,23					
	Pflanzenpuffer	1	15,89					
	summe		32,12					32,12
Summe Sonderräume			32,12					32,12
Gesamtsumme Nutzflächen								4070,44
Kellerabteile	2,50	34	85					
Fahrräder	42,43	1	42,43					
Kinderwagen	20,00	1	20					
Müll	18,10	1	18,1					
Haustechnik	48,97	1	48,97					
Abstellraum	12,02	1	12,02					
	summe		226,52					226,52
Summe Serviceräume			290,76					
stellplätze	25	36	900					
	summe		900					900
Summe Garage								900

Die Nutzflächen entsprechen fast genau dem Raumprogramm, Unschärfen gibt es beim Wohnungsschlüssel. Es werden mehr 110 m² Wohnungen angeboten, zulasten jeweils einer Wohnung aus der Kategorie 75 m², 90 m² und 130 m². Die Optimierung hinsichtlich der Wohnungsgrößen wurde zugunsten der Wohnqualität unter den eingeschränkten rechtlichen Möglichkeiten im Hofbereich zurückgestellt.

Derzeit stehen 3480 m² Nutzflächen an Wohnungen und Überäumen im Eigentum ca. 560 m² allgemeinen Sonderflächen wie allgemeine Überäume, Ensembleprobe und Veranstaltungsbereich gegenüber, d.s. ca. 16 %.

6.2.2. Passivhausqualität

Auf Grund der großen Unsicherheiten im Behördenverfahren (die Verhandlungen mit den Nachbarn bezüglich einer Zustimmung zum Projekt im Bauverfahren mit Ausnahmegenehmigung gemäß §69 sind bisher nicht abgeschlossen) wurde das Projekt in 2 Teile geteilt.

6.2.2.1. Straßentrakt

Der Straßentrakt und der erdgeschossige Übetrakt im Garten, die sicher und auch ohne Ausnahmegenehmigung realisierbar sind, wurde im Rahmen des Forschungsprojektes bis zur Entwurfsreife durchgeplant (teilweise Detailplanqualität)

Für alle Wohnungen in diesem Bereich und für alle Überäume wird Passivhausqualität erreicht.

Der Veranstaltungsbereich wurde davon ausgenommen, da hier keine kontinuierliche Nutzung gegeben ist und die Häufigkeit der Nutzung derzeit noch nicht abgeschätzt werden kann.

Der erforderliche durchschnittliche u-Wert der Aussenwände zu Aussenluft beträgt 0,20 W /m²K°, der für die Dächer durchschnittlich 0,16 W/m²K°.

Die Feuermauern gegen Nachbar weisen einen u-Wert von 0,31 W /m²K° auf.

Hier kann der günstige Einfluss des großvolumigen Baukörpers abgelesen werden.

Eine ursprünglich vorgesehene Differenzierung der Fensterqualität in u= 0,8 im Norden und u= 1,1 im Süden ist nicht sinnvoll.

Um den gesamten HWB unter 0,15 kWh/ m²,a halten zu können, müsste die Dämmstärke der opaken Hülle erhöht werden. Dies ist nicht sinnvoll, da die vorgegebenen Baufluchtlinien nicht überschritten werden können, und eine Erhöhung der Dämmstärke sich daher in einer Verminderung der Nutzflächen darstellt. Das bedeutet aber eine indirekte Kostenerhöhung/ m² Nutzfläche.

6.2.2.2. Hoftrakt

Der Hof und Gartentrakt wird in Niedrigenergiehausqualität ausgeführt, da der wesentlich stärker gegliederte Baukörper (zugunsten Genehmigungsfähigkeit) höhere Kosten verursacht. Die Dämmstärken der Aussenbauteile werden jedoch gleich dimensioniert wie im Straßentrakt, sodass mit individueller Aufrüstung (Fenster und LWR) auch hier Passivhausqualität erreicht werden kann.

6.2.3. Materialien

Alle Fußboden, Wand und Deckenaufbauten finden sich im Anhang.

Wände: Schallschutzstein Ebenseer Macuphon oder gleichwertiges, 18 cm Vollwärmeschutz, größtenteils mineralischer Dünnputz.

Decken: 22 cm Stahlbeton

Innenwände nicht tragend: GK aus raumakustischen Gründen (s. Kap. 9)

Fußbodenaufbauten: Klebeparkett, Estrich , Steinwolle Trittschalldämmung, Beschüttung. Je nach erforderlichem Schallschutz werden unterschiedliche Estrichstärken ausgeführt. (In den Überäumen 10 cm). In den Wohnungen kann durch Weglassen der Beschüttung im Überzimmer die hier erforderliche höhere Estrichstärke in den FB Aufbau niveaugleich integriert werden.

Innenputz: Im Straßentrakt ist Lehmputz vorgesehen, im Gartentrakt Gipsputz.

Neue Vorsatzschale Schilf/ Lehm in den Überäumen

raumakustisches Absorbermaterial: Schafwolle

6.2.4. Grundausrüstung/ Zusatzmodule

Die Grundausrüstung der Wohnungen im StraÙentrakt beinhaltet höhere Raumhöhe, 22 cm Deckenstärke, Schallschutzmauerwerk, Passivhausstandard inkl. Erdwärmetauscher und ökol. Luftfeuchtekkonditionierung, Lehmputz, außenliegender Sonnenschutz.

Die Grundausrüstung der Wohnungen im Gartentrakt beinhaltet 22 cm Deckenstärke, Schallschutzmauerwerk, erhöhter Wärmedämmstandard (wie StraÙentrakt) , außenliegender Sonnenschutz.

Als Zusatzmodule werden angeboten:

- Ausbaupaket erhöhter Schallschutz in einem Raum der Wohnung, indem dann mit leisen Instrumenten geübt werden kann.
- Ausbaupaket raumakustische Ausstattung der Wohnung
- Ausbaupaket Netzfreeschaltung und erhöhte elektrische Abschirmung
- Ausbaupaket biologische Wandfarben und gewachster Parkettboden
- Ausbaupaket Lehmputz in den Gartenwohnungen
- Ausbaupaket Passivhausstandard mit ökologischer Luftfeuchtekkonditionierung auch in den Gartenwohnungen

6.3. Akustisches Konzept

6.3.1. Bauakustisches Konzept

Aus dem Projektinhalt ergibt sich die Forderung auf den Schallschutz im Rahmen des Projektes besonderes Augenmerk zu legen.

Exemplarisch wird hier ein Maßnahmenbündel vorgeschlagen, das einen Beitrag zur Diskussion über den Schallschutz im Wohnungsbau leisten soll.

Die Maßnahmen im Einzelnen:

Wahl des Grundstückes:

Lage an mäßig verkehrsreicher Straße (Webgasse –innerstädt. Durchzugsverkehr), möglichst freie Hofsituation.

Räume mit Lärmquellen können so gegen die Straße orientiert werden (Überäume), Wohn und Schlafräume werden durch eine möglichst freie Hofsituation nicht zusätzlich durch Schallreflexionen beeinträchtigt.

Organisation des Raumprogramms:

Bewertung aller Räume nach Lärm und Nutzung: Räume mit lärmempfindlicher Nutzung (Wohnen , Schlafen) werden von Räumen mit Lärmquellen (Üben, Ensembleprobe, Veranstaltung) baulich konstruktiv und organisatorisch getrennt – Zwischenschaltung von Nebenräumen und allgemeinen Verkehrsflächen.

Erhöhter baulicher Schallschutz der Wohnungen

Um den erhöhten Anforderungen gerecht zu werden und auch eine individuelle, zusätzliche bauakustische Verbesserung zu ermöglichen, werden alle Decken statt der üblichen 18 cm in 22 cm STB ausgeführt. Dies ist eine Deckenstärke, die auch (mit erhöhtem Estrich) eine Ausstattung als Überzimmer ermöglicht. Durch die höhere Stärke können gleichzeitig auch höhere Deckenspannweiten realisiert werden.

Die Wände werden zur Erhöhung des Schallschutzes aus 20 cm Schallschutzsteinen errichtet z. B. Ebenseer Macuphon oder gleichwertiges.

Raumzellen mit erhöhtem Schallschutz in jeder Wohnung

Für die Wohnungen kann als Zusatzpaket ein erhöhter Schallschutz von .Dntw 60.dB realisiert werden. Innerhalb dieser Hülle können die leisen Instrumente üben, es kann ohne Beeinträchtigung der Nachbarn Musik gehört werden, ebenso ist die Lärmimmission von außen reduziert, sodass auch tagsüber ein Bereich erhöhter Ruhe in der Wohnung geschaffen werden kann. Dieser erhöhte Schallschutz kann entweder nur für einen Raum der Wohnung oder für die ganze Wohnung geschaffen werden.

Gliederung der Übe- und Probenräume in 2 Gruppen

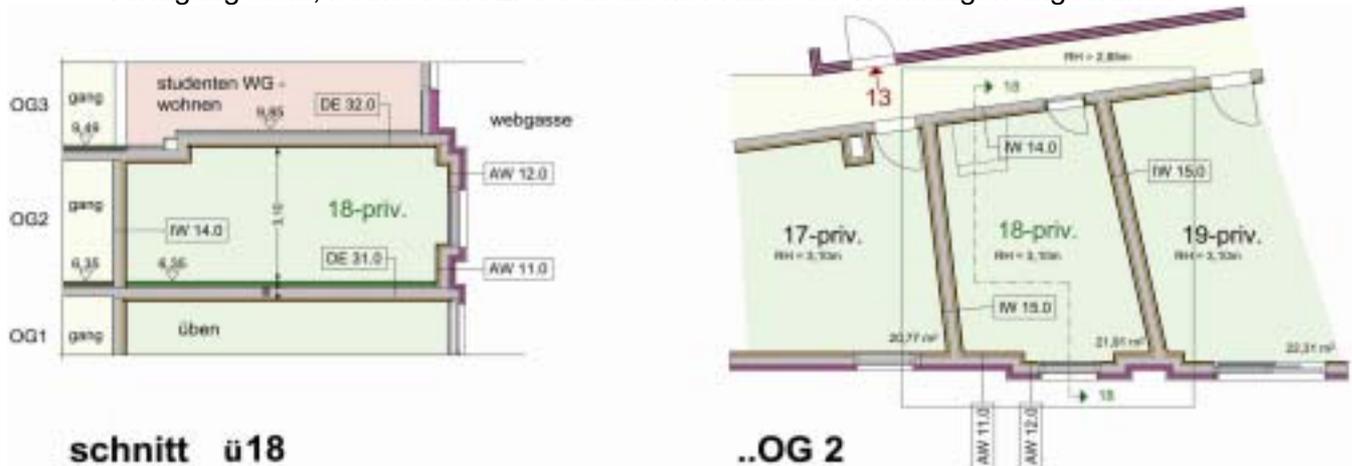
1. Gruppe: Tätigkeiten, die in den Raumzellen mit erhöhtem Schallschutz innerhalb der Wohnung (oder in der Wohnung mit 60 dB) stattfinden können(leise Instrumente)
Hierfür ist die Herstellung von "Raumzellen" in verbesserter Form mit Ausbildung von Zweischaligkeit (Vorsatzschalen und spezielle Fenster und Türen) vorgesehen, siehe Aufbauten

2. Gruppe: Tätigkeiten, die jedenfalls in speziell ausgestatteten Räumen außerhalb der Wohnung stattfinden müssen 65 dB, für Schlagzeug 75 dB. Diese werden für einen 24h Betrieb ausgelegt sein.

Für Luftschalldämmwerte bis 65 dB ist zwischen den Räumen eine massive Wand aus

Schallschutzsteinen mit Vorsatzschale auf beiden Seiten erforderlich. Die Vorsatzschale ist raumseitig umlaufend (auch an der Decke) angeordnet, sie ist an das innere Fenster angeschlossen. Weiters ist die Herstellung eines speziellen Fußbodenaufbaues mit 10 cm Estrich erforderlich (alle siehe Aufbautenliste) und eine Kastenfensterkonstruktion mit einem Schallschutzfenster aussen und einer zusätzlichen Verglasungsebene mit 10 mm Glasstärke in einem 2. Fenster innen. Die getestete Vorsatzschale aus Lehm/Schilf soll in diesen Räumen zur Anwendung kommen.

Derjenige Teil der Überäume, der einer Wohnung fix zugeordnet ist, und daher nur privat zur Verfügung steht, ist im 1. und 2. OG in direkter Nähe der Wohnungen angeordnet.



Lüftung: Kombination Wärmeschutz Schallschutz

Im Rahmen des Forschungsprojektes sind hochenergiesparende Häuser nachgefragt. In solchen Gebäuden wird nach dem derzeitigen Stand der Technik den Räumen mit der Frischluft Wärme zugeführt, die über eine Wärmerückgewinnungsanlage aus der Abluft gewonnen wurde und so nicht verloren geht. Diese Räume behalten bei geschlossenem Fenster in jeder Jahreszeit optimale Raumluftqualität ohne im klassischen Sinne klimatisiert zu sein, und sind daher als Übe oder Probenräume speziell gut geeignet.

6.3.2. Raumakustisches Konzept

- Wohnungen:**
 Es wurde versucht in raumakustischer Hinsicht den Erkenntnissen aus den raumakustischen Untersuchungen Rechnung zu tragen. Eine höhere Raumhöhe wurde ebenso umgesetzt wie das Vermeiden der Planparallelität. Mit der Mischung aus massiven Wänden und Gipskartonzwischenwänden wurde versucht einerseits der Forderung nach Vielfalt (alles siehe Kap. 9) zu entsprechen und andererseits den Anteil an schallharten Oberflächen zu reduzieren. Hinsichtlich der Ausstattung mit porösen Absorbern (Möbel, Vorhänge, Teppiche) muss mit einem entsprechend erläuternden Kapitel in der allgemeinen Nutzerfibel reagiert werden.
- Wandelakustik** für die allgemeinen Überäume und den Ensembleraum
 Es ist vorgesehen, die Mitten- und Tiefenabsorption fix vorzusehen und für die Höhen bis Mittenabsorption wandelbare Elemente einzubauen wie z.B. Raffrollos (evtl. mit akustisch transparentem Stoff als "Kastenelement" ausgebildet) verschiebliche oder ineinander schiebbare Wände (z.B. mit Schafwolle)
- Veranstaltungssaal**
 In den Veranstaltungssaal soll eine Arena mit praktikablen, rollbaren Wandelementen gebaut werden. Dabei wird der außerhalb dieser Arena situierte Saalteil in seiner Halligkeit eher unbedeutend und braucht nicht notwendigerweise getrennt behandelt zu werden.

6.4. Haustechnischer Entwurf

6.4.1. Systembeschreibung

6.4.1.1. Wohnungen

6.4.1.1.1. Ausgangslage und Aufgabenstellung:

Die Wohnungen im Straßentrakt werden in Passivhausqualität mit einer kontrollierten Wohnraumlüftung ausgeführt.

Besonderes Augenmerk war hier auf die Luftfeuchtigkeit in Zusammenhang mit der kontrollierten Wohnraumlüftung zu legen. Es wurde angestrebt, auf eine Befeuchtung der Zuluft zu verzichten und stattdessen die vorhandenen internen Feuchtigkeitsquellen so gut als möglich zu nützen.

6.4.1.1.2. Grundlagen und Zielwerte:

Raumtemperatur: wählbar je Raum, Garantiewerte gemäß ÖNorm M7500
Luftfeuchtigkeit: Untere Grenze: 40% r.F.
Obere Grenze: gemäß Außenluftzustand
Heizenergieverbrauch: 15 kWh/m²a (Passivhausstandard)
Luftmenge: 30 m³/h.Person

Zum Thema Luftfeuchtigkeit:

Die einschlägigen Normen geben folgende Anhaltswerte:

ÖNORM H6000 – Teil 3 (Quelle 1) gibt Richtwerte für Räume mit mechanischer Lüftung und Feuchtigkeitsregelung:

obere Grenze 11,5 g/kg absolute Feuchte oder 65% relative Feuchte

untere Grenze 6,5 g/kg absolute Feuchte oder 35% relative Feuchte

DIN 1946 – Teil 2

obere Grenze 11,5 g/kg absolute Feuchte oder 65% relative Feuchte

untere Grenze 30% relative Feuchte unabhängig von der Raumtemperatur

Zum Thema Luftmenge:

Die projektierte Luftmenge entspricht den Anforderungen der neuen ÖNORM H6038 – Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung.

6.4.1.1.3. Lüftung:

Systementscheidung für dezentrale Lüftungsgeräte, gekoppelt mit statischen Heizflächen

Es wurden mehrere Varianten überlegt. Es stellte sich insbesondere die Frage, ob auf eine konventionelle, statische Beheizung verzichtet werden könnte und ob eine zentrales oder mehrere dezentrale Lüftungsgeräte zum Einsatz kommen sollten.

Schlussendlich gaben folgende Gründe den Ausschlag für eine Entscheidung Richtung dezentraler Geräte kombiniert mit statischen Heizflächen:

Die Raumtemperatur kann über Heizkörper je Raum individuell gewählt werden

Eine Grundbeheizung der Wohnungen ist auch ohne Lüftung möglich. Folglich wird die Wohnung in langen Abwesenheitszeiten nicht durch permanente Zufuhr von Außenluft ausgetrocknet.

Die Luftmengen in den einzelnen Zimmern ergaben sich aufgrund der hygienischen Anforderungen gemäß den unterschiedlichen Tätigkeiten in den verschiedenen Zimmern. Die Grenzen, innerhalb derer die Luftmengen gewählt werden können, waren somit einerseits von der Luftqualität und andererseits von der Feuchtigkeit abhängig. Es muss keine Rücksicht darauf genommen werden, dass über die Luftmenge auch die Heizlast des Raumes abgedeckt werden muss.

Es lässt sich über die dezentralen Geräte ein mehrstufiger Betrieb verwirklichen, was für die Einhaltung der Feuchtigkeitsgrenzen unabdingbar ist und was mit einem zentralen Gerät nur unter sehr hohem technischem Aufwand machbar wäre.

Aufbau der Gesamtanlage:

Ansaugen der Frischluft über Erdwärmetauscher

Einsatz eines effizienten Wärmerückgewinnungssystems mit Gegenstromwärmetauscher und einem Rückgewinnungsgrad von mind. 80%

Keine Nacherwärmung der Zuluft, da auch bei niedrigen Außentemperaturen durch Erdwärmetauscher und Wärmerückgewinnung mindestens 16°C Zulufttemperatur erreicht werden.

Einsatz von mehrstufigen dezentralen Lüftungsgeräten in den Wohnungen, um bedarfsangepasste Luftmengen einstellen zu können.

Verteilung der Luft in der Zwischendecke. Ein Teil der Zuluft wird unbefeuchtet ins Wohnzimmer eingeblasen, der Rest wird über die feuchtedurchlässige Membran im Badezimmer und den Wäscheschrank geleitet und strömt erst dann in die Zimmer.

Die Luft wird über Zuluftdüsen in die Wohnräume eingeblasen und in den Nassräumen bzw. in der Küche abgesaugt.

Das Abluftventil in der Küche verfügt über einen Fettfilter. Zur Absaugung der Kochdämpfe werden Umluftabzugshauben eingesetzt.

Luftmenge der Gesamtanlage:

Die Luftmenge richtet sich nach einer angenommenen Belegung, die etwas geringer ist als im sozialen Wohnbau üblich, was sich jedoch durch die angestrebte Nutzer- bzw. Kundengruppe rechtfertigen lässt. Daraus ergibt sich folgende Gesamtluftmenge:

Wohnung	Geschoß	Fläche [m ²]	Personen	Luftvolumen [m ³ /h]
Top10	1.OG	110,27	4	120
Top11	1.OG	76,43	3	90
Top12	2.OG	109,48	4	120
Top13	2.OG	76,43	3	90
Top 17 - Gästewohnung	3.OG	30,8	1	30
Top18	3.OG	109,48	4	120
Top19	3.OG	76,43	3	90
Top20 - Studentenwohnung	3.OG	89,12	3	90
Top23 - Gästewohnung	4.OG	30,7	1	30
Top24	4.OG	110,27	4	120
Top25	4.OG	50,57	2	60
Top26	4.OG	64,79	3	90
Top27 - Studentenwohnung	4.OG	89,12	3	90
Top28 - Gästewohnung	5.OG	30,59	1	30
Top29	5.OG + 6.OG	136,48	5	150
Top30	5.OG + 6.OG	141,94	5	150
Top31	5.OG + 6.OG	116,47	4	120
Top32	5.OG + 6.OG	116,22	4	120
Top33	5.OG + 6.OG	137,98	5	150
Top34 - Studentenwohnung	5.OG	89,12	3	90
Summe				1950

Wohnung Top 18 im Detail:

Die Testwohnung (Top 18, 3.OG) wurde im Detail simuliert und projiziert. Bei der Auslegung der Luftmengen wurde im Speziellen auf die Feuchtigkeit und die zu erwartenden Tätigkeiten in den einzelnen Räumen Rücksicht genommen.

Als besondere Anforderung gilt hier vor allem der Überaum, für den aufgrund der Tätigkeit aus hygienischen Gesichtspunkten eine erhöhte Luftmenge bereit zu stellen ist.

Wohnungsbelegung durch eine Familie:

Zum Einhalten von 40 % Luftfeuchtigkeit wird die Luftmenge während 10 h im Tagesverlauf auf 50 % reduziert. (6- 12 h und 15- 19 h). Kein Betrieb im Überzimmer zwischen 23h und 8h.

Für die Belegung mit 4 Personen ergab sich folgendes Betriebsszenario:

- 1... Halbe Gesamtluftmenge, kein Betrieb im Überaum, täglich 6 – 8 Uhr
- 2... Halbe Gesamtluftmenge, Betrieb im Überaum, täglich 8 - 12 u. 15 – 19 Uhr
- 3... Volle Gesamtluftmenge, Betrieb im Überaum, täglich 12 – 15 u. 19 – 23 Uhr
- 4... Volle Gesamtluftmenge, kein Betrieb im Überaum, täglich 23 – 6 Uhr

	1 [m³/h]	2 [m³/h]	3 [m³/h]	4 [m³/h]
Wohnzimmer	10	10	20	20
Schlafzimmer	25	10	35	50
Kinderzimmer 1	12,5	5	17,5	25
Kinderzimmer 2	12,5	5	17,5	25
Überzimmer	0	30	30	0
Summe	60	60	120	120

Der Wechsel zwischen den einzelnen Betriebsweisen vollzieht sich über 2 getrennte Zeitprogramme, die gemeinsam mit dem Bewohner zu definieren sind.

Für die Versorgung des Überaums mit einer konstanten Luftmenge unabhängig vom Vordruck des Lüftungsgerätes sorgt ein Konstantvolumstromregler, der auf die unterschiedlichen Druckverhältnisse mit Öffnen bzw. Schließen reagiert.

So wird gewährleistet, dass immer 30m³/h in den Überaum strömen, die restliche Luftmenge teilt sich dann auf die übrigen Räume auf.

Die Luftführung der Testwohnung ist grafisch und schematisch in der Einlage dargestellt.

Wohnungsbelegung durch ein Paar:

Um die Auswirkungen einer möglichen Belegung der Wohnung durch nur 2 Personen abschätzen zu können, wurde ein weiteres Betriebsszenario simuliert. Die Kinderzimmer werden als Gäste- bzw. Arbeitszimmer genützt. Durch die geringere Belegung nehmen auch die internen Feuchtigkeitsquellen ab, wodurch mit der trockenen Frischluft behutsamer umzugehen ist.

Zum Einhalten von 40 % Luftfeuchtigkeit wird die Luftmenge während 17 h im Tagesverlauf auf 50 % reduziert. (23- 12 h und 15- 19 h). Kein Betrieb im Überzimmer und Arbeitszimmer und Verschiebung der Luftmenge zu Gäste – und Schlafzimmer zwischen 23h und 8h.

Für die Belegung mit 2 Personen ergab sich folgendes Betriebsszenario:

- 1... Halbe Gesamtluftmenge, kein Betrieb im Überaum, Verschiebung der Luftmenge vom leeren Arbeitszimmer in das belegte Schlafzimmer, täglich 23 - 08 Uhr
- 2... Halbe Gesamtluftmenge, Betrieb im Überaum, täglich 8 - 12 u. 15 – 19 Uhr
- 3... Volle Gesamtluftmenge, Betrieb im Überaum und im Arbeitszi., täglich 12 – 15 u. 19 – 23 Uhr

	1	2	3
	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
Wohnzimmer	10	10	20
Schlafzimmer	37,5	10	35
Gästezimmer	12,5	5	17,5
Arbeitszimmer	0	5	17,5
Übezimmer	0	30	30
Summe	60	60	120

Diese Betriebsweise ist nur mit höherem technischen Aufwand zu realisieren, da in noch stärkerem Ausmaß die Luft den anwesenden Personen naheilen muss. Es müssten nicht nur vor dem Überaum sondern zumindest auch in der Anspeisung zum Schlaf- und Arbeitszimmer Volumstromregler eingebaut werden.

Schallproblematik:

Erhöhte Anforderungen an die Schalldämmung sind zwischen dem Überaum und den restlichen Wohnbereichen zu stellen. Ursprünglich war daran gedacht, dieselben Dämpfungswerte wie zwischen 2 Wohnungen zu erreichen. Das bedeutet im konkreten Fall eine Dämpfung von 55dB(A) zwischen den einzelnen Räumen. Für den Frequenzbereich von 63Hz entspricht das einer nötigen Einfügungsdämpfung von 29dB. Dies ist jedoch aufgrund der räumlichen Situation der Lüftungsleitungen, die die Zimmer untereinander verbinden nicht möglich.

Beim gegebenen Konzept lässt sich im unteren Frequenzbereich, der naturgemäß am schwierigsten zu bewältigen ist folgende Einfügungsdämpfung erreichen:

1 Rohrschalldämpfer d71, Länge 1950mm:	Einfügungsdämpfung bei 63Hz 10dB
1 Rohrschalldämpfer d71, Länge 950mm:	Einfügungsdämpfung bei 63Hz 6dB
Vorisoliertes Lüftungsrohr d71, Länge 1000mm:	Einfügungsdämpfung bei 63Hz 2dB

Gesamte Einfügungsdämpfung: 18dB bei 63 Hz

Sommer-/Winterbetrieb:

Der Sommerbetrieb unterscheidet sich vom Winterbetrieb dadurch, dass Abluft aus dem Bad abgesaugt wird. Im Winter wird die im Bad entstehende Feuchtigkeit über die feuchtedurchlässige Membran in der Decke abgeführt. Die Dampfdurchlässigkeit dieser Membran hängt in erster Linie vom unterschiedlichen Dampfdruck zwischen Frischluft und Raumluft ab. Da im Sommer die Frischluft relativ feucht ist, wäre die Feuchteabfuhr nicht mehr zufriedenstellend. Es muss folglich konventionell Luft abgesaugt werden. Hierfür wird zwischen Bad und benachbartem WC eine öffnenbare Überströmöffnung geschaffen.

Projektiertes Lüftungsgerät:

Hersteller:	Paul Lüftung
Type:	WRG 90 Multi-150DC
Luftmenge:	120m ³ /h bei 200Pa externem Druckverlust
Stufenschaltung:	3 zwischen 40% und 100% frei wählbare Stufen
WRG-Grad:	77-80%
Elektr. Leistung:	45 – 150W

6.4.1.1.4. Heizung und Warmwasserbereitung

Die Beheizung der Räume erfolgt über statische Heizflächen. Geplant ist der Einsatz von konventionellen Radiatoren, die jedoch auf Niedertemperatur ausgelegt werden, sodass auch ein Wand- oder Fußbodenheizsystem eingesetzt werden kann.

Um die Verteilungsverluste zwischen Wärmeerzeugung und Wohnungen zu minimieren, wird ein Zweileiternetz ausgeführt.

Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral über 120-Liter-Speicher in den Wohnungen. Es werden somit nur ein Vor- und ein Rücklauf installiert. Dieses Netz wird außentemperaturabhängig vorgeregelt. Zweimal täglich wird diese Temperatur angehoben, um die Warmwasserspeicher durchzuladen. Auf diese Weise werden minimale Verteilungsverluste erreicht.

Schematische Darstellung der Gesamtanlage am Ende des Kapitels

Regelungstechnik und Bedienung der Anlage:

Raumtemperatur:

Führungsgröße: Raumtemperatur je Raum
Sollwerte: gemäß ÖNORM M7500
Aufenthaltsbereich 20°C
Zu steuern: Thermostatköpfe durch Nutzereingriff

Luftmenge:

Führungsgröße: Luftmenge der gesamten Wohnung
Luftmenge des Überaums
Sollwert: gemäß Tabelle und Nutzungskonzept 120m³/h, 60m³/h bzw. 0m³/h
Zu steuern: Drehzahl der Ventilatoren in 2 Stufen
Öffnen bzw. Schließen der Irisblende bei Überaum

Es wird mit den künftigen Nutzern abgesprochen, zu welchen Zeiten die Wohnung in welcher Form genützt wird. Es sind dann 2 Zeitprogramme mittels Wochenschaltuhr einzustellen, die einerseits die Drehzahl der Ventilatoren steuern (60 bzw. 120m³/h) und andererseits den Volumstromregler vor dem Überaum öffnen oder schließen. Die 2 Zeitprogramme agieren voneinander unabhängig.

In der Ausführung ist es anzustreben, dass die Bedienung der Zeitschaltuhren auch durch die Nutzer durchgeführt werden kann.

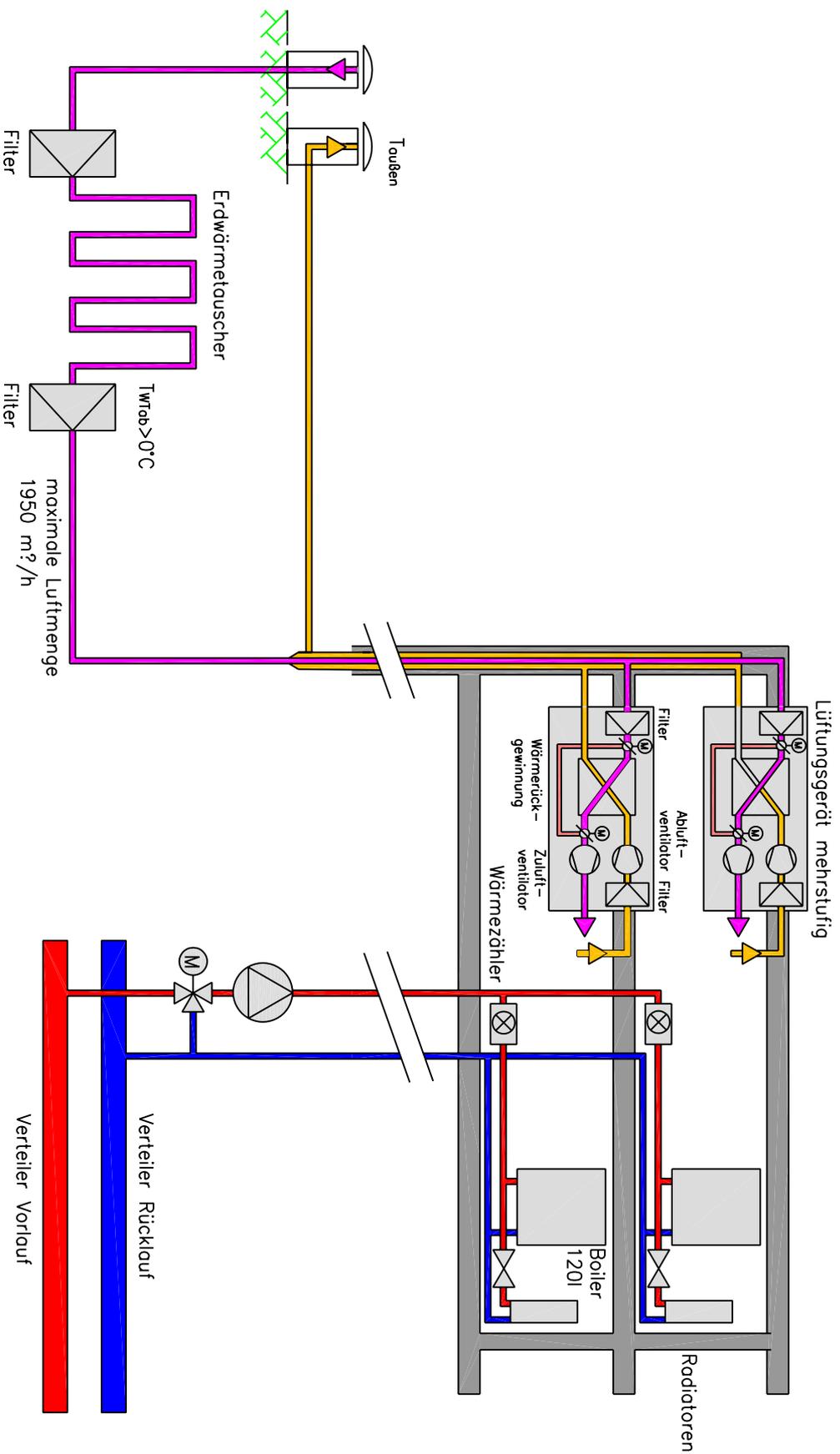
Luftfeuchtigkeit:

Es werden die internen Quellen so gut als möglich durch die Luftführung genützt. Es sind keinerlei Regeleinrichtungen zur aktiven Regelung der Feuchtigkeit vorhanden. Eine indirekte Beeinflussung vollzieht sich durch die unterschiedlichen bedarfsangepassten Luftmengen.

Bedienung und Eingriffsmöglichkeiten:

Der Nutzer hat die Aufgabe, aktiv bei der Einstellung der Lüftungszeiten mitzuarbeiten. Zudem ist die Bedienung der Überströmöffnung zwischen Bad und WC Aufgabe des Nutzers (Abluftbetrieb im Bad im Sommerbetrieb).

Zur Erklärung der Zusammenhänge Luftfeuchtigkeit, Luftmenge und Bedienung der Anlage wird von der ausführenden Firma eine Nutzerfibel erstellt werden.



D		
C		
B		
A		
Index	Art der Änderung	Datum der Änderung

GESCHOSS	gezeichnet: KS	Maßstab: 1:X
----------	----------------	--------------

geprüft: BS	Datum: 1.2003
-------------	---------------

Plan Nr.: P963-EP-HL-S3	CAD: P963-EP-HL-S3
-------------------------	--------------------

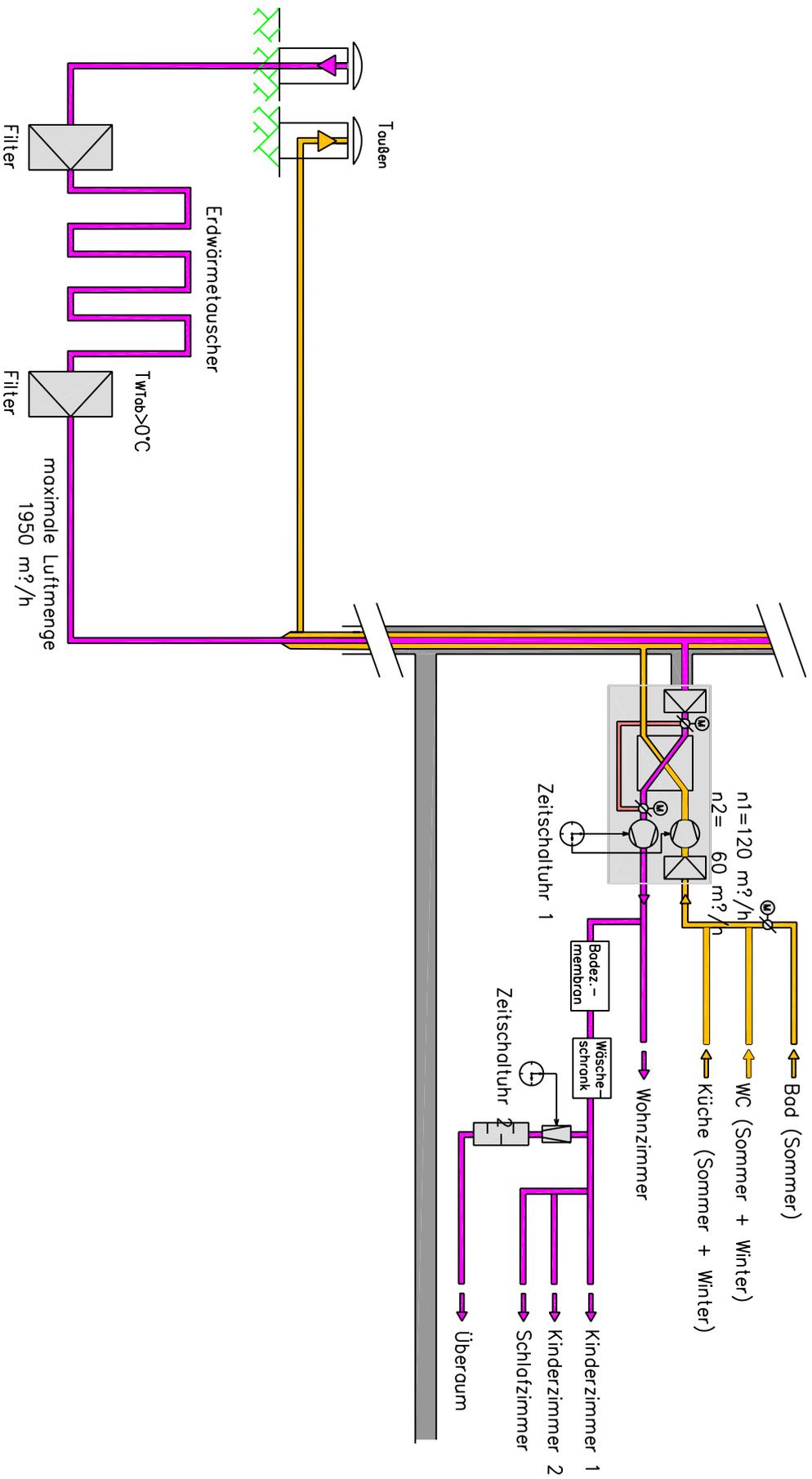
PLANART: Entwurf
 Schema Heizung, Lüftung, Warmwasser Wohnungen

BAUVORHABEN: Themenwohnen Musik

LIEGENSCHAFTSEIGENTUMER UND BAUHERBER

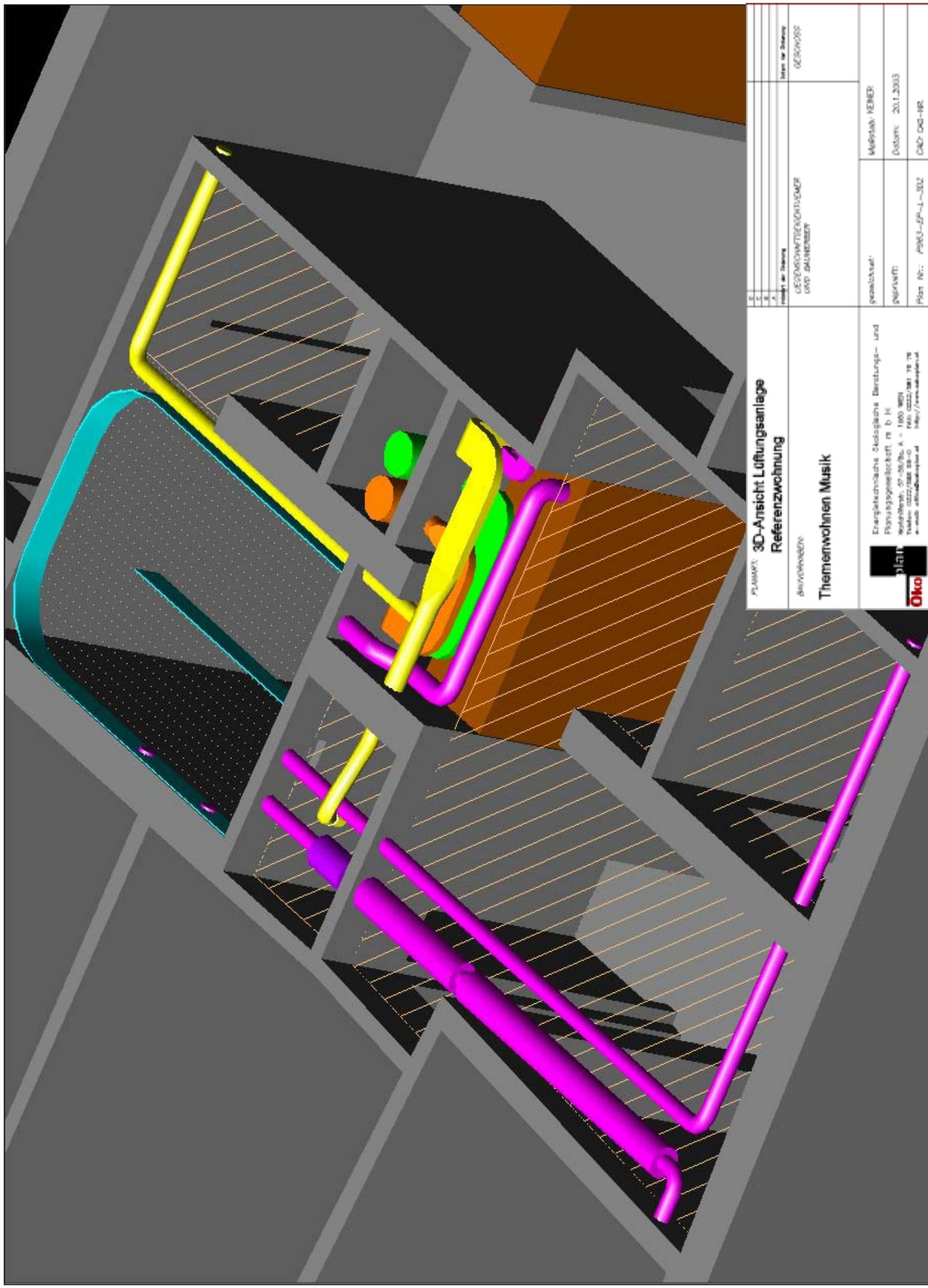
Energetische ökologische Beratungs- und Planungsgesellschaft m b H
 Marchillierstr. 57-59/9a, A - 1060 WIEN
 Telefon: 0222/588 56-0
 Fax: 0222/581 76 76





D		
C		
B		
A		
Index	Art der Änderung	Datum der Änderung

<p>Okoplan Energietechnische ökologische Beratungs- und Planungsgesellschaft m b H Nordhillenstr. 57-59/9a, A - 1060 WIEN Telefon: 0222/588 56-0 FAX: 0222/581 76 76</p>	PLANART: Entwurf Schema Lüftung Testwohnung Top18	BAUVORHABEN: Themenwohnen Musik	LEGESCHAFTSAGENTURER UND BAUERBER	GESCHOSS	gezeichnet: KS geprüft: BS Plan Nr.: P963-EP-L-S4	Maßstab: M 1:X Datum: 1.2003 CAD: P963-EP-L-S4



PLANAT 3D-Ansicht Lüftungsanlage Referenzwohnung		B C A Projekt der Planung GESCHWIMMTSCHWIMM-DACH UND ZAHNREIBER		Datum der Zeichnung GESCHWISS	
ANWENDBEREICH Themenwohnen Musik		geschaltet: MARSHAL KEMER		Maßstab: KEMER	
Energieeffiziente Stagesche Beratungs- und Planungsgesellschaft mbH Woblerstr. 31-33/3a, A-1080 WIEN Telefon: +43 (0)1 479 99 99, Fax: +43 (0)1 479 99 98 e-mail: office@planat.at http://www.planat.at		ANFORDERUNG Dachstuhl		Datum: 20.1.2003	
		Plan Nr.: PHB3-LP-1-302		CAD: DIG-IB	

6.4.1.2. Überäume

6.4.1.2.1. Ausgangslage und Aufgabenstellung:

Die Überäume sind jener Bereich mit den höchsten Anforderungen bezüglich Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit. Da in den Überäumen auch Instrumente gelagert werden, müssen rasche Schwankungen und Extremwerte von relativer Feuchtigkeit und Temperatur vermieden werden. Durch die relativ geringen internen Feuchtigkeitsquellen kann auf eine Befeuchtung der Luft nicht verzichtet werden.

6.4.1.2.2. Grundlagen und Zielwerte:

Raumtemperatur:	21°C
Relative Feuchtigkeit:	Untere Grenze: 40% r.F. Obere Grenze: gem. Außenluftzustand
Zielwert Heizenergieverbrauch:	15kWh/m ² a (Passivhausstandard)
Anzahl allgemeiner Überäume:	8
Anzahl privater Überäume:	15

Zum Thema Luftmenge:

Siehe auch Punkt 7.1. und 7.2.

Jeder Überaum wird zur selben Zeit von nur einer Person genützt.

Im Objekt sind einerseits Überäume untergebracht, die nur von einer bestimmten Person genützt werden (private Überäume), und andererseits solche, die von mehreren angemietet werden können. Gemäß Nutzungsszenario werden die allgemeinen Überäume intensiver genutzt, was sich natürlich in einem höheren Luftverbrauch niederschlägt.

Die Tätigkeit von Musikern beim Proben ist als normale körperliche Beanspruchung bzw. als mittelschwere Arbeit gemäß ÖNORM H6000 – Teil 3 einzustufen.

Aus dieser Einstufung, dem Nutzungsszenario und der maximalen CO₂-Konzentration von 1000ppm ergaben sich folgende Mindestfrischluftwerte:

Allgemeine Überäume:	47m ³ /h
Private Überäume:	42m ³ /h

6.4.1.2.3. Lüftung:

Die Räume werden be- und entlüftet, wenn sie belegt sind. Die Feuchtigkeitssimulation ergab, dass unter Annahme einer durchschnittlichen Belegung die Räume mit einer konstanten Luftmenge gelüftet werden können. Sollte sich im Betrieb herausstellen, dass es zu **intensiverer** Nutzung in Perioden langwährender tiefer Außentemperaturen kommt als dies in der Simulation unter "erhöhte Nutzung" angenommen wurde, so muss die Luftmenge reduziert werden, um die Feuchtigkeitsvorgaben erfüllen zu können. Dadurch wurde die ursprüngliche Idee eines zentralen Lüftungsgerätes hinfällig, da auf keinen Fall garantiert werden kann, dass bei einer sinkenden Gesamtluftmenge noch alle besetzten Räume gleichmäßig mit Frischluft versorgt werden.

Somit werden die Räume auf Zonen zusammengefasst, die dann jeweils mit einem eigenen Zu- und Abluftventilator versorgt werden.

Die Ergebnisse der Simulation ergaben unterschiedlichen Feuchtigkeitsbedarf für die privaten und die allgemeinen Überäume. Um darauf regelungstechnisch zu reagieren, werden 2 Verteilstränge geschaffen, die jeweils über einen eigenen Bypass zum Pufferraum verfügen.

Somit ergeben sich folgende Lüftungszonen:

Zone 1: allgemeine Überäume - Ü1, Ü16, Ü22, Ü23

Gesamtluftmenge: 188m³/h, die zugehörigen Ventilatoren (1xZUL, 1x ABL) sitzen im KG, jeder Überaum wird vom Keller aus mit einer extra Leitung angespeist, das bedeutet, dass sich im dazugehörigen Schacht 8 Luftleitungen befinden (4 x ZUL, 4xABL)

Zone 2: private Überäume EG - Ü2, Ü3, Ü4, Ü5, Ü6

Gesamtluftmenge: 252m³/h, die zugehörigen Ventilatoren sitzen in der Zwischendecke im EG, von den Ventilatoren aus wird jeder Überaum mit einer separaten Luftleitung angespeist, das bedeutet, das sich in der Zwischendecke 10 Leitungen befinden.

Zone 3: allgemeine Überäume EG - Ü7, Ü8, Ü9, Ü10

Gesamtluftmenge: 188m³/h, die zugehörigen Ventilatoren sitzen in der Zwischendecke im EG, von den Ventilatoren aus wird jeder Überaum mit einer separaten Luftleitung angespeist, das bedeutet, das sich in der Zwischendecke 8 Leitungen befinden.

Zone 4: private Überäume 1.OG - Ü11, Ü12, Ü13, Ü14, Ü15

Gesamtluftmenge: 210m³/h, die zugehörigen Ventilatoren sitzen in der Zwischendecke im 1.OG, von den Ventilatoren aus wird jeder Überaum mit einer separaten Luftleitung angespeist, das bedeutet, das sich in der Zwischendecke 10 Leitungen befinden

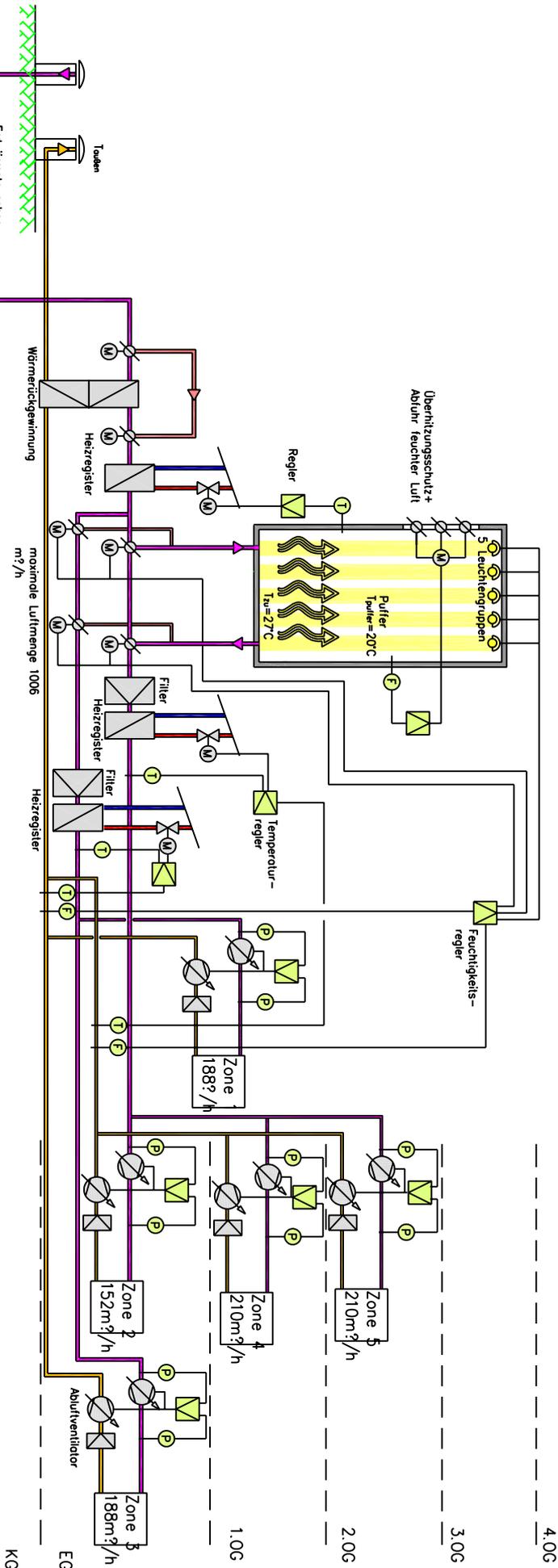
Zone 5: private Überäume 2.OG - Ü17, Ü18, Ü19, Ü20, Ü21

Gesamtluftmenge: 210m³/h, die zugehörigen Ventilatoren sitzen in der Zwischendecke im 2.OG, von den Ventilatoren aus wird jeder Überaum mit einer separaten Luftleitung angespeist, das bedeutet, das sich in der Zwischendecke 10 Leitungen befinden.

Überaum	Geschoß	Personen	Luftvolumen [m ³ /h]	Nutzung	Lüftungszone
Ü1	KG	1	47	allgemein	1
Ü2	EG	1	42	privat	2
Ü3	EG	1	42	privat	2
Ü4	EG	1	42	privat	2
Ü5	EG	1	42	privat	2
Ü6	EG	1	42	privat	2
Ü7	EG	1	47	allgemein	3
Ü8	EG	1	47	allgemein	3
Ü9	EG	1	47	allgemein	3
Ü10	EG	1	47	allgemein	3
Ü11	1.OG	1	42	privat	4
Ü12	1.OG	1	42	privat	4
Ü13	1.OG	1	42	privat	4
Ü14	1.OG	1	42	privat	4
Ü15	1.OG	1	42	privat	4
Ü16	1.OG	1	47	allgemein	1
Ü17	2.OG	1	42	privat	5
Ü18	2.OG	1	42	privat	5
Ü19	2.OG	1	42	privat	5
Ü20	2.OG	1	42	privat	5
Ü21	2.OG	1	42	privat	5
Ü22	2.OG	1	47	allgemein	1
Ü23	3.OG	1	47	allgemein	1
Summe			1006		

LEGENDE:

-  Ventilator mit Gleichstrommotor
-  Drehzahlregelung, Differenzdruck
-  qabhängig
-  Feuchtfühler
-  Regler
-  Stellmotor



PLANART:	Entwurf		
	Schematische Lösung Oberstages		
BAUVERFAHREN:	Themenwohnen Musik		
PROJEKTANT:	Energieelektronische ökologische Beratungs- und Planungsgesellschaft m b H		
PROJEKTLEITER:	KS		
PROJEKTMITARBEITER:	BS		
PROJEKTZEITRAUM:	1.2003		
PROJEKTORT:	EG		
PROJEKTNUMMER:	9963-EP-L-51		

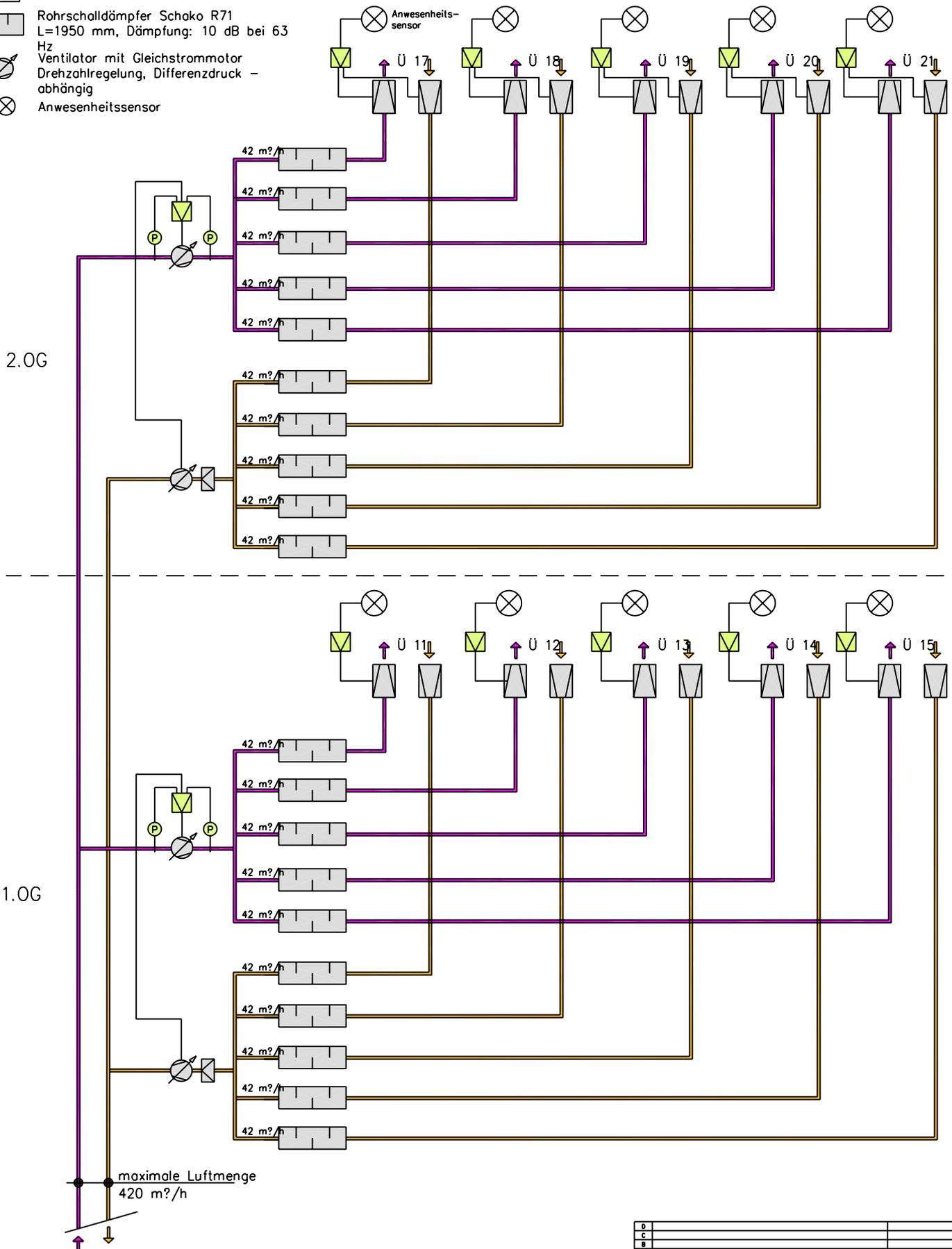
ÖKOPLAN
 Energieelektronische ökologische Beratungs- und Planungsgesellschaft m b H
 Hohenbrunnstr. 57-59/Bs. A - 1060 WIEN
 Telefon: 0222/298 56-0
 e-mail: office@oekoplan.at
 http://www.oekoplan.at

gezeichnet: KS
 geprüft: BS
 Datum: 1.2003

Plan Nr.: 9963-EP-L-51

LEGENDE:

-  Konstant – Volumenstromregler
-  Rohr Schalldämpfer Schako R71
L=1950 mm, Dämpfung: 10 dB bei 63 Hz
-  Ventilator mit Gleichstrommotor
Drehzahlregelung, Differenzdruck – abhängig
-  Anwesenheitssensor



D		
C		
B		
A		
Index	Art der Änderung	Datum der Änderung
	GESCHOSS	gezeichnet: KS
	OG 1/2	geprüft: BS
		Plan Nr.: P963-EP-L-S2
		Maßstab:
		Datum: 1.2003
		CAD: P963-EP-L-S2

Öko plan
 Energietechnische ökologische
 Beratungs- und
 Planungsgesellschaft m b H
 Mariahilferstr. 57-59/8a, A - 1060 WIEN
 Telefon: 0222/588 56-0
 FAX: 0222/581 76 76
 e-mail: office@oekoplan.at
 http://www.oekoplan.at

PLANART:
 Entwurf
 Schema Lüftung
 Überäume Zone 4+5

BAUVORHABEN:
 Themenwohnen Musik

**LIEGENSCHAFTSEIGENTUMER
 UND BAUWERBER**

Aufbau der Anlage:

Ansaugen der Frischluft über einen Erdwärmetauscher.

Vorwärmen der Luft über eine hocheffiziente Wärmerückgewinnung mittels Gegenstromwärmetauscher. Aufgrund der großen Luftmenge muss der Wärmetauscher gesplittet werden, weil es in diesem Bereich noch keine passivhaustauglichen Plattentauscher gibt.

Nachheizen der Luft auf ca. 20°C über ein Heizregister.

Einblasen der Luft in den Pufferraum bzw. Umströmung über Bypass.

Aufnahme von Feuchtigkeit, die im Pufferraum über die Pflanzen abgegeben wird.

Filtern der Luft nach dem Pufferraum.

Nachheizen der Luft auf Raumtemperatur

Verteilung über zonenweise Zu- und Abluftventilatoren

Einblasen der Luft in die Überäume über Volumstromregler und Zuluftdüsen

Absaugen über Abluftgitter

Verwendung von differenzdruckabhängig drehzahlgeregelten Gleichstromventilatoren zur Anpassung der Luftmenge

Luftführung im Pufferraum:

Aus Gesprächen mit Pflanzenspezialisten (Fa. Grünplan) ergaben sich für die zum Einsatz kommenden Pflanzen aus Sicht der Haustechnik folgende Randbedingungen:

Mindestraumtemperatur: 12°C

Maximale Raumtemperatur: Über 27°C beginnen die Pflanzen die Transpiration einzustellen
Hohe Luftgeschwindigkeiten vermeiden

Diesen Anforderungen wird einerseits durch die Regelungstechnik (Einhaltung von Mindest- und Maximaltemperatur) und andererseits durch die Luftführung Rechnung getragen. Die Luft wird im Bodenbereich über zwei Quelluftauslässe mit einer Geschwindigkeit von 0,2 m/s ausgeblasen und an der Decke über konventionelle Lüftungsgitter (angebracht über die ganze Breite des Raumes) wieder abgesaugt.

Beim Luftaustritt aus dem Puffer wird zur Vermeidung von hygienischen Problemen ein Luftfilter installiert.

6.4.1.2.4. Heizung

Die Beheizung der Räume erfolgt analog zu den Wohnungen über statische Heizflächen. Die Zuluft wird lediglich auf Raumtemperatur aufgewärmt. Die Transmissionsverluste werden über die statischen Heizflächen abgedeckt. Es ist kein Warmwasseranschluss vorgesehen.

6.4.1.2.5. Regelungskonzept + Bedienung

Regelung der Puffertemperatur:

Führungsgröße:	Raumtemperatur Pufferraum
Sollwerte:	21°C untertags 12°C nachts -> Überlebensbedingung Pflanzen Minimale Zulufttemperatur 15°C
Zu steuern:	Dreiwegventil vor Heizregister Dreiwegventil zur Konvektorenanspeisung

Der Puffer kann in Abhängigkeit der darin gemessenen Temperatur über 2 Vorrichtungen geregelt werden:

Die Temperatur wird über die Heizvorrichtungen im Pufferraum (Konvektoren) bzw. über die Einblastemperatur (Heizregister) der Lüftungsanlage geregelt.

Regelung der Raumlufttemperatur in den Überäumen:

Führungsgröße:	Ablufttemperatur je Verteilstrang (= Raumtemperatur solange Lüftung in Betrieb ist)
Sollwert:	21°C, unabhängig von der Nutzung
Zu steuern:	Dreiwegventil Heizregister des jeweiligen Verteilstrangs

Die Raumluft wird in Abhängigkeit der Ablufttemperatur des jeweiligen Verteilstrangs (entspricht der Raumtemperatur solange Lüftung in Betrieb ist) und der jeweiligen Zulufttemperatur (gemessen direkt nach dem 2. Heizregister) geregelt. Es wird im Winterfall generell eine Raumtemperatur von 21°C angestrebt.

Die Lüftung deckt nur den Wärmebedarf für die Frischluftherwärmung. Der Transmissionswärmebedarf wird über konventionelle Heizkörper mit Thermostatventilen angedeckt.

Regelung der Luftmenge:

Führungsgröße:	Differenzdruck des Luftverteilsystems (gibt Auskunft über Raumbelugung)
Sollwerte:	Luftmenge je Überaum bei Belegung: 47m ³ /h allg. Räume, 42m ³ /h private Räume Luftmenge je Überaum bei Leerstehen: 2-3m ³ /h Minimale Luftfeuchtigkeit: 40% r.F.
Zu steuern:	Drehzahl der Ventilatoren der Zonen 1-5

Standardfall bei durchschnittlicher Belegung und durchschnittlicher Außentemperatur:

Die Luftmenge resultiert aus der Belegung der Überäume. In den Überäumen sind Bewegungsmelder installiert, die bei Betreten des Raumes einen Kontakt schließen, der zum Öffnen des Volumstromreglers führt. Die Ventilatoren der jeweiligen Zone sind in Abhängigkeit des luftseitigen Differenzdrucks drehzahl geregelt. Bei Öffnen der Volumstromregler sinkt der Gegendruck des Luftverteilsystems und damit der Differenzdruck. Die Drehzahlregelung der Ventilatoren reagiert darauf mit einer Steigerung der Drehzahl, wodurch sich eine Erhöhung der geförderten Luftmenge ergibt. Es ist eine Drehzahlregelung zu installieren, die stufenlos von 20% bis 100% variieren kann.

Option bei sehr trockener Außenluft und intensiver Nutzung:

Die Anzahl der Pflanzen im Pufferraum ist so gewählt, dass bei einer überdurchschnittlichen Belegung (siehe Punkt 7.1.) genug Feuchtigkeit entsteht. Bei sehr trockener Außenluft und gleichzeitig intensiverer Belegung als prognostiziert kann die Feuchtigkeitsabgabe der Pflanzen zu gering sein, wodurch die relative Luftfeuchtigkeit vor allem in den privaten Überäumen unter 40% r.F. abfällt. Für diesen Betriebsfall wird abhängig von einem definierbaren Schwellwert der Außentemperatur die Luftmenge der einzelnen Zonen auf die Hälfte reduziert.

Diese Regelstrategie steht eine Option dar, falls sich im Betrieb herausstellt, dass der Fall öfter auftritt.

Regelung der Luftfeuchtigkeit in den Überäumen:

Führungsgröße: Abluftfeuchtigkeit des Verteilstrangs 1 oder 2(= Raumlufffeuchtigkeit in den privaten bzw. allgemeinen Überäumen solange Lüftung in Betrieb)
Sollwerte: 40% bis 55% r.F.
Zu steuern: 5 Beleuchtungsgruppen
1 Luftklappe für den Beipass Verteilstrang 1
1 Luftklappe für den Beipass Verteilstrang 2
2 Lüftungsklappe im Pufferraum (statische Entlüftung)

Die Luftfeuchtigkeit in den Überäumen wird in Abhängigkeit der Abluftfeuchtigkeit des jeweiligen Verteilstrangs (entspricht der Raumlufffeuchtigkeit solange Lüftung in Betrieb ist) geregelt. Hierzu wird in den Abluftkanal des jeweiligen Verteilstrangs ein Feuchtigkeitsfühler montiert.

Zu hohe Feuchtigkeit in den Überäumen:

Bei steigender Abluftfeuchtigkeit (=Raumlufffeuchtigkeit des trockensten Verteilstrangs der Überäume) wird sukzessive die Feuchtigkeitsabgabe der Pflanzen über Abschalten der Beleuchtungsgruppen vermindert. Es sind 5 Beleuchtungsgruppen vorhanden. Die Feuchtigkeitsabgabe kann somit linear in 5 Stufen reguliert werden.

Wenn die minimale Beleuchtung (vorgegeben durch Überlebensbedingungen der Pflanzen (min 8 h/Tag bei 800 lux) erreicht ist, wird der direkte Außenluftanteil durch stetige Betätigung der Beipassklappe erhöht (funktioniert solange die Außenluft trockener als die Luft im Puffer ist). In diesem Fall sinkt die Durchspülung des Pufferraums bis auf 0m³/h. Als unterer Grenzwert sind hier nur bauphysikalische und hygienische Mindestanforderungen (Schimmelbildung im Pufferraum, Kondensationserscheinungen etc.) im Pufferraum einzuhalten.

Zu geringe Feuchtigkeit in den Überäumen:

Bei sinkender Abluftfeuchtigkeit des jeweiligen Verteilstrangs wird sukzessive mehr Luft aus dem Puffer entnommen. Sobald 100% der benötigten Luftmenge (Führungsgröße ist der trockenste Verteilstrang) durch den Pufferraum strömen, wird die Beleuchtung der Pflanzen in Stufen erhöht, wodurch sich die Feuchtigkeitsabgabe erhöht.

Um hier ein funktionierendes Regelsystem zu schaffen (keine Pendelbewegungen) muss natürlich eine gewisse Hysterese vorgegeben werden. Diese Hysterese wird sich sinnvollerweise zwischen 40%r.F und 55%r.F. in den Überäumen bewegen.

Bedienung der Anlage:

Die Anlage funktioniert vollautomatisch. Die Nutzer der Überäume haben nur eine Eingriffmöglichkeit auf die Raumtemperatur über die Bedienung der Thermostatventile. Um zu hohe Raumtemperaturen (und damit einhergehend niedrige relative Feuchtigkeit) zu vermeiden werden die Thermostatköpfe auf einen Einstellwert von 21°C nach oben begrenzt.

6.4.1.3. Wohngemeinschaften und Gästewohnungen

Die Studenten- und Gästewohnungen des Straßentraktes werden wie die Wohnungen in Passivhausqualität ausgeführt.

6.4.1.4. Veranstaltungssaal

6.4.1.4.1. Grundlagen:

Die sehr unregelmäßige und intensive Nutzung des Saals verlangt nach einer intensiven Be- und Entlüftung. Durch die großen Luftmengen wird der Heizwärmebedarf über dem Passivhausstandard liegen.

Raumkonditionen im Winter:	20°C, 45% r.F.
Raumkonditionen im Sommer:	maximal 30°C, 55% r.F.
Anzahl anwesender Personen:	110
Frischlufthmenge je Person:	20m ³ /h (gemäß DIN 1946 – Teil 2)

Betrachtungen zur Wintersituation:

Zielwert:	20°C, 45%r.F (entspricht 7g/kg)
Anzahl anwesender Personen:	110
Frischlufthmenge je Person:	20m ³ /h (gemäß DIN 1946 – Teil 2)
Feuchteentwicklung je Person:	40g/h
Resultierende Frischlufthmenge:	2200m ³ /h
zugrundeliegender Außenluftzustand:	Mittelwert Jänner (0°C, 80% r.F. -> entspricht 3g/kg absoluter Feuchte)

50 Prozent der entstehenden Feuchtigkeit im Raum wird über den Rotationswärmetauscher zurückgewonnen. Ohne Zufuhr von Feuchtigkeit würde die Luftfeuchtigkeit dennoch auf 35% r.F. absinken. Bei Veranstaltungen müssen, um dies auszugleichen, 3kg Wasser je Stunde zugeführt werden.

Durch die sehr unregelmäßige Nutzung des Veranstaltungssaals ist eine Einbindung der Anlage in den Pufferraum nicht zielführend. Die Anzahl der Pflanzen müsste sehr hoch gewählt werden, um den kurzzeitigen Feuchtigkeitsbedarf abzudecken. Außerhalb der Betriebszeiten des Veranstaltungssaals würden die Pflanzen mehr Feuchtigkeit produzieren als nötig, was zu häufigem Ablüften des Pufferraums mit einhergehendem Energieverbrauch führen würde.

Temperatursituation im Sommer:

Durch die intensive Belegung entstehen große innere Wärmelasten, die zu einer Überhitzung des Raumes führen können.

Um eine energieintensive Klimatisierung zu vermeiden, wird ein unzulässiges Ansteigen der Raumtemperatur durch verstärkte Zufuhr von Frischlufth ausgeglichen.

Es wurde eine überschlägige Berechnung durchgeführt, die die Speichermassen des Gebäudes noch nicht berücksichtigt. Es wird von einer Abendveranstaltung ausgegangen. Zu dieser Uhrzeit kommt es zu keiner äußeren Belastung durch Sonneneinstrahlung oder Transmission aufgrund hoher Außentemperaturen. Zudem wird eine Außentemperatur angenommen, die unterhalb der Tagesspitze liegt.

Zugrundeliegende Außentemperatur:	22°C
Belegung:	110 Personen

Wärmeleistung je Person:	115 W
Belastung durch Beleuchtung etc.:	12W/m ²
Resultierende innere Kühllast:	14000W
Zulässiger Maximalwert der Raumtemperatur:	30°C
Nötige Frischluftmenge:	5300m ³ /h

Somit müssen 5300m³/h Frischluft eingeblasen werden, um die Temperaturen in diesem Bereich zu halten.

6.4.1.4.2. Lüftung:

Es wird ein mehrstufiges reines Frischluftgerät eingesetzt. Die eingeblasene Luftmenge ist von den Betreibern im Saal über einen Stufenschalter frei wählbar.

Aufbau der Anlage:

Gesamtluftmenge: 5300m³/h

Frischluftansaugung im Innenhof

Einsatz einer Wärmerückgewinnung mittels Rotationswärmetauscher, um die Befeuchtungslast im Winter kleiner zu halten.

Eventuell Befeuchtung über elektrischen Dampfbefeuchter

Einsatz eines Nachheizregisters

Die Luftverteilung erfolgt über Quellaftauslässe in Bodennähe. Die Absaugung der Abluft in Deckennähe. Auf diese Weise entsteht in Bodennähe ein Frischluftsee, der die verbrauchte und erwärmte Luft nach oben drückt.

6.4.1.4.3. Heizung:

Der Transmissionsbedarf des Saals ist sehr gering und wird über eine Fußbodenheizung abgedeckt.

6.4.1.5. Ensembleproberaum

6.4.1.5.1. Grundlagen:

Die Nutzung des Raums ist ähnlich unregelmäßig wie beim Veranstaltungssaal. Zu berücksichtigen ist lediglich, dass auch von einer Nutzung untertags ausgegangen werden muss, wodurch im Sommer mit einer höheren Frischlufttemperatur zu rechnen ist.

Raumkonditionen im Winter:	20°C, 45% r.F.
Raumkonditionen im Sommer:	26°C, 55% r.F.
Zielwert Heizenergieverbrauch:	Niedrigenergiestandard

Betrachtungen zur Wintersituation:

Zielwert:	20°C, 45%r.F (entspricht 7g/kg)
Anzahl anwesender Personen:	10 mit Instrumenten, 20 bei Veranstaltungen
Frischluftmenge je Person:	30m ³ /h
Feuchteentwicklung je Person:	40g/h
Resultierende Frischluftmenge:	600m ³ /h
zugrundeliegender Außenluftzustand:	Mittelwert Jänner (0°C, 80% r.F. -> entspricht 3g/kg absoluter Feuchte)

Aufgrund der kleinen Luftmenge gelangt ein Lüftungsgerät mit Gegenstromwärmetauscher (keine Feuchterückgewinnung) zum Einsatz. Bei Dauerbetrieb ohne Befeuchtung würde sich somit eine Luftfeuchtigkeit von 25% r.F. einstellen. Um dies auszugleichen, ist eine Feuchtigkeitszufuhr von 2kg/h nötig. Aufgrund der unregelmäßigen Nutzung ist analog zum Veranstaltungssaal die Luftentnahme aus dem Pufferraum nicht zielführend. Es wird eine konventionelle Befeuchtung über Dampfbefeuchter eingebaut.

Temperatursituation im Sommer:

Bei Frischluftbetrieb ohne mechanische Kühlung ergibt sich die folgende Situation:

Zugrundeliegende Außentemperatur:	26°C
Belegung:	20 Personen
Wärmeleistung gesamt je Person:	115 W
Belastung durch Beleuchtung etc.:	12W/m ²
Resultierende trockene Kühllast:	2840W
Zulässiger Maximalwert der Raumtemperatur:	26°C

Unter den gegebenen Bedingungen und ohne Berücksichtigung der Speichermassen würde die Temperatur bei Beibehaltung der Luftmenge um ca. 13°C ansteigen.

Eine Einbindung der Anlage in die Frischluftansaugung über den Erdwärmetauscher ist denkbar. Dies würde im Sommer zu einer Abkühlung der Frischluft führen, wodurch sich ein gewisser Kühleffekt einstellt. Gleichzeitig muss aber die Luftmenge erhöht werden, was sich auf die Dimensionierung des Erdwärmetauschers auswirkt. Bei einer angenommenen Abkühlung im Tauscher um 4°C gegenüber der Außentemperatur müsste die Luftmenge somit vervierfacht werden, was zu einer Luftmenge von 2400m³/h führt. Diese Menge zum Zwecke der Kühlung zusätzlich über den Erdwärmetauscher zu führen, erscheint sehr aufwendig und teuer. Es wird somit darauf verzichtet. Die dynamischen Kühllastberechnungen im Rahmen der Detailprojektierung werden zeigen, inwiefern eine Kühlung durch die Umschließungsflächen stattfindet und inwiefern durch FreeCooling im Raum ohne eine mechanische Kühlung behagliche Konditionen erzielt werden können.

6.4.1.5.2. Lüftung:

Es wird ein zweistufiges reines Frischluftgerät eingesetzt. Die eingeblasene Luftmenge ist von den Betreibern im Proberaum über einen Stufenschalter frei wählbar.

Aufbau der Anlage:

Gesamtluftmenge: 600m³/h
Frischluftansaugung im Innenhof
Einsatz einer Wärmerückgewinnung mittels Gegenstromwärmetauscher
Befeuchtung über elektrischen Dampfbefeuchter
Einsatz eines Nachheizregisters

Die Luftverteilung erfolgt über Quellluftauslässe in Bodennähe. Die Absaugung der Abluft in Deckennähe. Auf diese Weise entsteht in Bodennähe ein Frischluftsee, der die verbrauchte und erwärmte Luft nach oben drückt.

6.4.1.5.3 Heizung:

Der Transmissionsbedarf des Raumes ist sehr gering und wird über eine Fußbodenheizung abgedeckt.

6.4.2. Energieversorgung

6.4.2.1. Wärme

Die Versorgung des Objektes erfolgt aus ökologischen Gründen durch die Fernwärme Wien. Voraussetzung dafür sind jedoch erfolgreiche Tarifverhandlungen, da der übliche flächenbezogene Grundpreis zu sehr hohen verbrauchsunabhängigen Kosten führt, wohingegen die verbrauchsabhängigen Kosten durch den geringen Energiebedarf sehr gering ausfallen werden.

Folgende Leistungen sind bei der Wärmeversorgung zu berücksichtigen:

Nachheizregister der Lüftungsanlagen:

- Überäume	2.100W
- Veranstaltungssaal	9.400W
- Ensembleproberaum	1.900W

Warmwasserbereitung

- Anzahl der Speicher:	22
- Spitzenleistung je Speicher:	14.000W
- Gesamtleistung:	308.000W

Heizlast (überschlägig)

- Gesamtfläche im Passivhausstandard:	ca. 2350m ²
Spezifische Heizlast:	10 W/m ²
Gesamtheizlast:	23.500W
- Gesamtfläche im Niedrigenergiestandard :	ca. 1470m ²
Spezifische Heizlast:	45 W/m ²
Gesamtheizlast:	66.000W

Die Gesamtanschlussleistung des Gebäudes ergibt sich aus Warmwasserbereitung und Lüftungen, da niemals mit gleichzeitigem Heiz- und Warmwasserbetrieb gerechnet werden muss.

Die Warmwasserspeicher müssen jedoch mit einer Gleichzeitigkeit von 100% gerechnet werden, da nur zweimal am Tag eine Aufheizung erfolgt.

Gesamtanschlussleistung: 322.000W

6.4.2.2. Strom

Strom wird in erster Linie als Haushaltsstrom verwendet.

Folgende haustechnische Anlagen werden mit Strom betrieben:

- Sämtliche Ventilatoren und Umwälzpumpen
- Eventuell die elektrischen Dampfbefeuchter der Lüftungen ‚Proberaum‘ und ‚Veranstaltungssaal‘

6.4.3. Verbrauchsabrechnung

Folgende Verbräuche werden direkt über Wärmezähler an die Mieter/Eigentümer verrechnet:

- Wärmeverbrauch für Warmwasser und Radiatorenheizung der Wohnungen
 - Stromverbrauch der einzelnen Wohnungen inklusive Strombedarf für die dezentralen Lüftungsanlagen
- Zur Verrechnung werden bei den einzelnen Wohnungen geeichte Wärmemengen-/Stromzähler installiert.

Folgende Verbräuche müssen über einen pauschalen Verrechnungsschlüssel abgerechnet werden:

- Wärmeverbrauch der Überäume samt Pufferraum
- Stromverbrauch der Lüftungsanlagen ,Überäume'

Folgende Verbräuche könnten exakt abgerechnet werden, wobei aber eine Aufwand-/Nutzenrechnung durchzuführen ist (Wartungs- und Eichkosten der Zähler, etc.):

- Strom- und Wärmeverbrauch der Lüftungsanlagen ,Veranstaltungssaal' und ,Proberäume'
- Wärmeverbrauch der Fußbodenheizungen ,Veranstaltungssaal' und ,Proberäume'

6.4.4. Resumee aus haustechnischer Sicht:

6.4.4.1. Befeuchtung über Pflanzenpufferraum

Gegenüber einer herkömmlichen Ausführung (Befeuchtung über Dampfbefeuchter und Feuchterückgewinnung über Rotationswärmetauscher) weist die projektierte Ausführung folgende Besonderheiten auf:

Die nötige Energie zur Befeuchtung (Verdampfungsenergie) muss den Pflanzen nur in aus dem Licht gewonnen. In diesem Zusammenhang wurde bei der Planung speziell darauf geachtet, dass der Großteil des Lichtes aus dem natürlichen Licht bezogen wird. Die Situierung der Pflanzen und damit die architektonische Gestaltung des Pufferraums wurde nach diesen Kriterien gewählt.

Für die Pflanzen sind Mindestbedingungen an Beleuchtung und Raumkonditionen einzuhalten. Das bedeutet, dass unter gewissen Umständen auch Energie zugeführt werden müsste, wenn eigentlich keine Feuchtigkeit mehr nötig wäre.

Durch die Einhaltung von Mindestlebensbedingungen wird immer eine gewisse Menge Feuchtigkeit abgegeben, was zum Anstieg der relativen Feuchtigkeit im Puffer führen kann. Zur Einhaltung einer maximalen Feuchtigkeit im Pufferraum muss unter gewissen Randbedingungen der Puffer entlüftet werden.

Ein durchgehender Lüftungsbetrieb unabhängig von der Nutzung der Räume würde zu einem sehr hohen Bedarf an Feuchtigkeit und damit zu einer sehr hohen Pflanzenanzahl führen. Die Lüftung ist somit bedarfsangepasst auszuführen.

Es wäre auch denkbar, herkömmliche Techniken (z.B. Rotationstauscher zur Feuchterückgewinnung) mit dem Pflanzenpufferraum zu koppeln. Es wurde aber aus Gründen der Eindeutigkeit des Projekts darauf verzichtet.

6.4.4.2. Feuchtigkeit und kontrollierte Wohnraumlüftung

Die Problematik zu trockener Luft im Zusammenhang mit kontrollierter Wohnraumlüftung ist bekannt. Das Ziel war, die internen Feuchtequellen so gut als möglich zu nützen. Gegenüber einer herkömmlichen Passivhaustechnik ist bei dieser ‚feuchtebewussten‘ Projektierung auf folgende Besonderheiten zu achten:

Es ist eine bedarfgeführte Luftmenge zu verwirklichen. Das bedeutet, dass bei Nichtnutzung der Wohnung auch keine Lüftung in Betrieb sein sollte. Dies führt dazu, dass eine Koppelung von Beheizung und Lüftung nur schwer realisierbar ist. Wenn bei Abwesenheit und Nichtnutzung über naturgemäß trockene Frischluft geheizt wird, führt dies zwangsläufig zu einem Austrocknen der Wohnung.

Auch geringeren Wohnungsbelegungen ist in diesem Sinne über geringere Luftmengen Rechnung zu tragen

Die Räume innerhalb des Wohnungsverbandes haben stark unterschiedliche Feuchtequellen. Die Frischluftzufuhr richtet sich in erster Linie nach der Anzahl der anwesenden Personen. Eine vollkommen ‚feuchtebewusste‘ Lüftung müsste eigentlich den Nutzern nachteilen, um zu vermeiden, dass ein nicht besetzter Raum mit trockener Luft durchspült wird und dadurch austrocknet.. Eine derartige Ausführung würde jedoch einen immensen technischen Aufwand bedeuten.

6.4.4.3. Kontrollierte Wohnraumlüftung und Schall

Das Vorhandensein von schalltechnisch sehr anspruchsvollen Räumlichkeiten innerhalb einer Wohnung führt zu großen Problemen bei der Schallübertragung über die Lüftungsleitungen.

Die sehr hohen Anforderungen zwischen Überaum und den restlichen Räumen sind nur unter sehr hohem technischen Aufwand und entsprechendem Platzbedarf für die technischen Einrichtungen zu erfüllen.

Einlageblätter:

Entwurf Schema Lüftung Überäume

Zeichnungsnummer P963-EP-L-S1

Entwurf Schema Lüftung Überäume Zone 4 + 5

Zeichnungsnummer P963-EP-L-S2

Entwurf Schema Heizung, Lüftung, Warmwasser Wohnungen

Zeichnungsnummer P963-EP-HL-S3

Entwurf Schema Lüftung Testwohnung Top 18

Zeichnungsnummer P963-EP-L-S4

Entwurf - Luftführung in der Wohnung Top18 – 2 x 3D-Ansicht

Zeichnungsnummern P963-EP-L-301, P963-EP-L-302

7. Natürliche Luftfeuchtekkonditionierung in Überäumen

Einleitung

In Räumen, die mit einer mechanischen Be- und Entlüftung ausgestattet sind – wie das zur Zeit bei allen Gebäuden, die unter einem bestimmten Lüftungswärmeverlustniveau bleiben wollen der Fall ist – würde sich aufgrund der physikalischen Randbedingungen - wie unter 3.1.1. dargestellt – ohne interne oder externe Feuchtequellen über kurz oder lang die absolute Feuchtigkeit der Außenluft einstellen, d.h. 3g/kg im Jänner, entspricht bei 21 ° 18 % rel. Luftfeuchtigkeit.

Eine spezielle Raumgruppe im Projekt themenwohnen^musik stellen die Überäume dar. Siehe Raumprogramm Kap. 4.6.3.4.

Sie sind ebenfalls mit einer mechan. Lüftung mit Wärmerückgewinnung ausgestattet.

Die Überäume sind jener Bereich mit den höchsten Anforderungen bezüglich Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit. Da in den Überäumen auch Instrumente gelagert werden, müssen rasche Schwankungen und Extremwerte von relativer Feuchtigkeit und Temperatur vermieden werden.

Die angestrebte relative Feuchtigkeit beträgt: 45% - 55% r.F., 40 % nach unten und 65 % nach oben sollten nicht überschritten werden. siehe Pkt.3.2

Um dieses Feuchteniveau zu halten sind Befeuchtungsmaßnahmen erforderlich. Hierzu wurde ein Pflanzenpufferraum entworfen, in dem spezielle Pflanzen die erforderliche Luftfeuchtigkeit generieren. Die Frischluft für die Überäume wird ganz oder teilweise über diesen Pflanzenpufferraum geführt.

Für die Planung des Systems mussten folgende Parameter genauer untersucht werden.

- die Belegung/ Nutzung der Überäume
- Wasserdampf und CO₂-Abgabe der Personen
- Pflanzen, Bedingungen und Feuchteleistung, statische Abschätzung der Anzahl
- Lage und räumliche Disposition des Pflanzenpufferraumes
- Tageslichtverhältnisse im Pflanzenpufferraum

7.1. Nutzung der Überäume

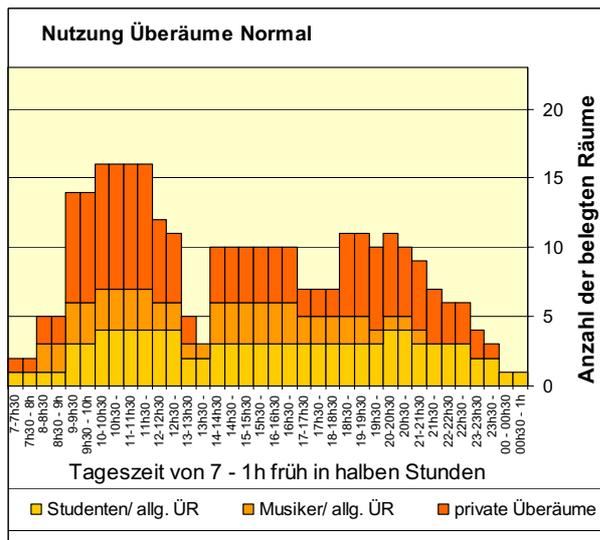
Es gibt 23 Überäume, sie sind je 22 m² groß, 3,1 m hoch und haben ein Luftvolumen von 68 m³.

Es gibt weiters 15 private Überäume die im Eigentum stehen oder an eine Einzelperson vermietet sind und 8 allgemeine Überäume, die von mehreren Musikern und den Studenten gemeinsam benutzt werden.

Ein Überaum wird zur selben Zeit jeweils nur von einer Person genutzt, Überzeiten und Dauer differieren allerdings sehr stark. Für die Simulation des Systems wurden – ausgehend von den Erhebungen zum Nutzerprofil 3 verschiedene durchschnittliche Nutzungsszenarien erstellt.

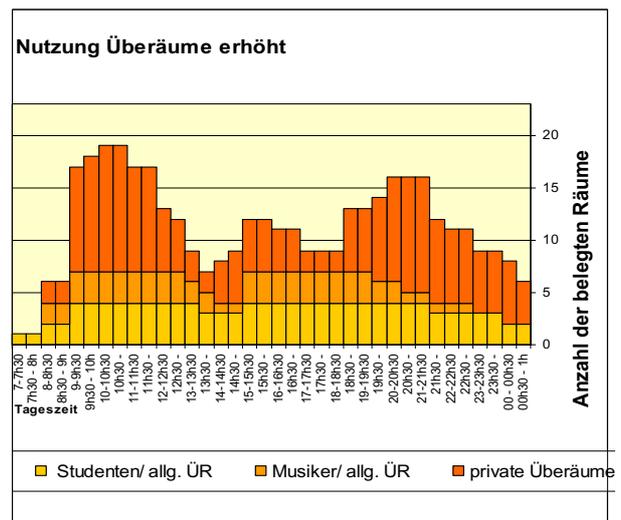
- normale Belegung
- überdurchschnittliche Belegung
- geringe Belegung

Die normale Belegung repräsentiert den Durchschnittszustand während des Jahres. Die überdurchschnittliche Belegung repräsentiert Tage oder Perioden in denen mit erhöhter Nutzung zu rechnen ist – z. B. Perioden wo die Vorbereitung auf eine überdurchschnittlich hohe Konzerttätigkeit stattfindet (Feiertage) und /oder wo gleichzeitig mehrere Studenten sich auf Abschlussprüfungen vorbereiten. Die geringe Belegung repräsentiert Ferienzeiten, z. B. die Energieferien/gleichzeitig Semesterferien im Februar oder die Ferien im Sommer.



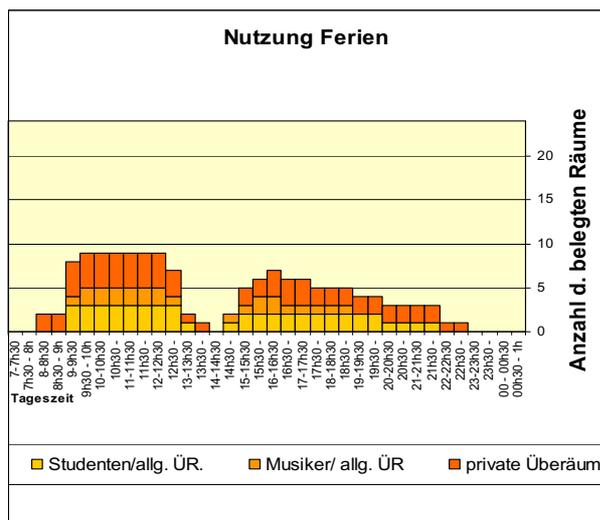
	Studenten/ allgem.Überäume	Musiker/ allgem.Überäume	private Überäume
mittlere Übedauer pro Person in h	6,78	3,50	6,69
Auslastung der Räume von 7H bis 1 H			49,03%
Auslastung der Räume im 24 h Durchschnitt			36,77%
Auslastung im Vergleich mit 8 h Büronutzung (100 %)			110,33%

Im Mittel werden von 7 Uhr früh bis 1 Uhr früh gleichzeitig 11,28 Räume von 23 genutzt.



	Studenten/ allgem.Überäume	Musiker/ allgem.Überäume	private Überäume
mittlere Übedauer pro Person in h	5,56	3,00	4,63
Auslastung der Räume von 7H bis 1 H			37,20%
Auslastung der Räume im 24 h Durchschnitt			27,90%
Auslastung im Vergleich mit 8 h Büronutzung (100 %)			83,70%

Im Mittel werden von 7 Uhr früh bis 1 Uhr früh gleichzeitig 8,56 Räume von 23 genutzt.



	Studenten/ allgem.Überäume	Musiker/ allgem.Überäume	private Überäume
mittlere Übedauer pro Person in h	5,00	2,50	3,50
Auslastung der Räume von 7H bis 1 H			14,92%
Auslastung der Räume im 24 h Durchschnitt			11,19%
Auslastung im Vergleich mit 8 h Büronutzung (100 %)			39,40%

Im Mittel werden von 7 Uhr früh bis 1 Uhr früh gleichzeitig 4,03 Räume von 23 genutzt.

Aus den Graphiken kann abgelesen werden, dass die Auslastung der Räume ähnlich der einer normalen Büronutzung mit 8 h ist, allerdings auf eine längere Zeitperiode ausgedehnt. (7h bis 1h nachts)

In weiterer Folge wurden für die Simulation 11 unterschiedliche Räume mit unterschiedlicher Nutzungsdauer generiert. Die Bandbreite erstreckte sich zwischen 0h und 16 h tägliche Belegung. Für private Räume wurden folgende Schwankungsbreiten angenommen:

normale Belegung: 0 – 7 Stunden/ Tag
 erhöhte Nutzung/ überdurchschnittliche Belegung 0 – 14 Stunden/ Tag
 geringe Belegung 0 – 5 Stunden/ Tag

Für die allgemeinen Räume wurden folgende Schwankungsbreiten angenommen:
 normale Belegung: 10 - 14 Stunden/ Tag
 erhöhte Nutzung/ überdurchschnittliche Belegung 10 – 16 Stunden/ Tag
 geringe Belegung 0 – 10 Stunden/ Tag

7.2. Wasserdampf und CO2-Abgabe der Personen

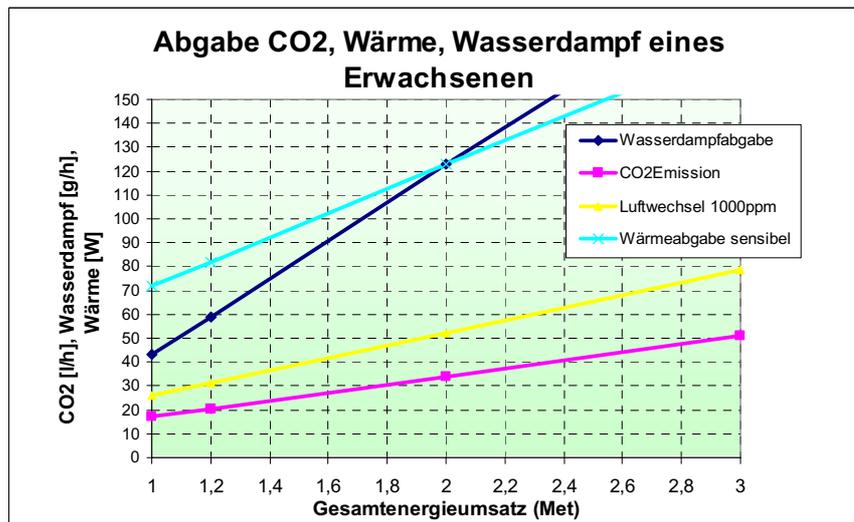
Die Übetätigkeit ist nicht zu vergleichen mit sitzender Tätigkeit am Schreibtisch. Daher können auch die üblichen Werte von Wasserdampfabgabe (40 gr./pers. und h) und benötigter Frischluftmenge (30 m³/pers.und h) für die Simulation nicht herangezogen werden.

Gespräche mit Musikern haben einstimmig ergeben, dass von einer deutlich höheren körperlichen Betätigung ausgegangen werden kann.

Aussenluftwechsel stationär				
Nach Fanger	Met	Außenluftwechsel für CO2<1000ppm		
		m³/h		
Entspanntes Sitzen	1	26,2		
leichte, vorwiegend sitzende Tätigkeit	1,2	31,4		
Stehende Tätigkeit I: Geschäft Labor, Leichtindustrie	1,6	41,8		
Stehende Tätigkeit II: Verkäufer, Haus- und Maschinenarbeit	2	52,3		
mittelschwere Tätigkeit: Schwerarbeit an Maschinen, Werkstattarbeit	2,8	73,2		

Die Musiker reichten übereinstimmend die Tätigkeit durchschnittlich zwischen stehende Tätigkeit I und II ein, betonten aber, dass die Bandbreite groß sei.

Darauf aufbauend wurde von 1,8 Met ausgegangen. Dies wurde den übrigen Werten (erforderlicher Luftwechsel, Wasserdampfabgabe und Wärmeabgabe) zugrunde gelegt.



Da bei privaten Überäumen von einer Belegung von 4 - 5 h auszugehen ist, (sollte eine deutlich längerer Verweildauer vorhanden sein, kann hier teilweise auch mit Schreibtischarbeit gerechnet werden) und alle Räume in der nicht belegten Zeit einen Restluftwechsel von 3 m³/ h erhalten, wurde der Luftwechsel für die privaten Überäume nach einer entsprechenden Überprüfung des zu erwartenden CO2 Verlaufes auf 42 m³ reduziert.

Lüftung nur bei Belegung (5h), inkl. 3m³/h Restluft					
Zeitstep	1	1	Infiltration	0,040	Aussenluftkonzentration
	Überaum 5 Stunden besetzt		Geringe Aktivität	Übe-Aktivität	Übe-Akt.+ reduz. Luftwechsel
CO2Emission		l/h	20,4	30,6	30,6
Aktivität		met	1,2	1,8	1,8
Luftwechsel		m³/h	31,4	47,1	42,0
Maximalkonzentration		ppm	896	938	997

7.3. Pflanzen

Im Laufe der Arbeit hatte sich herausgestellt, dass die ursprüngliche Annahme einer Feuchtigkeitsabgabe von 30 gr./ m² Blattoberfläche (siehe 3.3.1) wesentlich zu ungenau ist. Es wurde daraufhin eine Grundlagenstudie beim Ingenieurbüro Dr. Christine Volm, D – Sindelfingen in Auftrag gegeben, die unter 3.3.2 dargestellt ist.

Diese Studie ergab, dass wenig konkretes Datenmaterial vorliegt und teilweise in der Literatur aus gebauten Erfahrungen fehlerhafte und daher völlig falsch verallgemeinernde Schlüsse gezogen werden.

In einer weitere Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro B. Häring, D- 84364 Bad Birnbach und dem Ingenieurbüro Manfred Radtke, D- 97205 Veitshöchheim, die in der Grundlagenstudie mehrfach angeführt werden und über entsprechende Erfahrung verfügen, konnten die erforderlichen Daten erarbeitet werden.

Die folgenden Angaben stammen aus der Ausarbeitung der Büros Radtke und Häring:

7.3.1. Pflanzenauswahl

Anforderungen:

Es müssen Pflanzen verwendet werden, die eine fest definierte Verdunstungsleistung aufweisen. Die Pflanzen müssen in ihrer Verdunstungsleistung durch Licht (und andere Klimaparameter) sicher zu steuern sein. Wichtig ist vor allem, dass die Pflanzen im Wesentlichen unabhängig von endogenen Rhythmen produzieren (keine Winterruhe etc.)

Auswahl:

Als geeignetste Pflanzenart hierfür ist *Cyperus* anzusehen. Sie sollte verwendet werden. Speziell die Sorte 'Prima Klima' weist eine geeignete hohe Verdunstungsleistung auf und ist in ihrer Verdunstungsleistung in hohem Maße von der Lichtmenge abhängig.

7.3.2. Wirkung von *Cyperus alternifolius*

Genauer botanischer Name: *Cyperus alternifolius*

'Prima Klima®'

Sorte: Züchtung: Selektion von M. R. Radtke

Durchmesser: ca. 10 – 30 cm

unten, ca. 100 – 130 cm oben

Höhe: 130 – 150 cm (von

Substratoberfläche)

Blattoberfläche: (ca 7.000 cm²

Blatt alleine), aktive Oberfläche ist 0,9 – 1,1 m²

Wuchsbedingungen (Licht):

Mindestvoraussetzungen sind nicht erforscht,

maximal 16 Std. volle Sonne

nötige minimale Lichtstärke:

Cyperus benötigt generell viel Licht (ist also lichtbedürftig). Zu wenig Licht schwächt die Pflanzen (die Pflanzen „zehren“ quasi an ihrer Substanz, vergleichbar mit hungernden Menschen).

Es ist ratsam 800 – 1.000 lx über 8 – 10 Stunden zu geben.



Verdunstungsreaktion auf Lichteinstrahlung:

Der Wasserumsatz ist direkt abhängig vom Lichtgenuss der Pflanze. Die Transpiration wird tagsüber praktisch verzögerungsfrei über die Lichtmenge gesteuert. Aus pflanzenphysiologischen Gründen verzögert sich jedoch die Reaktion im Laufe des Tages etwas (siehe auch Grafiken). Nachts treten physiologisch bedingte Verzögerungen ein, die aber nicht länger als max. ca. 15 min. dauern.

Verdunstungsleistung der Pflanze:

Cyperus alternifolius 'Prima Klima®' setzt unter optimalen Bedingungen bis zu 1,8 l Wasser pro tag um. Im Innenraum mit Fenstern oder Zusatzlicht sinkt der Wasserumsatz. Es werden aber dennoch bis zu gut 1l/d und Pflanze erreicht.

Der steilste Anstieg der Transpiration wird zwischen 10 und 20 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ erreicht (ca. 600 -1100 lx), Lichtsättigung tritt erst bei ca. 100 μE ein. Bei ca. 600 lx sind 0,3 – 0,5 l/d zu erwarten, bei ca. 1100 lx werden ca. 0,6 – 0,8 l/d umgesetzt, ab ca. 2000 lx sind gut 1l/d Wasserumsatz messbar. Dabei ist natürlich die Länge des Lichtgenusses entscheidend. Sie sollte nicht unter 12 std. liegen. Die Lichtsättigung von dunklen Pflanzen liegt in Bereich von 1100-1500 lx, bei hell gezogenen oder stehenden bei 2200-2800 im Zimmer (außen wohl noch höher).

Die Transpiration ist bei dunkel stehenden Pflanzen niedriger wird aber beim Umstellen ins Helle höher. Nachts ist von 0,01- 0,08l/h auszugehen, hier liegen nur wenige Werte vor.

nötige Ruhezeit der Pflanzen:

Nach Erkenntnissen aus der Bestrahlung (Belichtung) im Gartenbau brauchen die Pflanzen keine Ruhezeiten.

Temperaturabhängigkeit:

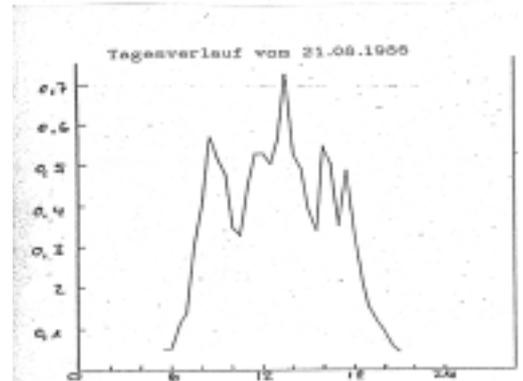
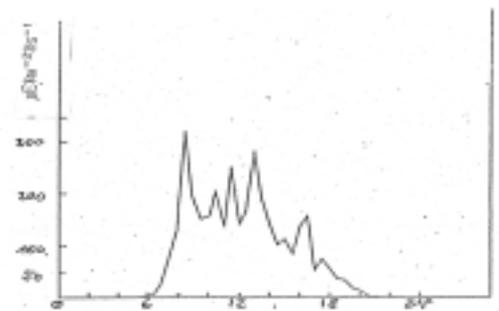
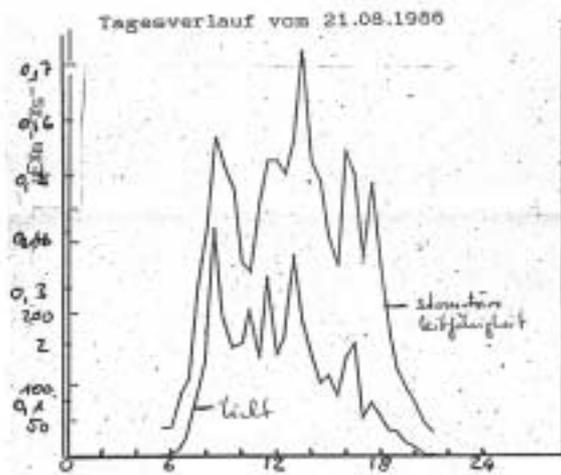
Eine typische Temperaturabhängigkeit der Transpiration ist für *Cyperus* nicht im Detail verfügbar, jedoch ist davon auszugehen, dass der Optimalbereich zwischen 18 und 26°C liegt. Da dies auch der Temperaturbereich ist, in dem sich die Zimmertemperatur bewegt, ist von optimalen Bedingungen auszugehen.

Die Blätter des *Cyperus* weisen bei starker Transpiration und Einstrahlung eine Untertemperatur von 0,5 bis zu 1°C auf. Dies ist auf den Energieverlust durch den Phasenübergang flüssig-gasförmig zurückzuführen.

„Literatur: -Biophysik“, Walter Hoppe et al., Springer-Verlag;

- "Künstliche Beleuchtung im Gartenbau", Firma Philips;
 - Diplomarbeit von Herrn M. Radtke; Würzburg 1986

Aus Dipl-Arbeit Radtke, 1986, Universität Würzburg
 „Stomataverhalten, Transpiration und Wasserumsatz typischer
 Zimmerpflanzen in Büroräumen und im Gewächshaus“
 übereinander kopierter Tageslauf



x: jeweils die Tageszeit
 Y obere Kurve: Lichtintensität
 Y untere Kurve: Grad der Spaltöffnung

aus: Diplomarbeit Radtke, 1986, Universität Würzburg
 „Stomataverhalten, Transpiration und Wasserumsatz typischer Zimmerpflanzen in Büroräumen und im Gewächshaus.“
 Übereinanderkopierter Tageslauf.

7.3.3. Hygiene/Pflege

Um eine Belastung der Raumluft mit Pollen durch die Cyperus –Blüte zu vermeiden, ist ein Filter vor die Luftentnahmeöffnung zu setzen. (Haustechnik)

Da ein Befall des Cyperus –Bestandes mit Spinnmilben und Thripse zu erwarten ist, werden prophylaktisch Nützlinge (Raubmilben) eingesetzt.

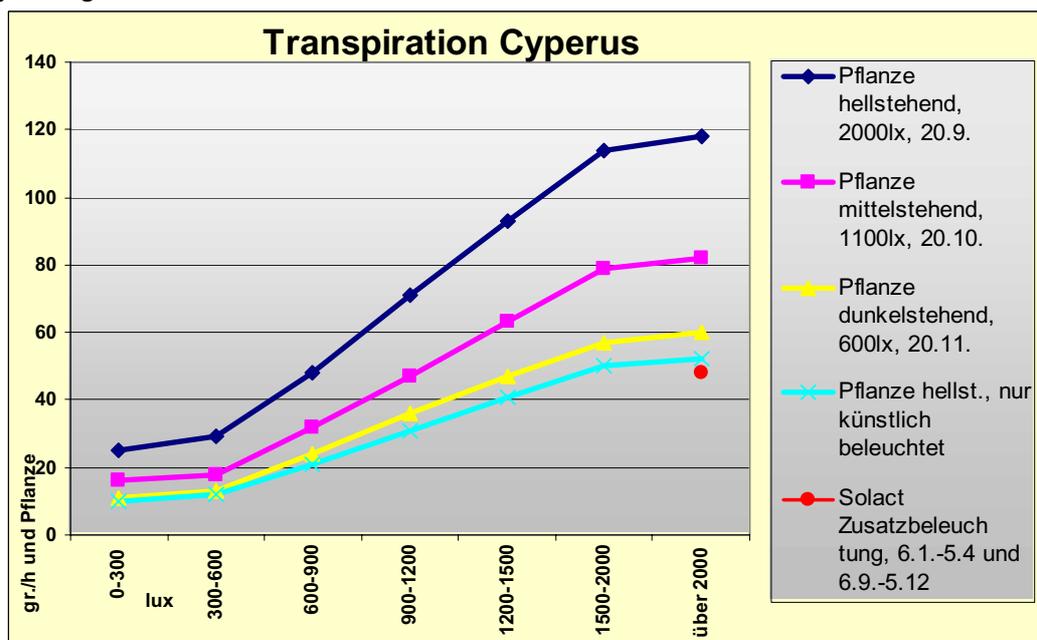
Sporenbelastung durch Pilzbefall aus dem Substrat wird durch Verwendung rein mineralischer Substrate verhindert.

Wartungsaufwand für Pflanzenschutz, Ausschneiden vertrockneter Pflanzenteile und Reinigen der Substratoberfläche ca. 50 Arbeitsstunden pro Jahr.

7.3.4. Verdunstungsleistung der Pflanze

Aus den Hr. Radtke zur Verfügung stehenden Daten und zusätzlichen Messungen der Pflanze unter Kunstlichtbedingungen wurde der Datensatz für eine Normcyperuspflanze am gegebenen Standort zusammengesetzt. Hiefür wurden Daten für eine hellstehende, eine mittelstehende und eine dunkelstehende Pflanze zusammengesetzt und auf der Grundlage des ermittelten mittleren Tageslichtquotienten (siehe 7.5) festgelegt, zu welcher Jahreszeit und wie lange die Pflanzen im Pflanzenpuffer als hellstehend, mittelstehend und dunkelstehend angesehen werden können.

die Ergebnisse sind in der Graphik zusammengefasst. Der angegebene Stichtag stellt die Mitte der jeweiligen Periode dar.



7.3.5. Steuerung der Pflanze

Um eine gewisse Regelbreite zu gewährleisten und während der Heizperiode keine Überschüsse zu produzieren, die abgelüftet werden müssten, wird ein Teil der Verdunstungsleistung im Winter durch Zuschalten einer Zusatzbeleuchtung geregelt.

12 Leuchten a 70 W können in Abhängigkeit vom Bedarf in 5 Kreisen angesteuert werden.

Die Steuerung erfolgt über eine Klimacomputer(siehe Anhang)

Über den gleichen Computer wird die automatische Wasserversorgung und die Düngung geregelt. Voraussichtliche Aufteilung: 6 Gießkreise.

7.4. Pflanzenpufferraum, Lage und räumliche Disposition

7.4.1. Forderungen

In innerstädtischer Lage ist das Tageslicht kostbar. Es musste daher eine Lage für den Pflanzenpufferraum gefunden werden, der bei guter Eignung als Puffer möglichst wenig attraktive Fassadefläche von den Wohnungen abzog.

Der Puffer muss ein abgeschlossener Raum sein, der nicht zum Aufenthalt gedacht ist.

Die umschließenden Wände sollen möglichst wenig Temperaturgefälle aufweisen, damit kein oder fast kein Temperaturabfall in Wandnähe gegeben ist.

Für eine maximale Durchlüftbarkeit soll der Raum mehrgeschossig sein und eine gute Querlüftung besitzen.

Die Orientierung des Raumes sollte so beschaffen sein, dass das Sonnenlicht zur Zeit seiner höchsten Häufigkeit (in Wien gegen die Tagesmitte) einfällt oder einreflektiert wird

die Einbringung von max. 900 m³ Zuluft /h darf eine Geschwindigkeit von 0,5 m/sek. nicht überschreiten, die Luft muss möglichst schnell durchmischt werden.

Da die Stomataöffnungen der Pflanzen sich auf der Blattunterseite befinden ist es wichtig, dass die Durchströmung von unten nach oben erfolgt, damit die Feuchtigkeit möglichst gut abtransportiert werden kann.

7.4.2. Lage, räumliche Disposition

Aus diesen Forderungen wurde die Lage des Pufferraumes abgeleitet. Bei einem freieren Projektstandort (z.B. in der offenen Bebauung) wäre die Lage noch zugunsten eines höheren Tageslichtquotienten für die Pflanzen verschoben worden.

Der Pflanzenpufferraum ist jetzt als 9 – 12 m hoher und 1,7 m schmaler Schlitz quer durch das Gebäude konzipiert, er hat ca. 200 m³ und wird in der Mitte von den Erschließungsgängen wie von 2 verglasten Röhren durchstoßen. Eine ständige Luftverbindung zum Gangbereich besteht nicht, eine maximale Sichtverbindung ist gegeben.

7.4.3. Pflanztröge

Quer durch den Pflanzenpuffer spannen jeweils in Fassadennähe freitragende Gitterroste in 3 übereinanderliegenden Ebenen. Auf jedem Gitterrost steht zur Hälfte ein Pflanztrög (mit je 2 Pflanzen), die andere Hälfte ist frei und dient zu Wartungszwecken als lichtdurchlässiges Podest.

Der dahinterliegende Pflanztrög liegt hinter der freien Hälfte des vorderen Rostes. Das seitliche Versetzen der Pflanztröge und ihre Höhenstaffelung in die Raumtiefe soll die maximale Ausnutzung des natürlichen Lichtes gewährleisten.

7.4.4. Farbe

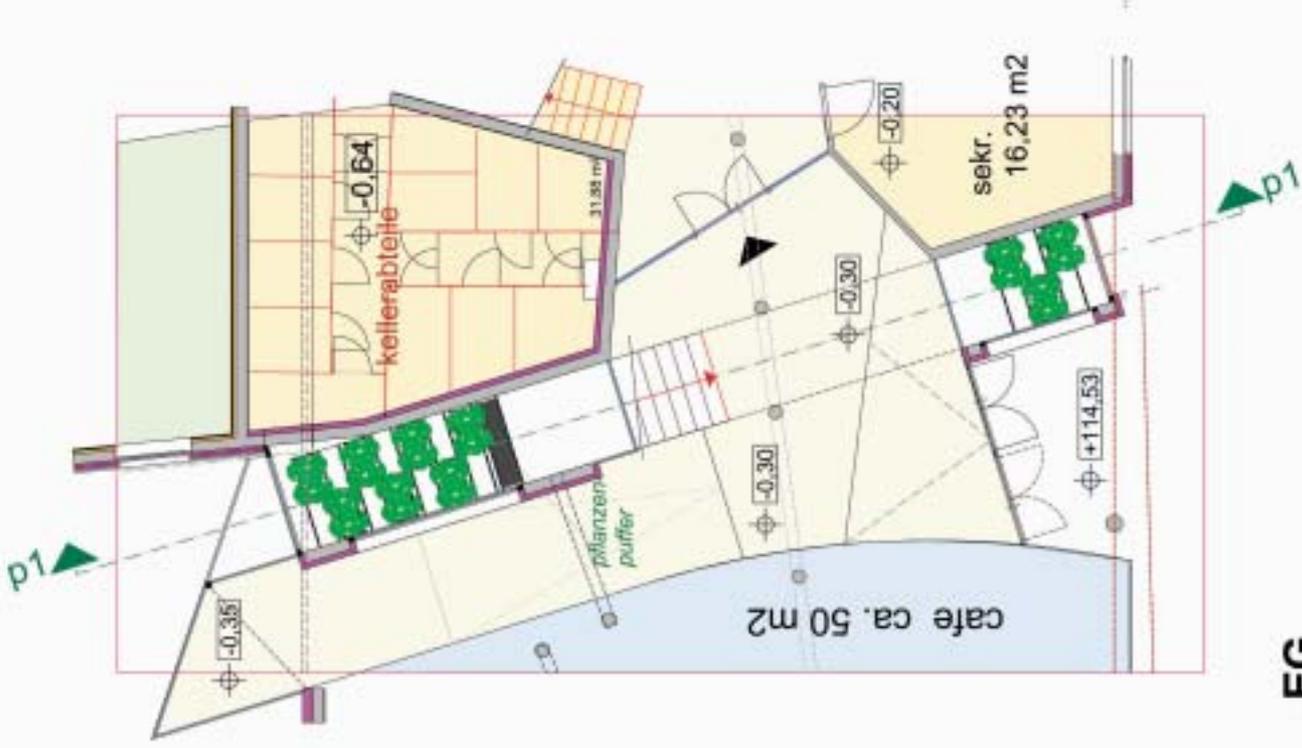
Um seitliche Reflexionen des Tageslichtes in die Raumtiefe zu optimieren sind die Oberflächen reinweiß gehalten.



..OG 1

legende nutzungen:

	wohnungen allgemein
	wohnungen stueckweise
	off. apparaterraum
	frei nutzbar
	verkehrsraum (gang,...)
	religiöse nutz.
	saal
	ruhe



..EG

pflanzenpuffer - grundrisse

7.5. Tageslichtverhältnisse im Puffer

Da es unbedingt erforderlich war, die Tageslichtverhältnisse im Pflanzenpufferraum für die einzelnen Pflanztröge zu kennen um realistische Annahmen für die Verdunstungsleistung der Pflanzen im Jahresverlauf zu treffen, wurde das Büro Dipl. Ing. Klaus Pokorny A- 1090 Wien mit einer Tageslichtstudie beauftragt. Diese Studie ergab folgendes:

Um die natürliche Beleuchtungssituation der gegebenen Pufferzone genau zu ermitteln, wurden in zwei Schritten die Tageslichtverhältnisse für den Pflanzenpuffer ermittelt. Durch die Bestimmung des Himmelsfaktors und den Bau eines einfachen Messmodells und Punktmessungen entlang der Standorte für die Pflanztröge wurden die Tageslichtkoeffizienten für die Standorte der Pflanztröge berechnet. Durch diese kann man genaue Angaben zu den zu erwartenden, ausschließlich durch Tageslicht erreichten Beleuchtungsstärken an den Pflanzen ableiten. Kombiniert mit den meteorologischen Daten von Wien kommt man zu sehr verlässlichen Aussagen über die zu erwartende notwendige Kunstlichtzuschaltung.

Nach den ersten Berechnungen und Messungen wurden aufgrund der Ergebnisse die Aufstellungspunkte der Pflanzen korrigiert, um ein Optimum an natürlicher Beleuchtung zu erhalten. Außerdem wurde die reduzierte Anzahl der Pflanztröge berücksichtigt, die sich sehr positiv auf die Belichtungssituation auswirkt.

In den Schnittdarstellungen im Maßstab 1:100 (A4) kann man genau die ermittelten Tageslichtquotienten (in %) an den einzelnen Messpunkten (0 bis 4) in den einzelnen Ebenen ablesen, in der zweiten Darstellung die ermittelten Horizontalbeleuchtungsstärken (in Lux) bei Sonnenschein mit den erhöhten Reflexionsanteilen der Fassaden. Alle Werte sind horizontal und beziehen sich auf den gegebenen Raum mit weißen Fassaden und den vorhandenen Fensteröffnungen.

Um die tatsächlichen zur Verfügung stehenden Beleuchtungsstärken zu ermitteln, nimmt man am besten die am nächsten zur Prozentangabe liegende Grafik gleicher Innenbeleuchtungsstärken im Tages- und Jahresgang zur Hand und kann so sehr leicht die zu erwartende Intensität und Dauer der natürlichen Beleuchtung ablesen. Alle Zeiträume für die über 800 Lux zu erwarten sind, wurden gelb angelegt, um das Ablesen dieser Zeiten etwas einfacher zu halten.

Die zweite Grafik mit den Werten bei Sonnenschein ist zusätzliche Information. Sonnentage sind in den Grafiken gleicher Beleuchtungsstärke schon berücksichtigt. Mit direktem Sonnenlicht ist nur für einigen Stunden täglich zu rechnen. Das ist ungefähr eine Stunde um 14:00 Uhr von Februar bis November. Wichtiger zur Hebung der Beleuchtungsstärke ist Sonnenlicht das auf die angrenzende, nach Süd-Ost orientierte Fassade fällt, und von dieser reflektiert wird. Hier können wir an Sonnentagen mit Einstrahlung ab ca. 11:30 Uhr für die Dauer von 3,5 Stunden von März bis September rechnen, ab ca. 10:30 Uhr für die Dauer von 4,5 Stunden von Oktober bis Februar. In diesen Fällen erreichen wir an den Pflanzen Beleuchtungsstärken zwischen 2000 und fast 6000 Lux, je nach Position, wie in der Schnittgrafik dargestellt.

Drei Datenblätter der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik – Hohe Warte, Wien und eine Grafik der Außenbeleuchtungsstärke für Wien bei mittlerem Himmel finden sich im Anhang. Die Werte für den mittleren Himmel beinhalten schon das statistische Wetterverhalten für Wien.

KP, September 2002

ANORDNUNG DER MESSPUNKTE SCHNITT 1:100



- Messebene
1,2 m über Gitter mit Messpunkten
- Gitterebene

BELEUCHTUNGSSTÄRKEN [Lux]
 bei Sonnenschein, kein direkter Einfall
 $E_v = 50000 \text{ lx}$, $E_h = 40000 \text{ lx}$

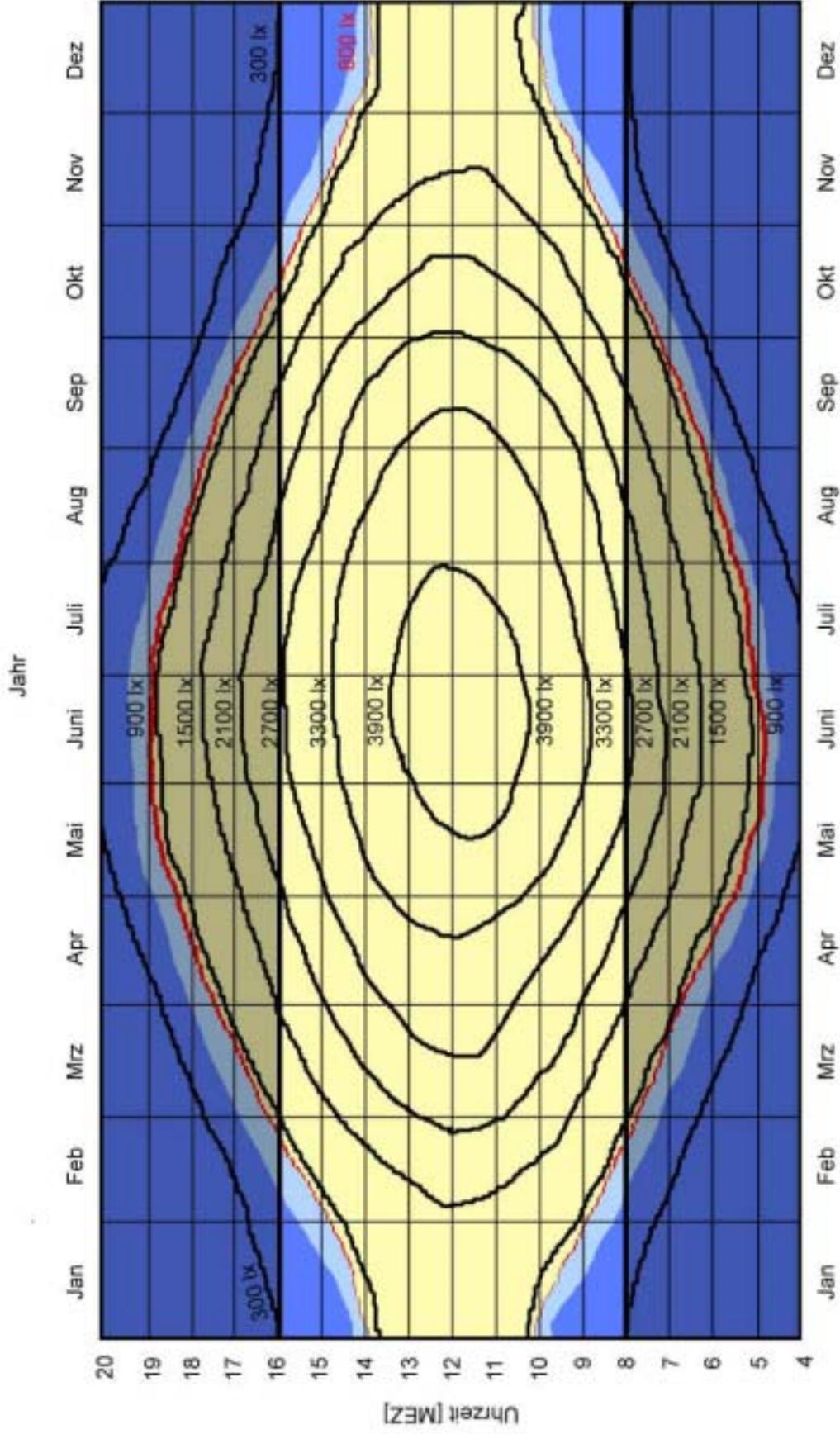


- Messebene
1,2 m über Gitter mit Messpunkten
- Gitterebene

TAGESLICHTQUOTIENTEN [%] SCHNITT 1:100



- Messebene
1,2 m über Gitter mit Messpunkten
- Gitterebene



Innenbeleuchtungsstärke bei mittlerem Himmel für TQ = 6% in Wien

gemittelter TQ der Bepflanzung im Pufferraum

22 Tröge, 44 Pflanzen

Südwest, von oben nach unten und vom Fenster nach hinten

Korrig. Werte vom 24.9.02

	TQ /Trog
oberste Etage	7,00
	5,70
	5,00
mittlere Etage	7,90
	6,70
	5,80
untere Etage	5,10
	10,30
	10,30
gemittelt SW	10,30
	8,30
	6,90
gemittelt SW 7,14	
	4,80

Nordost, von oben nach unten und vom Fenster nach hinten

oberste Etage	6,80
	5,40
	7,00
mittlere Etage	5,80
	4,50
	6,90
untere Etage	5,50
	4,10
	5,75
gemittelt NO 5,75	
	4,10

gemittelter Tageslichtquotient gesamt 6,64
für die Bepflanzung im Pufferraum

Aus den Aussagen der Studie von Pokorny konnten die einzelnen Tageslichtquotienten für die Pflanztröge im Pufferraum ermittelt werden. Diese Daten waren Grundlage der Feuchtesimulation.

7.6. Schlüsse für die normale Büronutzung

Bei im Vergleich zum Übe-Betrieb stärkeren Gleichzeitigkeiten wie bei normaler Büronutzung müsste das Pufferraumvolumen vergrößert werden um die stärkeren tageszeitlichen Schwankungen ausgleichen zu können.

Es müsste dann während der Abendstunden und Nachtstunden ein Feuchteüberhang aufgebaut werden können, der tagsüber wieder abgebaut würde.

Eine kontinuierliche, gleichmäßige Luftentnahme würde eine einfachere Regelung ermöglichen. Im Vergleich zu den Überäumen –die sehr unterschiedlich lange belegt sind und nur dann belüftet werden- müsste eine geringere Spreizung der Raumluftfeuchten der einzelnen Büroräume möglich sein.

Auf Grund der geringeren körperlichen Betätigung bei sitzender Bürotätigkeit könnte die Luftmenge auf 30 m³ pro Person und Stunde ausgelegt sein. Da damit aber die Feuchteabgabe der Person etwas unterproportional fällt, muss von einem geringen Pflanzenmehrbedarf ausgegangen werden. Eine kontinuierliche, professionelle Pflege der Pflanzen muss gewährleistet sein.

7.7. Dynamische Gebäudesimulation, Modellierung und Annahmen

Die raumklimatischen Untersuchungen wurden mit Hilfe eines dynamischen Gebäudesimulationsprogrammes (Trnsys 15) durchgeführt.

Temperaturen, Feuchtigkeitszustände und Heizwärmebedarf der Raumgruppen wurden in Abhängigkeit von

- Klima (Außentemperatur, direkte und diffuse Einstrahlung auf alle Gebäudeaußenteile, relative Feuchte, Wind),
- Nutzereinflüssen (Lüftung, Fensteröffnen, Sonnenschutzbedienung, innere Lasten durch Personen, Beleuchtung und Geräte)
- Haustechnischen Anlagen und deren Regelung und
- Qualität der Gebäudeteile (Speicherfähigkeit und Leitfähigkeit der Wärme und Feuchte, Solare Transmission bei transparenten Bauteilen, etc.)

in Viertelstundenschritten Zeitschritten berechnet. Die Ergebnisse werden in Stunden-Mittelwerten dargestellt.

7.7.1. Modellierung Feuchteprozesse

Die Modellierung der Feuchtespeicherung durch Bauteile erfolgt durch die Aufspaltung aller angrenzenden Bauteile und der Einrichtungsgegenstände in einen Oberflächen- und einen Tiefenspeicher, wobei ersterer mittels Austauschkoefizienten an die Raumluft und an den Tiefenspeicher gekoppelt ist.

Das Modell beschreibt daher nicht den Feuchtetransport durch Kapillarleitung, der insbesondere für das Austrocknungsverhalten von Gebäuden von großer Bedeutung ist. Im langjährigen Betrieb spielen diese Prozesse für die Raumluftfeuchte des simulierten Wohngebäudes keine Rolle.

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Messungen und detaillierte Simulationen haben gezeigt, dass der Feuchtestrom aus den zentralen Schichten der Wand (Beton, Ziegel) sehr gering ist (Von der Baufeuchte in den ersten Jahren abgesehen). Aus diesem Grund wurde er für die Berechnungen vernachlässigt [Trnsys 2002].
- Messungen durch [Dreyer, Bednar 2002] haben gezeigt, dass die Schwankungen der Feuchteübergangswiderstände von Raumluft zu Wand einen vernachlässigbar geringen Einfluß auf die Änderung der Luftfeuchte haben. Es wurde daher mit dem in der Literatur üblichen Kennwert von $25 \cdot 10^{-9} \text{ kg/m}^2\text{sPa}$ gerechnet.
- Die Zeitabhängigkeit der Feuchteabgabe im Wäschetrockner wurde an die Messungen in [Dreyer, Bednar 2002] qualitativ angepaßt, für alle anderen Feuchtequellen wurde eine konstante Feuchteabgabe angesetzt (Ausnahme Trocknen Badewanne und Waschbecken).
- Für die Pflanzen wurden die detaillierten Ergebnisse aus den Messungen in Abhängigkeit von Lichteinfall und Jahreszeit angesetzt (siehe Abschnitt Pflanzen).
- Einrichtungsgegenstände wie Regale mit Noten im Überzimmer und Bücherregal, Vorhänge, Möbel etc in Wohnungen wurden näherungsweise als Bauteilschichten modelliert.

Die verwendeten Kennzahlen für Bauteile und Einrichtungsgegenstände sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben:

	κ (Steigung Sorptionsisotherme)	Dichte ρ	Diffusionswiderstand μ
	$[(\text{kgWasser/kgBaustoff})/\%rF]$	$[\text{kg/m}^3]$	$[-]$
Kalkputz	0.018	1400	8

Lehmfeinputz	0.010	1800	8
Gipskartonplatte	0.015	900	8
Betonstein (Macuphon)	0.005	1800	10
Zellulose (Bücher)	0.238	70	1.5
Flachsfaser ("Textilien")	0.246	38	1.5
HolzWeich	0.233	400	40
Holzhart	0.236	650	40
Stahlbeton	0.040	2000	100

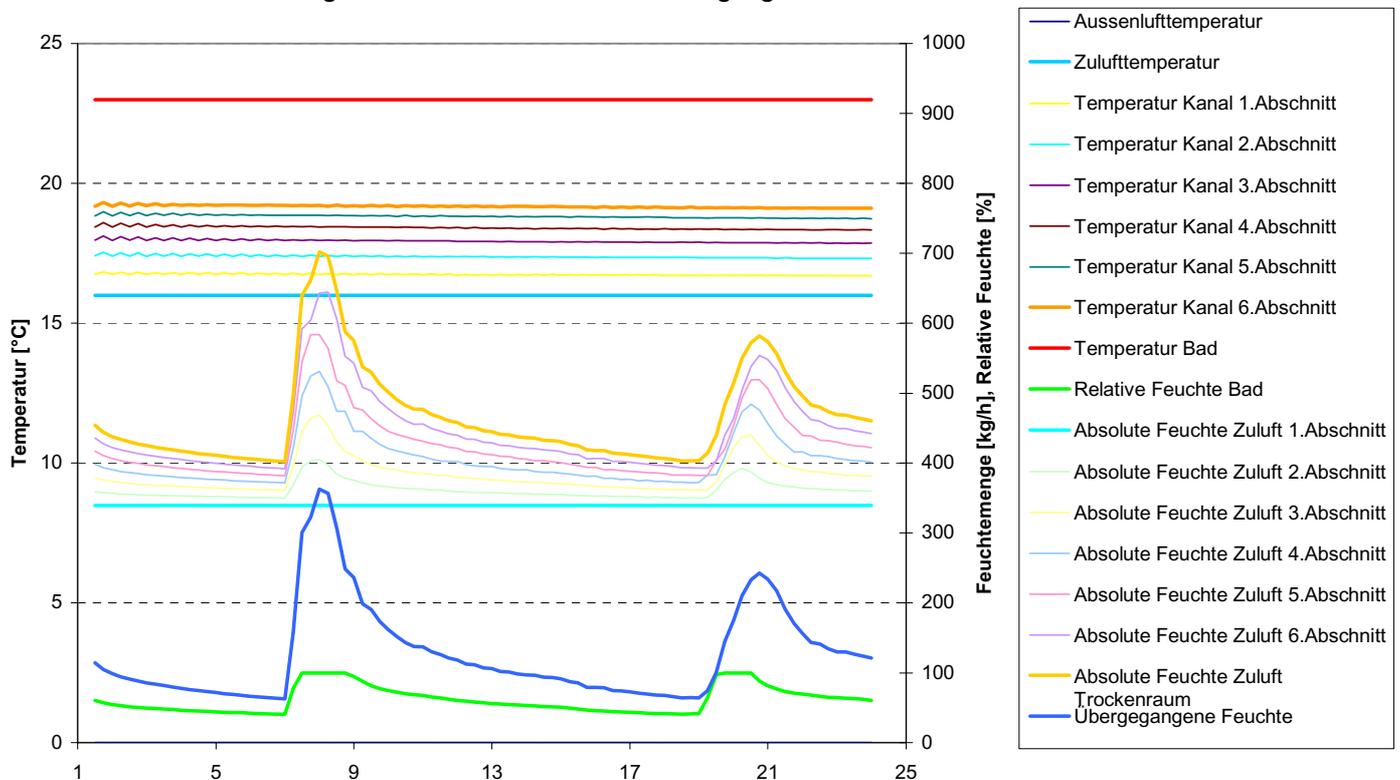
Quellen [Trnsys 2002], [Wufi 2001]

Die Modellierung der diffusionsoffenen Folie im Bad erfolgte folgendermaßen:

- Der Luftkanal im Bad wurde in 6 Zonen geteilt, die hintereinander durchströmt werden
- Feuchte- und Wärmewiderstand der Folie wurde inklusive Übergangswiderstände für die herrschenden Luftgeschwindigkeiten ermittelt.
- Zwischen Bad und den 6 Kanalzonen tritt eine Feuchtestrom in Abhängigkeit von Dampfdruckdifferenz und Dampf Widerstand der Folie auf
- Von Kanalstück zu Kanalstück wird die Feuchte ausschließlich über Konvektion übertragen
- In der Simulation wird für die 7 Zonen (Bad und Kanalteile) die Feuchte-Massenbilanz gelöst.

Für konstante Zuluftbedingungen mit den für das Bad angenommenen Feuchteabgabe ergeben sich die folgenden Verläufe:

**Badkanal, detaillierte Modellierung,
Ergebnisse für konstante Zuluftbedingungen**



Die Feuchteübertragungsrate ist zwar vergleichsweise gering. Da der Dampf allerdings auf keinem anderen Weg das Bad verlassen kann (geschlossene Tür vorausgesetzt), wird im Winterhalbjahr die gesamt im Bad produzierte Feuchte über die Zuluft in die Wohnräume abgegeben. Erkennbar ist auch die im Mittel entstehende Oberflächentemperatur der Decke von ca. 18°C bei einer Einblastemperatur von 16°C.

7.7.2. Wetterdaten

Es wurde ein Extremjahr aus gemessenen Wiener Wetterdaten zusammengestellt (Sehr kalter Winter 1996, sehr heisser Sommer 1993). Die Wetterdaten wurden dankenswerterweise vom ZAMG zur Verfügung gestellt.

7.7.3. Zonierung, Bauteilflächen

Die Ermittlung der Bauteilflächen erfolgte durch Arch. Schneider (siehe Anhang)

7.7.4. Nutzung

Die Nutzungsszenarien wurden auf der Grundlage einer umfangreichen Recherche von Arch. Schneider erstellt und in TRNSYS implementiert. (siehe Anhang)

7.7.5. Bauteilaufbauten

Die Bauteilaufbauten entsprechen dem Bauteilkatalog vom September 2002.

7.7.6. Sonnenschutz

Es wurde keine Horizontalverschattung angenommen, da der extremere Fall von Interesse ist. Der Balkonüberstand des Schulkindzimmers wurde miteinbezogen, ebenso die Eigenverschattung vor der Südwestverglasung des Pufferraums

Alle südwest-, südost- und nordostorientierten Fenster erhalten einen aussenliegenden beweglichen Sonnenschutz ($g=0.2$). Dieser wird im von Oktober bis März nicht geschlossen, im Sommer wird er geschlossen, wenn die Direktstrahlung auf die jeweilige Fassade 100W/m² übersteigt.

Der Pufferraum ist unverschattet. .

7.7.7. Infiltration

Der Luftwechsel durch Infiltration wird für alle Räume mit Aussenfenstern mit 0.04/h angenommen.

7.7.8. Innere Wärmen, Feuchte

Prozess	Annahmen
Wärmeabgabe Musiker	113 W sensible Wärmeabgabe (45.5W über Strahlung, 67.8 über Konvektion) und 107g/h Wasserdampfabgabe angenommen [Fanger 1994]
Bewohner	100 W sensible Wärmeabgabe (50W über Strahlung, 50 über Konvektion) und 45g/h Wasserdampfabgabe, für die Kinder die Hälfte
Licht	Überäume: 10W/m ² Nutzfläche, Wohnung: Wohnen und Überaum 100W, Kinderzimmer 60W der Betriebszeit dann eingeschaltet, wenn die Globalstrahlung unter 100W/m ² sinkt und Personen im Raum anwesend sind.
Haushaltsgeräte	Es wurde ein Jahresverbrauch von 2000kWh Strom angesetzt (ca. 2.1W/m ²)

7.7.9. Lüftung und Heizung

Volumenstrom	
Überäume	Regelung mittels Bewegungsmelder, 47m ³ /Raum für allgemeine Überäume, 42m ³ /Raum für private Überäume.
Wohnung	120m ³ /h, Absenkung auf 50% am Vormittag und Nachmittag
Solltemperatur	
Überäume	21°C durchgehend
Puffer	20°C während Betrieb, außerhalb mindestens 12°C
Wohnung	21°C von 6-22Uhr, außerhalb absenken auf 18°C

7.7.10. Regelung Pufferraum

Für die Konditionierung der Überäume stehen zwei Parameter zur Verfügung, die folgendermaßen geregelt werden (Ausführungsvariante)

:

- Kunstlicht: Das Kunstlicht wird in 5 möglichen Stufen solange erhöht (insofern die natürliche Belichtung geringer ist) und damit je nach Jahreszeit die Feuchteproduktion der Pflanzen im Puffer erhöht, bis in der Abluftfeuchte der Überzimmer 50% Luftfeuchte erreicht werden.
- Bypass: Wenn die Abluftfeuchte über 55% ansteigt, wird der Zuluftstrom über einen Bypass direkt vom Erdwärmetauscher in die Überäume geleitet.

Um die Sensitivität dieses Parameters zu untersuchen, wurden die beiden folgenden Varianten simuliert:

Variante 2 Kunstlichterhöht	Wie Ausführungsvariante, der Feuchtebedarf zur Erreichung von 50% im jeweiligen Abluftstrom wird um einen Faktor erhöht. Dieser Faktor entspricht dem Verhältnis Raumvolumen /Luftvolumenstrom der belegten Zimmer (ca. 1.5). Dadurch soll der Verdünnung der Feuchte in den Überäumen Rechnung getragen werden.
Variante 3 Bypass-Grenzfeuchte	Wie Variante 2, für die Studenten- und allgemeinen Überäume wird die Zuluft bereits bei 51% Abluftfeuchte über den Bypass geleitet. Dadurch soll die Spreizung der Raumluftfeuchte zwischen den einzelnen unterschiedlich genutzten Überzimmern reduziert werden.

7.7.11. Gebäudevarianten

Überäume	Beschreibung
Ausführungsvariante	Lüftungskonzept mit Pufferraum, während Betrieb Kunstlicht, wenn natürliches Licht nicht ausreichend für Erreichen der Abluftfeuchte von 50%
Variante 2	Lüftungskonzept mit Pufferraum, allerdings ohne Kunstlicht
Variante 3	Referenzvariante, konventionelles Lüftungskonzept ohne aktive Befeuchtung

Wohnung Top 18 Beschreibung

Ausführungsvariante Zuluft wird feuchtemäßig an Badezimmer angekoppelt (diffusionsoffene Folie, in Heizsaison nicht entlüftet) und danach über Wäscheschrank in Aufenthaltsräume geführt (mit Ausnahme Wohnküche)

Konventionelle Variante Referenzvariante, konventionelle Luftführung: Bad und Wäscheschrank in Abluft

7.8. Ergebnisse der Simulation

Belegung, Einzelpersonen, individuelle Regelbarkeit, Volumenstromregler und Drosselung, geschickt kombiniert.

7.8.1. Erdreichwärmetauscher

Erdreichwärmetauscher werden in Passivhäusern aus folgenden Gründen ausgeführt:

1. Frostfreihaltung der Zuluft zum Lüftungsgerät, insbesondere bei Installation von Kompaktgeräten (mit integrierter Wärmepumpe)
2. Erhöhung der in die Räume eingebrachten Frischlufttemperatur in Heizungskonzepten ohne Nacherwärmung
3. Vorkühlung der Zuluft in den warmen Monaten
4. Zusätzliche Reduktion der Lüftungswärmeverluste

In Themenwohnen Musik muss der Erdreichwärmetauscher die folgenden Funktionen erfüllen:

- Vorkühlung der Zuluft in heißen Sommerwochen und in sehr warmen Perioden in der Übergangszeit
- Vorerwärmung der Zuluft im Winter insbesondere zur Steigerung der Einblastemperaturen in den Überäumen, sofern der Bypass ausgeschaltet ist.
- Frostfreihaltung der Lüftungsgeräte (Temperatur Zuluft üblicherweise größer -5°C)
- Die Reduktion der Lüftungswärmeverluste ist durch den sehr hohen Wirkungsgrad der gewählten Lüftungsgeräte von sekundärer Bedeutung.

Unterschiedliche Varianten des Erdwärmetauschers wurden mittels dynamischer Simulation untersucht und nach Abwägung mit den jeweils entstehenden Kosten eine tragfähige Ausführungsvariante zwischen energetischer Effizienz und ökonomischen Aufwand entwickelt. Ebenso wird der Wirkungsgrad des Erdwärmetauschers ermittelt.

Die folgenden Varianten wurden im Detail untersucht:

Varianten	Anzahl Register, Durchmesser	Länge
	cm	m
Var50m/50cm	1Rohr á 50cm	50m
Var50m/80cm	1Rohr á 80cm	50m
Var50m/2*50cm	2 Rohre á 50cm	je 50m

Anmerkung: Material Beton, Angabe Durchmesser Innendurchmesser, Stärke 5cm, Gesamte Länge unter Gebäude (Garage).

Das in TRNSYS implementierte Modell berücksichtigt latente Effekte (Kondensation, Verdunstung) ebenso wie Wassereintritt. Da zu letzterem in der Vorplanung keine Daten vorliegen, wurde dieser

Effekt vernachlässigt. Die Befeuchtung durch das Erdreich wird vernachlässigt, da Beton vergleichsweise dampfdicht ist und kapillar nur geringe Mengen Wasser weiterleitet. Zudem liegen keine allgemeinen abgesicherten Daten vor. Trotzdem ist im realen Betrieb von höheren relativen Feuchten und niedrigeren Temperaturen auszugehen.

Es wurden die folgenden Randbedingungen gewählt:

	Annahmen	Kommentar
Erdreich	$\lambda=1,5\text{W/mK}$, $c_v=1500\text{kJ/m}^3\text{K}$	Thermisch ungünstige Werte
Einbautiefe	1.5m Rohmitte unter Garagenoberkante	Kein relevanter Grundwasserstrom angenommen
Randbedingungen	Garage im Winter 16°C, im Sommer 22°C	
Luftvolumenstrom	1860m ³ durchgehend für Wohnungen, zusätzlich Volumenstrom zum Pufferraum der durchschnittlichen Belegung	
Simulationsdauer	2 Jahre, Ergebnisdarstellung für das 2. Jahr	

Ein Histogramm der Austrittstemperaturen zeigt die folgende Tabelle:

		Außenlufttemperatur			
		50m, 50cm	50m, 80cm	50m, 2*50cm	
<i>Min.:</i>		-16.0	-7.8	-6.4	-3.1
<i>Max.:</i>		32.8	26.9	26.1	24.7
Von	Bis	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>
<-15		8	0	0	0
-15	-10	68	0	0	0
-10	-5	264	62	17	0
-5	0	1188	408	328	124
0	5	1701	1729	1723	1159
5	10	1226	1832	1926	2358
10	15	1587	1436	1375	1484
15	20	1499	2270	2420	2732
20	25	838	943	930	903
25	30	331	80	41	0
	> 30	50	0	0	0
		8760	8760	8760	8760

Es ergeben sich Minimaltemperaturen zwischen -10 und +2°C und Maximaltemperaturen zwischen 26 und 20 °C.

Mit dem in den nächsten Kapiteln beschriebenen Lüftungsgerät können die folgenden Einblastemperaturen in die Wohnungen erzielt werden:

Zulufttemperaturen Raum				
Ablufttemperatur	20	21	22	°C
Wirkungsgrad Wärmetauscher	85	85	85	%
Temperatur nach Erdwärmetauscher	Einblastemperatur			
°C	°C	°C	°C	
-15	14.8	15.6	16.5	
-10	15.5	16.4	17.2	
-5	16.3	17.1	18.0	
0	17.0	17.9	18.7	
5	17.8	18.6	19.5	
10	18.5	19.4	20.2	
15	19.3	20.1	21.0	

Die Zulufttemperaturen sind durch den hohen Wirkungsgrad des Lüftungsgerätes auch bei sehr kalten Außenlufttemperaturen ab Erdwärmefortlufttemperaturen von ca. -5°C im behaglichen Bereich.

Die Situation in den Überäumen (Wirkungsgrad Lüftungsgeräte 75%) ist diesbezüglich weniger kritisch, da in der kalten Jahreszeit jedenfalls über den mit 20°C temperierten Pufferraum eingblasen wird.

Die sensiblen Wärmeerträge sind für alle Varianten in der folgenden Tabelle dargestellt, für eine Variante sind auch die latenten Wärmebeiträge angegeben.

Wärmebilanz				
	Lat. Wärme 50m, 50cm	Sens. Wärme 50m, 50cm	Sens. Wärme 80m, 50cm	Sens. Wärme 50m, 80cm
Monatsbilanzen	kWh	kWh	kWh	kWh
Jan	0.0	-1783.6	-2099.4	-3004.2
Feb	0.0	-1447.7	-1519.9	-2319.6
Mar	0.0	-1320.3	-1367.9	-2097.6
Apr	0.0	-788.9	-768.4	-1249.9
Mai	0.0	19.0	157.4	137.4
Jun	0.0	-77.3	7.5	-22.0
Jul	0.0	-17.9	74.1	49.0
Aug	0.0	-13.7	52.6	81.5
Sept	0.0	-437.9	-455.2	-674.5
Okt	0.0	-1043.4	-1168.3	-1708.1
Nov	0.0	-1536.5	-1749.3	-2555.3
Dez	0.0	-1886.7	-2151.1	-3172.1
Gesamt				
Winter	0.0	-9018.2	-10056.1	-14856.9
Sommer (April-Sept)	0.0	-1316.6	-932.0	-1678.5
Jahr	0.0	-10334.8	-10988.0	-16535.4

Extrema				
Leistung	W	W	W	W
Max	26	4563	5046	6246
Min	-26	-6667	-9252	-10954

Aus den Wärmebeiträgen kann der thermische Wirkungsgrad des Erdwärmetauschers berechnet werden (näherungsweise wurden als Ablufttemperatur Wohnung Top18 angenommen)

Wirkungsgrad sensibel			
	50m , 50cm m	50m, 80cm	50m, 2*50cm
Jan	14%	17%	24%
Feb	14%	15%	22%
Mar	14%	14%	22%
Okt	14%	15%	23%
Nov	16%	18%	27%
Dez	16%	18%	27%
Winter	15%	16%	24%

Anmerkung: Die Summierung ist für die Übergangsmo-nate problematisch, da die Lüftungswärmeverluste stark zwischen positiven und negativen Werten schwanken.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen das thermische Verhalten des Wärmetauschers für einen sehr kalten Winter- und einen heißen Sommertag in der Betriebszeit.

Austrittstemperaturen und Leistungen Erdreichwärmetauscher Themenwohnen Musik, Varianten, kalter Tag

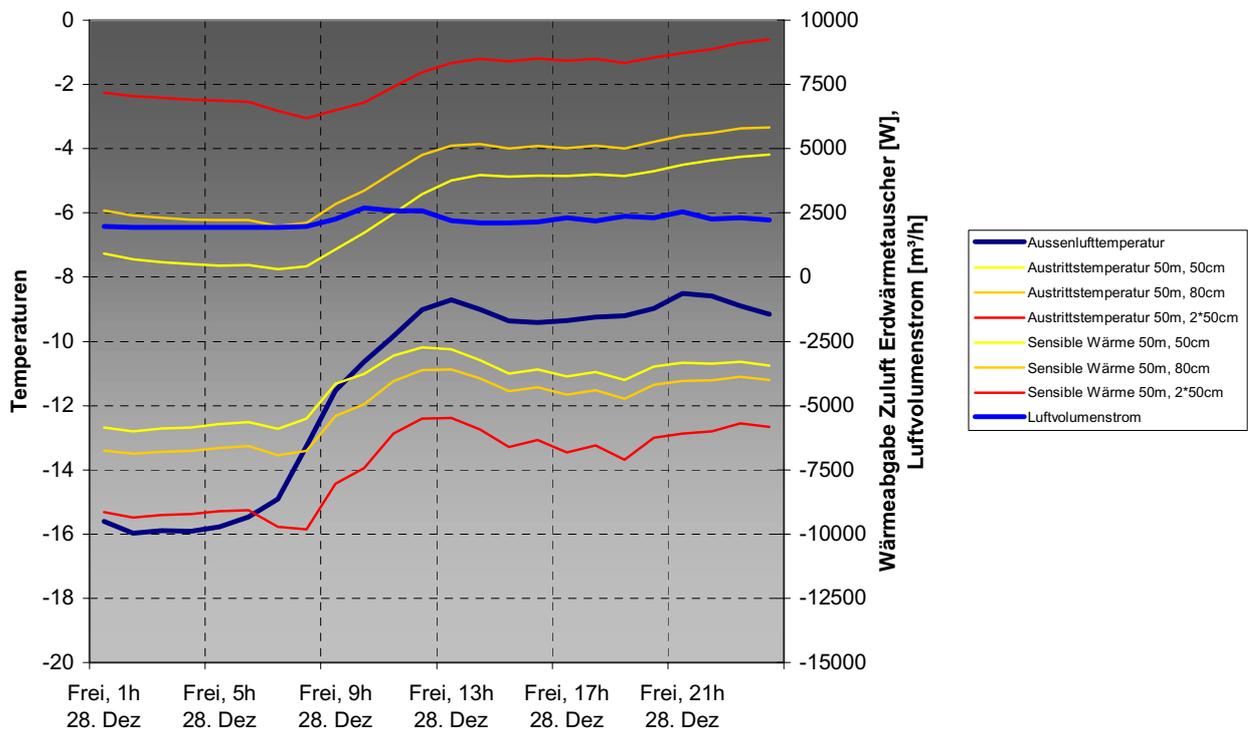


Abbildung: Im oberen Bereich sind die Temperaturen, im unteren die Leistungen aufgetragen.

Die vergleichsweise geringfügige Verbesserung durch Verwendung eines (deutlich kostenintensiveren) 80cm Betonrohres bringt vergleichsweise geringe Vorteile. Die deutlich beste Performance hat die Variante mit 2 Betonrohren und 50m Länge.

Austrittstemperaturen und Leistungen Erdreichwärmetauscher Themenwohnen Musik, Varianten, heisser Tag

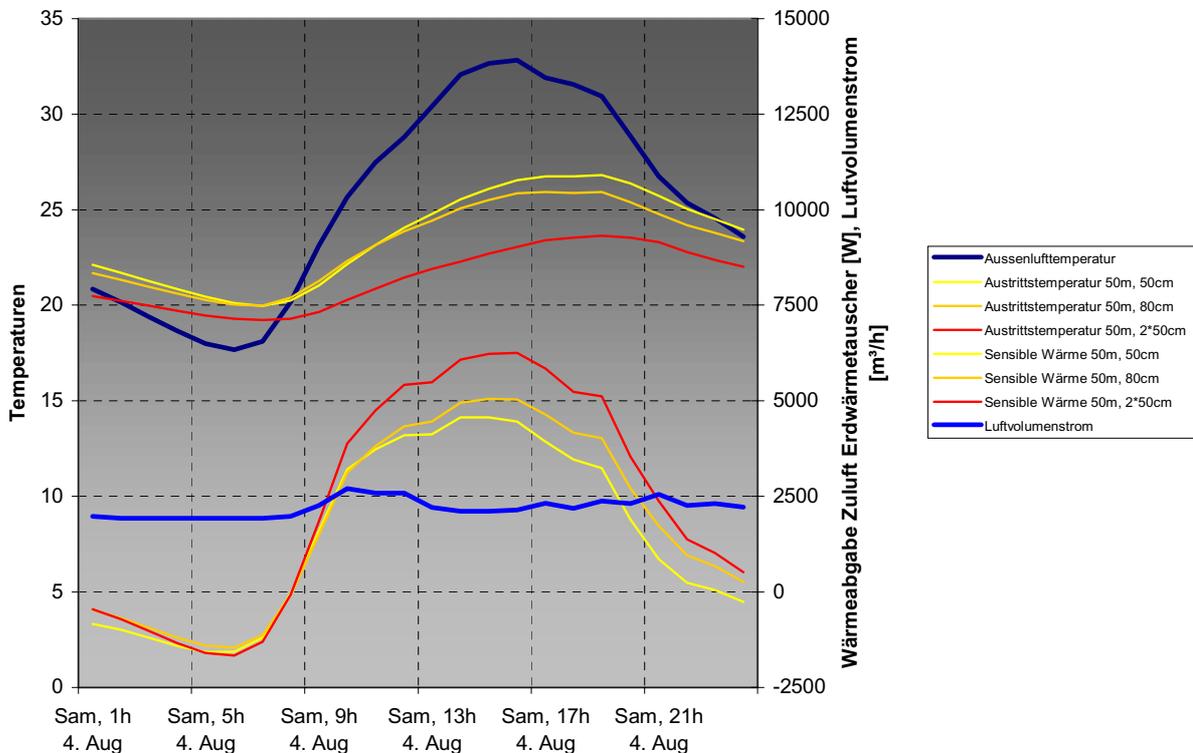


Abbildung: Im oberen Bereich sind die Temperaturen, im unteren die Leistungen aufgetragen.

Am kalten Tag zeigt das 2-Betonrohrsystem das deutlich bessere thermische Verhalten im Vergleich zu den anderen beiden Lösungen. Der deutlich abfallende Wirkungsgrad des 80cm-Betonrohres hängt mit den hohen Luftwechselzahlen und den angenommenen vergleichsweise schlechten Wärmeleiteigenschaften des Erdreichs zusammen

Zusammenfassend kann also festgehalten werden:

- Die energetisch effizienteste Lösung ist der Erdwärmetauscher mit je 2 Betonrohren, 50cm Durchmesser und jeweils 50m Länge.
- Der 50m lange 80cm starke Erdwärmetauscher bringt im Vergleich zur 50cm Version energetisch nur wenig mehr.
- Der Erdwärmetauscher mit 50m Länge und 50cm erfüllt die Mindestbedingungen an die minimale Austrittstemperatur nicht. Die Luft wärmt sich allerdings im Gebäude durch die Umgebungswärme weiter auf.

Für die weiteren Simulationen wurde der 50m lange und 50cm starke Erdwärmetauscher verwendet, um auf der sicheren Seite zu liegen.

Bei der Ausführung sind die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- Künette mit gut leitendem Erdmaterial (Lehm etc.) schließen, keineswegs mit Kiesaushub
- Der Erdwärmetauscher ist zwar einfach reinigbar, während des Einbaus müssen Verschmutzungen unbedingt vermieden werden

7.8.2. Hygrothermisches Verhalten der Überäume bei durchschnittlicher Belegung

7.8.2.1. Ausführungsvariante und konventionelle mechanische Lüftung

Die dynamische Simulation der Überäume mit durchschnittlicher Belegung ergibt für die mit über Pflanzenpuffer geführte Zuluft die folgende Jahresverteilung der relativen Feuchte in den Überaumgruppen. Zum Vergleich sind auch die entsprechenden Kennwerte mit Lüftung ohne Zuluftbefeuchtung dargestellt.

Jahresverteilung der Luftfeuchte in den Überäumen											
RELATIVE LUFTFEUCHTE											
Ausführungsvariante (Zuluft Pufferraum mit Kunstlicht)											
tägl. Nutzungsdauer	nicht	3 h	4 h	5 h	7 h	10 h	10 h	12h	14 h	14 h	
	Durchsch nitt	Raum19	Raum17	Raum12	Raum20	Raum8	Raum2	Raum6	Raum5	Raum3	Raum1
Min.	41.5	32.4	39.4	40.1	41.5	41.5	42.2	43.4	42.8	42.8	43.4
Max.	59.2	55.7	61.4	58.8	61.4	58.9	63.6	57.9	57.7	65.0	63.8
rF[%]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]
< 17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	2040	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	175	2773	909	751	194	158	17	0	0	0	0
45	1884	2224	1941	2135	2167	2210	1060	650	829	601	483
50	2644	1645	2184	2608	1932	3090	1810	2200	2705	1669	1625
55	4007	74	3288	3254	4059	3286	5295	5905	5224	5885	5956
60	50	0	438	12	408	16	569	5	2	587	692
65	0	0	0	0	0	0	9	0	0	18	4
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 92.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RELATIVE LUFTFEUCHTE											
Vergleichsvariante (Zuluft konventionell ohne Befeuchtung)											
	Durchsch nitt	Raum19	Raum17	Raum12	Raum20	Raum8	Raum2	Raum6	Raum5	Raum3	Raum1
	25.6	23.4	23.9	26.0	24.7	23.9	24.3	24.7	25.5	21.8	24.8
	61.2	61.2	64.5	59.5	65.2	66.0	62.3	61.7	60.1	59.7	61.6
	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]
< 17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0
25	451	1119	413	305	417	399	431	442	594	2998	470
30	1754	1942	1216	1649	1382	1266	1311	1362	1979	853	1976
35	1603	1167	1467	1912	1628	1494	1721	1720	1470	490	1551
40	1073	801	890	1382	611	806	1479	1488	1162	1448	936
45	2354	1792	1879	2579	1366	1483	2334	2268	2595	2223	1618
50	1202	1724	2018	699	2231	2208	1096	1096	699	491	1885
55	272	167	738	206	939	908	328	328	216	176	272
60	51	48	125	28	158	167	60	56	45	37	52
65	0	0	14	0	28	29	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 92.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mit dem kunstlichtbeleuchteten Pflanzenpuffer können die angestrebten Mindestfeuchten von 45% mit kurzfristigen Minima bei 40% erreicht werden. Eine Ausnahme ist das nicht belegte Überzimmer. Wegen der fehlenden inneren Feuchtelasten treten Raumlufffeuchten von ca. 32% auf. Allerdings ist diese Nichtnutzung unrealistisch.

Eine konventionelle Belüftung ohne Befeuchtung schafft erwartungsgemäß in keinem Überaum die geforderten relativen Feuchten. Es treten je nach Belegung zwischen 3000 und 4000 Stunden relative Feuchten unter 40% auf. Zwischen diesen beiden Varianten liegt die Variante mit Pflanzenpuffer, allerdings ohne künstliche Beleuchtung. Zu dieser sind anschließend die entsprechenden Kennwerte dargestellt.

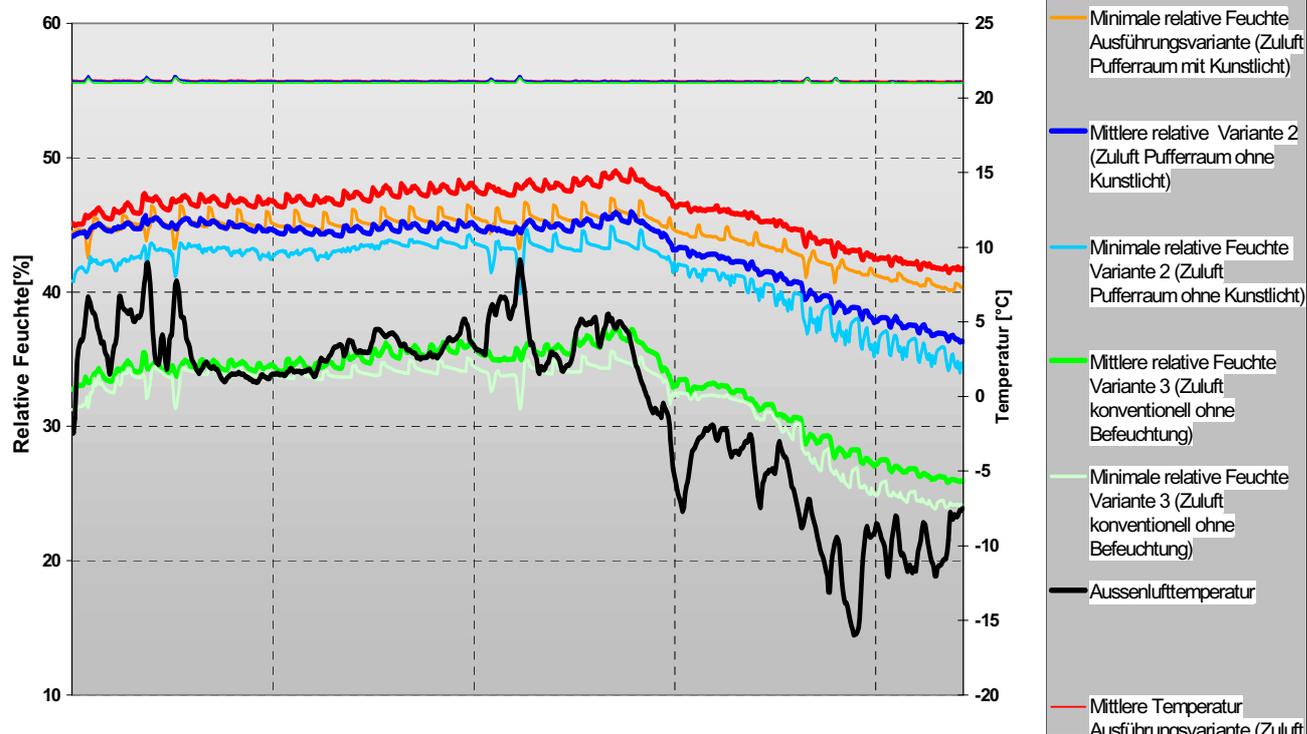
Jahresverteilung der Luftfeuchte in den Überäumen

RELATIVE RELATIVE LUFTFEUCHTE											
Variante 2 (Zuluft Pufferraum ohne Kunstlicht)											
tägl. Nutzungsdauer	nicht	3 h	4 h	5 h	7 h	10 h	10 h	12h	14 h	14 h	
	Durchschnitt	Raum19	Raum17	Raum12	Raum20	Raum8	Raum2	Raum6	Raum5	Raum3	Raum1
Min.	35.9	27.5	33.3	35.6	35.3	37.0	35.4	34.6	34.0	35.8	35.8
Max.	63.0	60.4	62.8	61.1	63.2	60.7	67.6	64.5	65.0	68.6	67.1
rF[%]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]
< 17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	1808	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	454	1657	1081	655	485	45	241	285	297	160	162
40	890	1151	819	903	1099	1204	910	1033	1061	709	683
45	1170	3107	1525	1671	1126	2014	950	1032	915	994	964
50	2492	753	2913	3497	2544	3057	572	1164	1294	612	664
55	3629	227	2321	1942	3248	2371	2886	4477	4160	1957	2239
60	122	54	98	92	253	69	3108	749	1013	4206	3974
65	3	0	3	0	5	0	92	20	20	119	74
70	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 92.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Die relativen Minimalfeuchten sind im Vergleich zur Kunstlichtvariante um ca. 5 bis 10% nach unten verschoben, d.h. die Anforderungen können in keinem Überaum erreicht werden. Die Anzahl der Stunden unterhalb 40% ist dennoch in den meisten Fällen gering, nur in den selten bis nie genutzten Räumen treten häufigere Unterschreitung auf.

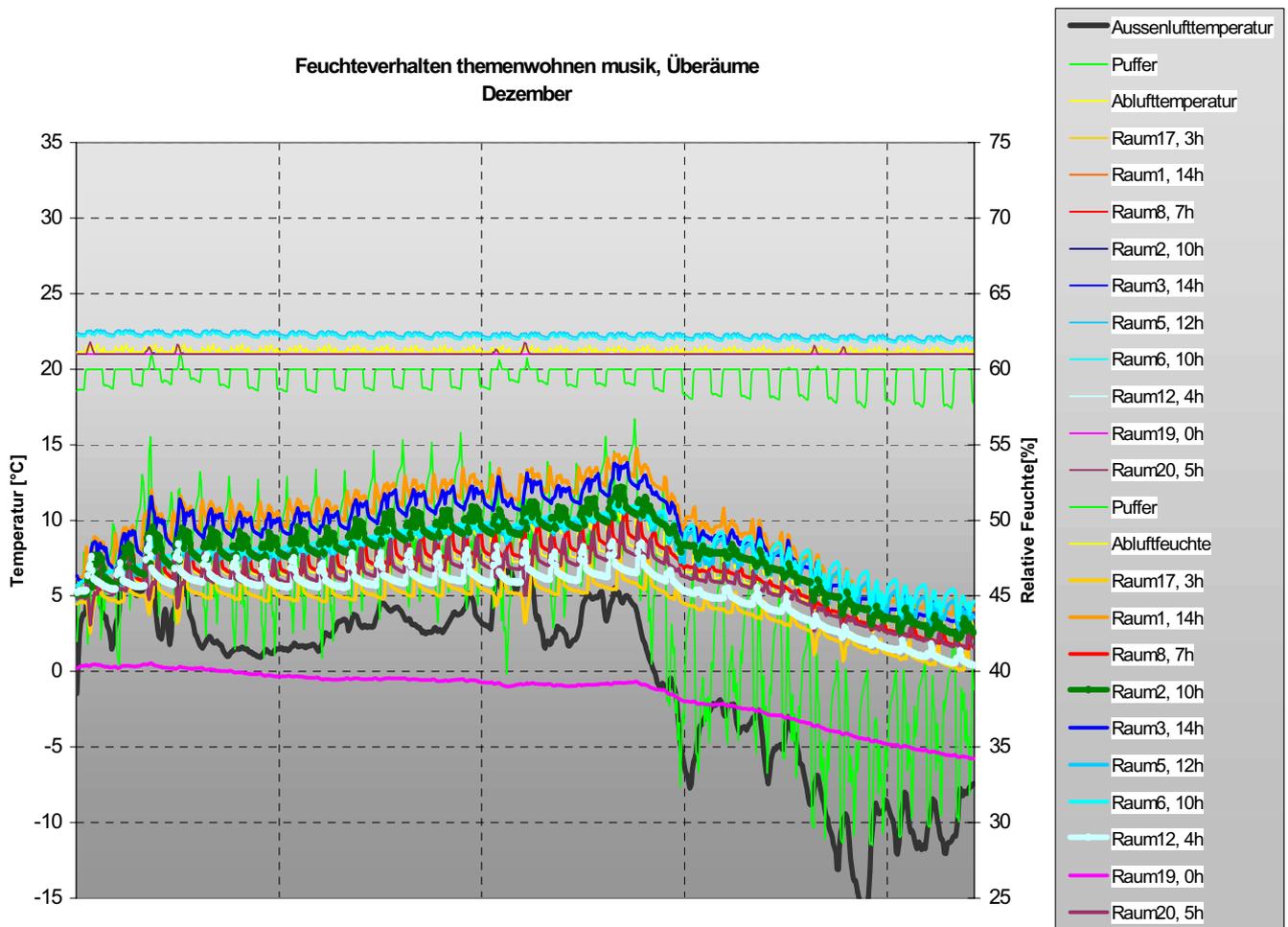
Der dynamische Verlauf ist in der folgenden Abbildung für den kältesten Monat dargestellt.

themenwohnen musik Variantenvergleich Feuchteverhalten,
Dezember 23 Überräume



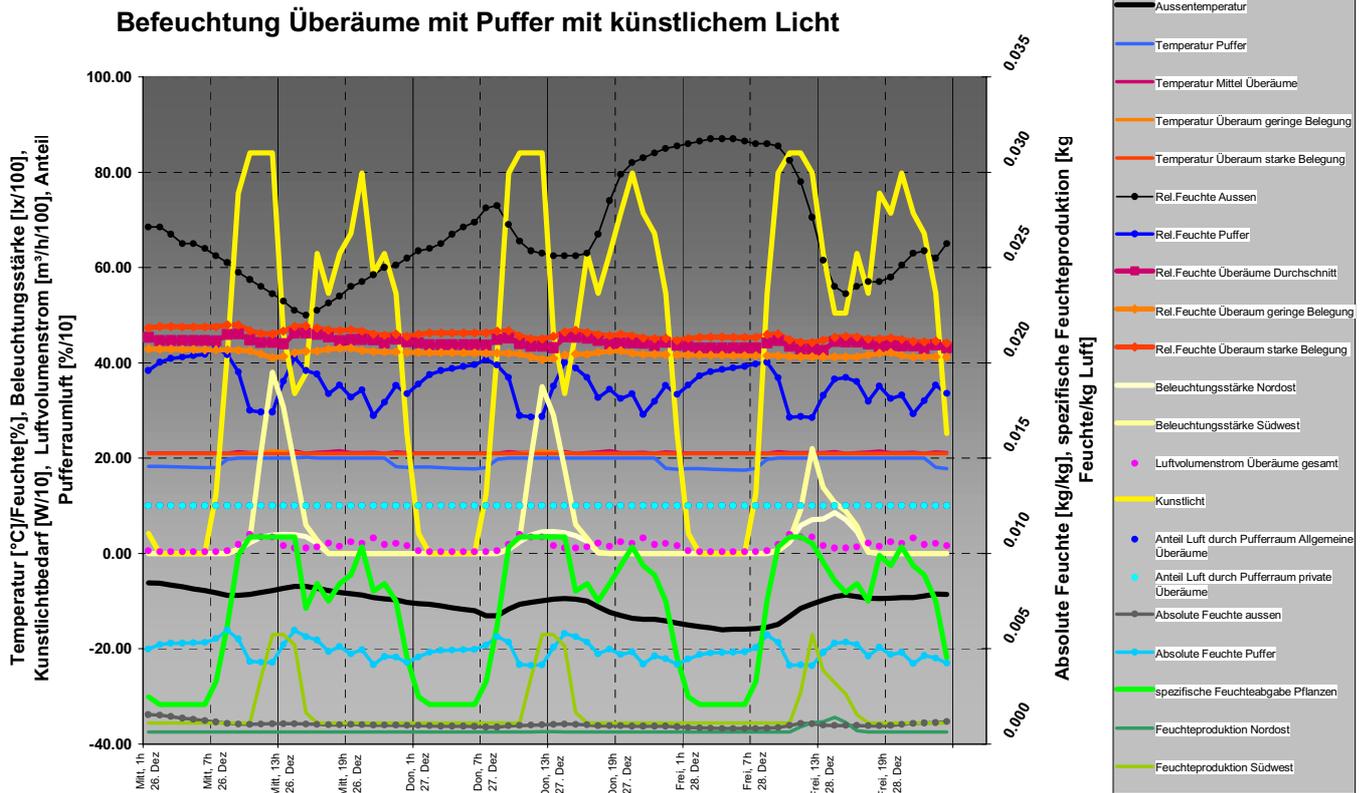
Der nicht belegte Überraum wurde für die Abbildung der Minimalfeuchte nicht herangezogen, da dieses Extremverhalten sehr unwahrscheinlich ist. Zwischen dem Durchschnitt aller Überräume und der Mindestfeuchte liegen bis 5%, dasselbe gilt in etwa für die Maximalfeuchte. Diese vergleichsweise starke Aufspaltung ist für die Ausführungsvariante deutlich stärker als beispielsweise bei konventioneller Belüftung. Die Feuchtelasten durch die Musiker sind zwar für alle Varianten gleich, durch die reduzierte Entfeuchtungsleistung der Zuluft fällt sich die Infiltrationsentfeuchtung stärker ins Gewicht und führt dadurch zu einer relativ geringeren Raumlufffeuchte. Dieser Aufspaltung ist mit einem zentralen Lüftungskonzept nur sehr schwer entgegenzuwirken, soll der Regelungsaufwand auf einem akzeptablen Niveau gehalten werden. Der Einfluss der Regelung wird im Abschnitt „Regelung“ im Detail diskutiert und Varianten zu einer bedarfsgerechten Regelungsstrategie vorgeschlagen.

Bereits aus den Histogrammen wird deutlich, dass sich die spezifische Nutzung der einzelnen Überräume sehr deutlich auf die erzielbaren Raumlufffeuchten auswirken. Die dynamische Darstellung des Dezembers für die beschriebenen Varianten zeigt die „Aufspreizung“ der Raumlufffeuchten sehr deutlich.



Die Mindestwerte der relativen Feuchte können für alle Überäume mit Ausnahme des nicht belegten Überaumes eingehalten werden. Die Spreizung beträgt in der kältesten Woche ca. 5-7% relative Feuchte, was vor allem durch die unterschiedlichen Luftwechsel zwischen privaten und anderen Räumen erreicht wird. Die relative Feuchte im Pufferraum sinkt stark ab, da ausschließlich über den Pufferraum gefahren wird.

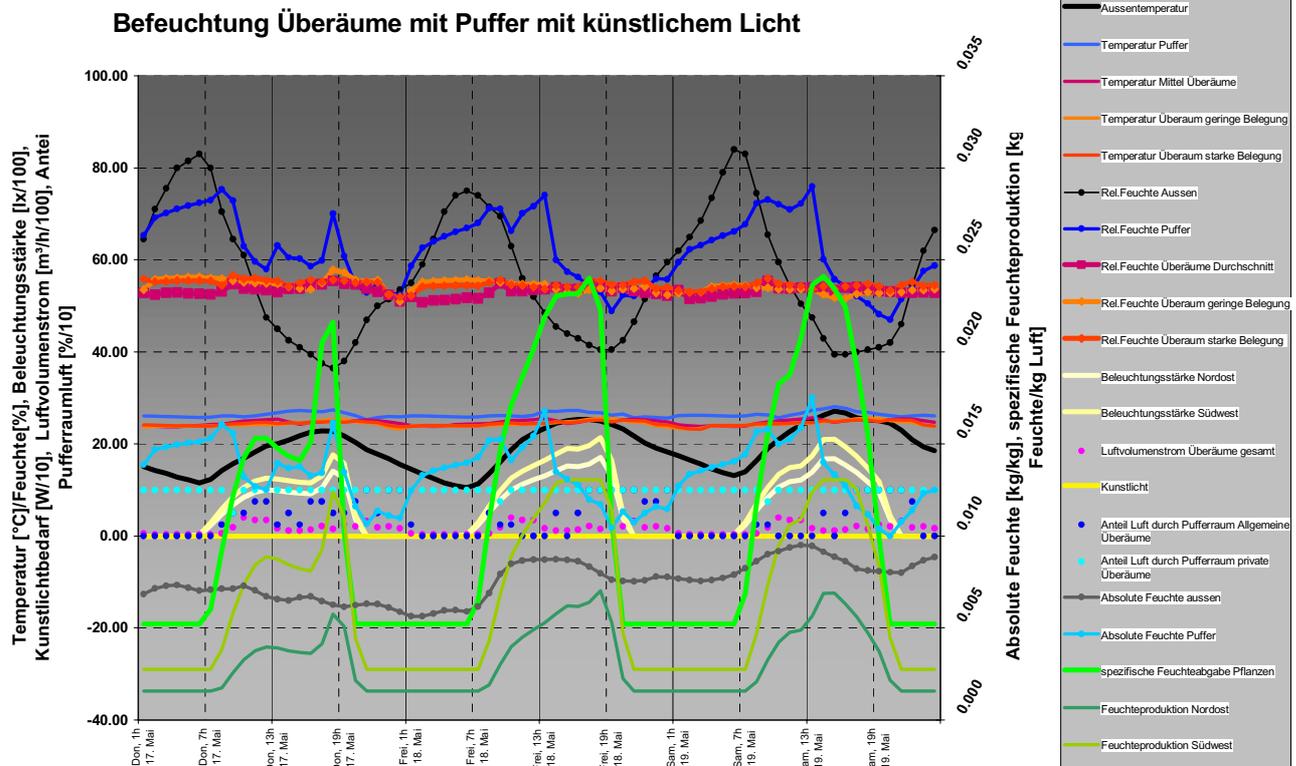
Eine detailliertere Untersuchung des Feuchteverhaltens der Variante mit Pflanzenpuffer und Zuluft zeigt die folgende Abbildung für den sehr kalten Winterfall. Insbesondere ist das Regelungsverhalten ersichtlich.



Kommentar:

- Trotz der starken Befeuchtung der Zuluft bewirkt die mechanisch eingebrachte Zuluft eine Entfeuchtung der Überäume in dieser Periode
- Die vergleichsweise hohen Feuchtelasten der Musiker führen in der Nutzungszeit zu einer insgesamt positiven Feuchtebilanz. Die Entfeuchtung außerhalb der Betriebszeiten kann dadurch ausgeglichen werden.
- Die Entfeuchtungsleistung der Infiltration ist zwar sehr gering, stellt aber in den selten genutzten Überäumen die größte Entfeuchtungsleistung dar.

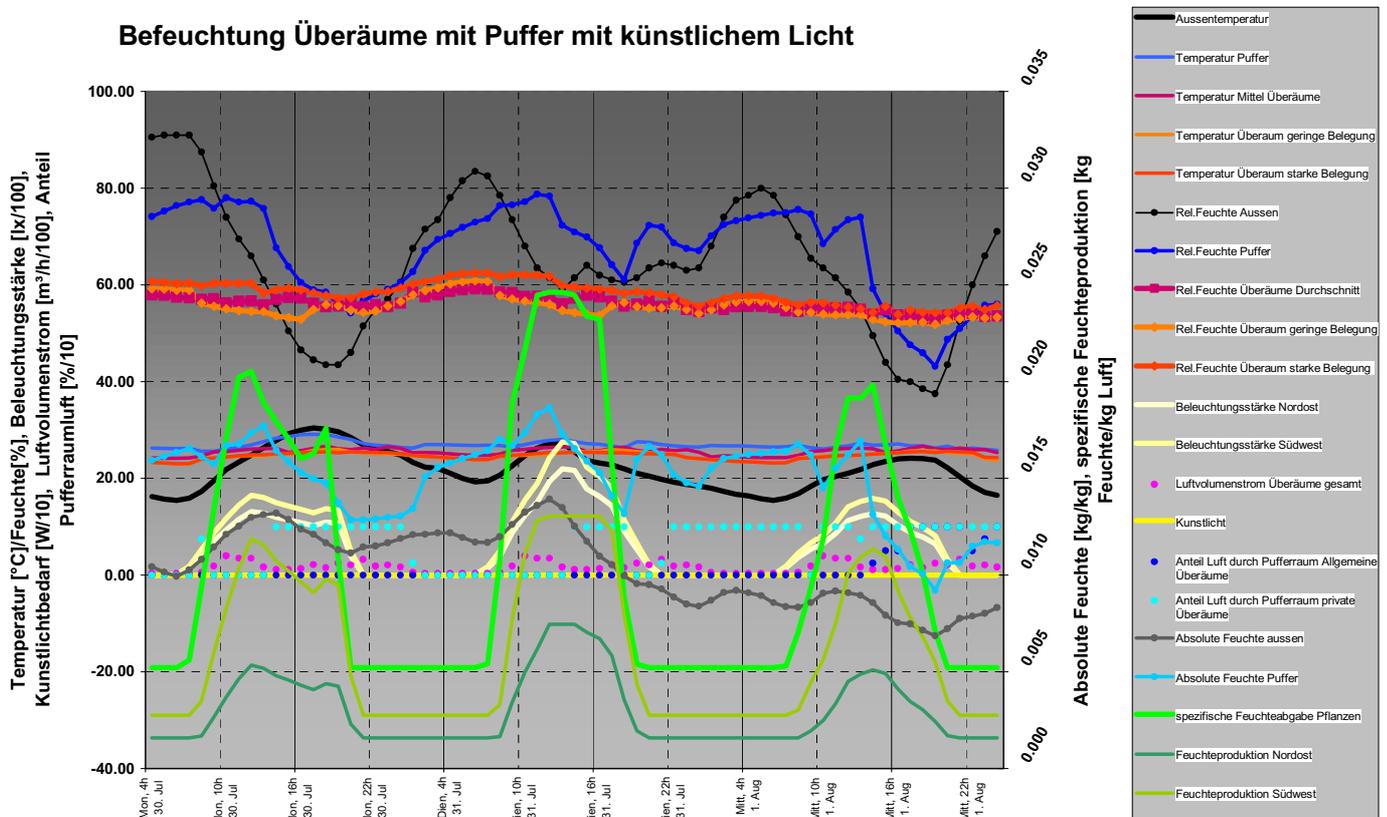
Einen typischen Frühlingstag (vergleichsweise kalte Temperaturen, hohe Einstrahlung, trockene Außenluft) zeigt die folgende Abbildung. Die Kombination von hoher Einstrahlung und noch kühler Außenluft stellt neben den hochwinterlichen trockenen Außentemperaturen die höchsten Anforderungen an das Halten der Mindest-Raumluftfeuchten.



Kommentar:

- Das Kunstlicht wird nicht mehr benötigt, die Sonneeinstrahlung reicht völlig aus.
- Die relativen Feuchte liegen auch für die sehr unterschiedlich belegten Räume auf 55% relativer Feuchte.
- Die Zuluft wird nur für die Privaträume durchgehend über den Puffer geführt, für die Studenten- und allgemeinen Räume wird die Befeuchtung nur mehr in wenigen Fällen benötigt.
- die Temperaturen sind bereits stark angestiegen.

Die heißeste Periode im August mit Außenlufttemperaturen über 32°C zeigt die folgende Abbildung.



Kommentar:

- Die relativen Feuchten in den Überäumen steigen auf annähernd 60% an.
- Die Feuchteproduktion im Pufferraum ist sehr hoch, durch die hohen Temperaturen und das Ablüften können die relativen Feuchten im akzeptablen Bereich gehalten werden
- Trotz hoher Außenluftfeuchte werden gerade die privaten Räume über den Puffer gelüftet, dadurch ergibt sich auch eine leichte Erhöhung der Raumlufttemperatur über die Behaglichkeitsgrenze.
- Insgesamt sind Raumluftfeuchten und Temperaturen im akzeptablen Bereich.

Im Sommerverhalten unterscheiden sich die Varianten nur wenig, in der folgenden Tabelle sind die Temperaturen der Überäume als Histogramm dargestellt

Jahresverteilung Temperaturen, Durchschnittliche Belegung													
	Aussenlufttemperatur	Puffer	Ablufttemperatur	Raum17, 3h	Raum1, 14h	Raum8, 7h	Raum2, 10h	Raum3, 14h	Raum5, 12h	Raum6, 10h	Raum12, 4h	Raum19, 0h	Raum20, 5h
Min.:	-16.0	17.4	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
Max.:	32.8	30.6	27.4	26.6	26.6	27.8	26.1	26.3	28.8	28.6	27.7	26.9	26.6
T [°C]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]
<15.5	6211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	359	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	321	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	304	409	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	243	817	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	219	2800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	199	535	3507	4045	4285	3866	4439	4291	209	437	3907	4237	3963
22	203	382	987	783	504	553	616	560	3003	3066	535	390	724
23	154	278	524	736	715	614	593	679	1042	886	666	704	784
24	108	414	1037	1397	1276	919	1695	1570	564	495	1025	1051	1286
25	117	622	1169	1304	1454	1033	1269	1385	486	475	1042	1177	1351
26	86	1309	1242	486	522	813	148	275	462	532	1012	1130	651
27	78	910	294	9	4	942	0	0	1154	1423	571	71	1
28	50	179	0	0	0	20	0	0	1822	1443	2	0	0
29	42	69	0	0	0	0	0	0	18	3	0	0	0
>29.5	66	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Vorauszuschicken ist, dass die Bypasssteuerung nur feuchteabhängig erfolgt, d.h. auch im Sommer wird die Zuluft teilweise über den (heißen) Puffer geleitet. Durch eine temperaturabhängige Steuerung in heißen Sommerwochen könnte eine geringe Verbesserung erzielt werden.

Daraus lässt sich ableiten:

- Die problematischsten Übezimmer sind die beiden innenliegenden. Hier sollte zumindest eine nächtliche Belüftung über den Gang hergestellt werden.
- Die anderen Überäume sind verhältnismäßig unproblematisch, wobei die privat genutzten Nordosträume problematischer sind als die allgemeinen Überäume. Dies hängt insbesondere mit der feuchteabhängigen Bypasssteuerung zusammen, dadurch wird sehr warme Pufferluft eingeblasen. Abhilfe könnte eine temperaturabhängige Bypasssteuerung, zusätzlich ein effizienterer Erdwärmetauscher (z.B. 2-mal 50cm Durchmesser) oder das Schließen des Sonnenschutzes auch bei nur diffuser Einstrahlung bieten, insbesondere auch außerhalb des Betriebs (gerade für gering benutzte Räume).
- Die vielbesetzten Räume sind weniger problematisch, da die sie am meisten Kühlleistung durch die vorgekühlte Luft erhalten.

7.8.3. Varianten Belegung

Die Nutzungsbedingungen der Überäume sind sehr heterogen. Durch 2 zusätzlich entwickelte Nutzerszenarien, die sowohl für eine besonders starke als auch eine schwache Belegung die Extremwerte abstecken, kann

- das Halten der geforderten Mindest-Raumluftfeuchten im Winter in Abhängigkeit von der Pflanzenanzahl sowie
- der maximal erwartbare Stromverbrauch für die künstliche Beleuchtung

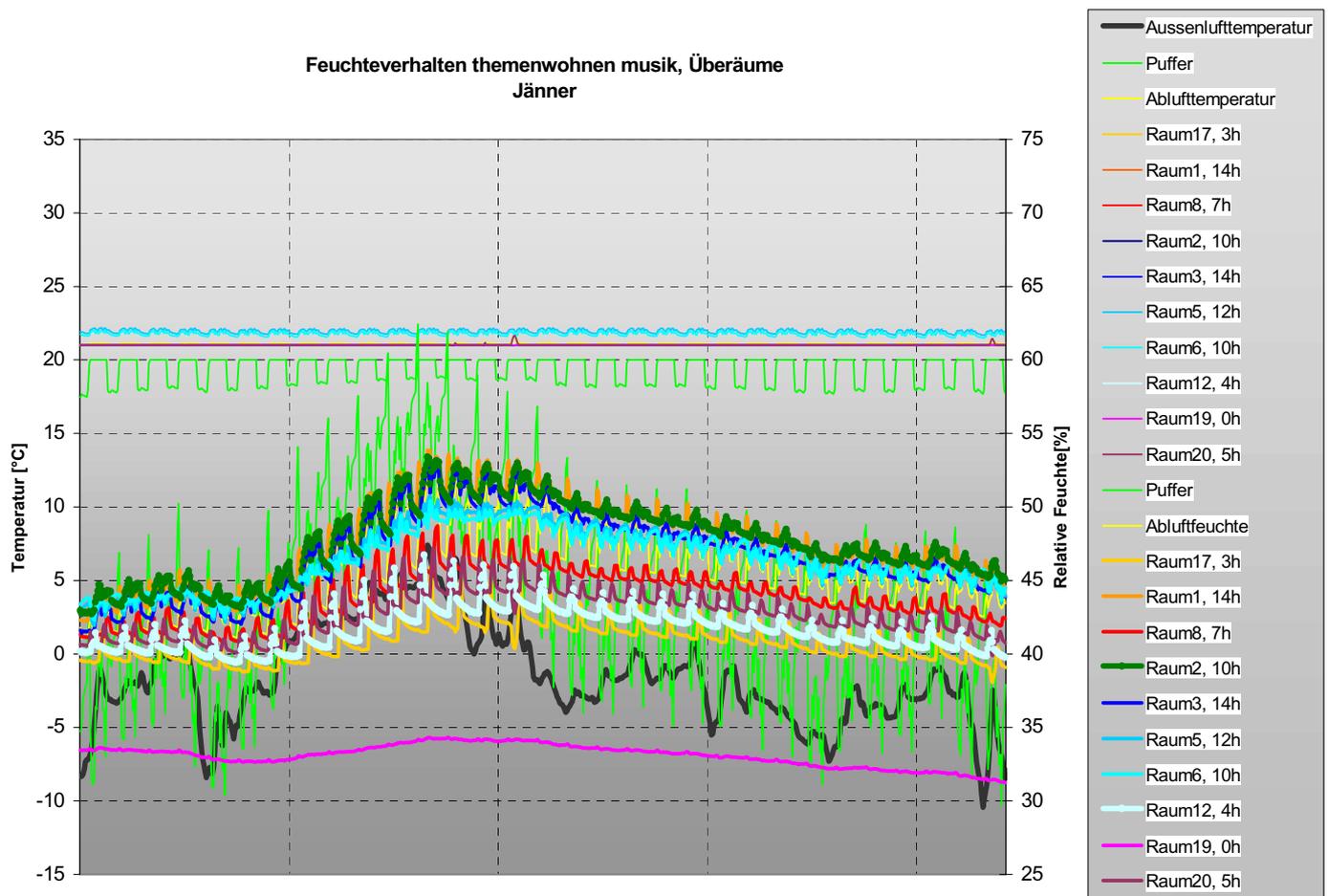
bei starker Belegung und

- die maximal erwartbaren relativen Feuchten im Pufferraum
- und daraus abgeleitet Ablüftungsstrategien für den Pufferraum bei schwacher Belegung (z.B. Semesterferien) untersucht werden.

Die folgende Tabelle zeigt den Durchschnitt über alle Überäume sowie 2 Extremfälle der Jahresverteilung der relativen Feuchten. Ebenso angegeben ist der Bedarf an künstlicher Beleuchtung.

Jahresverteilung der Luftfeuchte in den Überäumen, Varianten Belegung									
RELATIVE LUFTFEUCHTE									
Varianten Belegung									
Nutzungsdauer	Durchschnittliche Belegung			Starke Belegung			Schwache Belegung		
	6.4 h	3 h	14 h	8.5 h	3 h	14 h	3.0 h	3 h	12 h
	Durchsch nitt	Raum 17	Raum 1	Durchsch nitt	Raum 17	Raum 1	Durchsch nitt	Raum 17	Raum 5
<i>Min.</i>	41.8	39.4	43.4	41.3	35.9	41.9	44.7	42.2	45.7
<i>Max.</i>	59.4	61.4	63.8	59.4	61.4	63.8	62.3	63.9	66.0
rF[%]	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>
< 17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	19	0	0	0	0
40	92	909	0	219	1982	24	0	2	0
45	1658	1941	483	1667	2081	953	321	1145	5
50	2662	2184	1625	3721	2334	1894	2581	2243	802
55	4285	3288	5956	3090	1906	5193	5742	4825	6990
60	63	438	692	63	438	692	116	531	924
65	0	0	4	0	0	4	0	14	39
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 92.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Der Monat Dezember ist für die starke Belegung in der folgenden Abbildung dargestellt.

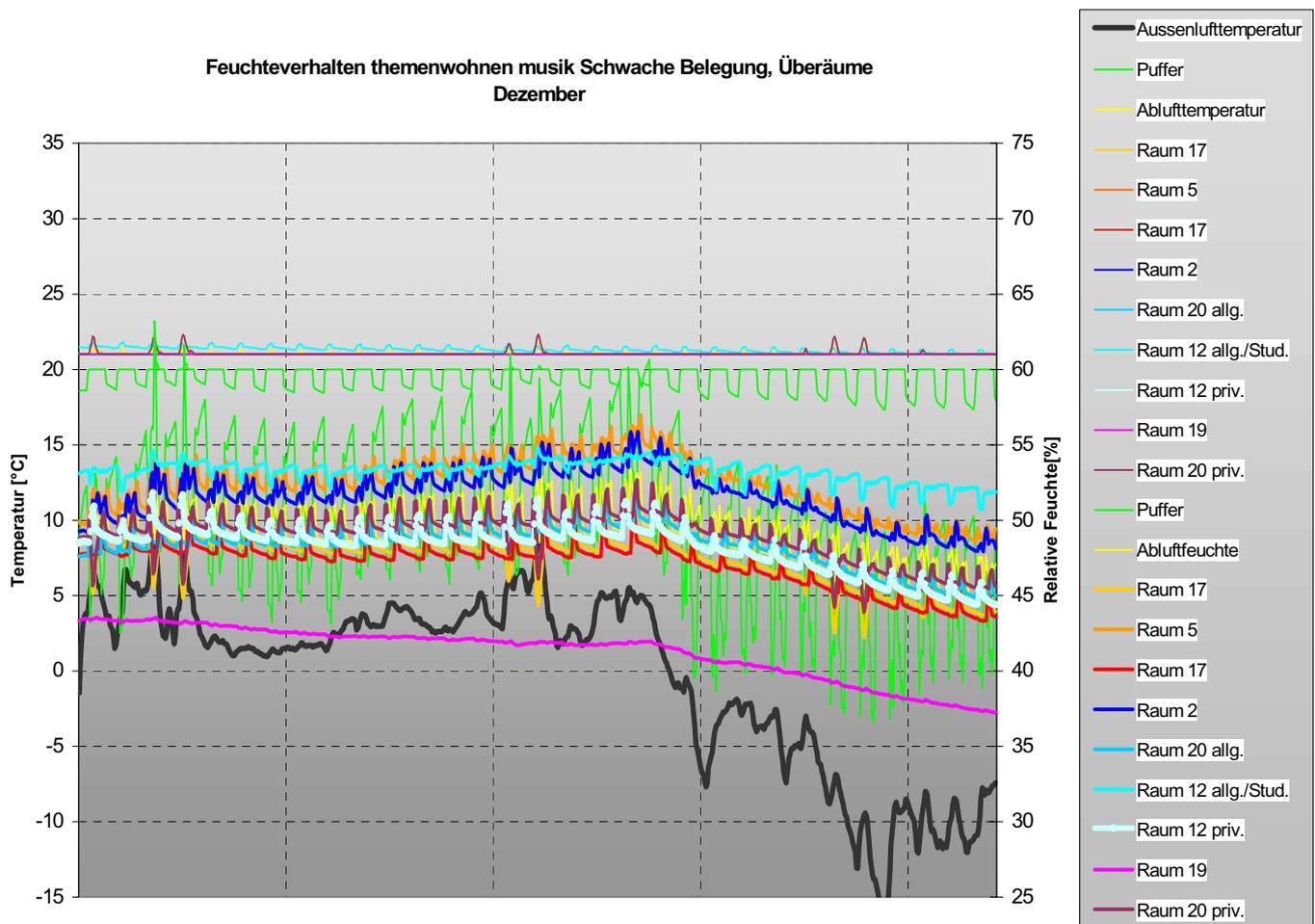


Das Feuchteverhalten der Überäume mit starker Belegung zeigt:

- Die Mindestanforderungen an die relative Luftfeuchte können eingehalten werden.
- Der Bedarf an künstlicher Beleuchtung liegt ca. bei 60% über der durchschnittlichen Belegung, allerdings liegt die Raumlufffeuchte des kritischsten Raumes um ca. 5% Raumlufffeuchte unter demjenigen der durchschnittlichen Belegung.

Auch unter den verschärften Bedingungen einer sehr starken Belegung können die Anforderungen an das Raumklima eingehalten werden.

Eine schwache Belegung (z.B. Ferien) erleichtert das Erreichen der erforderlichen Raumluftfeuchte durch die verhältnismäßig großen zur Verfügung stehenden Feuchtemengen im Pufferraum. Der Monat Dezember ist in der folgenden Abbildung dargestellt.



Eine detailliertere Untersuchung über das Feuchteverhalten des Pufferraumes wird weiter unten durchgeführt.

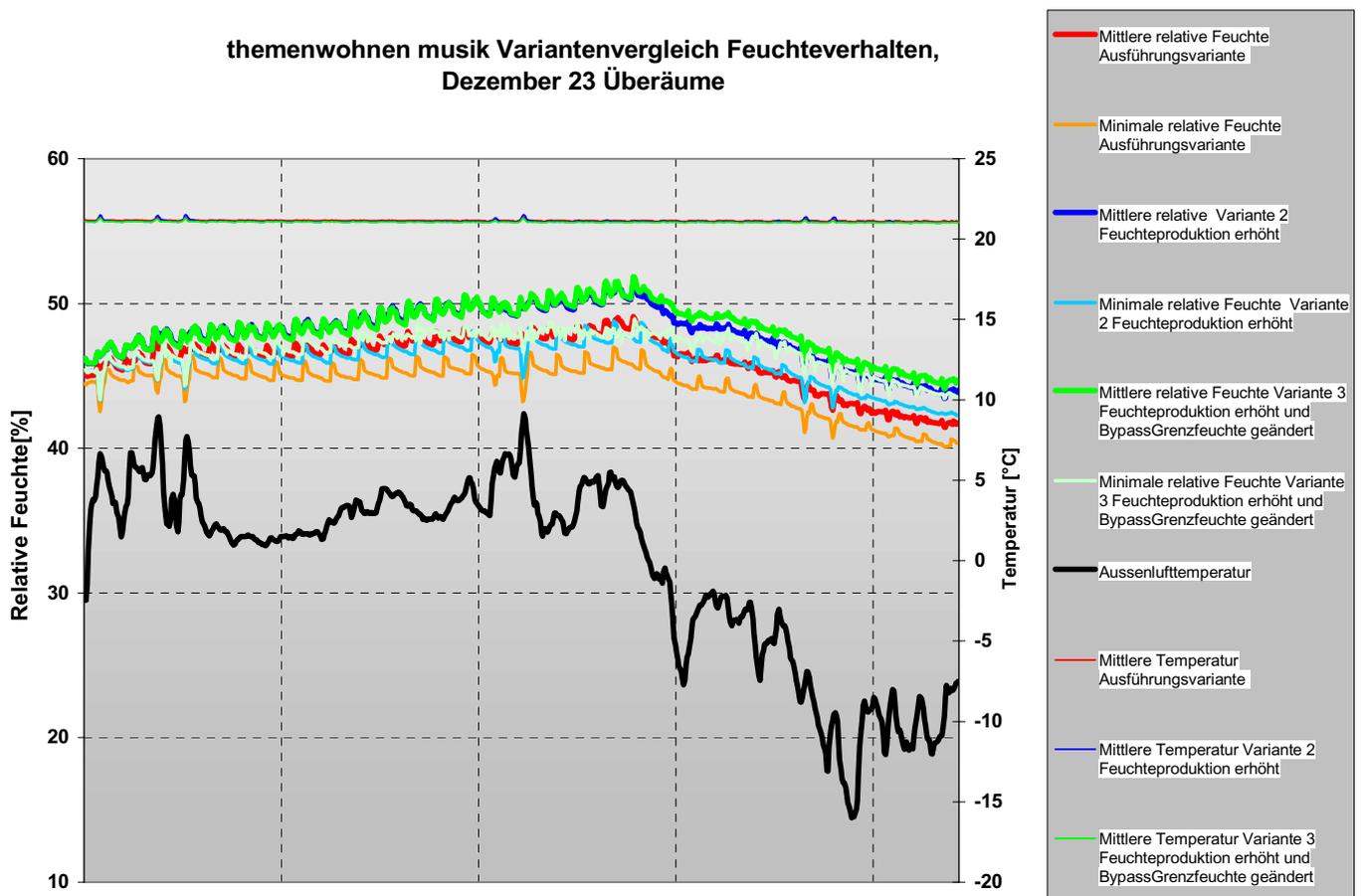
7.8.3.1. Regelung

Die Grenzwerte zur relativen Feuchte sind für alle Überäume gleich. Eine auf den jeweiligen Bedarf reagierende Zuluftfeuchteconditionierung wäre viel zu aufwendig. Auf der Grundlage der ersten Simulationsläufen wurde wegen der unterschiedlichen Nutzung von privaten Überzimmern einerseits, Studenten- und allgemeinen Überzimmern andererseits eine Aufsplittung des zentralen Wärmetauschers in 2 Lüftungsgeräte erwogen (auch aus wirtschaftlichen Gründen!). In diesem Fall werden die relativen Feuchten der beiden Abluftströmen gemessen und dienen der Regelung sowohl der 2 Bypässe als auch des Kunstlichts im Puffer.

Im Detail wurden die folgenden Varianten untersucht:

Variante	Beschreibung
Ausführungsvariante	Die Abluftfeuchte wird je Lüftungsgerät gemessen: Ist diese unter 50%, wird das Kunstlicht im Puffer eingeschaltet (in 5 Stärken regulierbar), sofern die natürliche Belichtung geringer ist, bis exakt 50% Feuchte erreicht werden (sofern erreichbar). Wenn die Abluftfeuchte über 55% ansteigt, wird der Zuluftstrom über einen Bypass direkt in die Überäume geleitet.
Variante 2 Kunstlichterhöht	Wie Ausführungsvariante, der Feuchtebedarf zur Erreichung von 50% im jeweiligen Abluftstrom wird um einen Faktor erhöht. Dieser Faktor entspricht dem Verhältnis Raumvolumen /Luftvolumenstrom der belegten Zimmer (ca. 1.5). Dadurch soll der Verdünnung der Feuchte in den Überäumen Rechnung getragen werden.
Variante 3 Bypass-Grenzfeuchte	Wie Variante 2, für die Studenten- und allgemeinen Überäume wird die Zuluft bereits bei 51% Abluftfeuchte über den Bypass geleitet. Dadurch soll die Spreizung der Raumluftfeuchte zwischen den einzelnen unterschiedlich genutzten Überzimmern reduziert werden.

Einen Überblick gibt die folgende Abbildung:



In der folgenden Tabelle sind die Durchschnittsfeuchte und für jede Variante die relative Feuchte von 2 Extreträumen (starke Nutzung, schwache Nutzung) als Histogramme dargestellt.

Jahresverteilung der Luftfeuchte in den Überäumen, Varianten Regelung									
RELATIVE LUFTFEUCHTE									
Varianten Regelung									
	Ausführungsvariante			Variante 2			Variante 3		
Nutzungsda	6.4 h	3 h	14 h	6.4 h	3 h	14 h	6.4 h	3 h	14 h
	Durchschnitt	Raum 17	Raum 1	Durchschnitt	Raum 17	Raum 1	Durchschnitt	Raum 17	Raum 5
<i>Min.</i>	41.5	39.4	43.4	43.0	41.1	45.2	43.0	42.8	45.0
<i>Max.</i>	59.2	61.4	63.8	63.2	63.6	66.0	63.1	63.6	65.8
rF[%]	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>
< 17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	175	909	0	0	78	0	0	0	0
45	1884	1941	483	1233	2437	56	1134	1463	163
50	2644	2184	1625	3224	2145	1340	3409	2893	2596
55	4007	3288	5956	4171	3637	6370	4089	3949	5541
60	50	438	692	129	453	955	125	446	423
65	0	0	4	3	10	39	3	9	37
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 92.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Aus den Regelungsvarianten kann abgeleitet werden

- Der Beleuchtungsaufwand steigt für Variante 2 und 3 um ca. 40% an. Allerdings ergibt sich eine ausgezeichnete Feuchteperformance.
- Durch die geänderte Bypassregelung können die Minimalfeuchten weiter angehoben werden, des weiteren sinkt die Spreizung von ca. 5-7% relative Feuchte auf 3-4%, d.h. die vorhandene Feuchte kann besser genutzt werden. Dies trifft allerdings nur dann zu, wenn die Nutzungsszenarien (insbesondere Aufteilung privat und andere) im Großen und Ganzen zutreffen.

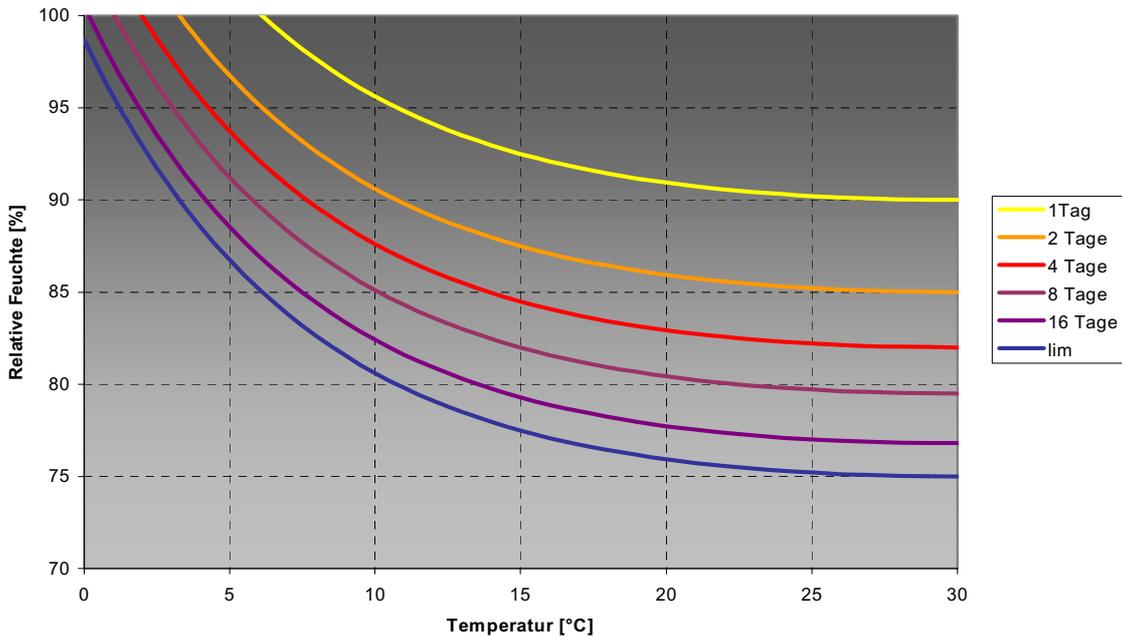
7.8.3.2. Feuchteverhalten Puffer

Für die hygienische Qualität der in die Überäume eingebrachten Zuluft ist die Luftqualität im Pufferraum von zentraler Bedeutung. Insbesondere muss die erhöhte Bildung von Schimmelpilzen sicher ausgeschlossen werden.

In der aktuellen wissenschaftlichen Diskussion über die hygrothermischen Bedingungen der Schimmelpilzbildung wurde durch [Sedlbauer 2001] ein abgesichertes Verfahren entwickelt, das für unterschiedliche Substrate auf der Grundlage von Isoplethen jene hygrothermischen Grenzbedingungen angibt, unter denen die Bildung von Schimmelpilzen sicher ausgeschlossen werden kann.

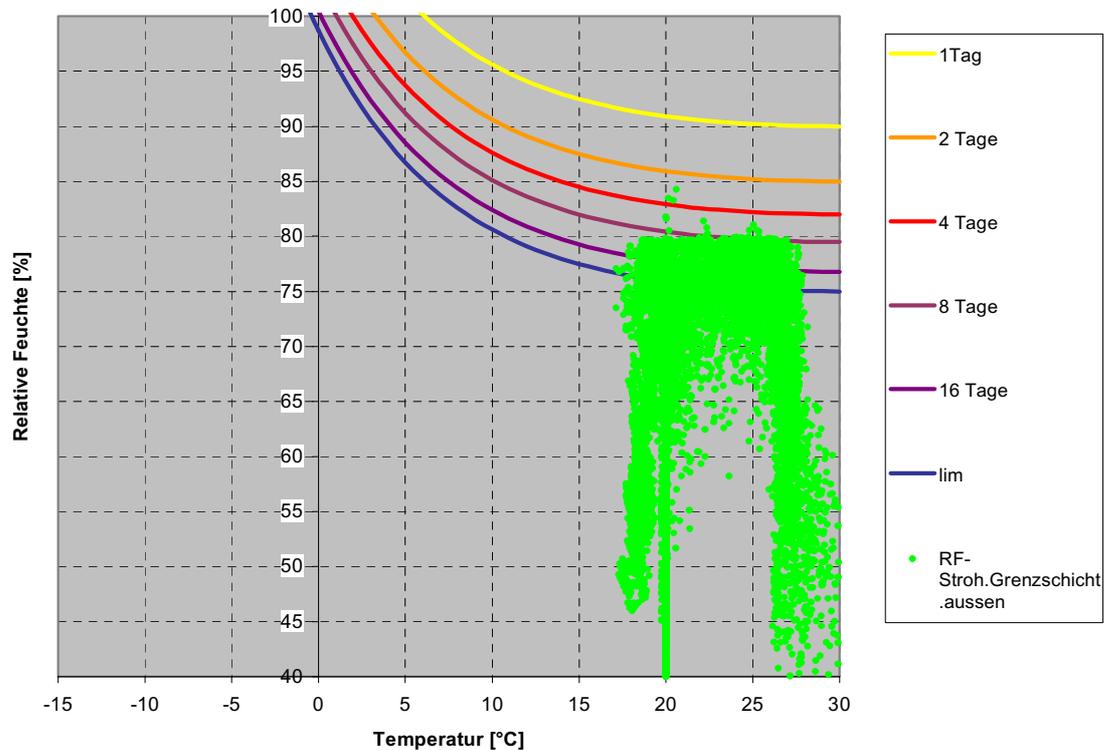
Die professionelle Pflege der Pflanzen und die von der Architektin gewählten Oberflächen vermeiden bereits im Ansatz optimale Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze. Als Schwachstellen verbleiben Dichtungsprofile an Fenstern und Türen. Aus diesem Grund muß das Isoplethenmodell für Substratgruppe I (organische Oberflächen) verwendet werden (untenstehende Abbildung).

Isoplethenlinie Sporenauskeimung Substratgruppe I



Die meisten Stunden mit hohen relativen Feuchten treten bei schwacher Belegung und im Sommer auf. Im Sommer sind stark inhomogene räumliche Verteilungen der relativen Feuchte durch Wärmebrückeneffekte gering (bei passivhaustauglicher Ausführung insbesondere des Kellerdeckenanschlusses), damit kann die durchschnittliche Raumlufthtemperatur zur Berechnung der relativen Feuchte herangezogen werden. Es ergibt sich folgendes Profil:

Isoplethenlinie Sporenauskeimung idealer Nährboden (Gefährdungsklasse B/C)



Inwieweit die deutlichen Überschreitungen der ersten Isoplethen für die Schimmelbildung ausreicht, zeigt die folgende Auswertung:

Pufferraum Raumlufftemperatur/Raumlufffeuchte		Isoplethenmodell organisches Substrat
Mindestdauer	Tatsächliche Überschreitungsdauer [Tage]	Bewertung
1Tag	0.00	Schimmelbildung nicht möglich
2 Tage	0.00	Schimmelbildung nicht möglich
4 Tage	0.08	Schimmelbildung nicht möglich
8 Tage	0.13	Schimmelbildung nicht möglich
16 Tage	0.42	Schimmelbildung nicht möglich
lim	1.13	Schimmelbildung nicht möglich

Im Sommer ist daher auch bei Raumlufffeuchten von 80% mit keiner Schimmelbildung zu rechnen.

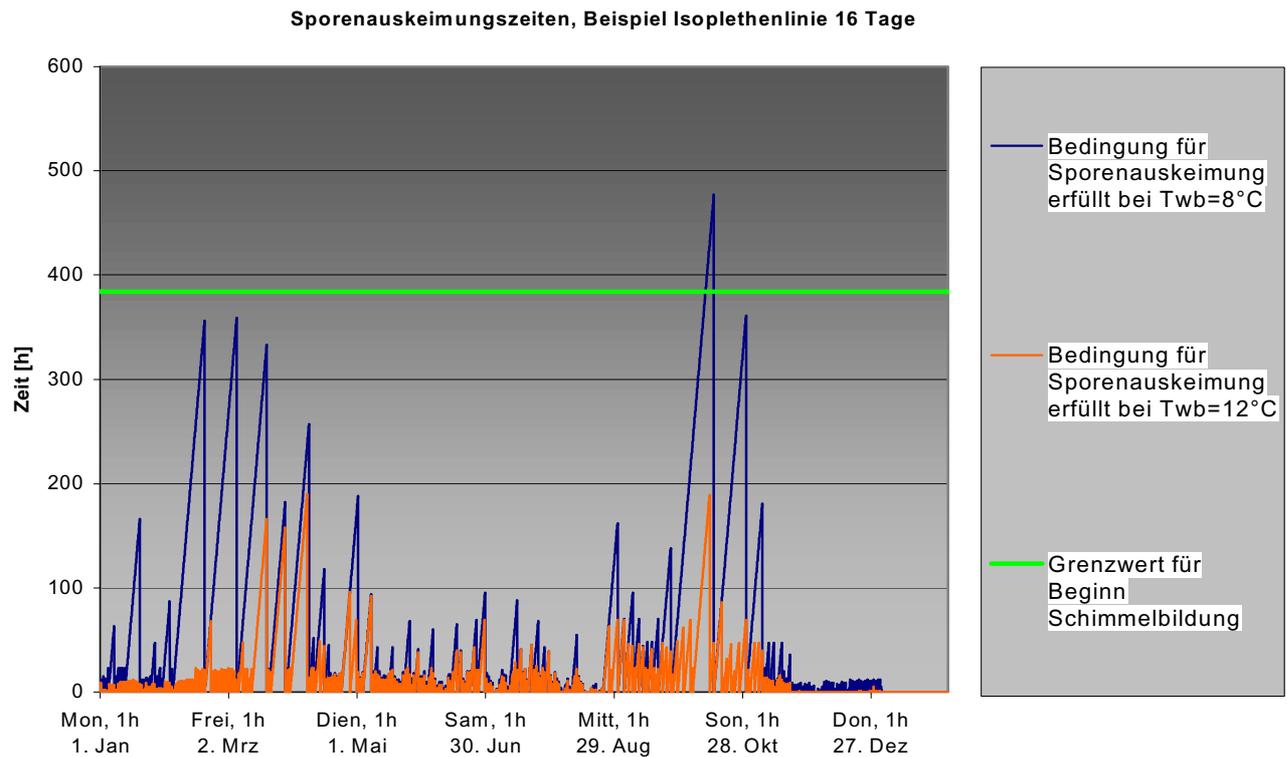
Im Winter sind die relativen Raumlufffeuchten im Pufferraum zwar niedrig, durch Wärmebrückeneffekte könnten allerdings die Bedingungen zur Schimmelpilzbildung erfüllt sein. Um quantitative Vorgaben zu erhalten, wurde für 4 verschiedene Mindesttemperaturen die Zeit bis zum Auftreten von Schimmel berechnet. Diese Mindesttemperaturen können beispielsweise stationär aus einer Wärmebrückensimulation für eine bestimmte Innen- und Außenlufttemperatur berechnet werden. Das Verhältnis von Außen- und Innenlufttemperatur zur Mindesttemperaturen wurde dafür verwendet, mittels linearer Interpolation eine dynamische Mindest-Oberflächentemperatur aus den tatsächlichen (dynamischen) Innen- und Außenlufttemperaturen für jeden Zeitschritt (1h-Mittelwerte) im Jahresverlauf zu berechnen. Speichereffekte sind daher bei Berechnung der dynamischen Mindesttemperatur nicht enthalten.

Pufferraum, Potential Schimmelbildung (Schwache Belegung)

Isoplethe n	Anzahl Tage für Sporenkeimung	Kommentar
Wärmebrücken Mindesttemperatur Twb=8°C (bei Ti=20, Ta=-12°C)		
1Tag	3.9	Schimmelbildung möglich
2 Tage	9.9	Schimmelbildung möglich
4 Tage	10.9	Schimmelbildung möglich
8 Tage	19.0	Schimmelbildung möglich
16 Tage	19.9	Schimmelbildung möglich
lim	35.0	Schimmelbildung möglich
Wärmebrücken Mindesttemperatur Twb=10°C (bei Ti=20, Ta=-12°C)		
1Tag	2.5	Schimmelbildung möglich
2 Tage	3.9	Schimmelbildung möglich
4 Tage	7.8	Schimmelbildung möglich
8 Tage	9.8	Schimmelbildung möglich
16 Tage	10.9	Schimmelbildung nicht möglich
lim	19.9	Schimmelbildung nicht möglich
Wärmebrücken Mindesttemperatur Twb=12°C (bei Ti=20, Ta=-12°C)		
1Tag	0.6	Schimmelbildung nicht möglich
2 Tage	1.9	Schimmelbildung nicht möglich
4 Tage	2.8	Schimmelbildung nicht möglich
8 Tage	4.0	Schimmelbildung nicht möglich
16 Tage	7.9	Schimmelbildung nicht möglich
lim	9.9	Schimmelbildung nicht möglich
Wärmebrücken Mindesttemperatur Twb=14°C (bei Ti=20, Ta=-12°C)		
1Tag	0.4	Schimmelbildung nicht möglich
2 Tage	0.5	Schimmelbildung nicht möglich
4 Tage	1.0	Schimmelbildung nicht möglich
8 Tage	2.4	Schimmelbildung nicht möglich
16 Tage	3.8	Schimmelbildung nicht möglich
lim	7.9	Schimmelbildung nicht möglich

Im Winter ist dann mit keiner Schimmelbildung zu rechnen, wenn die Mindesttemperaturen in kalten Punkten 12°C nicht unterschreiten (bestimmt bei -12°C Außentemperatur und 20°C Innentemperatur). Im Verfahren von [Sedlbauer 2001] ist allerdings nicht berücksichtigt, dass Oberflächen, auf denen vor kurzer Zeit Sporenauskeimung stattfand, ein günstigeres Milieu für eine weitere Sporenauskeimung besteht. Aus diesen Gründen wird vorgeschlagen, eine Mindest-Oberflächentemperatur von 14°C nicht zu unterschreiten.

Die kritischste Periode ist im verwendeten Wetterdatensatz Anfang November und März, wie aus der folgenden Abbildung am Beispiel der Isoplethenkurve von 16 Tagen ersichtlich.



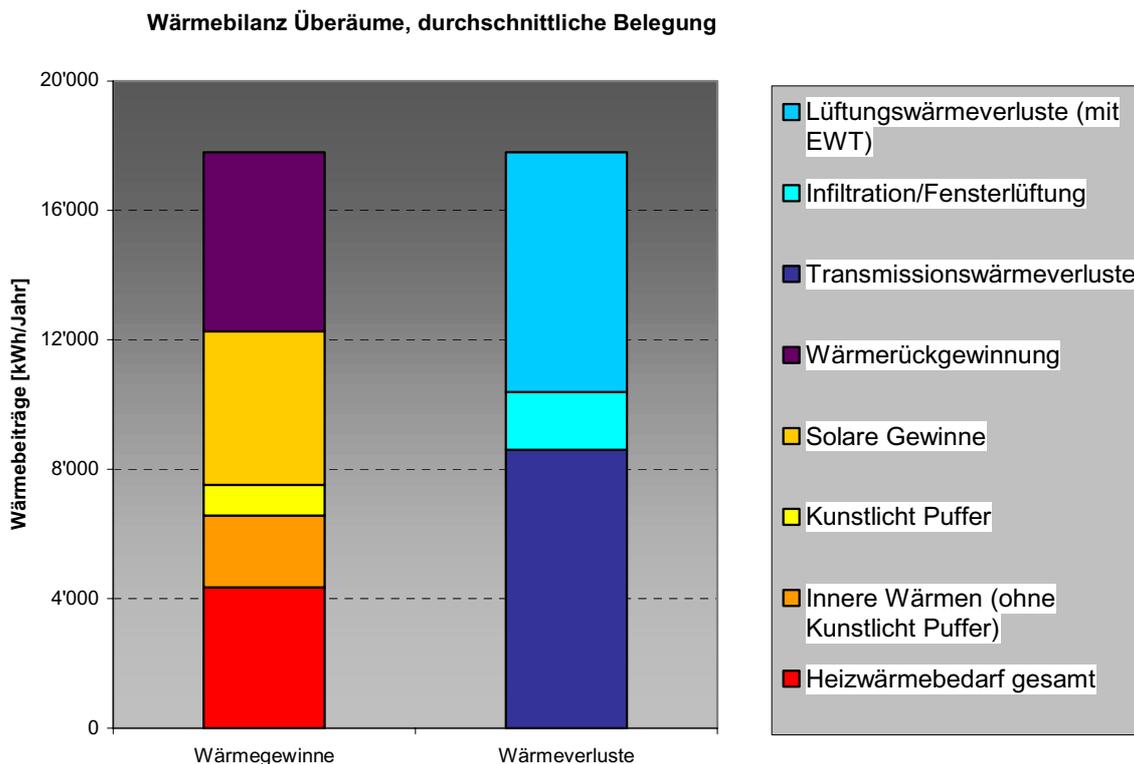
Sind Bauteilqualitäten nicht möglich, die bei Außenlufttemperaturen von -12°C und Innenlufttemperaturen von 20°C 14°C Oberflächentemperatur überschreiten, muss die maximal zulässige Raumlufffeuchte im Pufferraum abgesenkt werden.

7.8.3.3. Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf der Überäume und des Pufferraums sind stark nutzungsabhängig. Für die durchschnittliche Belegung ergeben sich die in der folgenden Abbildung dargestellte Jahres-Wärmebilanz bzw. die in der Tabelle dargestellten Monatsbilanzen und spezifischen Verbräuche (Nutzfläche nur Überäume).

Daraus lässt sich ableiten:

- Der Heizwärmebedarf ist inkl. Pufferraum passivhaustauglich (ca. 9kWh/m²Jahr), bei hervorragender Raumlufthqualität (hoher Luftwechsel zwischen 42-47m³/h, hohe relative Luftfeuchte im Winter >40%).
- Der Heizwärmebedarf des Pufferraums beträgt fast die Hälfte des gesamten Bedarfs, da über den Pufferraum die Zuluft auf 20°C erwärmt wird.
- In den Lüftungswärmeverlusten des Monats April ist bereits das Ablüften an einigen Tagen berücksichtigt.
- Die solaren Gewinne sind durch den hohen Verglasungsanteil verhältnismäßig hoch für ein innerstädtisches, hochverdichtetes Gebäude (Horizontalverschattung wurde allerdings nur grob angenähert).
- Die inneren Wärmen durch Licht in den Überäumen und die Personen sind im Vergleich zu Wohngebäuden deutlich geringer (ca. 50%).
- Der Kunstlichtbedarf des Pufferraums ist vergleichsweise niedrig und daher kein Hindernis zur Erreichung des Passivhauskriteriums Primärenergiebedarf.



Jahreswärmebilanz Ausführungsvariante, durchschnittliche Belegung

Arbeit								
<i>Monatssummen</i>	Heizwärmebedarf Pufferraum	Heizwärmebedarf gesamt (mit Puffer)	Infiltration/Fensterlüftung	Lüftungwärmeverluste mechanische Belüftung	Innere Wärmen (ohne Kunstlicht Puffer)	Kunstlicht Puffer	Solare Gewinne	Transmissionswärmeverluste
0	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Jan	513	1141	-231	-358	340	309	271	-1471
Feb	286	698	-195	-302	291	230	663	-1374
Mar	270	496	-299	-261	316	72	915	-1229
Apr	179	301	-378	-186	302	0	1183	-1221
Mai	8	8	-434	-282	307	0	1583	-1181
Jun	0	0	-702	-331	297	0	1500	-764
Jul	0	0	-648	-314	307	0	1455	-800
Aug	0	0	-554	-311	311	0	1339	-785
Sep	4	4	-374	-186	304	0	1096	-844
Okt	67	74	-289	-159	322	0	847	-794
Nov	255	570	-174	-251	319	80	516	-1059
Dez	455	1063	-220	-334	338	248	360	-1454
Summe Okt-April	2025	4342	-1786	-1853	2227	938	4755	-8603
Summe Mai-Sept	12	12	-2713	-1425	1526	0	6974	-4374
Summe	2037	4354	-4499	-3277	3753	938	11728	-12976
Arbeit spezifisch								
	kWh/m ² Ja hr	kWh/m ² Ja hr	kWh/m ² Ja hr	kWh/m ² Ja hr	kWh/m ² Ja hr	kWh/m ² Ja hr	kWh/m ² Ja hr	kWh/m ² Ja hr
Heizsaison	4.2	9.0	-3.7	-3.8	4.6	1.9	9.8	-17.8

Leistungen								
	Heizwärmebedarf Pufferraum	Heizwärmebedarf gesamt	Infiltration/Fensterlüftung	Lüftungwärmeverluste mechanische Belüftung	Innere Wärmen (ohne Kunstlicht Puffer)	Kunstlicht Puffer	Solare Gewinne	Transmissionswärmeverluste
	W	W	W	W	W	W	W	W
Max	3217	3963	847	-6	983	840	9339	3375
Min	0	0	-3721	-2047	0	0	0	-9371

7.8.3.4. Strombedarf

Das zentrale Kriterium des Passivhauses ist hoher Komfort bei minimierter Verwendung an wertvollen Ressourcen. Die Befeuchtung der Zuluft mittels Pflanzenpuffer bietet neben der Zuluftbefeuchtung auch eine besondere architektonische Qualität, auf der Aufwandseite ist die Herstellung des Pufferraums, die Pflanzeninstandhaltung und der Strombedarf für das Kunstlicht zu nennen. Für die geplanten 44 Pflanzen muss eine Leistung von 840W installiert werden, die in 5 Gruppen gesteuert werden kann.

Im Vergleich dazu wurde für die Variante ohne Pflanzenpuffer der Strombedarf für einen konventionellen zentralen Dampfbefeuchter berechnet.

Arbeit

Monatssummen, bzw. Mittelwerte	Aussenlufttemperatur	Mittlere relative Feuchte Ausführungsvariante (Zuluft Pufferraum mit Kunstlicht)	Mittlere relative Variante 2 (Zuluft Pufferraum ohne Kunstlicht)	Mittlere relative Variante 3 (Zuluft konventionell ohne Befeuchtung)	Feuchteabgabe Pflanzen Pufferraum ohne Kunstlicht	Feuchteabgabe Pflanzen Pufferraum mit Kunstlicht	Kunstlichtbedarf	Feuchtebedarf 50% relative Feuchte in Abluft (Heizsaison)	Strombedarf Dampfbefeuchter
	°C	%	%	%	kg	kg	kWh	kg	kWh
Jan	-1.4	45.8	38.3	30.1	424	1027	337	900	675
Feb	0.1	46.8	40.6	30.6	751	1075	230	828	621
Mar	3.7	51.1	49.8	33.7	1337	1411	72	747	560
Apr	8.4	52.7	52.6	35.6	1522	1522	0	669	502
Mai	17.5	51.1	51.3	42.1	1834	1834	0	0	0
Jun	18.6	52.4	52.5	47.9	1854	1854	0	0	0
Jul	19.1	52.5	52.7	48.4	1782	1782	0	0	0
Aug	19.8	52.7	52.9	50.2	1501	1500	0	0	0
Sep	15.0	54.1	53.9	47.5	1412	1412	0	0	0
Okt	9.2	54.6	54.3	47.0	870	870	0	242	182
Nov	3.6	52.0	51.5	41.8	513	651	80	475	356
Dez	-0.3	47.3	43.2	35.6	404	877	248	730	547
Winter	3.3	50.0	47.2	36.3	5821	7434	966	4590	3443
Sommer	18.0	52.5	52.7	47.2	8383	8382	0	0	0
Summe	9.5	51.1	49.5	40.9	14204	15816	966	4590	3443

Leistungen

	Außenlufttemperatur	Mittlere relative Feuchte Ausführungsvariante (Zuluft Pufferraum mit Kunstlicht)	Mittlere relative Variante 2 (Zuluft Pufferraum ohne Kunstlicht)	Mittlere relative Variante 3 (Zuluft konventionell ohne Befeuchtung)	Feuchte abgabe Pflanzen Pufferraum ohne Kunstlicht	Feuchte abgabe Pflanzen Pufferraum mit Kunstlicht	Kunstlichtbedarf	Feuchte bedarf 50% relative Feuchte in Abluft (Heizsaison)	Strombedarf Dampfbefeuchter
	°C	%	%	%	kg/h	kg/h	W	kg/h	W
Max	32.8	62.7	63.0	61.6	5.2	5.2	840.0	3.8	2860.5
Min	-16.0	42.9	35.9	26.4	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0

Das bedeutet, dass die Befeuchtung mittels Pflanzenpuffer deutlich günstiger liegt als eine zentrale konventionelle Befeuchtung. Dem Bedarf am besten anpaßt wäre die (von Musikern meist praktizierte) dezentrale Befeuchtung, allerdings liegt auch in diesem Fall der Strombedarf höher.

7.8.4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Durch das Lüftungskonzept Zuluftbefeuchtung mittels Pflanzenpufferraum können die geforderten Mindestwerte der relativen Feuchte in den Überäumen bei geringem Einsatz von Strom gehalten werden. Zumeist liegt die Feuchte deutlich über 40%.
- Der Heizwärmebedarf liegt bei 9kWh/m²Jahr, der Anteil Kunstlicht bei 2kWh/m²Jahr
- Diese Kennwerte werden trotz hohen Luftwechsels und entsprechend guter Luftqualität erreicht (je nach Überaum zwischen 42 und 47m³/h Person)
- Auch bei einer starken Belegung können die geforderten Mindestfeuchten, von wenigen Stunden abgesehen, eingehalten werden.
- Die Gefahr für Schimmelpilzbildung tritt unter dem Extremfall der schwachen Belegung nur dann auf, wenn Wärmebrücken vorhanden sind, die Mindesttemperaturen von 14°C unterschreiten (bezogen auf -12°C Außen- und 20°C Innentemperatur). Dies ist insbesondere bei der Auswahl der Fenster zu berücksichtigen.
- Die Abluftfeuchte der Überäume eignet sich für die Regelung von Kunstbelichtung Pufferraum und Bypass Pufferraum, eine Optimierung ist je nach tatsächlichen Nutzerprofilen möglich.
- Die innenliegenden Überäume sind überhitzungsgefährdet, daher müssen Gegenmaßnahmen getroffen werden.
- Die Nutzer müssen auf die Notwendigkeit der natürlichen Kühlung (Sonnenschutz, nächtliche Fensteröffnung) hingewiesen werden, dann sind behagliche Sommertemperaturen jedenfalls möglich.

8. natürliche Luftfeuchteconditionierung in Wohnungen

Einleitung

In Räumen, die mit einer mechanischen Be- und Entlüftung ausgestattet sind – wie das zur Zeit bei allen Gebäuden, die unter einem bestimmten Lüftungswärmeverlustniveau bleiben wollen der Fall ist – würde sich aufgrund der physikalischen Randbedingungen - wie unter 3.1.1. dargestellt – ohne interne oder externe Feuchtequellen über kurz oder lang die absolute Feuchtigkeit der Außenluft einstellen. Da diese stark abhängig von der Temperatur ist, kommt es in den Wintermonaten zu einem Feuchtegehalt, der für die Raumluft zu gering ist:

für den Wintermonat Jänner heißt das z.B. 3g/kg, entspricht bei 21 ° 18 % rel. Luftfeuchtigkeit. Gleichzeitig muss, um die Luftfeuchtigkeit zu erhöhen Energie aufgewendet werden, auch dies ist eine physikalische Tatsache.

Um ein 1kg Wasser bei 21 ° Raumtemperatur und 1013 mbar Umgebungsdruck zu verdunsten ist ein Energieaufwand von 0,63 kWh nötig.

In Wohnungen gibt es – im Unterschied zu anderen Nutzungen – erhebliche innere Feuchtequellen. Diese ließen die Frage der Luftfeuchtigkeit in Wohnungen in den vergangenen 30 Jahren in vollkommen konträrem Kontext erscheinen: zu hohe Feuchtigkeit, Schimmelbildung.

Aus der Angst vor Schimmelbildung werden heute möglichst alle wohnungsinternen Feuchtequellen den Räumen durch Ablüften entzogen. (Küche, Bäder). Diese Strategie wird auch in Passivhäusern verfolgt, obwohl die Luftverhältnisse hier mit konventionellen Wohnungen nicht vergleichbar sind.

Wie zu zeigen sein wird, kann die zu geringe relative Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen mit mechan. Be und Entlüftung im Winter durch eine entsprechende wohnungsinterne Umverteilung deutlich verbessert werden.

Gleichzeitig muss darauf geachtet werden, dass die Feuchtigkeit in den Sommermonaten nach wie vor konstant abgeführt wird.

Wie könnte die Feuchtigkeit der Wohnung zugeführt werden?

- durch Ansaugen von Frischluft aus einem externen Feuchte(Pflanzen)pufferraum (zusätzlicher Energieverbrauch)
- mit dezentraler Zufuhr von Feuchtigkeit durch massives Aufstellen von Pflanzen in den Wohnungen (ebenfalls zusätzlicher Energieverbrauch, dazu semiprofessioneller Pflegeaufwand)
- durch Verwendung eines Rotationswärmetauschers für die Lüftungswärmerückgewinnung (Rückgewinnung von Wärme und Feuchtigkeit aus der Abluft)
Hierbei ist eine Geruchsübertragung nicht ausgeschlossen, weshalb sich ein Einsatz im Speziellen nicht empfiehlt, wenn Abluft aus Küchen und WCs beinhaltet ist.
Um die Geruchsübertragung gering zu halten, muss ein hoher technischer Aufwand (Einrichten einer Spülzone) getrieben werden
Es ist ein zusätzliches drehendes Teil im Gerät, das Wartungsaufwand mit sich bringt.
- durch Reduktion der Frischluftmenge im Winter – Achtung auf die hygienischen Mindestanforderungen
- durch Absenkung der Temperatur – dies wäre theoretisch eine effiziente Methode, ist natürlich in bewohnten Innenräumen von mittelmäßiger Relevanz, bedeutend ist lediglich, dass der Zusammenhang von relativer Luftfeuchte und Raumtemperatur nicht aus den Augen verloren werden darf. Besonders der Anstieg der Temperatur in stark besonnten Räumen im Winter und die dadurch bedingte Reduktion der rel. Luftfeuchtigkeit wirkt sich deutlicher aus, als landläufig angenommen.

- durch Feuchtebewahrung:
das hat den Vorteil dass keine zusätzliche Energie aufgewendet werden muss
- Da wie bereits erwähnt, in den Wohnungen erhebliche interne Feuchtequellen vorhanden sind, soll hier die letztangeführte Methode – die der Feuchtebewahrung- näher untersucht werden.

8.1. Feuchtebedarf

Außenluft mit 0° und 75 % rel. Luftfeuchte enthält 3gr./kg Luft,
 Außenluft mit -10 ° und 90 % rel. Feuchte nur mehr 1,5 gr./kg.
 Raumlufte von 21 ° enthält bei 40 % rel. Feuchte 6,25 gr./kg bei 50 % 8 gr./kg. (ca. 1,12 kg / m³ Luft).
 Bei wärmerer Raumlufte steigt der Wert gegen 10 gr./kg an.

Überschlägige statische Berechnung für 21°C, 45% Feuchtigkeit (entspricht 7,5 g/kg),

Außenluft 0° und 75 % rel. Feuchte

110 m² Wohnung

Personen je Wohnung: 4

Luftmenge je Person: 30m³/h

Anzahl Wohnungen: 1

Gesamtluftmenge: 120m³/h = 134,4 kg/h

Außenluft: 3gr./kg

Raumlufte: 7,5gr./kg

Jedes kg Luft muss somit 4,5g (7,5-3)Feuchtigkeit in der Wohnung aufnehmen. Umgelegt auf die Gesamtluftmenge bedeutet das einen Befeuchtungsbedarf (ohne Infiltrations und Pufferverluste) von 605 g/h oder 14,5 kg H²O/ d.

Bei 40 % wären es ca. 470 gr./h oder 11,3 kg H²O/ d.

Bei der vorgesehenen Trennung Lüftung/Heizung kann bei Abwesenheit von der Wohnung oder geringerer Belegung während des Tages die Lüftung reduziert werden. Dies reduziert den gesamten Befeuchtungsbedarf. Bei einer Reduktion des Luftwechsels auf 50 % während 10 h am Tag ergibt sich eine durchschnittliche Reduktion der Luft – und Befeuchtungsmenge von ca. 20 – 25 %.

8.2. Interne Feuchtequellen

Die Angaben aus der Literatur über die internen Feuchtequellen in der Wohnung sind zahlreich und differieren deutlich. Einen guten mittleren Überblick gestattet die homepage der Glaserinnung Sigmaringen.(www.glaserinnung-sigmaringen.de)

Während die unterschiedlichen Quellen sich bei den angegebenen Werten: Gramm/ Stunde noch häufig decken, fallen die daraus hochgerechneten Angaben über kg/ Familie und Tag sehr unterschiedlich aus und sind vor allem meist (auf Grund der vorab beschriebenen Problematik Schimmelbildung) eher hoch angesetzt.

Angaben der Glaserinnung Sigmaringen:

Feuchtigkeitsabgabe in Wohnungen

Verursacher _____ ca. Abgabe in Gramm/Stunde

Mensch

leichte Aktivitäten 30-60 g/h

mittelschwere Arbeit 120-200 g/h

schwere Arbeit 200-300 g/h

Pflanzen

Zimmerpflanze z.B. Veilchen (Viola) 5-10 g/h

Topfpflanze z.B. Farn (Comptonia asplemifoia) 7-15 g/h

Wasserpflanze z.B. Seerose (Nymphaea alba)	6- 8 g/h
Mittelgroßer Gummibaum (Ficus elastica)	10-20 g/h
Jungbaum z.B. Buche (Fagus)	2000-4000 g/h
<u>Freie Wasseroberfläche</u>	<u>ca. 40 g/m²/h</u>

Bad

Wannenbad	ca. 700 g/h
<u>Dusche</u>	<u>ca. 2600 g/h</u>

Küche

Kochen- und Arbeitsvorgänge	600-1500 g/h
<u>Geschirrspülmaschine beim Öffnen</u>	<u>1000-1500 g/h</u>
Springbrunnen	ca. 500 g/Tag

Was die Feuchtigkeitsentwicklung in der Wohnung anbelangt, so gibt es unterschiedliche Annahmen. Für einen durchschnittlichen Haushalt (3 Personen) stellt sich die Situation wie folgt dar:

- Feuchteentwicklung 330g/h bzw. 7,92 kg/d gemäß Quelle 4
- Feuchteentwicklung 0,47 kg/h bzw. 11,37 kg/d gemäß Quelle 19 (2,7 Personen, 10 Topfpflanzen, 10-minütiges Duschen jedes Bewohners)
- Feuchteentwicklung 0,5kg/h bzw. 12kg/d gemäß Quelle 16 (2 Erwachsene, 1 Kind)

Für die vorliegenden Simulationen wurde versucht, auf die spezielle Situation Musikerhaushalt einzugehen. Ein Teil der Daten wurde im Selbstversuch noch etwas präzisiert.

8.2.1. Personen/ Anwesenheit

Für 2 Wohnungen: Top 18 mit 109 m² und Top 19 mit 76 m² wurden je 2 verschiedene Belegungen konstruiert.

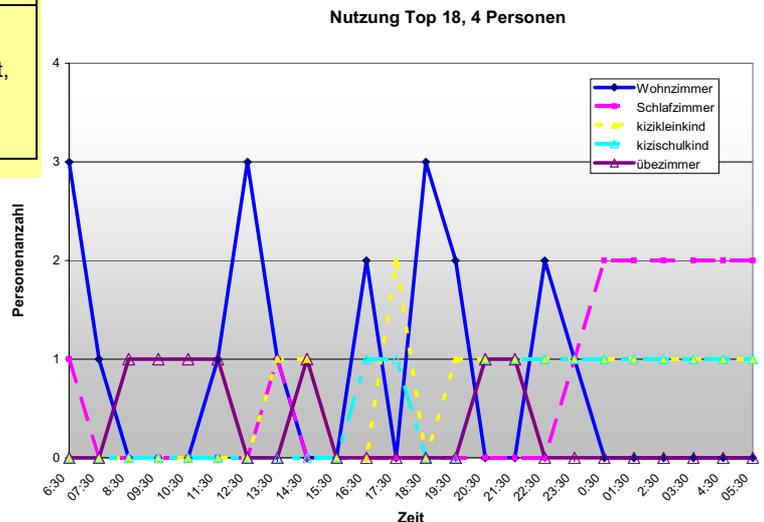
Die Anwesenheitszeiten der Personen basieren auf Angaben der Musiker aus Gesprächen und dem Workshop. Die Belegung mit Personen wurde in allen Fällen stunden- und raumweise speziell für einen Musikerhaushalt erstellt.

Gegenüber Normalhaushalten kann von einer etwas erhöhten Anwesenheit ausgegangen werden, im Fall 110 m², 4 Personen beträgt die Anwesenheit 71 %.

Nutzung Top 18/ 4 Personen Haushalt 109 m² Erwachsene, 2 Kinder

Frau, Pianistin, übt vormittags in externem Überaum, unterrichtet nachmittags auswärts
Mann, Geiger, freiberuflich, übt vormittags zu Hause, schläft, betreut Kind, übt nachmittags zu Hause, abends Konzert
1 Kindergartenkind
1 Schulkind

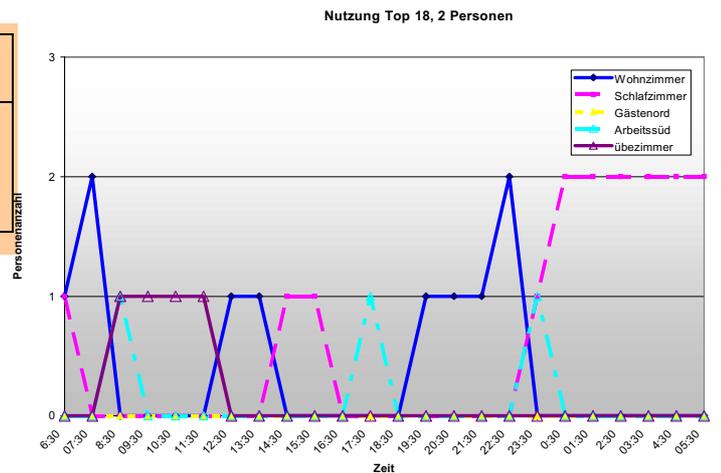
	h	pers.	
mögl. Gesamtstunden	24	4	96
Tats. Gesamtst.			68
Anwesenheit in %			71%



Nutzung Top 18/ 2Personen Haushalt 109 m²
2 Erwachsene

Frau ,Geigerin, übt vormittags in der Wohnung, unterrichtet nachmittags auswärts
Mann, Saxophonist, Orchestermusiker und freiberuflich, übt vormittags extern, schläft, nachmittags Besorgungen, zu Hause, abends Konzert

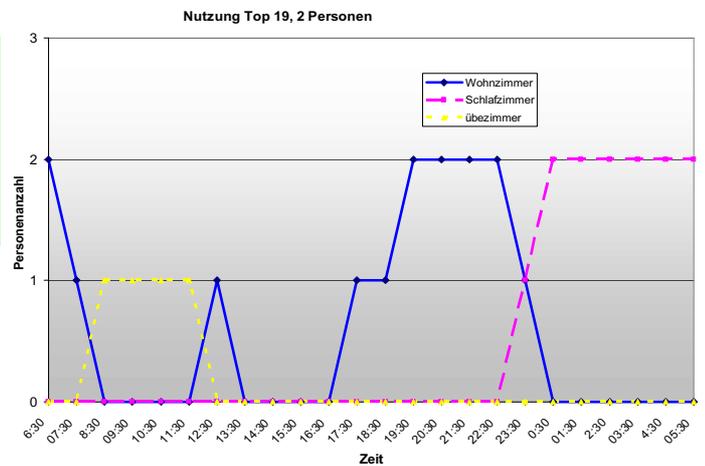
	h	pers.	
mögl. Gesamtstunden	24	2	48
Tats. Gesamtst.			33
Anwesenheit in %			69%



Nutzung Top 19 - 76 m²

2 Erwachsene
Frau, Oboistin, Lehrerin, übt vormittags in der Wohnung, unterrichtet nachmittags auswärts,
Mann, Angestellter, tagsüber nicht da

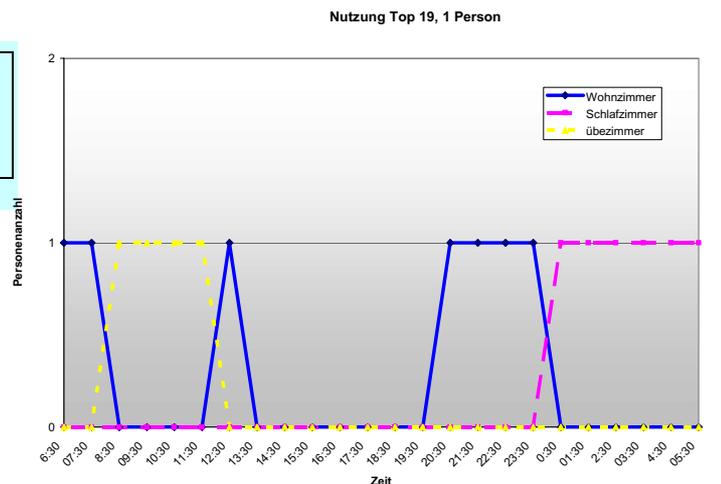
	h	pers.	
mögl. Gesamtstunden	24	2	48
Tats. Gesamtst.			32
Anwesenheit in %			67%



Nutzung Top 19 - 76 m²

1 Erwachsene
Frau, Flötistin, Lehrerin, übt vormittags in der Wohnung, unterrichtet nachmittags auswärts,

	h	pers.	
mögl. Gesamtstunden	24	1	24
Tats. Gesamtst.			17
Anwesenheit in %			71%



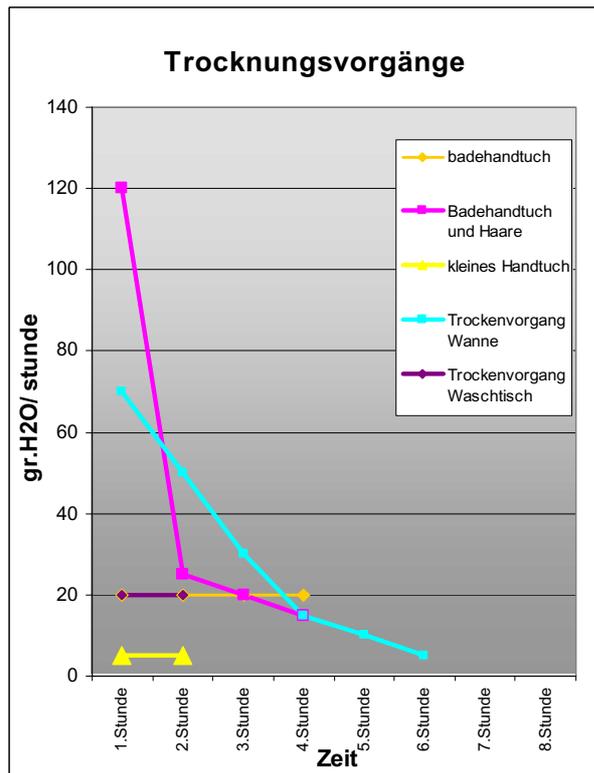
Für die Personen wird eine durchschnittliche Feuchtigkeitsabgabe von 40 gr./ h angenommen, die Person im Übezimmer wird mit einer Feuchteabgabe von 107 gr./ h – analog den externen Überäumen angenommen.

8.2.2. Küche

Diese Werte sind den größten Schwankungen ausgesetzt. In den Annahmen für die Simulationen schwanken sie zwischen 2600gr./d für 4 Personen und 1700 gr./d für einen 1 Personen Haushalt. Die genauere Aufteilung ist der Tabelle unter 8.2.6. zu entnehmen.

8.2.3. Bad, Dusche

Für Bad und Dusche wurden einige Selbstversuche durchgeführt. Die Werte für 10 min. duschen wurden aus der Literatur übernommen, die Werte für die verschiedenen Trockenvorgänge im Badezimmer wurden im Selbstversuch ermittelt.



im Bad

10 min. duschen	400	gr./Vorgang
Trockenvorgang des Badehandt.	80	gr./Vorgang
Trockenvorgang der Dusche/Wanne	180	gr./Vorgang
Trockenvorgang kleines Handtuch (Hände)	10	gr./Vorgang
Trockenvorgang Waschtisch n. Händewaschen	40	gr./Vorgang
Duschen inkl. Haarewaschen	600	gr./Vorgang
Trockenvorgang Handtuch und Haare	180	gr./Vorgang

Zu beachten ist, dass im Badzimmer nicht nur der Duschvorgang stattfindet, sondern auch der Körper, die Hände oder die Haare getrocknet werden und die Feuchtigkeit verzögert aus den Handtüchern wieder abgegeben wird. Dasselbe gilt für den Trockenvorgang der Badewanne und des Waschtisches.

8.2.4. Wäsche

die Werte wurden aus der Fachinformation PHI 2000/3 übernommen und im Versuch überprüft. Sie sind stark von den jeweiligen Schleudertouren abhängig. Hier wurde von 600 Touren ausgegangen. Bei höheren Schleudertouren sind niedrigere Werte zu erwarten. Die Anzahl der Waschvorgänge pro Woche wurde ebenfalls aus derselben Fachinformation übernommen.

8.2.5. Pflanzen

Für jeden Raum wurde eine mittlere Pflanze mit 15 gr./h angenommen, für den Überaum eine Cyperus Pflanze mit der unter 7.3.4. angegebenen Verdunstungsleistung – in den untenstehenden Tabelle wurde die mittelstehende Pflanze über das ganze Jahr angenommen, die Simulation bildet die Pflanze mit den jahreszeitlichen Schwankungen ab.

8.2.6. Zusammenstellung

Aus den vorab beschriebenen Daten und Datenquellen wurden für 2 Wohnungen und jeweils 2 Belegungen die Datensätze wie unten abgebildet zusammengestellt. Die Daten unterscheiden sich von Nichtmusikerfamilien dadurch, dass die Stunden im Überaum mit einer Feuchteabgabe der Person von 107 gr./h – analog den externen Überäumen angenommen wurden.

Top 18 4 Personen Haushalt			
Bad eines 4 Personenhaushaltes:			
		gr./h	
7h	1 Person wäscht Haare, trocknet	780,00	
7h30	1 P duscht, Wanne trocknet	660,00	
11h30	Händewaschen	50,00	
13h30	Händewaschen	50,00	
18h30	Händewaschen	50,00	
19h	1 Kind duscht, Handtuch trocknet	320,00	
19h30	1 Kind duscht, Wanne u. Handt. trockn.	660,00	
23h	Zähneputzen, Waschb. tr.	40,00	
		2.610,00	gr./d
Wäscheschrank			
4 Wäschen/ Woche=			
0,57 Wäschen/Tag		1.368,00	gr./d
Küche			
7h	Frühstück	400,00	
13h30	Mittags	1.000,00	
	Geschirrspüler	1.000,00	
19h30	abends	200,00	
		2.600,00	gr./d
Anwesenheit der Personen			
gr./h	Personenstunden/d		
61	40	2.440,00	
7	107	749,00	gr./d
		3.189,00	
Pflanzen			
1Pflanze pro Individualraum a 15 gr./h			
24	4	1.440,00	gr./d
1Pflanze im Überzimmer Cyperus ca. 28 gr./h			
24	28	672	
		2.112,00	
Gesamt		11.879,00	gr./d

Top 18 2 Personen Haushalt			
Bad eines 2 Personenhaushalts:			
		gr./h	
7h	1 Person wäscht Haare	780,00	
7h30	1 Person duscht	660,00	
13h30	Händewaschen	50,00	
18h30	Händewaschen	0,00	
23h	Zähneputzen, Waschb. tr.	40,00	
		1.530,00	gr./d
Wäscheschrank			
2 Wäschen/ Woche=			
0,29 Wäschen/Tag		696,00	gr./d
Küche			
7h	Frühstück	300,00	
13h30	Mittags	1.000,00	
	Geschirrspüler	1.000,00	
19h30	abends	100,00	
		2.400,00	gr./d
Anwesenheit der Personen			
	Personenstunden/d		
29	40	1.160,00	gr./d
4	107	428,00	
		1.588,00	
Pflanzen			
1Pflanze pro Individualraum a 15 gr./h			
24	4	1.440,00	gr./d
1Pflanze im Überzimmer Cyperus ca. 28 gr./h			
24	28	672	
		2.112,00	
Gesamt		8.326,00	gr./d

Top 19 2-Personenhaushalt			
Bad:			
		gr./h	
7h	1 Person wäscht j. 2. Tag Haare	630,00	780,00
7h30	1 Person duscht	660,00	
13h30	Händewaschen	50,00	
18h30	Händewaschen	50,00	
23h	Zähneputzen, Waschb. tr.	40,00	
		1.430,00	gr./d
Wäscheschrank			
2 Wäschen/ Woche=			
0,29 Wäschen/Tag		696,00	gr./d
Küche			
7h	Frühstück	300,00	
13h30	Mittags		
19h30	abends	800,00	
	Geschirrspüler	1.000,00	
		2.100,00	gr./d
Anwesenheit der Personen			
	Personenstunden/d	gr./h	
28	40	1.120,00	
4	107	428,00	gr./d
		1.548,00	
Pflanzen			
1Pflanze pro Individualraum a 15 gr./h			
24	2	720,00	gr./d
1Pflanze im Überzimmer Cyperus ca. 28 gr./h			
24	28	672,00	
		1.392,00	
Gesamt		7.166,00	gr./d

Top 19 1 Personen Haushalt			
Bad:			
		gr./h	
7h	1 Person wäscht j.4.Tag Haare	735,00	960
13h30	Händewaschen	50,00	
18h30	Händewaschen	50,00	
23h	Zähneputzen, Waschb. tr.	40,00	
		875,00	gr./d
Wäscheschrank			
1 Wäschen/ Woche=			
0,14 Wäschen/Tag		336,00	gr./d
Küche			
7h	Frühstück	100,00	
13h30	Mittags	800,00	
	Geschirrspüler	700,00	kleiner GSP.
19h30	abends	100,00	
		1.700,00	gr./d
anwesenheit der Personen			
	Personenstunden/d	gr./h	
13	40	520,00	gr./d
4	107	428	
		948,00	
Pflanzen			
1Pflanze pro Individualraum a 15 gr./h			
24	2	720,00	gr./d
1Pflanze im Überzimmer Cyperus ca. 28 gr./h			
24	28	672,00	
		1.392,00	
Gesamt		5.251,00	gr./d

8.3. Feuchtepufferung

Allgemeines

Die Frage der Feuchtepufferung spielt nach unserer Ansicht derzeit im Wohnbau eine zu Unrecht untergeordnete Rolle.

Um die Amplitude der rel. Luftfeuchtigkeit aufgrund der unregelmäßig anfallenden Feuchtelasten zu dämpfen, sind feuchtespeichernde Oberflächen sehr wichtig. Sie sind daher nicht nur im Winterfall bedeutsam sondern auch, oder vielleicht sogar in noch höherem Ausmaß im Sommerfall und in besonders belasteten Bereichen, wie dem Badezimmer, wo es auch zu deutlichen Überschreitungen der Komfortgrenzen kommen kann. Für diese Pufferung kommen nur Materialien und Flächen in Betracht, die in ausreichender Menge und Qualität in der Wohnung unverbaut zur Verfügung stehen.

Diese Anforderung können in erster Linie die Decken erfüllen, in zweiter Linie der unverbaute oder unverbaubare Bereich von Wänden.

Es hat sich in einer Mehrzahl von Untersuchungen (s. Literatur: Schnögass und Minke) herausgestellt, dass der üblicherweise verwendete Gipsputz in Hinblick auf die Aufnahmefähigkeit von Feuchtigkeit aus der Luft keine besonderen Qualitäten besitzt.

Bessere Adsorptions und Desorptionseigenschaften besitzen da Materialien wie massive Lehmwände, Lehmputz oder auch nicht versiegelte Holzoberflächen im Vergleich mit versiegelten.

8.3.1. Lehmputz und Gipsputz

Bei 15 mm dicken Baustoffproben, Raumtemperatur von 21° und einer Zunahme der Luftfeuchtigkeit von 50 auf 80% hat Lehmputz nach 12 h 55g/m² an Feuchte aufgenommen, Fichtenholz 48 g/m² und Gipsputz nur 25g/ m².

Lehmputz übertrifft den Gipsputz hier um mehr als das Doppelte. (-quelle: Minke). Massive Lehmsteine übertreffen diese Werte noch deutlich (135 g/m²)

Eine andere Untersuchung (Schnögass) kommt bei 20 ° einer Zunahme von 60% auf 90 % und einer Zeitdauer von 5h bei einer Baustoffprobendicke von ebenfalls 15 mm bei Lehmputz auf 25 g/m² nach einer Stunde, 31 g/m² nach 2 Stunden und 38g/m² nach 3 Stunden, bei Gipsputz jedoch nur auf 11,5g/m² nach 1h, 15 g/m² nach 2 Stunden und 22 g/m² nach 3 Stunden, auch hier wieder in etwa das Doppelte. Im Desorptionsverhalten liegt der Lehmputz noch wesentlich deutlicher vorneweg. Seine schnelle und vor allem konstante Feuchtigkeitsabgabefähigkeit liegt bei 20°, Reduktion von 90 auf 60% und einer Probendicke von 15 mm bei 30 g /m² nach einer Stunde und bei 68 g/m² nach 3 Stunden.

Als Beispiel kann hier nach dieser Untersuchung überschlägig angegeben werden, dass die bei einem Duschvorgang von 10 min. entstehende Wassermenge von ca. 400 gr. und einer freien Wand und Deckenfläche im Badezimmer von 6 m² die Hälfte dieser Wassermenge (ohne Luftaustausch) im Falle von Lehmputz nach 2 h absorbiert ist, während der Gipsputz für dieselbe Menge ca.7-8 h braucht.

Für die 2. Hälfte der Wassermenge würde der Lehmputz weitere Stunden benötigen während der Gipsputz dazu überhaupt nicht in der Lage wäre.

Dieses Beispiel zeigt zweierlei:

- die Grenzen der Wasseraufnahmefähigkeit von Putzen bei kleinen Flächen und hohen punktuellen Belastungen.
- wie kontraproduktiv die übliche raumhohe Verfließung im Badezimmer ist. Würde ein durchschnittlich kleines Badezimmer von 1.8m*2.4m nur in den notwendigen Bereichen verfließt, so blieben (Abzüglich Wannenbereich, Spritzbereich Waschtisch, Spiegelfläche und Türe) für Absorptionsflächen (Lehmputz) gut 15 m² Wand und Deckenfläche übrig. 400 gr. Wasser könnten hier von Lehmputz ohne jegliche Abluft in etwa 1 h absorbiert werden.

Besonders in kleinen Räumen mit hohen Feuchtelasten wie Badezimmern ist es empfehlenswert die Verfließung auf ein Minimum zu reduzieren und speicherfähige Wand und Deckenbauteile einzusetzen.

Dies ersetzt selbstverständlich nicht, dass die Feuchtigkeit vollständig und gezielt abgeführt werden muss, die Reduktion der Feuchtespitzen ist jedoch bemerkenswert.

8.3.2. Feuchtepuffer in den Wohnungen

- im derzeitigen Projektstand wird vom Einbau folgender Puffer in die Wohnungen ausgegangen.
- Lehmdecken und Wandputz an allen massiven Wand und Deckenbauteilen
- unveriegelte Holzböden in allen Bereichen außer dem Nassbereich

8.4. Feuchtebewahrung und -verteilung

Die in der Wohnung anfallende Feuchtigkeit wird im Normalfall möglichst am Entstehungsort nach außen abgeführt und steht somit zur Befeuchtung der gesamten Wohnungsluft nicht zur Verfügung.

Die 3 großen Faktoren sind hier:

- Kochen, Geschirrspüler
- Duschen
- Wäschetrocknen

Im vorliegenden Projekt soll versucht werden, die Lasten der unter 8.2 dargestellten inneren Feuchtequellen wenn dies zur Einhaltung einer Feuchtekomfortuntergrenze von 40% rel. Feuchte erforderlich ist, in der Wohnung zu bewahren.

Die einzelnen Aufenthaltsräume in Wohnungen sind mit internen Feuchtequellen sehr unterschiedlich ausgestattet. Während dem Wohnzimmer in den meisten Wohnungen die Küche als Feuchtequelle angelagert ist und sich auch zusätzlich hier die meisten Personen aufhalten, sind in allen anderen Zimmern wie Kinder oder Arbeitszimmern keine Feuchtequellen außer den Personen vorhanden.

Selbst die Pflanzen finden sich oft hauptsächlich in den Wohnräumen.

Es muss also bei der Feuchteverteilung darum gehen, die vorhanden Feuchtigkeit möglichst gleichmäßig auf die Aufenthaltsräume zu verteilen.

Aus den obigen Erhebungen kann grob abgeleitet werden, dass der Wohnraum im Normalfall (wenn die Küche mit ihm in Verbindung steht) durch diese, die erhöhte Anwesenheit von Personen und eine geeignete Luftmengenverteilung (siehe 8.5) genug Feuchtigkeit erhält.

Die inneren Feuchtequellen Bad und Wäsche fallen im Unterschied dazu nicht in Aufenthaltsräumen an.

Im vorliegenden Projekt werden diese verwendet um die Individualräume (Kinderzimmer, Arbeitszimmer, Schlafzimmer) zu versorgen.

8.4.1. Geschirrspülen, Kochen

Um die Feuchtigkeit aus der Küche für den Wohnraum wirksam nützen zu können, sollte in der Detailplanung darauf geachtet werden, dass die entstehende Feuchtigkeit mit der Raumluft vermischt wird, bevor diese abgesaugt wird.

Die Entwicklung von geeigneten Umluftdunstabzugshauben steht hier noch an. Für die heutigen Anforderungen an den Wohnkomfort müsste ein Umluftdunstabzug direkt über dem Herd Fette und Geruchsstoffe aus der abgesaugten Luft filtern, Feuchtigkeit mit der ausgeblasenen Luft wieder dem Raum zuführen.

Die Absaugung der Raumluft muss so positioniert werden, dass zumindest eine gewisse räumliche Entfernung der Absaugung vom Geschirrspüler und der Abwasch gegeben ist. Möglicherweise könnten abgehängte schwere Lehmspeicherplatten über Herd, Spüle und Abwasch hier von Vorteil sein. Untersuchungen darüber stehen aus.

8.4.2. Wäschetrocknen

Herkömmliche Wäschetrockner sind Energiefresser. Als Alternative dazu gibt es am Markt Wäschetrockenschränke, die normalerweise mit einem Ventilator und einer Luftnachwärmung ausgestattet sind. Für Passivhäuser wurden solche Schränke bereits in die Abluft eingebunden, und mit der Raumabwärme die Wäsche getrocknet (siehe. Fachinformation PHI 2000/3). Durch die Einbindung in die Abluft kommt die Feuchtigkeit den Räumen natürlich nicht zugute, weiters können Geruchsstoffe aus der Raumluft an der Wäsche abgelagert werden.

Im vorliegenden Projekt ist der Wäschetrockenschrank in die Zuluft eingebunden. Die gesamte Zuluft für die Individualräume (im Fall 110 m² Wohnung sind das 100 m³) wird über ihn geführt. Die übliche Problematik mit der verunreinigten Abluft und der ungenügenden Durchspülung des Schrankes ohne zusätzlichen Ventilator entfällt dadurch.

Durch die höhere Zuluftmenge/ h (als Abluftmenge im Bad) und die Tatsache, dass die Zuluft wesentlich trockener als die Badabluft ist, kann die Trocknungszeit im Vergleich zur Ablufttrocknung wesentlich verkürzt werden. Detaillierte Messergebnisse werden aus dem ausgeführten Projekt erwartet.

Auf diese Weise kann die gesamte Feuchtigkeit der Wäsche den Individualräumen zur Verfügung gestellt werden. Die Simulation hat ergeben, dass dies sogar im Sommer beibehalten werden kann. An Hand des Schleudergrades der Wäsche kann man die zugeführte Feuchtemenge sogar noch reguliert werden.

8.4.3. Bad als Feuchtequelle

Die Feuchtigkeit des Bades soll für die Räume genutzt werden können, es kann jedoch nicht einfach die Zuluft durch das Bad geführt werden, da eine weiterführende Luftverteilung in die Zimmer bedingen würde, dass das Bad in direkter räumlicher Verbindung zu den Zimmern steht und keine Verbindung mit einem Gang hat.

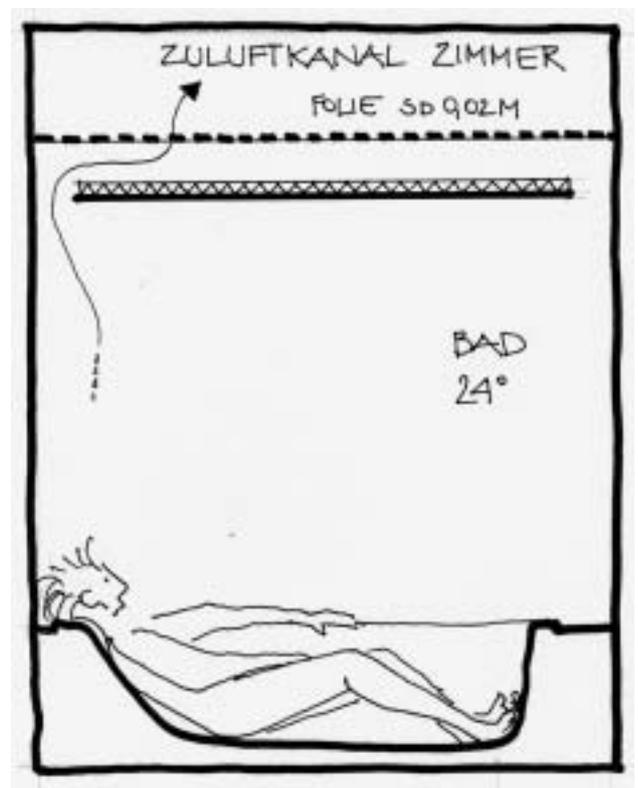
Es sollte also eine Möglichkeit geschaffen werden, die Feuchtigkeit in die Zuluft zu übernehmen und trotzdem die Zuluft von der Luft im Bad zu trennen.

Hierfür wird im Bad eine dichte Zwischendecke geschaffen. Die gesamte Zuluft für die Individualräume (im Fall 110 m² Wohnung sind das 100 m³) wird vor dem Wäscheschrank über den Hohlraum oberhalb der Zwischendecke im Bad geführt.

Diese Zwischendecke wird durch eine 4 m² große permeable Folie gebildet, wie sie üblicherweise als Winddichtungen eingesetzt werden. Diese Folien sind luftdicht, hoch dampffoffen (sd 0,02 m) und wisch und wasserfest.

Über diese Folie kann die Feuchtigkeit im Bad zur Gänze in die Zuluft übernommen werden. Das System ist sogar insoweit selbstregulierend als das Dampfdruckgefälle zwischen Bad und Zuluftdecke die übertretende Feuchtemenge direkt beeinflusst.

Für den Sommerfall ist das Bad ebenso wie in konventionellen Lüftungsanlagen an die Abluft angebunden. Durch Öffnen eines einfachen Schiebegitters (welches keine erhöhten Anforderungen an die Dichtheit besitzt) kann das Bad konventionell als Abluftzone aktiviert werden.

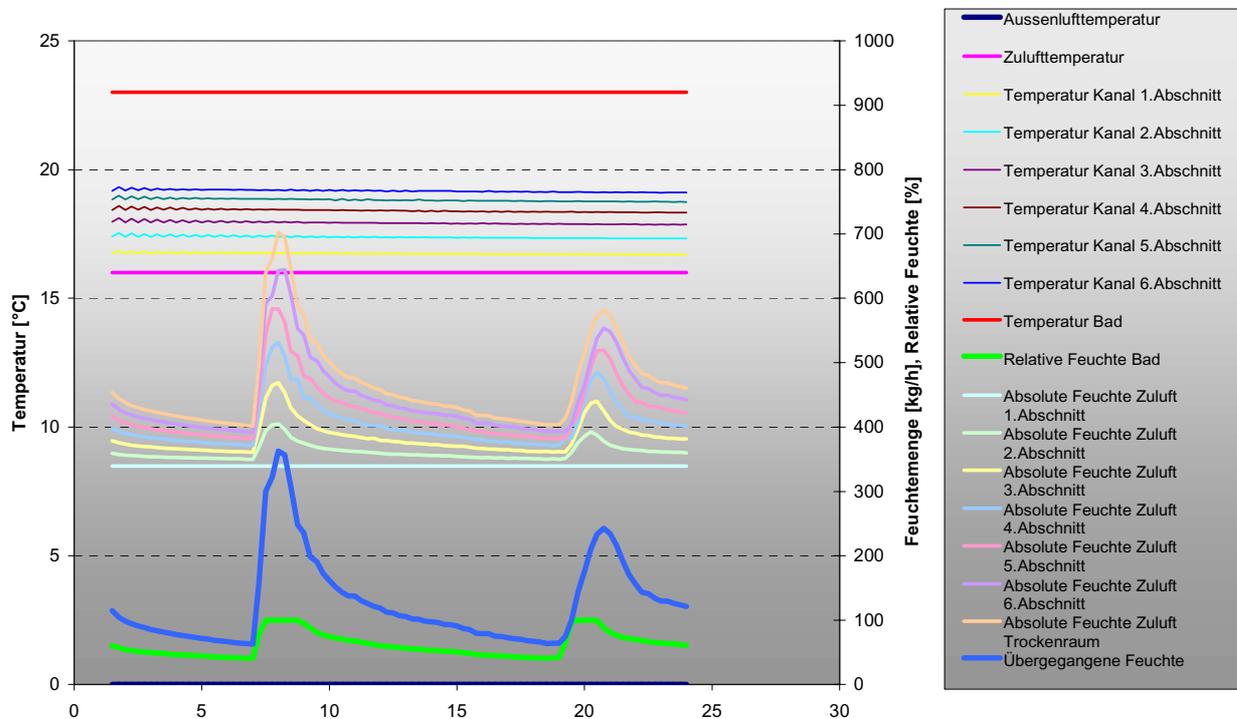


Schemaskizze Zuluft- Decke im Bad

Im speziellen Projektfall wird die allgemeine Zuluft nicht nachgewärmt. Sie hat lediglich die Temperatur, die sie nach Erdwärmetauscher und Lüftungswärmerückgewinnung angenommen hat. Daher ist es im Bad notwendig (wie in der Skizze dargestellt) in ca. 15 cm Entfernung unter die Folie eine weitere Schicht mit oberliegender Wärmedämmung zu hängen, die eine zu kühle Abstrahlung von der Decke verhindert. Diese Schicht verhindert weiters die mechanische Beschädigung der Folie. Sie muss an den Rändern genügend weit von der Wand abgesetzt sein, um einen ungehinderten Luftaustausch bis zur Folie zu ermöglichen. Der Menge der übertretenden Feuchtigkeit (Massestrom) wurde aus dem Dampfdruckgefälle stationär berechnet. Danach wurde die Größe der Folie dimensioniert. Um die unterschiedlichen Bedingungen am Beginn und am Ende des Kanals abzubilden, wurde der Luftweg über der Baddecke in 6 Abschnitte unterteilt.

Berechnung des Massestroms		Berechnung Sättigungsdampfdruck			
		a	b	n	
sd folie	0,02 m		288,68	1,098	8,02
sdbetai	0,006227273 m				
sdbetaa	0,001087302 m				
sd gesamt	0,027314574 m				
Diffusionsleitkoeffizient		0,000000697 kg/(mhPa)	10°C		
	Temperatur	Feuchte	Sättigungsdampfdruck	Dampfdruck	
	°C	%	Pa	Pa	
psbad	23	70	2808,440701	1965,908491 Pa	
pskanal	16	25	1819,095244	454,7738109 Pa	
Massenstrom/m²		0,03856 kg/h/m²	kg/(mhPa)*Pa/m		

Badkanal, detaillierte Modellierung, konstante Zuluftbedingungen



8.5. Luftmengenverteilung

8.5.1. Allgemeines

Üblicherweise wird für Passivhäuser ein Luftwechsel von 0,4 angestrebt. Das bedeutet bei einer Raumhöhe von 2,5 m (diese wird für die PHVPP Berechnung eingesetzt, unabhängig von der tatsächlichen Höhe) dass die Luftmenge in m^3 gleich der Nutzfläche ist.

Für eine 110 m^2 Wohnung und eine Belegung von 4 Personen bedeuten $110 \text{ m}^3/\text{h}$ in etwa die üblichen $30 \text{ m}^3/\text{Person}$ und Stunde, die für leichte sitzende Tätigkeit erforderlich sind.

Da die Personen sich aber im Tagesverlauf in unterschiedlichen Zimmern aufhalten und außerdem 110 m^3 Zuluft auf 5 Räume aufgeteilt werden müssen, ist man von der vorgesehenen Luftmenge pro Person oft weit entfernt.

Diese Tatsache wird noch dadurch verschärft, dass, - wie sich aus der Simulation ergeben hat- um die Feuchtigkeit an kalten Tagen über 40 % zu halten, die Luftmenge unter den vorab beschriebenen Annahmen während ca. 10 h von 100 % auf 50 % abgesenkt werden soll.

8.5.2. Übezimmer in der Wohnung

Speziell für den Fall einer Musikerwohnung ist noch gesondert zu beachten, dass den Musikern für die leisen Instrumente mit einer Sonderausstattung ermöglicht wird, in der Wohnung zu üben. Für den Überaum gelten dann dieselben Anforderungen wie an die externen Überäume: erhöhter Luftwechsel aufgrund erhöhter körperlicher Aktivität. Außerdem sollten die Konditionen im Übezimmer durch einen reduzierten Luftwechsel nicht schlechter werden, da hier jedenfalls die Türe während des Übens immer geschlossen bleiben muss.

8.5.3. genauere Betrachtung

Um zu einem differenzierteren Ergebnis zu gelangen, sollen zwei Aspekte besonders herausgearbeitet werden:

- grob vereinfacht kann festgestellt werden, dass sich die betrachteten 4 Personen im Wesentlichen entweder in ihrem Zimmer oder im Wohnraum aufhalten. Es ist daher durchaus sinnvoll, die zur Verfügung stehende Luftmenge größtenteils in die Zimmer einzubringen, die Luft zumindest aus einem Teil der Zimmer in den Wohnraum strömen zu lassen und dort wesentlich mehr Luftmenge abzusaugen als im Wohnraum direkt eingebracht wird. Wenn sich eine Person in ihrem Zimmer aufhält, kann auf diese Weise annähernd die vorgesehene Luftmenge von 30 m^3 zur Verfügung gestellt werden, wenn sie sich im Wohnraum aufhält, steht dort die aus dem Zimmer unverbraucht in den Wohnraum nachgeströmte Luft zur Verfügung.
- wesentlich scheint auch die Betrachtung des Elternschlafzimmers. Diesem Raum sollte aufgrund seiner Belegung mit 2 Personen während einer langen Periode, u. U. auch noch mit geschlossener Zimmertür unbedingt eine höhere Luftmenge zugeteilt werden. Der entscheidende Komfortgewinn einer Lüftungsanlage besteht ja genau in der konstant guten Luftqualität während des Schlafes.

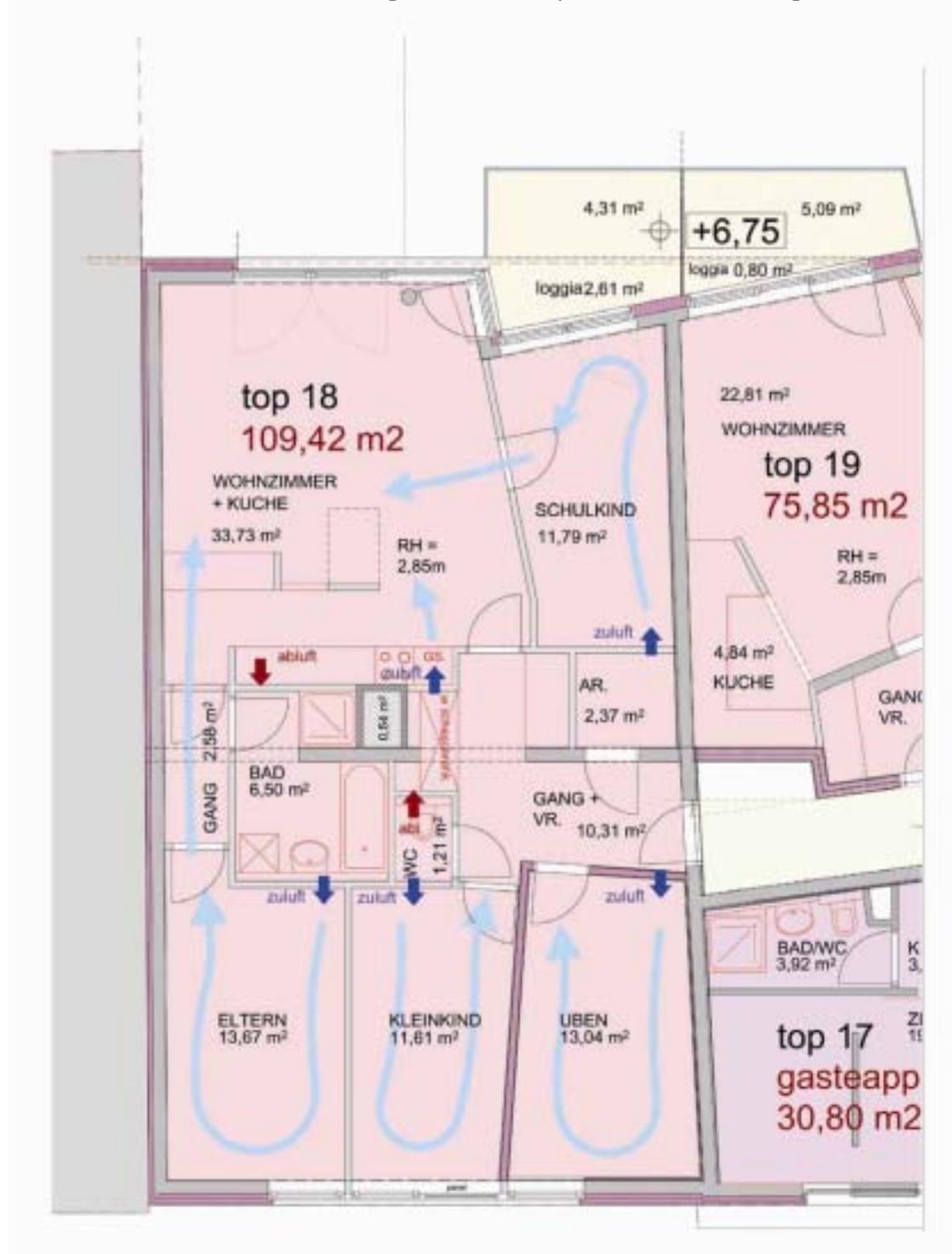
8.5.4. Schlussfolgerungen

Um auf die dargestellten Anforderungen zu reagieren, werden in der 110 m^2 Wohnung (5 Aufenthaltsräume) von 120 m^3 Gesamtluftmenge 100 m^3 in die Zimmer eingebracht und nur 20 m^3 in den Wohnraum. Es werden jedoch 60 m^3 aus dem Wohnraum (mit Küche) abgesaugt. Das Übezimmer wird mit einem Volumsstromregler ausgestattet, der hier konstant $30 \text{ m}^3/\text{h}$ garantiert. Da das wohnungsinterne Übezimmer in der Nacht kaum benutzt wird, kann mit einer Klappe und geregelt durch ein Tagesprogramm die Luftzufuhr in das Übezimmer während der Nacht unterbunden werden. Auf diese Weise können 100 m^3 Luft während der Nacht auf 3 Zimmer und 4 Personen mit $50 \text{ m}^3/25 \text{ m}^3/25 \text{ m}^3$ ideal verteilt werden.

Die Zeiten der Drosselung der Luftmenge die für die Erhaltung der Luftfeuchtigkeit erforderlich ist, können von den Nutzern mit einem einfachen Tages oder Wochenprogramm selbst eingestellt oder verändert werden.

8.6. Grundrissdisposition

Um eine Luftmengenverteilung wie vorab beschrieben sinnvoll zu ermöglichen, ist ein Grundriss erforderlich, bei dem ein Teil der Individualräume direkt oder über einen Zwischenflur mit dem Wohnraum verbunden sind. Im abgebildeten Beispiel ist die Luftführung mit Pfeilen dargestellt.



8.7. Modellierung und Annahmen

Die allgemeinen Modellierungen und Annahmen sind unter Kapitel 7.7 dargestellt.

Dort sind die Annahmen zu

Modellierung Feuchteprozesse

Wetterdaten

Zonierung, Bauteilflächen

Nutzung

Bauteilaufbauten

Sonnenschutz

Infiltration

genauer dargestellt

8.7.1. Innere Wärmen, Feuchte

Prozess	Annahmen
Wärmeabgabe Musiker	113 W sensible Wärmeabgabe (45.5W über Strahlung, 67.8 über Konvektion) und 107g/h Wasserdampfabgabe angenommen [Fanger 1994]
Bewohner	100 W sensible Wärmeabgabe (50W über Strahlung, 50 über Konvektion) und 45g/h Wasserdampfabgabe, für die Kinder die Hälfte
Licht	Wohnung: Wohnen und Überaum 100W, Kinderzimmer 60W der Betriebszeit dann eingeschaltet, wenn die Globalstrahlung unter 100W/m ² sinkt und Personen im Raum anwesend sind.
Haushaltsgeräte	Es wurde ein Jahresverbrauch von 2000kWh Strom angesetzt (ca. 2.1W/m ²)

8.7.2. Lüftung und Heizung

Volumenstrom	
Wohnung	120m ³ /h, Absenkung auf 50% am Vormittag und Nachmittag
Solltemperatur	
Wohnung	21°C von 6-22Uhr, außerhalb absenken auf 18°C

8.7.2. Gebäudevarianten

Wohnung Top 18 Beschreibung

Ausführungsvariant e Zuluft wird feuchtemäßig an Badezimmer angekoppelt (diffusionsoffene Folie, in Heizsaison nicht entlüftet) und danach über Wäscheschrank in Aufenthaltsräume geführt (mit Ausnahme Wohnküche)

Konventionelle Variante Referenzvariante, konventionelle Luftführung: Bad und Wäscheschrank in Abluft

8.8. Ergebnisse Hygrothermisches Verhalten Wohnung

Die untersuchte Wohnung weist die folgenden Besonderheiten auf:

- Passivhausqualität
- Mittlere Lage in einem Geschosswohnbau, die Wohnung weist nur Außenoberflächen an der Südwest- und Nordostfassade auf.
- Großzügige Verglasungen gegen Südwest und verhältnismäßig auch gegen Nordost, d.h. die solaren Gewinne sind hoch.

Aus diesen Randbedingungen folgt, dass die Raumlufttemperaturen bereits zu Beginn des Frühlings verhältnismäßig hoch liegen. Damit die erforderlichen Mindest-Relativfeuchten dennoch erreicht werden, müssen die absoluten Feuchten höher liegen als bei Raumlufttemperaturen von 20°C.

8.8.1. Lüftungskonzept

Die Zuluffführung über Bad und Wäscheschrank mit den entsprechenden Feuchtequellen führt zu einer positiven Erhöhung der Raumluftfeuchte im Vergleich zu konventionell mechanisch belüfteten identischen Räumen. Dies zeigen die in der folgenden Tabelle dargestellten Histogramme

Jahresverteilung Luftfeuchte, 110 m ² , 4 Personen													
RELATIVE LUFTFEUCHTE Ausgangsvariante							RELATIVE LUFTFEUCHTE Konventionelle Vergleichsvariante						
Lufthe. 10 Stunden 50%, Feuchtequellen in Zuluff							LW 10 Stunden 50%						
	Aussenluftfeuchte	Relative Feuchte Wohnen/Küche	Relative Feuchte Schlafzimmer	Relative Feuchte Kleinkindzimmer	Relative Feuchte Schulkindzimmer	Relative Feuchte Überaum	Summen	Relative Feuchte Wohnen/Küche	Relative Feuchte Schlafzimmer	Relative Feuchte Kleinkindzimmer	Relative Feuchte Schulkindzimmer	Relative Feuchte Überaum	Summen
Min.	27.0	27.5	32.0	32.6	32.0	31.9		25.7	20.2	23.0	22.2	25.3	
Max.	100.0	70.5	64.8	65.3	65.8	67.6		68.3	63.5	64.9	65.2	67.5	
rF[%]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]		Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	
< 17.5	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0		0	81	0	1	0	
25	4	1	0	0	0	0		8	1069	533	516	20	
30	61	33	4	0	2	3	4.50%	297	2187	2073	1874	487	42.41%
35	129	208	902	444	349	24	1'970.00	2409	1390	1852	1828	1952	18'577.00
40	244	1265	2448	2294	1997	338		2296	1380	1351	1484	1931	
45	322	3744	2509	2936	2379	1895		1769	1165	1381	1738	1613	
50	393	2263	1752	1857	2678	3203		1077	962	865	830	1475	
55	460	714	905	950	1073	2249		584	432	479	319	853	
60	560	417	225	231	222	870	95.50%	268	86	190	143	324	57.59%
65	664	110	15	48	60	177	41'826.00	50	8	36	27	104	25'222.00
70	708	5	0	0	0	1		2	0	0	0	1	
75	796	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
80	837	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
85	967	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
90	1137	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
> 92.5	1478	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
		8760	8760	8760	8760	8760	43800	8760	8760	8760	8760	8760	43800

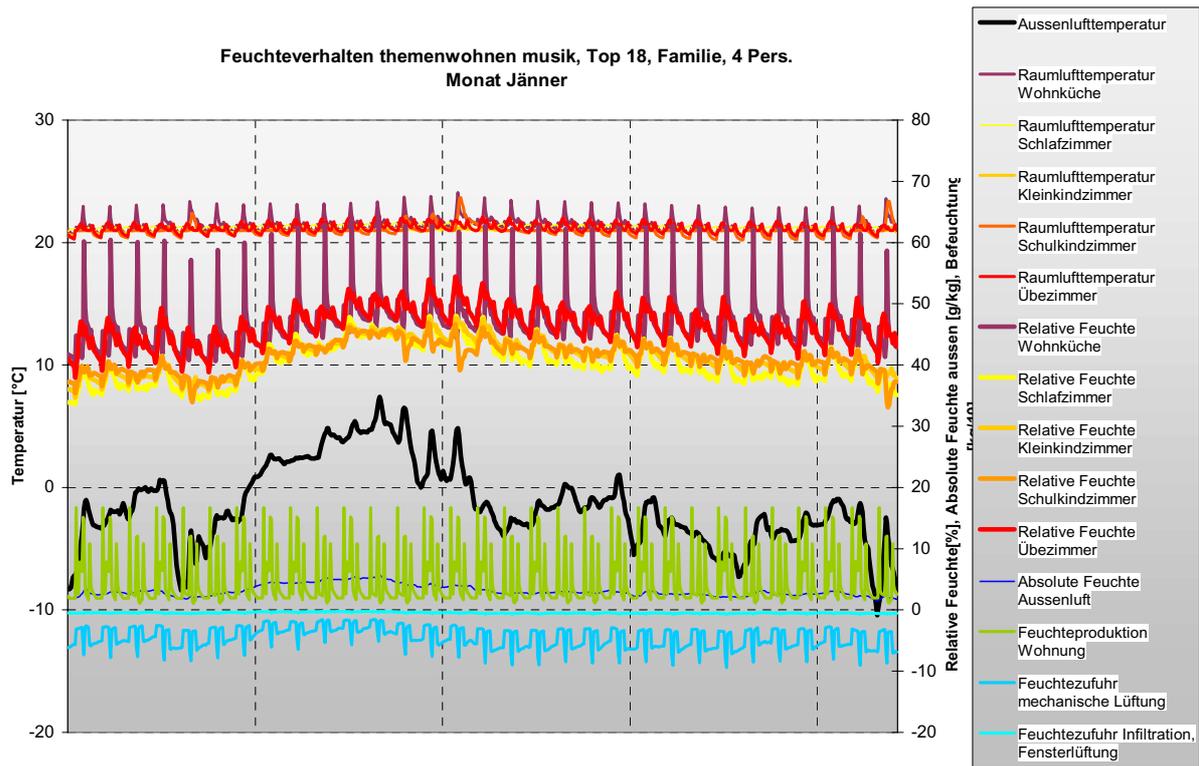
Durch die Nutzung der in Wäscheschrank und Bad produzierten Feuchte sinkt der prozentuelle Anteil der Stunden mit relativer Feuchte unter 37.5% von über 40% auf ca. 5% ab.

In der Ausführungsvariante treten Perioden unter 40% relative Feuchte nur mehr unter folgenden Bedingungen auf:

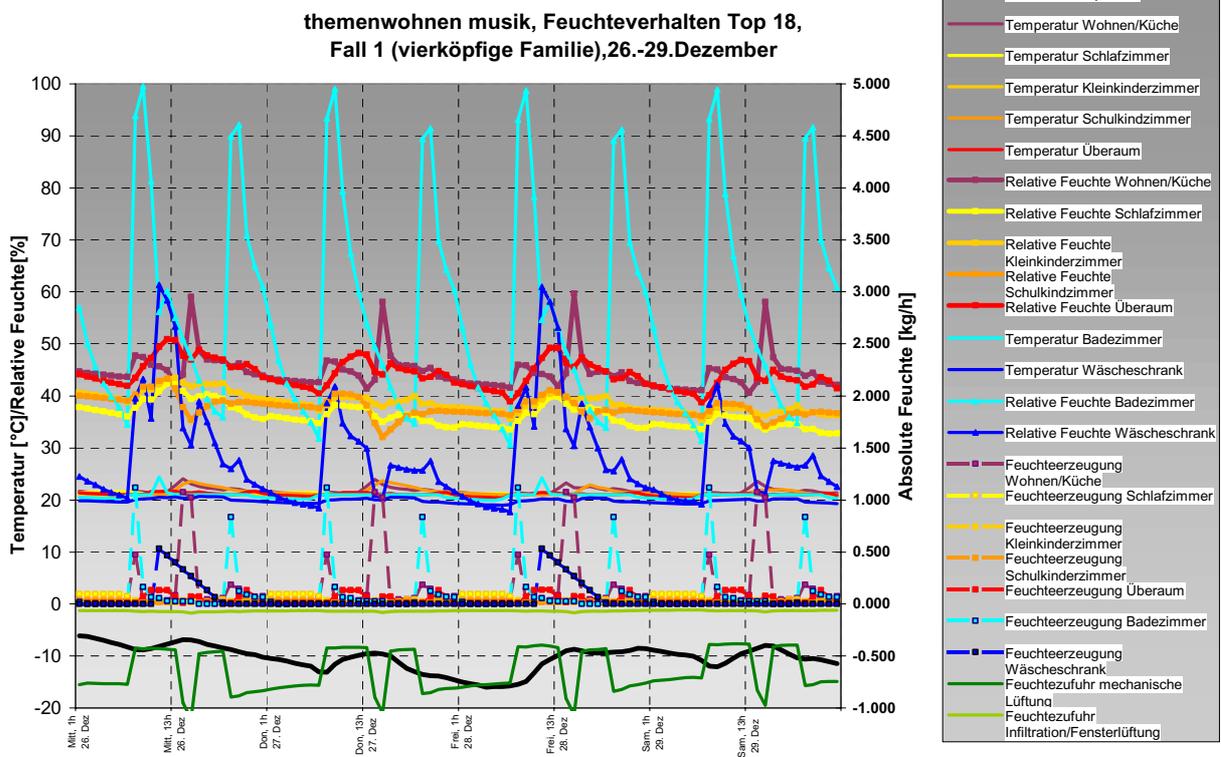
- sehr kalte Tage mit Außenlufttemperaturen unter -5°C mit absoluten Feuchten in der Außenluft unter 2g/kg Luft

im Frühjahr, wenn die absolute Luftfeuchte noch verhältnismäßig niedrig liegt, die Raumlufttemperaturen aber bereits über 24°C ansteigen. 2°C Temperaturunterschied verändert die relative Feuchte um ca. 5% (bei gleicher absoluter Feuchte).

In der kalten Periode im Dezember folgt die mittlere Raumluftfeuchte deutlich erkennbar der Außenlufttemperatur (siehe untenstehende Abbildungen). Die mechanische Lüftung wirkt stark entfeuchtend, innerhalb einer Stunde wird der Wohnung je nach Luftwechsel zwischen 500 und 1000g Wasser entzogen.

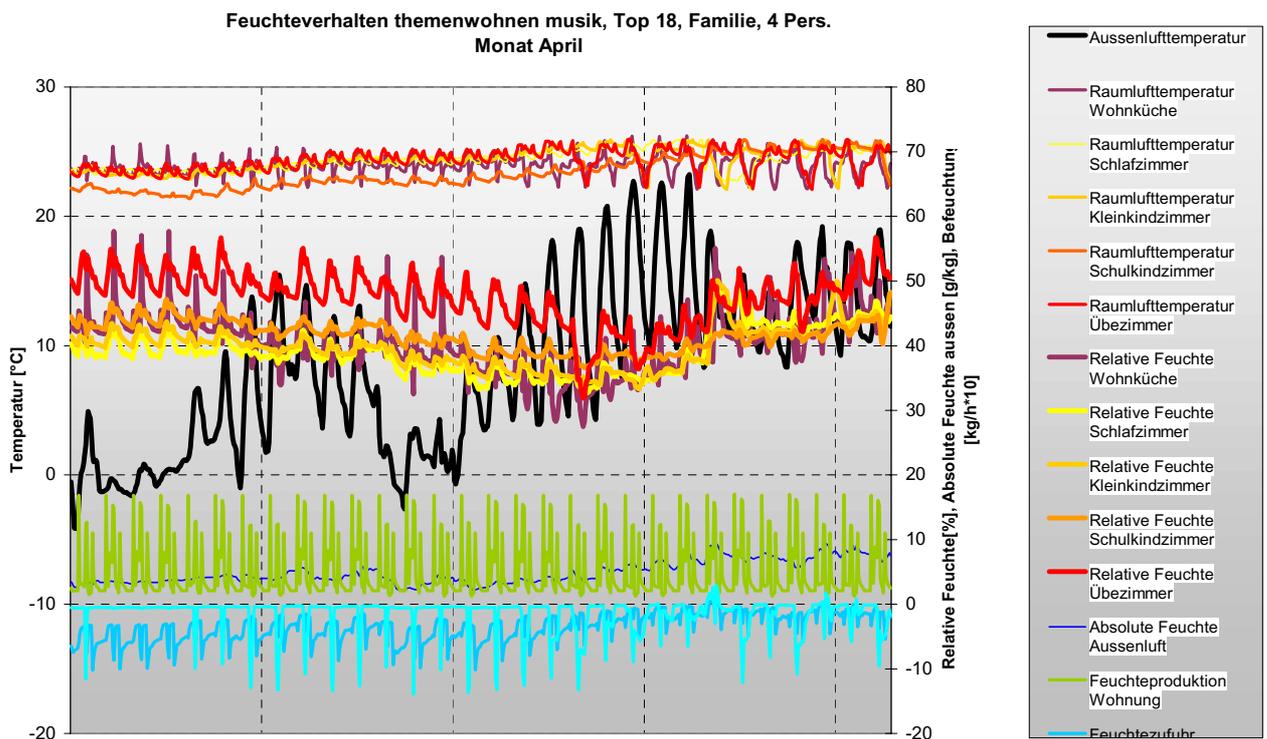


Diese Mengen können auch durch den bewahrenden Umgang mit der in der Wohnung entstehenden Feuchte nicht ausgeglichen werden. Wohnküche und Überaum weisen durch die verhältnismäßig höhere Feuchteproduktion leicht höhere relative Feuchten auf.



Neben den in der Ausgangsvariante vorgeschlagenen Maßnahmen könnte eine weitere Verbesserung erreicht werden durch

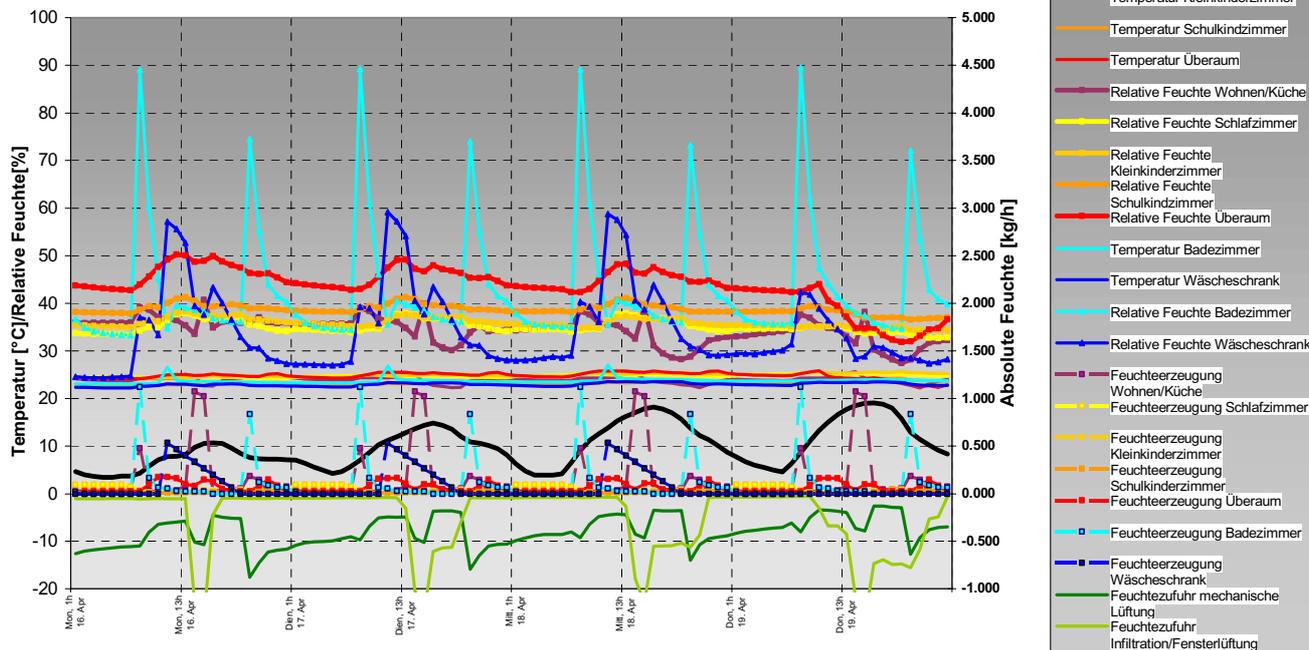
- eine weitere Reduktion des Luftwechsels, z.B. durchgehend auf 50% der Nennluftmenge: Dabei wird eine fast unzulässige Verminderung der Raumlufthqualität bewirkt.
- Erhöhung der Feuchteproduktion durch Aufstellen von deutlich mehr Pflanzen
- Absenkung der Raumlufthtemperatur auf 19-20°C, dadurch Erhöhung der Raumlufthfeuchte um ca. 5%. Bei Installierung eines Niedertemperatur-Strahlungsheizung könnte diese Maßnahme mit geringer Komforteinbuße erreicht werden.
- Eine Reduktion der Infiltrationsrate bringt vergleichsweise wenig, da durch die bereits sehr luftdichte Gebäudehülle die Entfeuchtungsleistung insgesamt nur ca. 70g/Stunde beträgt, d.h. ca. 10% derjenigen der mechanischen Lüftung.



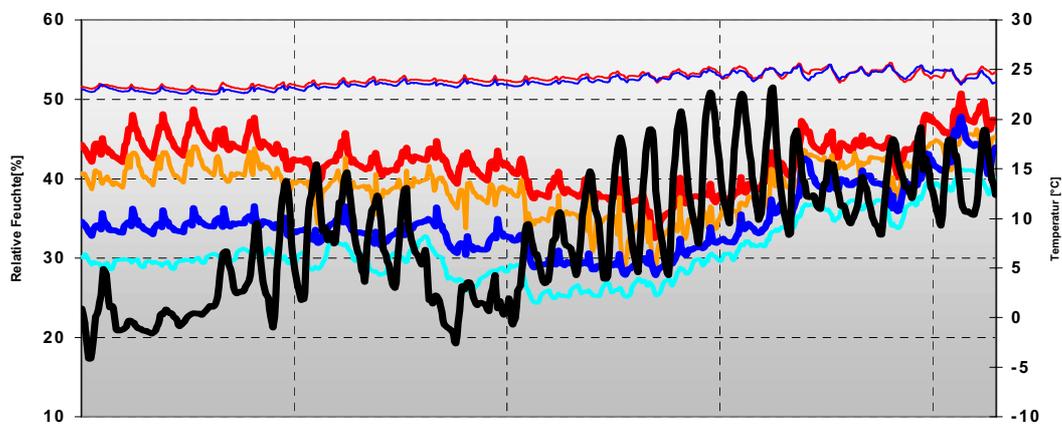
In der trocken-sonnigen Periode im April treten hohe Raumlufthtemperaturen auf, die über verstärkte Fensterlüftung abgelüftet werden müssen:

Dadurch wird die aus der Zuluft stammende Feuchte mit der über das Fenster eindringenden (trockenen) Luft vermischt und somit die Befeuchtung der Wohnung mittels innerer Feuchtequellen geschwächt. In den ersten beiden dargestellten Tagen muss nur die Wohnküche abgelüftet werden, am letzten Tag müssen auch die anderen Räume abgelüftet werden, dadurch sinkt die Raumlufthfeuchte deutlich ab. Wegen der hohen Speichermasse wird vergleichsweise lange gelüftet, bis Raumlufthtemperaturen von 22°C erreicht sind. In der Folge unterscheidet sich die relative Feuchte der Ausgangsvariante in dieser Periode nur mehr wenig von jener der konventioneller Lüftung (siehe untenstehende Abbildung).

themenwohnen musik, Feuchteverhalten Top 18,
Fall 1 (vierköpfige Familie), 16.-19. April



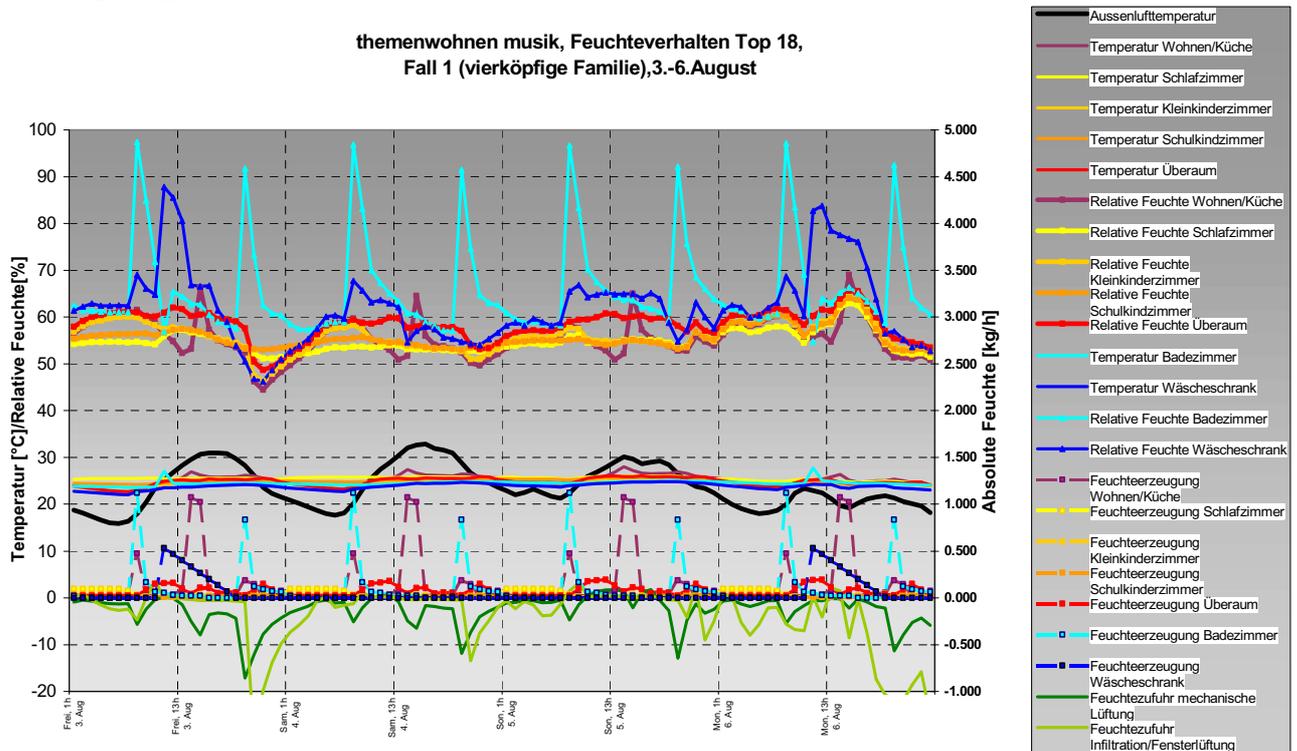
themenwohnen musik, Variantenvergleich Feuchteverhalten der Hauptaufenthaltsräume ,
Top 18, 4 Personen, April



- Mittlere relative Feuchte Ausführungsvariante Luftwechsel 10 Stunden 50%, Feuchtequellen in Zuluft
- Minimale relative Feuchte Ausführungsvariante
- Mittlere relative Feuchte Variante 2 konventionell Luftwechsel 10 Stunden 50%
- Minimale relative Feuchte Var2
- Aussenlufttemperatur
- Mittlere Temperatur Variante 1 Luftwechsel 10 Stunden 50%, Feuchtequellen in Zuluft
- Mittlere Temperatur Variante 2 Feuchtequellen in Zuluft; Luftwechsel 10 Stunden aus

Eine Verbesserung der Situation wäre durch die folgenden Maßnahmen denkbar:
weiter verbesserten Sonnenschutz :Dieser sollte möglichst lange geschlossen bleiben (also auch unterhalb der angenommen 100W/m² Direktstrahlung auf die Fassade)
Stoßlüften vor Beginn Feuchteproduktion in den Aufenthaltsräumen und bei möglichst hohen Temperaturdifferenzen zwischen außen und innen, d.h. am besten am Morgen. Dort werden die höchsten Luftwechsel erreicht bei sparsamen Umgang mit der erzeugten Feuchtigkeit.

Eine sehr heiße Periode im August mit Außenlufttemperaturen über 32°C ist in der folgenden Abbildung dargestellt.



Im Sommerhalbjahr werden im Gegensatz zum Winter 40m³/h Abluft bzw. bei Absenkung die Hälfte über das Bad abgeführt, um die Raumluft nicht zu stark mit Feuchtigkeit zu belasten.

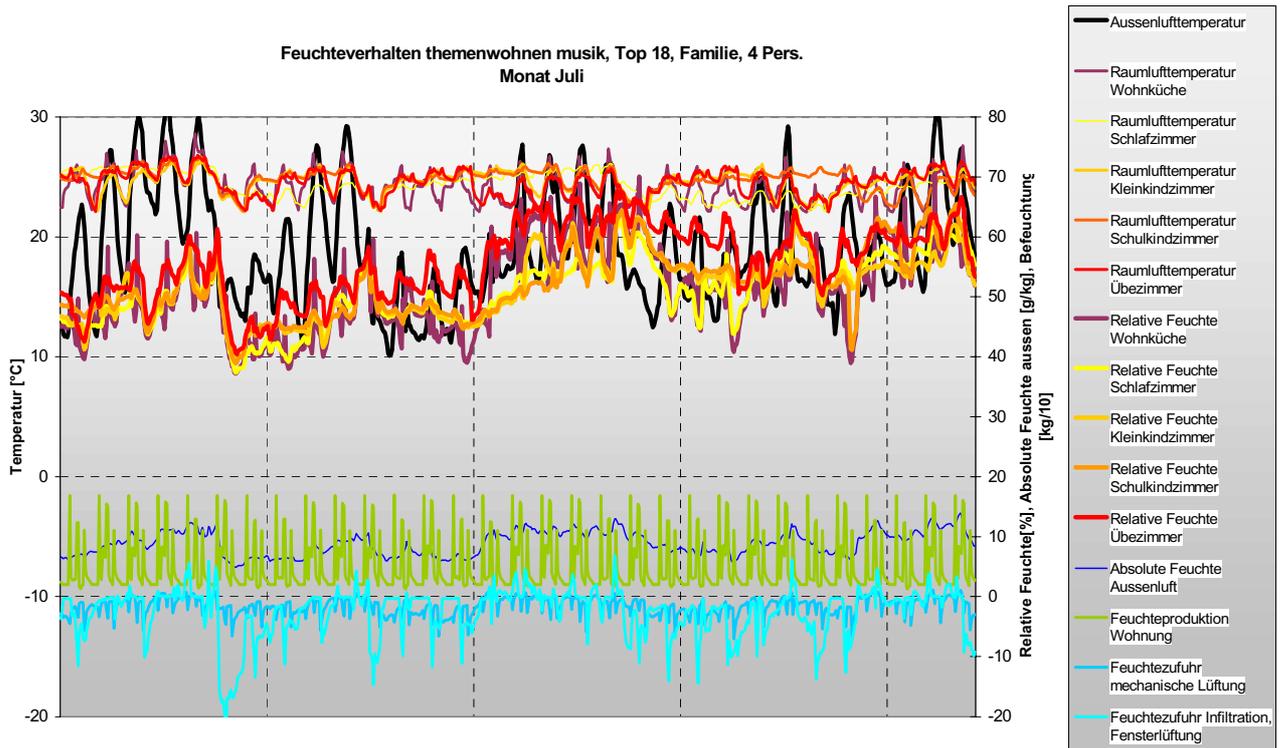
Der thermisch-hygrische Zustand stellt sich wie folgt dar:

Die Raumlufffeuchten liegen trotz hoher Außenluftfeuchten und Zuluft aus dem Wäscheschrank unter 60%

Die Raumlufftemperaturen liegen unter 26°C, mit Ausnahme der Wohnküche wegen deren vergleichsweise hohen inneren Lasten

Durch die (thermisch notwendige) nächtliche Fensterlüftung können die Zimmer zusätzlich entfeuchtet werden.

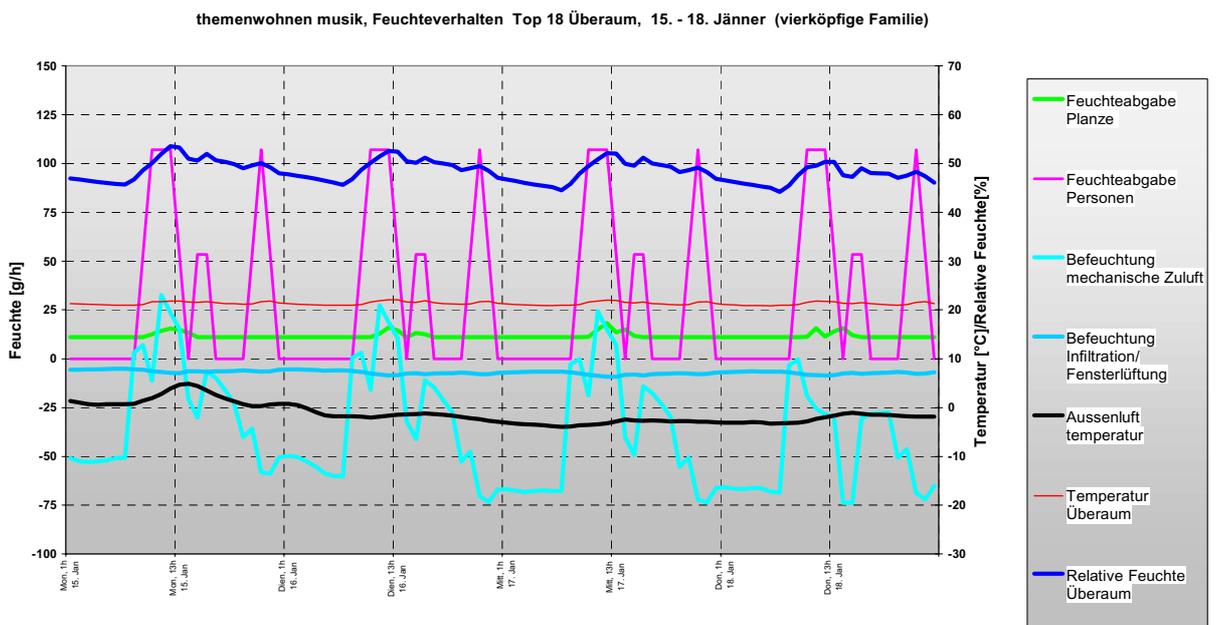
Ein Monatsüberblick wird in der folgenden Grafik gegeben:



Im Überzimmer sollten die Mindest-Raumluftfeuchten jedenfalls eingehalten werden, da in diesem Raum üblicherweise nicht nur geübt, sondern auch die Musikinstrumente aufbewahrt werden. In der folgenden Abbildung ist die Feuchtebilanz für eine besonders kalte Periode dargestellt.

Der thermisch-hygrische Zustand stellt sich wie folgt dar:

- Durch den hohen Aktivitätsgrad während des Musizierens gibt die Person verhältnismäßig hohe Feuchtemengen ab
- Deutlich sichtbar ist der reduzierte Entfeuchtungsgrad bei Reduzierung des Luftwechsels.
- Deutlich erkennbar wird auch die reduzierte Entfeuchtung durch die Zuluft, wenn Wäsche im Wäscheschrank zum Trocknen aufgehängt wird.



8.8.2. Änderung Luftführung

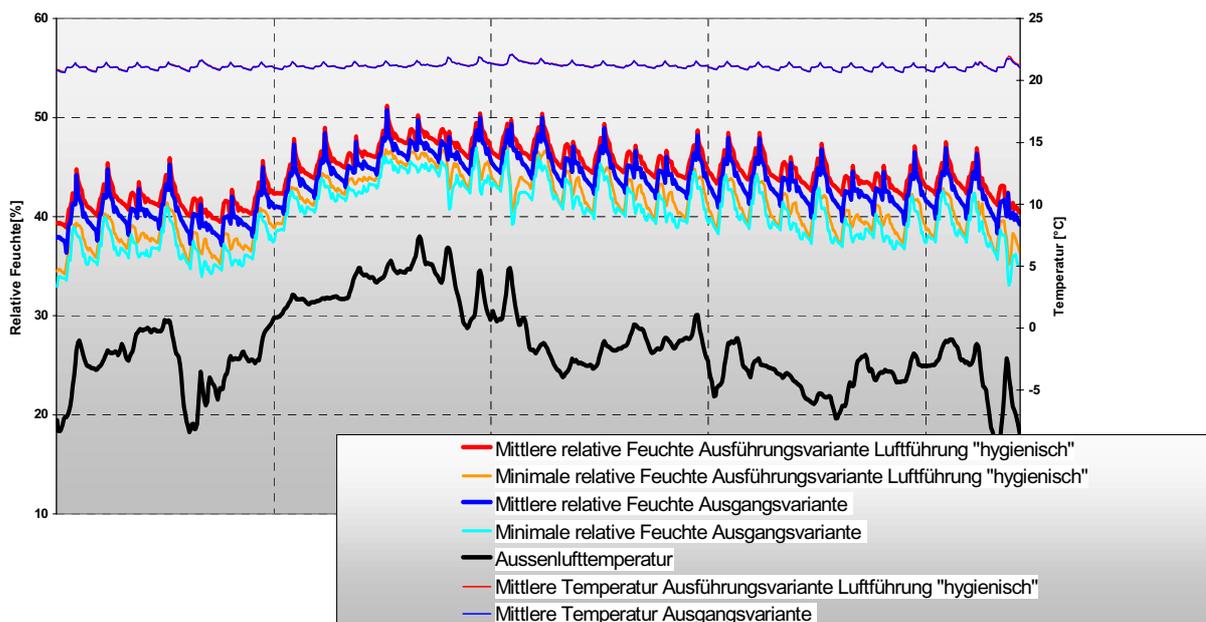
Die Nachteile der Ausgangsvariante (Luftqualität insbesondere im Überaum) sollen durch eine angepasstere Luftführung ausgeglichen werden (Ausführungsvariante). Diese Verbesserung muss allerdings mit einem höheren Regelungsaufwand erkaufte werden.

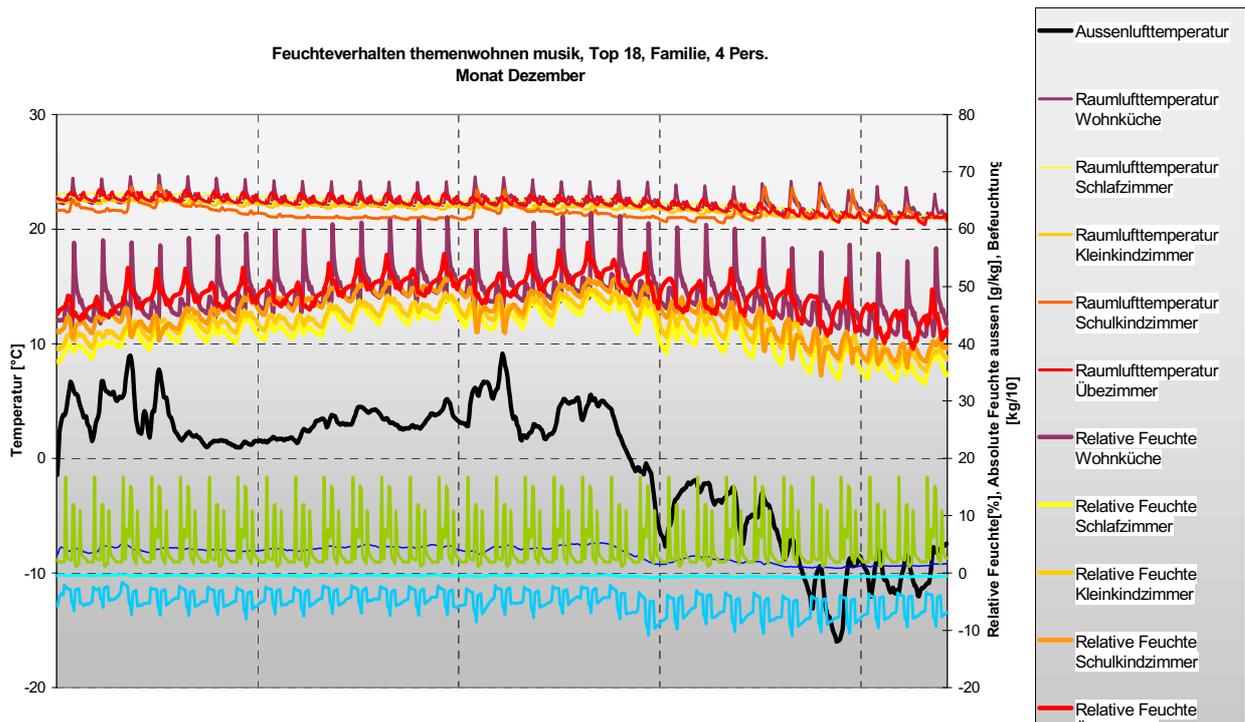
RELATIVE LUFTFEUCHTE							RELATIVE LUFTFEUCHTE						
Variante 2, geänderte Luftführung							Ausführungsvariante						
Luftwe. 10Stunden 50%, Feuchtequellen in Zuluft							LW 10 Stunden 50%						
	Aussenluftfeuchte	Relative Feuchte Wohnen/Küche	Relative Feuchte Schlafzimmer	Relative Feuchte Kleinkindzimmer	Relative Feuchte Schulkindzimmer	Relative Feuchte Überaum	Summen	Relative Feuchte Wohnen/Küche	Relative Feuchte Schlafzimmer	Relative Feuchte Kleinkindzimmer	Relative Feuchte Schulkindzimmer	Relative Feuchte Überaum	Summen
Min.	27.0	27.4	32.5	33.8	33.9	36.5		27.5	32.0	32.6	32.0	31.9	
Max.	100.0	69.4	64.6	65.3	65.9	69.0		70.5	64.8	65.3	65.8	67.6	
rF[%]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]		Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	
< 17.5	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
25	4	1	0	0	0	0		1	0	0	0	0	
30	61	36	1	0	0	0	3.05%	33	4	0	2	3	4.50%
35	129	213	711	257	115	3	1'337.00	208	902	444	349	24	1'970.00
40	244	1131	2810	2335	1789	148		1265	2448	2294	1997	338	
45	322	3759	2652	3007	3002	1495		3744	2509	2936	2379	1895	
50	393	2330	1523	1844	2735	3419		2263	1752	1857	2678	3203	
55	460	835	790	993	843	2384		714	905	950	1073	2249	
60	560	375	255	278	221	1072	96.95%	417	225	231	222	870	95.50%
65	664	77	18	46	55	230	42'453.00	110	15	48	60	177	41'826.00
70	708	3	0	0	0	9		5	0	0	0	1	
75	796	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
80	837	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
85	967	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
90	1137	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
> 92.5	1478	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
		8760	8760	8760	8760	8760	43800	8760	8760	8760	8760	8760	43800

Folgende Tabelle gibt einen Jahresüberblick anhand eines Histogrammes.

Das dynamische Verhalten der Ausführungsvariante im Vergleich zur Ausgangsvariante ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Detaillierte Ergebnisse über das gesamte Jahr sind im Anhang dargestellt.

themenwohnen musik, Variantenvergleich Feuchteverhalten der Hauptaufenthaltsräume ,
Top 18, 4 Personen, Jänner





Die Unterschiede in der relativen Feuchte sind gering, ein etwas verbessertes Feuchteverhalten zeigt sich insbesondere für den Überaum und für die Minima der durchschnittlichen Temperaturen. Der Anteil an Stunden unter 40% ist leicht reduziert. In der folgenden Tabelle ist das Feuchteverhalten im Monat Dezember dargestellt:

Neben der Erhöhung der Raumlufffeuchte liegt der Vorteil von Variante 2 in der Hebung der Luftqualität. Dem Überaum werden während der Nutzung $30\text{m}^3/\text{h}$ zugeführt. Da der Zuluftstrom in das Überzimmer außerhalb der Übestunden abgeschaltet wird, ist die relative Feuchte trotz erhöhten Luftwechsels in der Nutzungszeit sogar höher als in der Ausgangsvariante.

Es kann daher zusammengefasst werden,

- dass die Raumluffqualität in Variante 2 insbesondere für das Überzimmer deutlich erhöht wird;
- dass die Raumlufffeuchten leicht ansteigen, wiederum hauptsächlich für das Überzimmer;
- dass der Regelungsaufwand merklich höher liegt und daher in der Planung sorgfältig gegenüber der einfacher bedienbaren Ausgangsvariante abgewogen werden muss;

Da die Vorteile die Nachteile überwiegen, wird die Variante mit der „hygienschen“ Luftführung für die Ausführung empfohlen.

8.8.3. Belegung

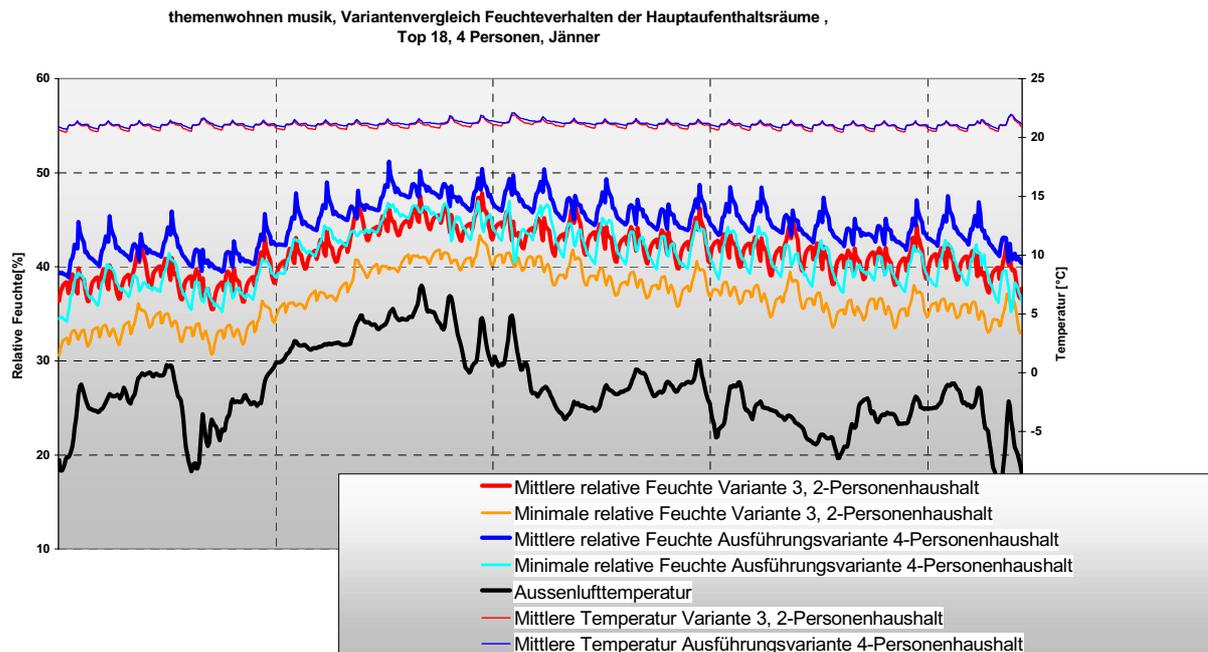
Die Belegung spielt aus den folgenden Gründen für die thermisch-hygrische Qualität eine zentrale Rolle:

- Die Feuchtelasten der Personen und ihrer feuchterelevanten Tätigkeiten wie Duschen, Kochen etc. bestimmen gerade für die feuchtekonservierende Luftführung in zentraler Weise den Feuchtehaushalt der Wohneinheit ,
- Der Bedarf an Frischluft hängt vor allem von der Belegung ab und spielt eine wesentliche Rolle für die Ent/Befeuchtung der Wohnung.

Für die Abschätzung dieses Einflusses wurde die vierköpfige Familie aus der Ausführungsvariante durch einen 2-Personenhaushalt ersetzt. Die Lüftungsführung entspricht der Ausführungsvariante, d.h. einem an hygienische Erfordernisse angepassten Luftwechsel mit entsprechend höherem Aufwand. Gemäß dem Nutzungsszenario wird weniger Wäsche gewaschen und seltener geduscht. Die Unterschiede sind im folgenden Jahresüberblick dargestellt.

Jahresverteilung Luftfeuchte, 110 m ² , Varianten Belegung													
RELATIVE LUFTFEUCHTE							RELATIVE LUFTFEUCHTE						
Variante 3, Belegung 2 Personen							Ausführungsvariante 4 Personen						
Luftwe. 10Stunden 50%, Feuchtequellen in Zuluft							LW 10 Stunden 50%						
	Aussenluftfeuchte	Relative Feuchte Wohnen/Küche	Relative Feuchte Schlafzimmer	Relative Feuchte Gästezimmer	Relative Feuchte Arbeitszimmer	Relative Feuchte Überaum	Summen	Relative Feuchte Wohnen/Küche	Relative Feuchte Schlafzimmer	Relative Feuchte Kleinkindzimmer	Relative Feuchte Schulkindzimmer	Relative Feuchte Überaum	Summen
Min.	27.0	28.0	29.5	30.5	32.4	28.6		27.4	32.5	33.8	33.9	36.5	
Max.	100.0	69.5	64.2	64.5	65.8	68.1		69.4	64.6	65.3	65.9	69.0	
rF[%]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]		Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	Std.[h]	
< 17.5	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
25	4	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	
30	61	26	98	71	1	56	7.92%	36	1	0	0	0	3.05%
35	129	191	1491	1054	17	465	3'470.00	213	711	257	115	3	1'337.00
40	244	806	2574	2017	784	1182		1131	2810	2335	1789	148	
45	322	3721	2225	2478	2872	1833		3759	2652	3007	3002	1495	
50	393	2701	1505	2412	3170	2423		2330	1523	1844	2735	3419	
55	460	850	650	621	1719	1986		835	790	993	843	2384	
60	560	385	201	99	166	643	92.08%	375	255	278	221	1072	96.95%
65	664	77	16	8	31	164	40'321.00	77	18	46	55	230	42'453.00
70	708	3	0	0	0	8		3	0	0	0	9	
75	796	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
80	837	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
85	967	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
90	1137	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
> 92.5	1478	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
		8760	8760	8760	8760	8760	43800	8760	8760	8760	8760	8760	43800

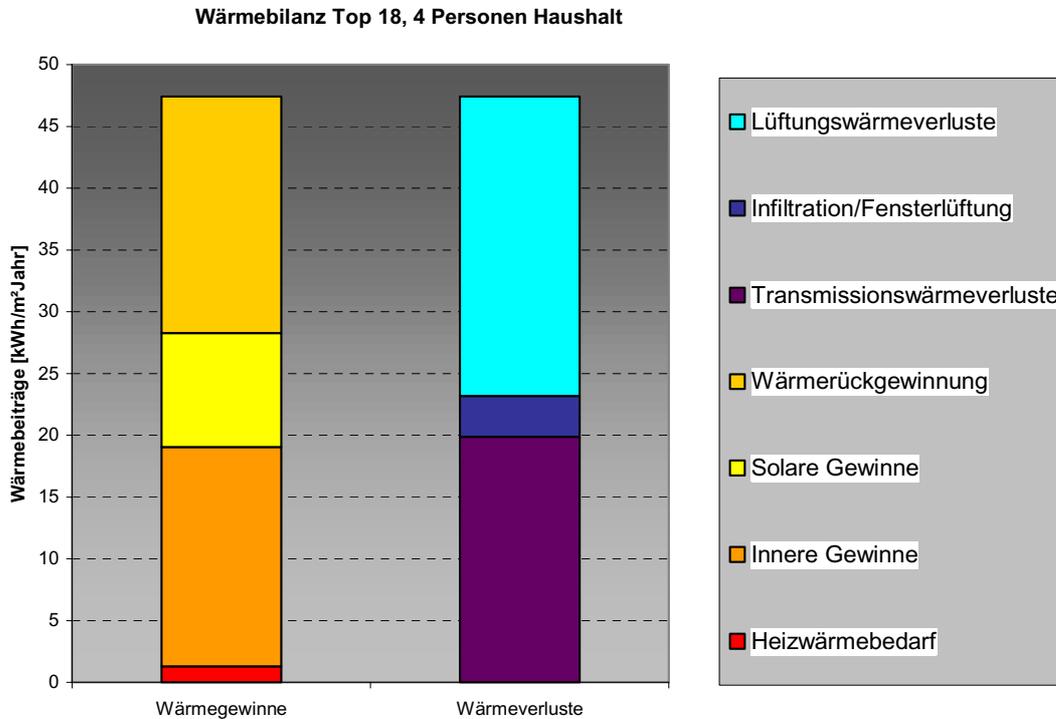
Das dynamische Verhalten im Jänner ist in der folgenden Grafik dargestellt.



- Das Feuchteverhalten der 2-Personen-Wohnung kann folgendermaßen charakterisiert werden:
- Die mittlere relative Feuchte sinkt in den Aufenthaltsräumen um ca. 3-5% gegenüber dem 4-Personenhaushalt ab.
 - Die geringsten Feuchten treten wie in der Ausgangsvariante im April in der Wohnküche auf (hohe Temperatur, Ablüften und damit Entfeuchten).
 - Ansonsten ist das ohne Belegung gerechnet Gästezimmer der Raum mit der geringsten Raumluftfeuchte. Dies ist für einen tatsächlich als Gästezimmer genutzten Raum auch realistisch
 - Die relative Feuchte im Überzimmer entspricht nicht den Anforderungen. Durch eine gezielte Tages- und Kunstlichtbeleuchtung der Pflanze könnte ein Ausgleich geschaffen werden (siehe Ergebnisse Pflanzenpuffer).

8.8.4. Heizwärmebedarf

Passivbauweise und ein sehr kompakter Baukörper bieten ideale Voraussetzungen für einen sehr geringen Heizwärmebedarf der Wohnung Top 18. Die Wärmebeiträge teilen sich wie folgt auf (Ausführungsvariante):



Jahreswärmebilanz Top 18

Arbeit					
<i>Monatssumme</i>	Heizwärmebedarf	Lüftungswärmeverluste	Innere Gewinne	Solare Gewinne	Transmissionswärmeverluste
<i>n</i>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
<i>Jan</i>	84	-99	298	93	-376
<i>Feb</i>	29	-88	255	166	-362
<i>Mar</i>	1	-94	277	161	-345
<i>Apr</i>	0	-244	262	280	-299
<i>Mai</i>	0	-470	265	339	-135
<i>Jun</i>	0	-499	255	350	-106
<i>Jul</i>	0	-490	266	334	-110
<i>Aug</i>	0	-468	269	292	-93
<i>Sep</i>	0	-348	265	238	-156
<i>Okt</i>	0	-171	283	126	-239
<i>Nov</i>	0	-126	280	90	-243
<i>Dez</i>	29	-104	296	101	-321
<i>Okt-März</i>	142	-925	1952	1017	-2185
<i>April-Sept</i>	0	-2274	1321	1553	-600
<i>Summe</i>	142	-3199	3272	2570	-2785

Arbeit spezifisch

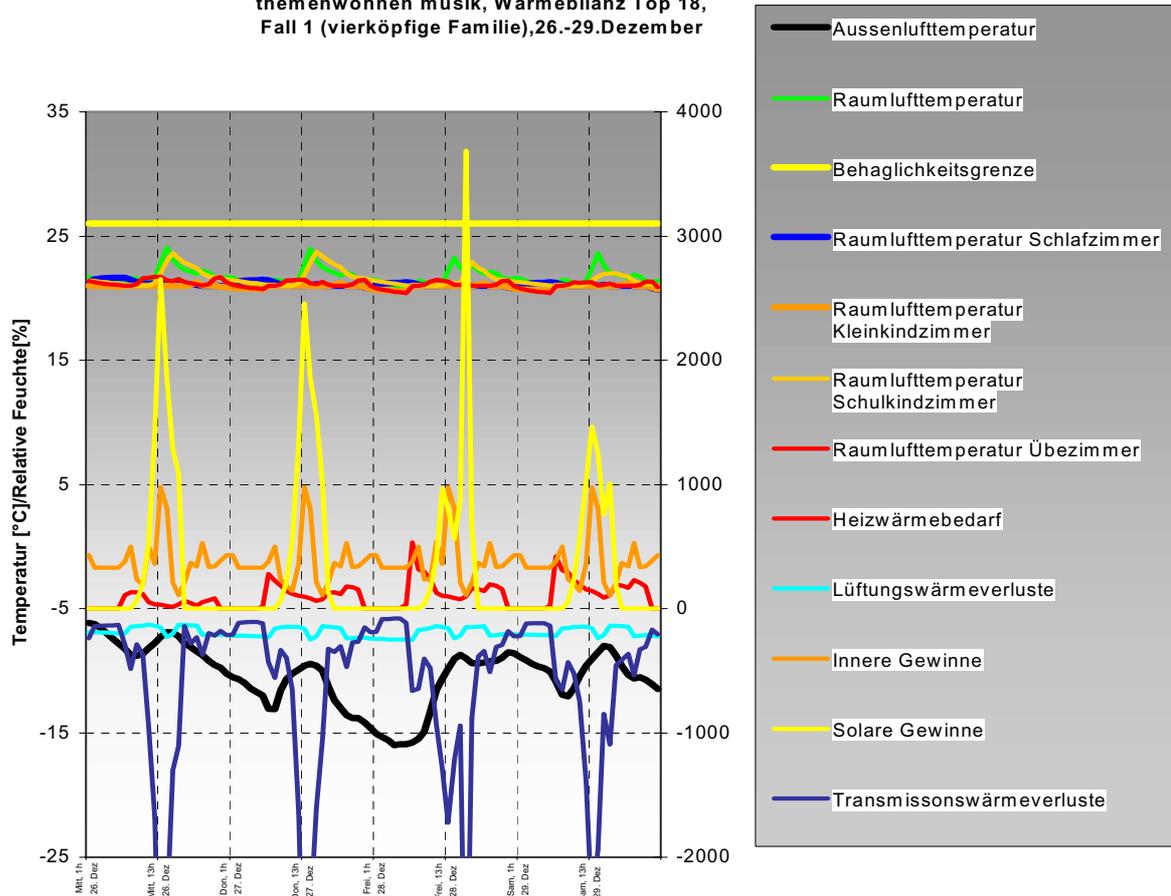
	Heizwärmebedarf	Lüftungswärmeverluste	Innere Gewinne	Solare Gewinne	Transmissionswärmeverluste
	kWh/m ² Jahr				
Heizsaison	1.3	-8.4	17.7	9.2	-19.9

Leistungen

	Heizwärmebedarf	Lüftungswärmeverluste	Innere Gewinne	Solare Gewinne	Transmissionswärmeverluste
	W	W	W	W	W
Max	887	545	1129	3688	2065
Min	0	-2605	111	0	-3748

Die Heizsaison dauert nur von Dezember bis Februar. Die (realistischen) inneren Gewinne sind allerdings gegenüber einem „Passivhaushalt“ verhältnismäßig hoch. Der sehr niedrige Heizwärmebedarf wird durch die dynamische Darstellung einer sehr kalten, sonnigen Winterperiode verständlich:

themenwohnen musik, Wärmebilanz Top 18, Fall 1 (vierköpfige Familie), 26.-29. Dezember

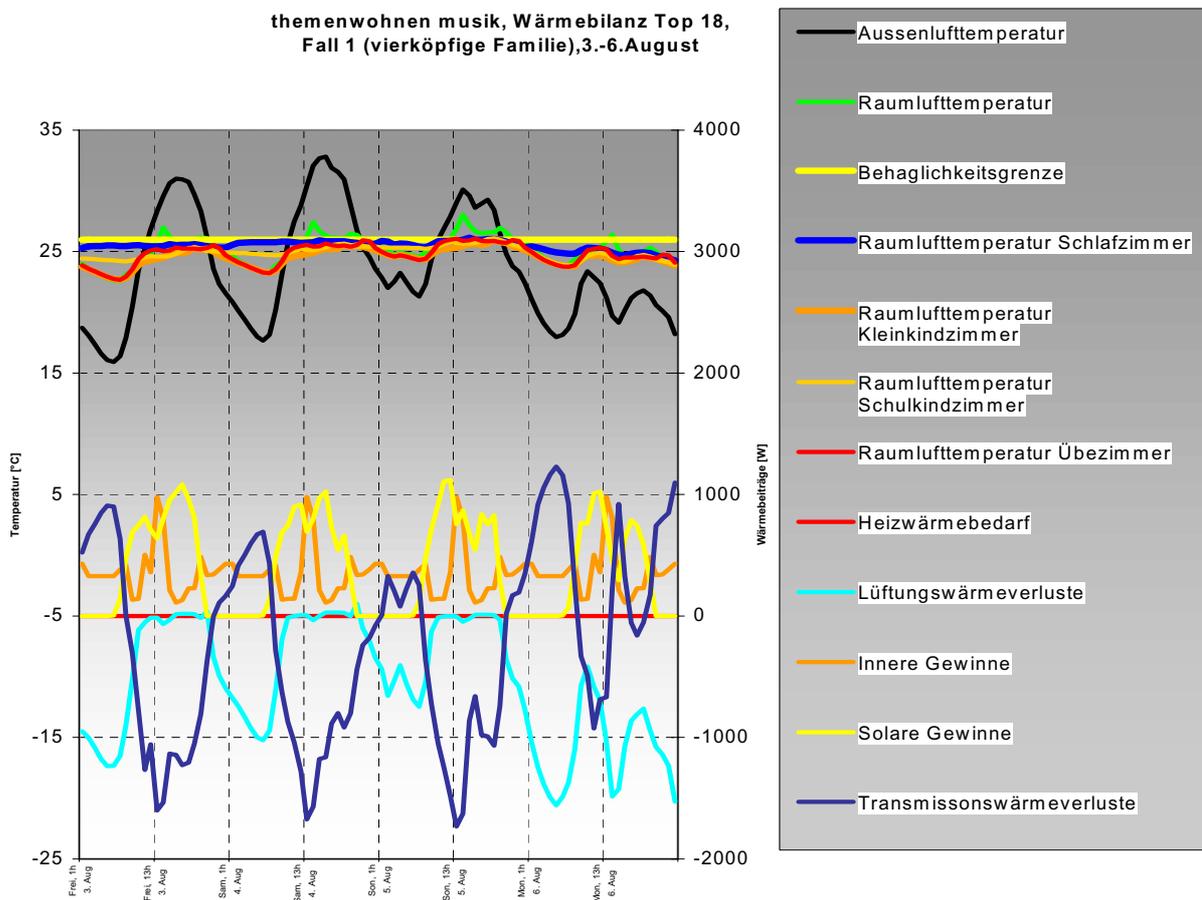


- Durch die hohen solaren und inneren Gewinne fallen Heizlasten für die südwärts gelegenen Räume nur am frühen Morgen an.
- Durch die massive Bauweise kann ein beträchtlicher Teil der gewonnenen solaren Energie in den Bauteilen gespeichert werden (angegebene „Transmissionswärmeverluste“), die Raumlufttemperaturen steigen nicht so weit an, dass abgelüftet werden muss.
- Auch in den Nachtstunden sinken die Raumlufttemperaturen durch die hervorragende Gebäudehülle und die in den Bauteilen gespeicherte Überschussenergie aus dem Tagesverlauf nur in geringem Ausmaß ab, Beheizung ist trotz eisiger Außentemperaturen nicht notwendig.

8.8.5. Sommerverhalten

Das thermische Verhalten von Top 18 bei Belegung mit 4 Personen wird in einer heißen Sommerwoche unter den spezifischen Voraussetzungen (große Fensterflächen, verhältnismäßig dichte Belegung, allerdings auch hohe Speichermassen, Querlüftungsmöglichkeit) untersucht (Ausführungsvariante).

Die folgende Abbildung zeigt die Raumlufttemperaturen der Ausführungsvariante mit der gesamten Wärmebilanz im Detail, einen Jahresüberblick über die Häufigkeit des Auftretens bestimmter Temperaturen für die Ausführungsvariante kann man in den Histogrammen der Raumlufttemperaturen gewinnen.



- Die Behaglichkeitsgrenztemperatur von 26°C wird nur in der Wohnküche in geringem Ausmaß überschritten. Verantwortlich dafür ist die geringe Ablüftungsmöglichkeit in der Nacht, da die Außenlufttemperaturen in der wärmsten Nacht über 20°C liegen und somit die Nachtkühlung nur maximal 500W Kühlleistung erbringt.
- Trotz des effizienten außenliegenden Sonnenschutzes überwiegen die solaren Gewinne die inneren Gewinne (von der Mittagszeit abgesehen). Das Schließen des Sonnenschutzes auch außerhalb der Zeiten mit Direkteinstrahlung könnte daher eine merkliche Reduzierung der Raumlufttemperaturspitzen bringen. Eine weitere Möglichkeit bestünde in Verbesserung des Sonnenschutzes (von g=20% auf beispielsweise g=12%)
- Im Schlafzimmer stellen sich auch über Nacht Temperaturen zwischen 25°C und 26°C ein, da erst in den späten Nachtstunden die Außenlufttemperatur unter der Raumlufttemperatur liegt und vergleichsweise hohe innere Lasten vorhanden sind. Für die Nachtzeit sind diese Temperaturen eher zu hoch. Abhilfe könnte auch hier die Verschattung über den gesamten Tag bieten (in den heißen Wochen im Sommer)
- Deutlich wird der große Einfluss der massiven Bauweise und deren Wärmepufferfähigkeit. Allerdings kann die am Tag aufgenommene Wärme in der sehr warmen Nacht nicht mehr ausreichend entladen werden, um die (geringe) Überschreitung der Behaglichkeitstemperatur von 26°C zu vermeiden
- Von Vorteil ist die Fixverschattung durch Balkonvorsprung im Schulkindzimmer, da dadurch auch die Diffusstrahlung über den gesamten Tagesverlauf abgeschattet wird. Dadurch wird das (südwestgelegene!) Schulkindzimmer zum Raum mit der geringsten Wahrscheinlichkeit von Stunden über 24°C. Ein außenliegender Sonnenschutz ist allerdings trotzdem unerlässlich.

Jahresverteilung Temperaturen, 110 m², 4 Personen						
Raumlufttemperaturen						
Ausführungsvariante						
Luftwe. 10Stunden 50%, Feuchtequellen in Zuluft						
	Aussenlufttemperatur	Temperatur Wohnen/Küche	Temperatur Schlafzimmer	Temperatur Kleinkindzimmer	Temperatur Schulkindzimmer	Temperatur Überaum
Min.	-16.0	20.5	20.7	20.6	20.2	20.4
Max.	32.8	28.6	26.4	26.4	26.8	26.7
T [°C]	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>	<i>Std.[h]</i>
<15.5	6210	0	0	0	0	0
16	360	0	0	0	0	0
17	321	0	0	0	0	0
18	303	0	0	0	0	0
19	244	0	0	0	0	0
20	217	0	0	0	58	10
21	200	610	1244	1387	1535	1141
22	203	1511	1118	1324	1619	1253
23	154	2037	1299	1113	1503	1364
24	109	2948	1720	1445	1563	1433
25	117	1080	2465	2966	2076	2898
26	86	457	914	525	402	657
27	78	107	0	0	4	4
28	50	9	0	0	0	0
29	42	1	0	0	0	0
>29.5	66	0	0	0	0	0
		8760	8760	8760	8760	8760

Grundsätzlich zeigt die Wohnung eine befriedigendes sommerliches Verhalten.

Es wird empfohlen,

- den außenliegenden Sonnenschutz gegenüber den in den Simulationen angenommenen zu verbessern (von $g=20\%$ auf $g<12\%$, möglichst heller Stoff);
- die Bewohner über die Wirkungsweise der natürlichen Lüftung aufzuklären.

8.8.6. Behaglichkeit im Winter

Die Einblastemperaturen in die Wohnräume sind sehr angenehm, da

- Erdreichwärmetauscher und hocheffizientes Lüftungsgerät die Temperaturen auf mindestens 16°C vorwärmen;
- eine weitere Aufheizung in der abgehängten Decke im Bad erfolgt.

Die für das Bad verhältnismäßig niedrigen Oberflächentemperaturen an der diffusionsoffenen Folie werden durch ein gedämmtes Panel abgeschirmt.

Empfehlenswert ist zudem die Installation einer Strahlungsheizung, insbesondere einer Wandflächenheizung.

8.8.7. Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Die untersuchte Wohnung kann mit der vorgeschlagenen Luftführung, Feuchtequellen Bad und Wäscheschrank in der Zuluft, und eine den hygienischen Erfordernissen angepaßten Luftmengenführung im Vergleich zu einer konventionellem konventionellen Passivhaus-Lüftungssystem hervorrangende Raumluftzustände erreichen.

Die Ergebnisse für Top18 können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Zuluftführung indirekt über das Bad und direkt über den Wäscheschrank bringen gegenüber einer konventionellen Luftführung eine erhebliche Anhebung der relativen Feuchte. Unbehagliche relative Feuchten unter 40% beschränken sich auf wenige Stunden im Jahr für den 4 Personenhaushalt.
- Als problematisch erweist sich neben den sehr kalten, trockenen Winterperioden die Zeit im Frühjahr: Die Raumlufttemperaturen sind bereits so hoch, dass über Fenster abgelüftet werden muss und daher die kontrollierte Zuluftführung über Feuchtequellen nicht mehr wirksam ist.
- Varianten in Luftmengen und dynamischer Regelung bringen leichte Vorteile für den Feuchtehaushalt und deutliche Verbesserungen in der Raumluftqualität insbesondere des Überaums. Diese sind allerdings mit einem erhöhten Aufwand (Herstellung, Betrieb) verbunden.
- Eine verringerte Belegung (2 Personen anstatt 4-köpfige Familie) führt zu einer deutlichen Absenkung der relativen Feuchte, sodass für diesen Fall im Besonderen für den Überaum zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden müssen (Pflanzen, Luftmenge etc.).
- Die niedrigeren Oberflächentemperaturen an der Baddecke sollten durch eine luftumspülte abgehängte Decke und eine Strahlungsheizung kompensiert werden.
- Der Heizwärmebedarf liegt für Top 18 bei nur $1.3\text{kWh}/\text{m}^2\text{Jahr}$, die Heizsaison reicht von Dezember bis Februar (beim verwendeten Wetterdatensatz).
- Das Sommerverhalten ist für behagliche Innenraumkonditionen gerade ausreichend, allerdings sollte zumindest ein Teil der zusätzlich vorgeschlagenen Maßnahmen berücksichtigt werden, um auch in heißen Perioden angenehm kühle Raumtemperaturen garantieren zu können. Eine entscheidende Rolle fällt im Rahmen der natürlichen Kühlung den Bewohnern zu, die im Detail über die Wirkungsweise von Sonnenschutz und Fensterlüftung informiert werden müssen.

Die geforderten relativen Luftfeuchten können jedenfalls durch die vorgeschlagene „bewahrende“ Feuchtebewirtschaftung in den meisten Fällen erreicht werden.

9. Raumakustik im Wohnbau

Einleitung

Ausgangslage

Bislang findet die Akustik im Wohnbau lediglich im Bereich des Schallschutzes (als Bauakustik bezeichnet) Beachtung und selbst dieser in Form von normmäßigen Anforderungen formulierte bauakustische Anspruch an Gebäude genügt den wachsenden Ansprüchen der Bewohner einerseits und den steigenden Anforderungen durch eine immer lauter werdende Umwelt oft nicht.

Thema

In der vorliegenden Studie soll ein Bereich der Akustik für den Wohnbau erschlossen werden, dessen Beachtung bisher im Wohnbau entbehrlich erschien:

Die Raumakustik.

Fragestellung

Geht es in den Domänen der Raumakustik (z.B. der Ausstattung von Konzertsälen, Sprechtheatern oder Hörsälen in Schulen) um das Erfüllen der Anforderung nach einer bestimmten, möglichst präzise zu definierenden Nutzung oder einer nach Prioritäten geordneten Reihe von Nutzungen (Musikwiedergabe - mit Anforderungen an Klarheit und Transparenz, Sprachwiedergabe - mit Anforderungen an Sprachverständlichkeit, Kommunikationsanforderungen mit Anforderungen an die Kompatibilität von Raumakustik und Beschallungstechnik, etc) , so wollen wir uns hier zusätzlich mit der Raumakustik als Einflussgröße für den Wohnkomfort beschäftigen.

Im Vergleich auf dem Gebiet der gesamten Bauphysik - sind die Studien zur Beurteilung der (subjektiv empfundenen) thermischen Behaglichkeit mannigfaltig, was aber ist **akustische** Behaglichkeit?

Weiters - **was ist akustischer Komfort**- als Anforderung für diese akustische Behaglichkeit?

Worauf sind Antworten zu erwarten?

Wie kann akustischer Komfort definiert werden, welche Einflussparameter können angegeben werden,

Welche Zusammenhänge mit der Raumgeometrie und den raumumschließenden Oberflächen gibt es?

Welche Schlussfolgerungen ergeben sich daraus für den Planer?

Methode

Diesen Fragen wurde in der gegenständlichen Studie aufgegriffen und erörtert. Hiezu wurde sowohl eine Fragebogenaktion mit Musikern zum Thema Raumakustik im Wohnbau als auch Begehungen von 6 Wohnungen mit einer Gruppe von Probanden (zur Hälfte Musiker, zur Hälfte Nichtmusiker) durchgeführt.

Eine vollständige Wiedergabe der Auswertungen findet sich im Anhang.

Ein eigener Exkurs soll auch dem Thema musikalisch genutzter Wohnbereiche gewidmet sein.

9.1. Grundlagen zur Raumakustik

Ein Schallereignis breitet sich - zunächst bei Vernachlässigung der zu hohen Frequenzen hin zunehmenden Richtwirkung von verschiedenen Typen von Schallstrahlern - von einer Schallquelle kugelförmig aus. Für den Frequenzbereich des menschlichen Hörens können als untere Grenze 20 Hz (Hertz als die Einheit der Anzahl der Schwingungen je s), als obere 20000 Hz oder 20 kHz (Kilohertz) angesehen werden. Der raumakustisch relevante Bereich bewegt sich zwischen 125 und 4000 Hz, bei der Ausbreitung im gasförmigen Medium Luft entspricht das einer Wellenlänge von ca. 2,7 m bei 125 Hz bis ca. 0,085 m bei 4000 Hz. - Gelegentlich werden raumakustische Betrachtungen auch bis zum Frequenzbereich 63 Hz angestellt.

Der gesamte Frequenzbereich von 63 Hz bis 4000 Hz (die Gesamtheit der Frequenzen zwischen diesen beiden "Grenzfrequenzen" werden als "Frequenzspektrum" bezeichnet) wird in Anteile zerlegt. Diese "Spektralanteile" werden als Frequenzbänder bezeichnet.

Für raumakustische Betrachtungen wird das Frequenzspektrum entweder in Terz - oder Oktavbänder geteilt. Die obere und untere Grenzfrequenz eines Terzbandes verhalten sich dabei zahlenmäßig wie 5:4, eines Oktavbandes 2:1. - Wie daraus rechnerisch abgeleitet werden kann, sind in einem Oktavband 3 Terzbänder enthalten.

Während sich der Schall **im Freien** - als durch einen Boden begrenzt anzusehenden Halbraum - weitgehend ungehindert ausbreitet, wird **in geschlossenen Räumen** die Schallenergie beim Auftreffen auf die raumbegrenzenden Flächen entweder absorbiert oder reflektiert, wobei der Anteil an Dissipation (das Ausbreiten in benachbarte Räume/ Bereiche) sich in dem betrachteten Raum als Absorption - also als Schallenergieverlust - darstellt.

Die Schallenergie erleidet bei jeder Reflexion an den Raumbegrenzungselementen Verluste und wird somit - bei Abstellen der Schallquelle - in einem vom Schallschluckvermögen der Raumbegrenzung abhängigen Zeitraum vollständig vernichtet.

Der Anteil an Schallabsorption und Reflexion sind im allgemeinen von der Frequenz sowie noch weiters vom richtungsmäßigen Einfall der Schallenergie abhängig.

Als **Absorber** könnte nach dem oben Gesagten grundsätzlich jedes Material bezeichnet werden, üblicherweise werden damit Materialien bezeichnet, die in einem Frequenzbereich gewisser Breite deutliche Absorptionseigenschaften besitzen. Diesbezüglich wird auf das Kapitel über Höhen, Mitten und Tiefenabsorber verwiesen.

Die **Halligkeit** eines Raumes ist die - für raumakustische Betrachtungen - auffälligste akustische Eigenschaft und das wichtigste Beurteilungskriterium eines Raumes.

Sie wird messtechnisch durch die Nachhallzeit repräsentiert, welche hörpsychologisch jene Zeitspanne angibt, innerhalb welcher sich ein Schallereignis bis zur Vernehmbarkeitsgrenze abmindert.

Definitionsgemäß bedeutet dies, dass die Nachhallzeit jene Zeitspanne angibt, während der ein Schallsignal um 60 dB absinkt. Dies entspricht der Abminderung der Schallenergie auf ein Millionstel des Ausgangswertes

Weitere Kriterien betreffen den Frühanteil der Halligkeit (early decay time), die Deutlichkeit, die Durchsichtigkeit, den Raumeindruck, die Ortbarkeit und die Verteilung der subjektiven Lautstärke. Diese hier darzustellen würde den Rahmen bei weitem sprengen.

Ein hörpsychologisch wichtiger Zusammenhang ist für unsere Betrachtungen grundlegend wichtig.:

Die Abhängigkeit der Lautheit vom Volumen.

Bei gleichbleibender Schallquelle und gleichbleibenden raumumgrenzenden Materialien nimmt die Lautheit im Raum mit sinkendem Volumen (sinkender Raumgröße) deutlich zu. (beispielsweise nimmt die Lautheit bei Abnahme des Volumens auf 1/10 des Ausgangswertes um den Faktor 2 zu) Das bedeutet, dass in kleinen Räumen (als welche Wohnräume aus raumakustischer Sicht zu qualifizieren sind) Schallereignisse unter Umständen als subjektiv zu laut empfunden werden, und Absorptionsmaßnahmen daher rein aus diesem Grund getroffen werden müssen.

Dies schränkt eine differenzierte raumakustische Gestaltung in kleinen Räumen insofern ein, als mit den Maßnahmen zur Bedämpfung exzessiver Lautheit in kleinen Räumen die Halligkeit viel zu gering wird und die Räume dann studioartig "trocken" erscheinen.

Als letzte allgemeine Grundlage, die in kleinen Räumen von hoher Bedeutung ist, muss noch eine **Aussage zur Belegung und Möblierung** getroffen werden.

Es kann allgemein ausgesagt werden, dass bei großem Volumen (wie z. B. in Konzertsälen) nur eine geringe Abhängigkeit von der Belegung mit Personen vorliegt.

Nach Erfahrung - und auch unter Bezugnahme auf die einschlägige Fachliteratur - können im Allgemeinen folgende spezifische Volumina (personenbezogene Volumensanteile eines Raumes) als optimal angegeben werden:

Konzertsaal	8 - 12 m ³ /Pers.
Musiktheater	6 - 8 m ³ Pers.
Sprechtheater	5 - 7 m ³ Pers.

In kleinen Räumen wie Wohnräumen liegen hier natürlich **wesentlich höhere** Abhängigkeiten von Raumaustattung (Belegung mit Einrichtungs- und Gebrauchsgegenständen) und Besetzungsgrad (Anwesenheit von Personen) vor, da durch Menschen und Gegenstände im Verhältnis zum Raumvolumen ein hoher Anteil von schallabsorbierenden Flächen zusätzlich im Raum vorhanden sind.

Wie im Kapitel Absorber erläutert, stellen weiche, poröse Materialien wie Bekleidung, Polstermöbel, Vorhänge, Teppiche starke Höhenabsorber dar.

Ein durchschnittlicher Wohnraum mit 30 m² und 75 m³ Raumvolumen kann daher durch die Ausstattung durchaus mit zu vielen absorbierenden Flächen ausgestattet sein. Verschärft wird dies noch dadurch, dass durch die weichen Materialien überwiegend hohe Frequenzanteile absorbiert werden, die mittleren und tieferen daher "im Raum stehen bleiben" und das daraus resultierende Ungleichgewicht als unangenehm (Dumpfheit, Basslastigkeit) empfunden werden kann.

Der jeweilige Zeitgeschmack und soziokulturelle Unterschiede können hier große Differenzen ergeben.

Das kleine geschlossene Wohnzimmer aus den 70iger Jahren mit Spantteppich, dicken Vorhängen und hohem Möblierungsanteil enthält mit Sicherheit zu viele Höhenabsorber.

Der derzeitige Architekturtrend mit durchgehend harten Oberflächen und der Verbannung jeglicher Textilien kann im Gegensatz dazu durchaus den direkt gegenteiligen Effekt haben. (s. z.B. Wohnung 5 aus den Begehungen)

9.2. Grundlagen aus Normen und Literatur

Als relevantes Regelwerk kann hier die ÖNORM B 8115 -3 Fassung 1.4.1996 angegeben werden.

Die volumsmäßige Untergrenze raumakustischer Betrachtungen wird allerdings hier mit 100 m³ festgelegt (siehe Bild 1 dieser Norm). - In Bild 1 wird für 100 m³ große Räume für Musik eine Nachhallzeit von 0,9 s für Sprache eine solche von 0,7 s sowie für audiovisuelle Darbietungen eine solche von 0,5 s empfohlen.

Wie die gegenständlichen Untersuchungen und Hörtests gezeigt haben, wird - auf grund einer Erwartungshaltung bezüglich höherer Bedämpfung bei Wohnräumen - teilweise eine geringere Halligkeit bevorzugt als den Bemessungsgrundlagen gemäß ÖNORM B 8115 entspräche

Die weiteren Ausführungen dieser Norm fassen grundsätzlich den in der einschlägigen Fachliteratur gesicherten und bereits seit geraumer Zeit auch bei Planung und Bemessung angewendeten Wissenstand zusammen.

9.3. Auswertung der Fragebögen

Anfang Juni 2002 wurde ein Fragebogen an Musiker geschickt, der 7 Fragen zur raumakustischen Qualität von Wohnräumen enthielt. Diese Befragung diente als Grundlage für die Erarbeitung der Wohnungsbegehungen, die anschließend erfolgten. Eine komplette Auswertung der Fragen findet sich im Anhang. Die wichtigsten Aussagen waren:

Frage 1:

Bewertung:

Der Wohnraum wird eindeutig als **Multifunktionsraum** verwendet, in dem sowohl anregende als auch mit subjektiver Entspannung verknüpfte und leise als auch Geräusch erzeugende Tätigkeiten stattfinden, **alle 6 angefragten Bereiche** haben in den meisten Wohnräumen ihren Platz. Auffallend ist, dass 1/3 der Befragten fernsehen im Wohnraum ablehnt, dass in allen Bereichen Musikhören von 1/4 bis 1/3 der Befragten als Tätigkeit angegeben wird, im Bereich Schlafen ist für viele Meditation kein Thema, jedoch **Lesen** und **Gymnastik**.

Frage 2:

Fazit: Fast alle Befragten haben zeitliche Überlagerungen, wobei die Kombinationen Unterhaltung ⇔ Essen, Fernsehen ⇔ Kochen ⇔ Essen und Musikhören ⇔ allen Bereichen von oftmals mehr als der Hälfte der Beteiligten genannt wurden.

Frage 3:

Die Befragten sollten 6 Begriffe auswählen und nach ihrer Wertigkeit reihen.

Gemütlichkeit stand an 1. Stelle, vor **Funktionalität** und **Rückzugsmöglichkeiten**. An letzter Stelle lag die Repräsentation.

1. welche Aktivitäten sollen im Wohnraum (Familienbereich) ablaufen können: (bitte unterstreichen bzw. ergänzen)

- Bereich Wohnen: Unterhaltung, Lesen, Fernsehen, Musikhören,.....
- Bereich Essen: Unterhaltung, Essen,.....
- Bereich Kochen: Küchenarbeit, Kochen, Küchengeräte, aufdecken, abräumen.....
- Bereich Arbeiten: Schreiben, Üben,.....
- Bereich Familie: Kinderspielen.....
- Bereich Entspannung: Schlafen, Meditation,

2. gibt es zeitliche Überlagerungen von Aktivitäten:

- ja nein
- wenn ja, welche ?.....
- Unterhaltung mit
- Fernsehen mit.....
- Kinderspielen mit.....
- Musikhören mit.....

3. welche Begriffe soll ein Wohnraum Ihrer Meinung nach erfüllen: wählen sie von den angebotenen Begriffen 6 Begriffe aus und reihen Sie sie nach Ihre Wertigkeit beginnend mit 1 für den wichtigsten.

- Funktionalität ?
- Repräsentation ?
- Intimität ?
- Sicherheit ?
- Rückzugsmöglichkeit ?

4. welche sonstigen Begriffe fallen Ihnen für den Wohnbereich ein:.....

5. wie beschreiben Sie akustischen Komfort im Wohnbereich, nennen Sie Ihre Kriterien:

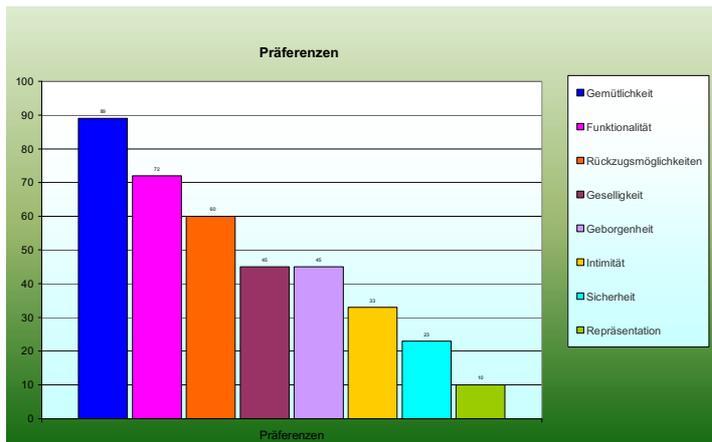
6. wie bewerten Sie Ihren eigenen Wohnbereich hinsichtlich des akustischen Komforts für eine allgemeine Wohnnutzung

sehr gut ? gut ? akzeptabel ? schlecht ? sehr schlecht ?

7. wie beschreiben Sie Ihren eigenen Wohnbereich hinsichtlich des akustischen Komforts für eine allgemeine Wohnnutzung

z. B. die Akustik ist ausgeglichen, nicht ausgeglichen, zu hallig, zu dumpf, klirrend, diffus, prägnant, zu laut, man kann Geräusche gut/schlecht orten,

.....



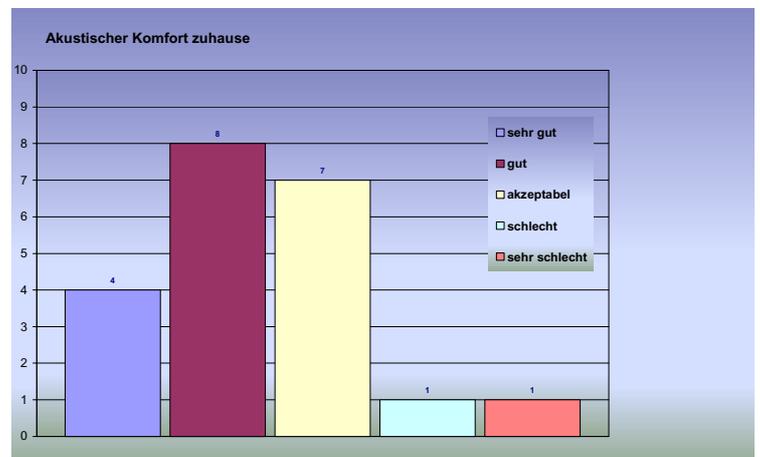
Frage 4:

Fazit:

Es gab eine Fülle an Aussagen, wobei **Wärme, Offenheit, Freiheit** und ganz besonders **Helligkeit** mehrfach genannt wurden. Auffallend ist, dass keine akustischen Begriffe darunter sind und dass mit der Helligkeit und auch einigen weiteren Begriffen das Sinnesorgan Auge vorrangig angesprochen wird. Der private Charakter des Raumes wird betont.

Frage 5

Die Angaben zum akustischen Komfort bewegen sich im Spannungsbereich: nicht zu hallig und nicht zu trocken, wobei eigentlich keine Eingrenzung erfolgt, was das für den einzelnen heißt und daher daraus Konsequenzen hinsichtlich genau definierter subjektiver Empfindung nicht ableitbar sind. Ein dritter wesentlicher Aspekt ist eine hohe bauakustische Güte (Luft-, Tritt und Körperschalldämmung und damit - als Konsequenz - ein guter Schutz der angrenzenden Bereiche hinsichtlich Emissionen (also Störschalleinwirkungen zu den Anrainern hin) als auch Immissionen (also Störschalleinwirkung vom Außenbereich oder angrenzenden Innenbereichen)).



Frage 6

Die Befragten sollten ihren eigenen Wohnbereich bewerten, die Mehrheit bewertete ihren Wohnbereich gut bis akzeptabel.

Frage 7

Der überwiegende Teil der Leute bewertet den eigenen Wohnbereich als **ausgeglichen**. Nur 10 % geben zu dumpf an, 20 % geben zu laut und zu hallig an.

Die meisten Befragten sind nicht in der Lage dem akustischen Komfort Eigenschaften zuzuschreiben, wenn überhaupt dann werden sie ausschließlich aus einer angebotenen Liste an Eigenschaftswörtern ausgewählt.

Der Wohnraum sollte also viel können.

Gemütlichkeit, Funktionalität, Rückzugsmöglichkeit, Helligkeit, Wärme, Offenheit, Freiheit sind Begriffe die teilweise gegensätzlich erscheinen und einander - aus raumakustischer Sicht - zumindest teilweise ausschließen.

Angaben zum akustischen Komfort heißen meist:

nicht zu hallig und nicht zu trocken,

gedämpft, aber nicht dumpf, obertonreich aber nicht knallig

Gute Hörsamkeit für Musikwiedergabe (Radio, CD) ohne große Lautheit.

Der akustische Komfort der eigenen Wohnung wird im Wesentlichen als gut bewertet, die Gewöhnung scheint hier auf die Wahrnehmung einen deutlichen Einfluss zu haben.

Es kann angenommen werden, dass mit der Gewöhnung an einen Raum eine gewisse Erwartungshaltung Platz greift, welche dann über alle Tätigkeiten „darübergelegt“ wird und damit jegliche kritische Haltung gegenüber spezifischen Tätigkeiten egalisiert, sodass schließlich keine Tätigkeit mehr als Grundlage einer Anspruchsformulierung dienen kann, sondern eine allgemeine Akzeptanz mit einer „erstarrten“, also gefestigten Erwartungshaltung gegenüber dem bereits gewohnten Raum verknüpft wird. - Diese in sich gefestigte Erwartungshaltung wird - und zwar bei ungeschulten Hörern noch stärker und meinungsmäßig gestreuter als bei geschulten - auch infolge akustisch nicht vorhandener oder nicht anerzogener Kritikfähigkeit auf ähnliche Räume angewendet. Weiters tritt bei optisch orientierten Tätigkeiten die Fähigkeit akustischer Kritik erheblich zurück (es ist auch beim Erleben von Musiktheater gegenüber etwa Konzerten zu bemerken, dass – selbst bei Musikern – die akustische Kritikfähigkeit beeinträchtigt wird).

9.4. Auswertung der Begehung

Am 20. und 21. Juni 2002 wurden mit 18 Personen (zur Hälfte Musiker, zur Hälfte Laien) Begehungen von 6 Wohnungen in Wien durchgeführt. Die Wohnungen waren bewohnt und möbliert, eine genaue Darstellung findet sich im Anhang. Die Probanden wurden in 6 Gruppen a 3 Personen unterteilt. Jeweils eine Gruppe a 3 Personen war während der Befragung mit Schneider und Quiring gemeinsam im Raum anwesend. Die Lufttemperaturen betragen? ca. 23 °, die Personen waren mit leichten Hosen/kurzen Röcken und T-Shirts bekleidet. Die Probanden erhielten einen Fragebogen mit 5 Fragen. 4 Hörproben wurden durchgeführt:

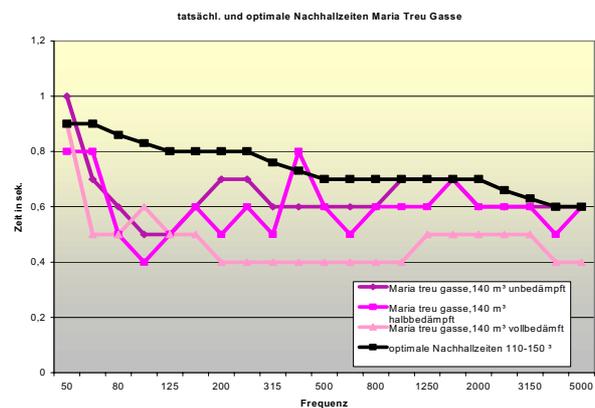
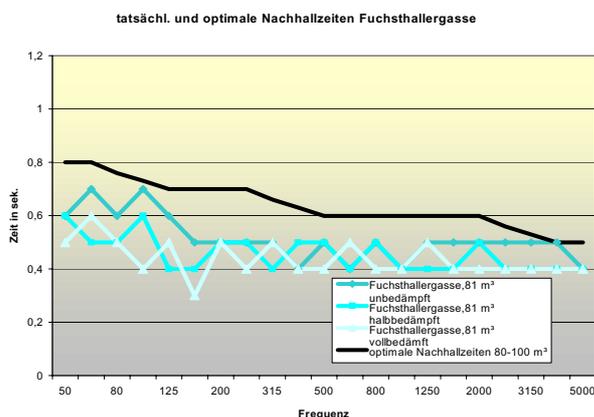
- Störlärm Geschirrspüler während Sprechdarbietung
- Störlärm Tellerklappern am Esstisch vom Sofa aus bewertet
- Hörprobe Sprechdarbietung
- Hörprobe Musikinstrument

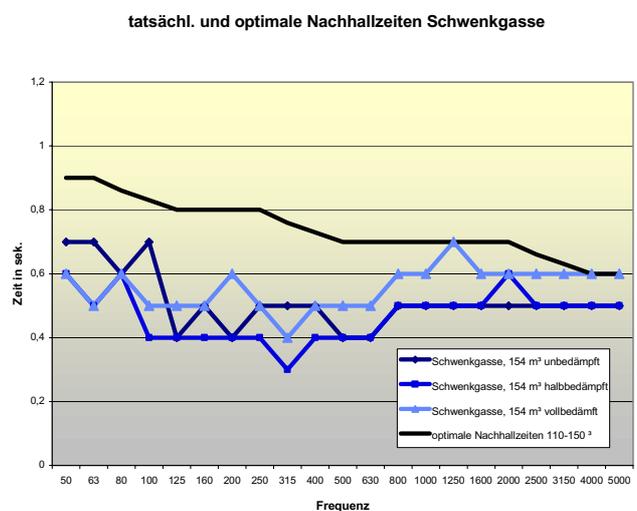
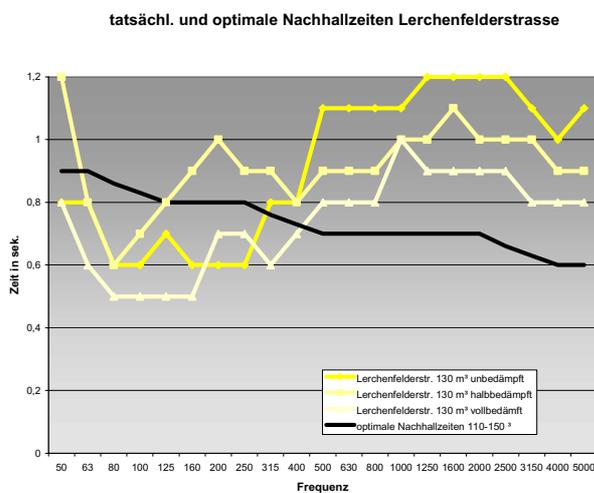
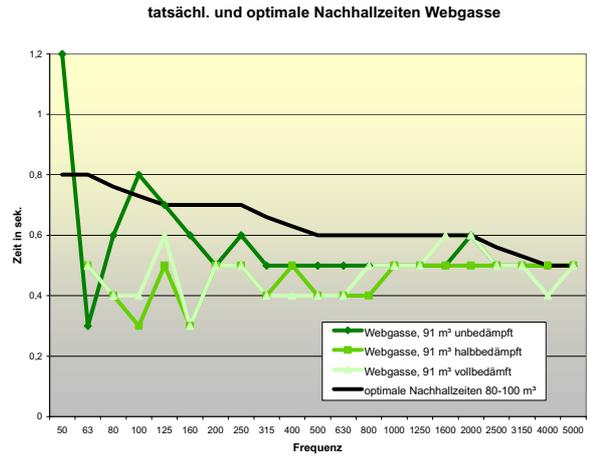
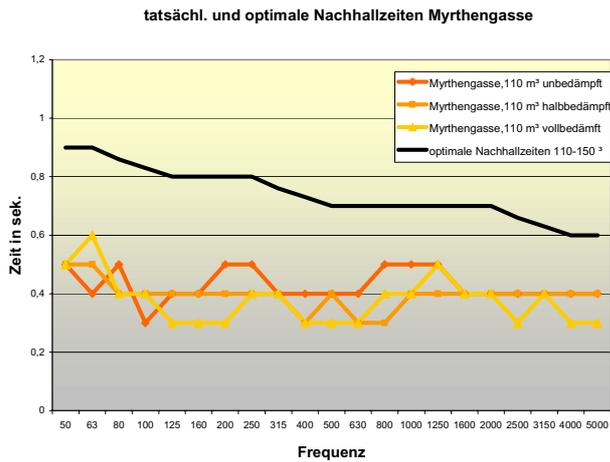
die 5. Frage enthielt die allgemeine Bewertung genauer Wortlaut des Testprotokolls im Anhang.

Die Hörproben 1 und 2 wurden im unbedämpften Raum durchgeführt, während der Hörprobe 3 (Sprecher) wurde in 2 Stufen je 5 m² Schafwolle matten (8cm Stärke) aufgelegt – 5 m² = halbe Bedämpfung, 10 m² = volle Bedämpfung. Die Matten lagen zu Beginn der Hörprobe 4 (Musikinstrument) im Raum und wurden während der Probe in 2 Stufen wieder entfernt. Die Schafwolle matten wurden von der Fa. Orig. Villgrater Naturprodukte zur Verfügung gestellt.

9.4.1. Messungen

In allen Wohnungen wurden Messungen des Nachhalls in allen Zuständen durchgeführt (Rt_{60}) und mit dem in der Norm für Sprache festgelegten Optimum verglichen. ($Rt_{60,opt}$) Aus diesen wurden äquivalente Absorptionsflächen (A) und deren Optimalwerte (nach der Norm) errechnet (A_{opt}) Die vollständigen Tabellen finden sich im Anhang.





Aus den Nachhallzeiten im unbedämpften Zustand werden aus Sicht der Raumakustik folgende Aussagen für den unbedämpften Zustand abgeleitet

Wohnung 1 weist - mit Ausnahme einer zu kurzen Halligkeit im 125 Hz - Bereich - gute Annäherung an den sich aus der Literatur ergebenden Optimalzustand auf.

Wohnung 2 weist gute Gleichmäßigkeit, und ebenfalls gute Annäherung an den (höheren) Optimalzustand auf, der jedoch aus Volumsgründen gegenüber diesem Optimum zu etwas kürzeren Werten korrigiert werden müsste, was auch durch das Urteil der Probanden bestätigt wird, sodaß der unbedämpfte Zustand wie gemessen praktisch dem aus der Erwartungshaltung etwas nach unten korrigierten Optimum für Sprache gleichkommt.

Wohnung 3 hat sehr ähnliche Eigenschaften wie die Wohnung 2 und kann praktisch gleich beurteilt werden.

Wohnung 4 erscheint - trotz relativ großen Volumens - zu bedämpft gegenüber dem Optimum und hat eine - bei wünschenswert leicht zu hohen Frequenzen hin abfallender Halligkeit - zu geringe tiefe Anteile.

Wohnung 5 hat -bei ebenfalls relativ großen Volumen - erheblich zu lange Halligkeit im mittel- und hochfrequenten Bereich, im tieffrequenten Bereich wird praktisch das Optimum erreicht - damit bildet sich ein leicht scharfer, schriller Klang aus.

Wohnung 6 hat im tief- und mittelfrequenten Bereich zu geringe Halligkeit, weist jedoch hochfrequent fast das Optimum auf.

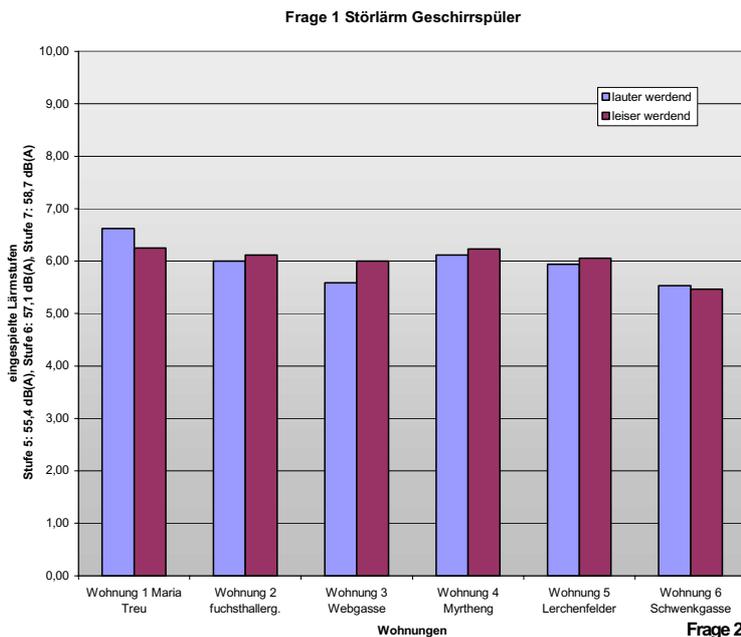
9.4.2. Auswertung der Fragen

Frage 1 Störlärm Geschirrspüler

Hörprobe Küchenlärm, Schwellenwert Störlärm Dauer: 3 Min. :

3 Testpersonen und Schneider sitzen am Esstisch, Schneider liest aus einem Buch, Geschirrspülergeräusch wird aus 3m Entfernung eingespielt, und zwar in 10 - nachfolgend angegebenen - Pegelstufen sobald das Geräusch in der lauter werdenden Reihe als im Wohnraum **nicht akzeptabel** erscheint, bzw. in der leiser werdenden Reihe als **tolerierbar** empfunden wird, hebt die Versuchsperson die Hand.

lauter werdend: bei welcher Stufe ist das **Geräusch** für einen Wohnraum **nicht mehr akzeptabel**?
leiser werdend: bei welcher Stufe ist das **Geräusch** für einen Wohnraum **tolerierbar**?



Die Grenze zwischen tolerierbar und nicht mehr akzeptabel bewegt sich zwischen Pegelwerten von 56 und 58 dB(A). Die Toleranz hinsichtlich Störlärm ist von der subjektiven Lautheitsempfindung abhängig, welche ihrerseits wiederum eng mit der Halligkeit verknüpft ist. Es sind auch tendenzielle Einflüsse des Raumvolumens gekoppelt mit Raumhöhe feststellbar. Der positive Einfluss einer höheren Raumhöhe (ab 3 m) sollte - hier als Anregung angegeben - noch Gegenstand genauerer späterer Untersuchungen sein.

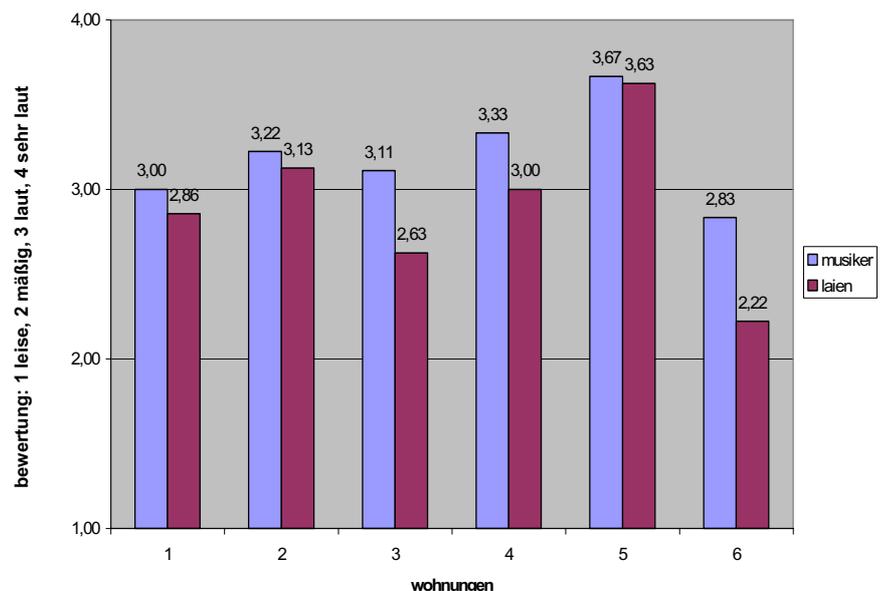
Frage 2 Bewertung Lautheit Tellerklappern - Musiker-Laien

Frage 2 Lautheit von Störlärm Tellerklappern, psycholog. Faktor, 3 min.
 3 Testpersonen sitzen am Sofa, Tellerklappern aus 4 m Entfernung

Frage 2a: Wie ist der Eindruck
 Leise – mäßig laut -sehr laut

Frage 2b: ist der Lärm im Wohnraum
 tolerierbar nicht tolerierbar

Frage 2a: Mit Wohnung 1 (Maria Treu Gasse) als "Referenz" wird folgendes ausgesagt:



Grundsätzlich ist -trotz der ausgewiesenen geringen Nachhallradien und damit keiner Pegelabnahme außerhalb letzterer- ein "Nahfeldeinfluß" des Tellerklapperns auch in dazu relativ größerer Entfernung abzulesen. Weiters ist die direkte Schallabstrahlung ein maßgeblicher Umstand annähernd ähnlicher Bedeutung in allen Wohnungen.

Der Faktor - Eindruck ist in der Tendenz in allen Wohnungen sehr ähnlich, jedoch in der Wohnung 5 gegenüber allen anderen Wohnungen (mit Beurteilung "laut") auf "sehr laut" angehoben

Wohnung 1 (Maria Treu Gasse) weist eine - relativ hoher Halligkeit auf, infolge des Volumens stellt sich jedoch für das Tellerklappern eine relativ hohe Toleranz ein.

Wohnung 2 (Fuchsthalergasse) ist bedämpfter - die Ausbreitung wird stärker bedämpft, jedoch wird der infolge erheblich kleineren Volumens damit verbundene Zuwachs der subjektiv empfundenen Lautheit stark mitempfunden.

Wohnung 3 (Webgasse) ist ebenfalls relativ bedämpfter - die Ausbreitung wird stärker bedämpft, und auch hier wird der infolge erheblich kleineren Volumens damit verbundene Zuwachs der subjektiv empfundenen Lautheit - wenn auch geringer (rechtes Diagramm Musiker!) - wenn auch weniger stark als in Wohnung 2 - mitempfunden.

Wohnung 4 (Myrthengasse) weist trotz der Höchsten Bedämpfung - speziell im oberen Frequenzbereich - und relativ großem Volumen eine hohe subjektiv empfundenen Lautheit auf.- Hier tritt die widersprüchlichste Aussage in Bezug auf die anderen Wohnungen auf.

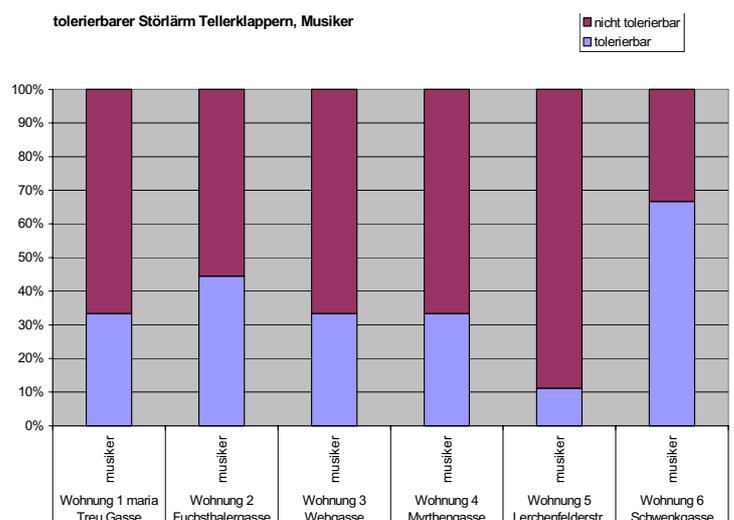
Wohnung 5 (Lerchenfelder Straße weist die geringste Bedämpfung aller Wohnungen auf, und trotz des großen Volumens führt dies zur geringsten Toleranz für die subjektiv empfundenen Lautheit (für Musiker und Laien)

Wohnung 6 weist bei relativ hoher Bedämpfung das größte Volumen auf, die Toleranz für die subjektiv empfundene Lautheit - insbesondere Faktor Lärm im Wohnraum - stellt sich hier am höchsten dar.

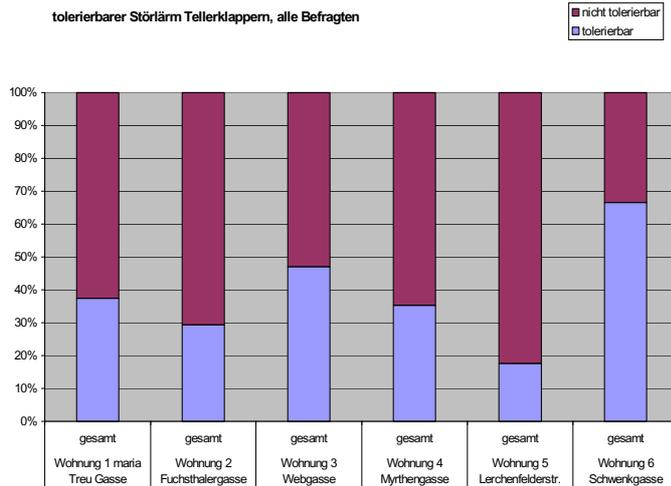
Generell kann ausgesagt werden, dass ein im Wohnbereich durchaus übliches Störgeräusch eindeutig als Laut klassifiziert wird. Die Aussagen von Musikern und Laien stimmen im wesentlichen überein, Musiker bewerten den Störlärm in allen Fällen lauter

Frage 2b: ist der Lärm im Wohnraum tolerierbar nicht tolerierbar

Generell kann ausgesagt werden, dass im Durchschnitt aller Wohnungen der Störlärm Tellerklappern von 60 % der Befragten als **nicht tolerierbar** bewertet wird.



tolerierbarer Störlärm Tellerklappern, alle Befragten



Gesamtbewertung der Wohnung hat, wie wir später sehen werden.

Frage 3: Hörprobe Sprechdarbietung: welche Eigenschaften hat der Klang, gibt es Verbesserung durch Bedämpfung? Die Protokolle sind im Anhang ersichtlich, hier zusammengefasst die wesentlichsten Aussagen:
Wohnung 1 Maria Treu Gasse, unbedämpft: der Raum wird von einer signifikanten Anzahl an Personen als **hallig** bewertet, aber auch **klar verständlich**, teilweise jedoch **schlecht ortbar**.

13 % verwenden: **Angenehm**

bedämpft: 69 % attestieren eine Verbesserung, mehr Präsenz

Wohnung 2 Fuchsthalergasse, unbedämpft:

24 % geben **angenehm** an, ebenso viele **verständlich**, teilweise: **Prägnant** und **klar** aber vereinzelt auch: scharf, schrill

bedämpft: 2/3 attestieren keine Verbesserung

Wohnung 3 Webgasse, unbedämpft:

auffälligste Eigenschaft ist hier: **Normal**, 24 % der Befragten finden von sich aus diesen Terminus, 17 % **Angenehm**, ebenso viele **verständlich**, öfter werden auch Begriffe wie kalt, hart, schrill, klirrend verwendet. Teilweise gibt es auch Begriffe wie: schön, stabil, rund,voll. In dieser Wohnung gibt es die größte Streuung der Aussagen

bedämpft: über 2/3 attestieren keine Verbesserung

Wohnung 4 Myrthengasse, unbedämpft:

obwohl die Akusik von mehreren Befragten als **dumpf, dunkel** und **trocken** beurteilt wird, geben 35 % bei der Sprechprobe angenehm an, der Klang füllt den Raum nur dort wo gesprochen wird

bedämpft: 71% attestieren keine Verbesserung

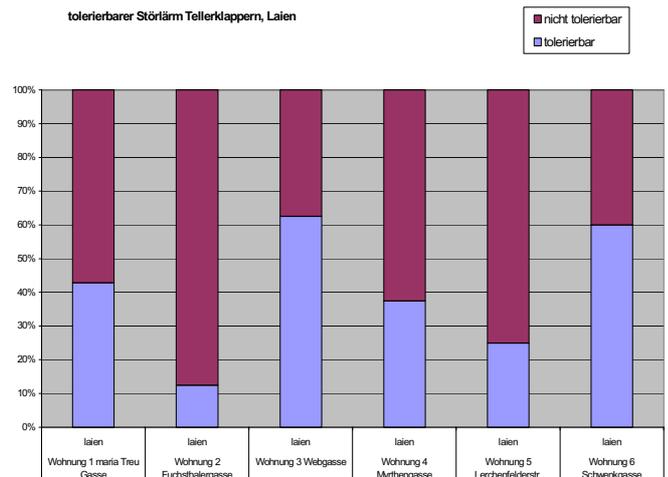
Wohnung 5 Lerchenfelderstr., unbedämpft

Die Akustik wird von allen Befragten als **hallig** bewertet, teilweise kombiniert mit laut. **schlecht verständlich** kommt nur in dieser Wohnung vor, hart kalt voll rein wird attestiert aber nicht: schrill

bedämpft: 100 % attestieren eine Verbesserung, die Stimme wird verständlich, präsent, und ortbar, das Gefühl des großen Volumens bleibt erhalten, das wird als angenehm empfunden

Eine Übereinstimmung zwischen Musikern und Laien ist nur bei der Hälfte der Wohnungen gegeben, dies könnte auch darauf zurückzuführen sein, dass die Frage nach der Tolerierbarkeit wesentlich stärker von den subjektiven Kriterien abhängt, die die einzelne Person der Bewertung zugrunde legt. Auffällig ist auch, dass die Wohnung 6 Schwenkgasse bei beiden Teilen der Frage 2 die beste Bewertung erhält und dass diese Tatsache einen nicht unwesentlichen Einfluß auf die

tolerierbarer Störlärm Tellerklappern, Laien



Wohnung 6 Schwenkgasse, unbedämpft:

Der Raum wird von **54 % der Befragten** direkt mit dem Attribut **angenehm** versehen, das ist der höchste Prozentsatz für diese Eigenschaft. Signifikant sind auch: **klar, deutlich, verständlich, warm, voll, leicht hallig, nicht zu laut**. Der Begriff "leicht hallig" wird positiv bewertet, **es wird keine einzige negative Eigenschaft angeführt**.

bedämpft: 50% attestieren eine/keine Verbesserung, entweder wärmer, gemütlicher oder dumpfer, trockener. Hier scheint die Grenze zu subjektiven Vorlieben erreicht.

Interpretation:

Die Wohnung Schwenkgasse scheint für Sprechen und Kommunikation **ideal** bewertet zu werden. Die unbedämpfte Lerchenfelderstr. wird als deutlich **zu hallig** bewertet, hier tritt allerdings die augenscheinlichste Verbesserung durch die Bedämpfung auf, das große Volumen wird hier am positivsten bewertet.

die Myrthengasse wird eindeutig als **trocken** bewertet, dies führt aber bei der Sprechprobe durchaus noch zu Zustimmung.

Interessant ist die Bewertung: **normal** in der Wohnung Webgasse. Die Meinungsverschiedenheiten sind hier weitaus am größten und scheiden Musiker und Laien deutlich in 2 Lager. (siehe auch Endbewertung)

Frage 4 : Übebetrieb mit Instrument:

welche Eigenschaften hat der Klang,
gibt es Verbesserung durch Bedämpfung?

Zusammengefasste Protokolle im Anhang, hier zusammengefasst die wesentlichsten Aussagen:

Wohnung 1 Maria Treu Gasse, unbedämpft:

auch hier wird der Raum von einer signifikanten Anzahl an Personen als **hallig** bewertet, hauptsächlich die hohen Töne dadurch kommt es zu Aussagen wie hohe Töne scharf, schrill, etwas zu hell, angenehm kommt nicht vor, dafür aber: **lebendig, klar, frei, schön**

bedämpft: 50 % attestieren keine/eine Verbesserung, ähnliche Eindrücke werden lediglich subjektiv neaktiv oder positiv besetzt (z.B. dumpf kontra weich)

Wohnung 2 Fuchsthallergasse, unbedämpft:

nur mehr 6 % geben **angenehm** an, positive Begriffe wie getragen, prägnant, gut, warm, voll, klar überwiegen gegenüber: zu scharf, zu laut, unrein.

bedämpft: knapp 2/3 attestieren keine Verbesserung

Wohnung 3 Webgasse, unbedämpft:

hier überwiegen negative Begriffe wie: hart, scharf, hell, höhenlastig, unvolumig, trocken, schrill, Klang kann sich nicht gut entwickeln. Vereinzelt gibt es die Begriffe: warm, gut, weich, nicht schrill .
Angenehm wird nicht genannt. Deutliche Aussagedifferenzen

bedämpft: über 2/3 attestieren keine Verbesserung, der Klang wird dann als matt, flach und unattraktiv angegeben.

Wohnung 4 Myrthengasse, unbedämpft:

obwohl die Akusik von einigen Befragten wie bei der Sprechprobe als **dumpf, trocken und nicht angenehm** beurteilt wird, geben ebenso viele angenehm, klar, transparent, präsent, nah und hell an.

bedämpft: 76% attestieren keine Verbesserung

Wohnung 5 Lerchenfelderstr., unbedämpft

Auch bei der instrumentalen Hörprobe wird die Akustik von allen Befragten als **hallig** bewertet, mehrfach kombiniert mit laut und zu laut, alles verschwimmt, Töne gehen ineinander über, schrill. Vereinzelt gibt es Meldungen wie.:rein, klar, man spürt die Klänge, Raum selbst wirkt wie Klangkörper.

bedämpft: 94 % attestieren eine Verbesserung, die Verbesserung ist sehr hoch, es überwiegen dann Aussagen wie: sehr schöner Klang, sehr voll, gut, warm, klar, nichts ist mehr scharf und schneidend.

Wohnung 6 Schwenkgasse, unbedämpft:

Der Raum wird von **34 % der Befragten** direkt mit dem Attribut **angenehm** versehen, das ist der höchste Prozentsatz für diese Eigenschaft bei der Musikhörprobe. Signifikant ist allerdings auch: etwas hart und schrill. Es fallen eine Menge positiver Eigenschaftswörter: klar, frisch, leicht, hell, rein, raumfüllend, gute Klangentfaltung

bedämpft: 50% attestieren eine/keine Verbesserung, entweder wärmer, gemütlicher oder dumpfer, trockener. Hier scheint wie bei der Sprechprobe die Grenze zu subjektiven Vorlieben erreicht.

Frage 5: Allgemeiner Eindruck

a. geben Sie bitte die **akustischen Eindrücke** dieses Raumes wieder im **unveränderten** und im **bedämpften Zustand**:

b. **wie wohl fühlen Sie sich akustisch** in diesem Raum im unveränderten und im bedämpften Zustand und warum?

unverändert:

sehr wohl gut mittel. wenig nicht warum?

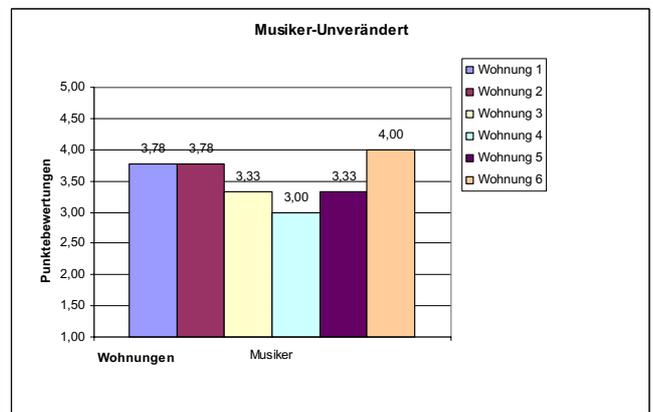
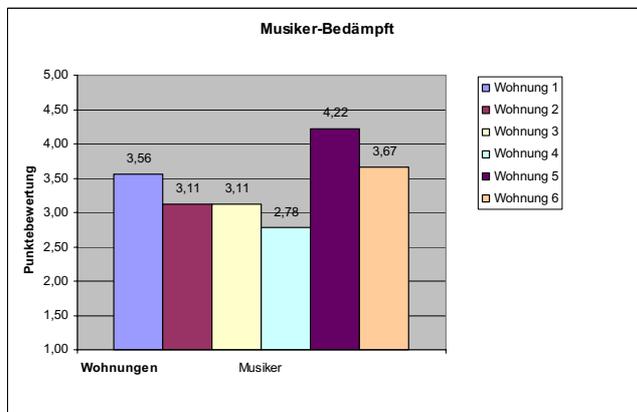
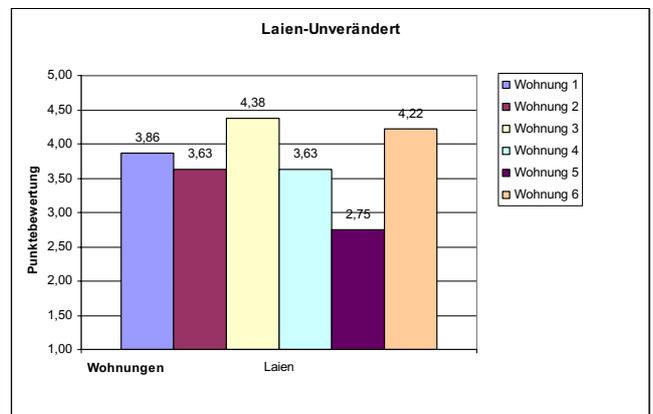
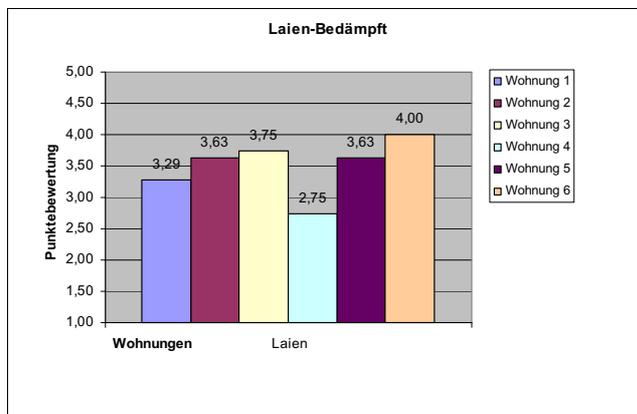
bedämpft:

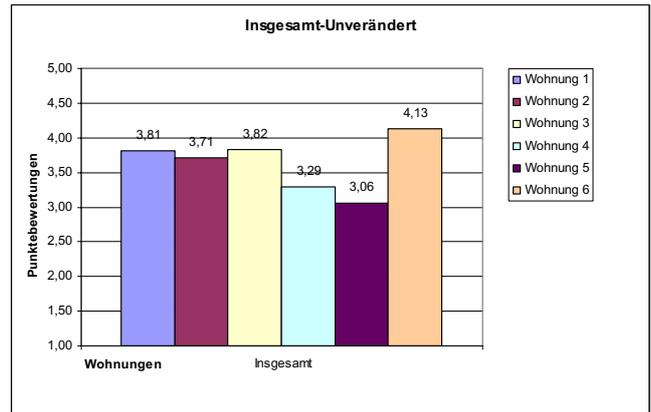
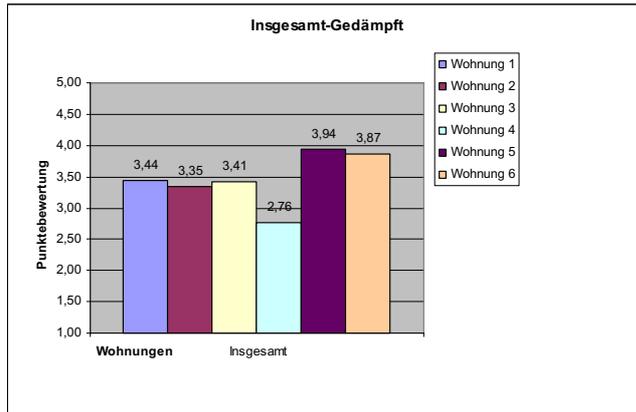
sehr wohl gut mittel. wenig nicht warum?

Zusammengefasste Protokolle im Anhang.

Die Aussagen der Befragten fassen hier im Wesentlichen die Meinungen der Proben 3 und 4 zusammen.

Es wurde eine Punktbewertung von 1-5 durchgeführt, wobei 5 die beste Bewertung darstellt.





9.4.3 Interpretation

6 Wohnungen wurden in 2 Zuständen bewertet, (unbedämpft und bedämpft) daraus ergeben sich 12 Ränge. Aufgrund von teilweisen Wertgleichheiten ist bei den Laien der schlechteste Rang 8 bei den Musikern 9.

eindeutiger Favorit ist die Wohnung Schwenkgasse. Sie wird für die Wohnnutzung sehr gut bewertet, und liegt in der Gesamtwertung an erster Stelle.

An letzter Stelle liegen übereinstimmend die Wohnungen Myrthengasse (zu trocken) und Lerchenfelderstr. unbedämpft (zu laut und hallig)

Betrachtet man allerdings Musiker und Laien getrennt, so erhalten unterschiedliche Wohnungen den 1. Rang, in diesem Punkt herrscht auch die deutlichste Uneinigkeit. Wohnung Schwenkgasse liegt bei beiden Gruppen getrennt knapp auf Platz 2

Favorit der **Laien** ist die **unbedämpfte Wohnung 3 – Webgasse**, die bei den Musikern nur auf Rang 6 gereiht wird.

Favorit bei den **Musikern** ist die **–allerdings bedämpfte- Wohnung 5- Lerchenfelderstr.** die wiederum bei den Laien nur auf Rang 6 gereiht wird.

Auffällig ist weiters, dass bei den **Laien eine direkte Korrelation** zwischen der Störlärbewertung und dem allgemeinen Eindruck gegeben ist. Je lauter oder unangenehmer der Störlärm bewertet wird, desto schlechter schneidet die Wohnung in der Gesamtbewertung ab. Diese Korrelation ist bei den **Musikern nicht** gegeben.

Die Bewertungsdifferenz hinsichtlich der Wohnung 3 Webgasse und der Wohnung 5 Lerchenfelderstr. scheint sich auf folgende Parameter zu stützen:

Laien

Laien legen den Klang bei der musikalischen Darbietung der allgemeinen Bewertung der Wohnung kaum als Bewertungsparameter zu Grunde. Jedoch wirkt das Attribut: **normal**, das sich nur bei der Wohnung Webgasse findet, offensichtlich sehr positiv auf die Bewertung aus. Die Wohnung Lerchenfelderstr. wird von Laien auch im bedämpften Zustand als zu hallig und zu laut empfunden. Dass die Wohnung 5 bedämpft beim Hörbeispiel Instrument auch von den Laien mehrheitlich positiv beurteilt wird, geht in ihre Gesamtbewertung nicht ein.

Musiker

Musiker werden in ihrer Gesamtbewertung wesentlich mehr von der positiven Bewertung des Hörbeispiels Instrument beeinflusst. Zugunsten des Klanges lassen sie durchaus eine höhere Halligkeit zu. Eine schlechte Bewertung der Wohnung beim Hörbeispiel Instrument führt jedenfalls zu einer schlechten Gesamtbewertung. (4 Myrthengasse zu trocken, 5 Lerchenfelderstr. unbedämpft zu hallig) Interessant ist, dass bei der Wohnung 3 Webgasse der Nachhall **nicht** zur schlechten Bewertung der Hörprobe Instrument führte, sondern dass hier eindeutig klangliche Qualitäten kritisiert wurden (hart, scharf, höhenlastig, unvolumig, schrill, Klang kann sich nicht gut entwickeln).

Interessant ist ebenso, dass Musiker den Störlärm weniger stark in ihre Gesamtbewertung einfließen lassen, obwohl sie ihn im Vergleich mit den Laien störender und lauter bewerten.

Bester Indikator für die Bewertung der Raumakustik für Wohnnutzung ist das Attribut: **angenehm** in Korrelation mit diesem Begriff gibt es die höchste Übereinstimmung mit der allgemeinen Bewertung.

Hinsichtlich der Sprechstimme werden darüber hinaus positiv formuliert:

klar, deutlich, verständlich, gut ortbar, nicht zu laut

Hinsichtlich Musik:

voll, raumfüllend, gute Klangentfaltung aber auch nicht zu laut, sowie warm, klar, frisch, leicht, hell, lebendig, schön, gut.

Die subjektive Empfindung der Lautheit und die Toleranz in Bezug auf Störlärm haben auf die Bewertung des akustischen Komforts eines Wohnraumes ebenfalls deutlichen Einfluss.

Während der absolute Halligkeitszustand im Vergleich zum angegebenen Optimum in Richtung zu große Bedämpfung als vorgefasster Erwartungszustand "verschwimmt", werden die Halligkeitsunterschiede mit höherem Schärfegrad beurteilt. (z.B. Wohnung 2 - Ulla "mit wenig Matten nein, mit vielen Matten nein")

Auf Grund der eng beieinanderliegenden Nachhallzeitbereiche - und dazu noch Widersprüche in den Bewertungen sind auch - vor allem konsequent durchlaufende - **Begründungen nicht ableitbar**.

Dazu wären weiterführende Untersuchungen in einem konditionierten Raum erforderlich, in welchem alle Veränderungen (also viele mögliche Simulationen) nicht merkbar für die Probanden ablaufen. - Für eine scharfe - und eventuell auch Widersprüche austestende - Methode sollte bzw. dürfte nur ein Parameter verändert werden.

9.5 Definition zeitgemäßer Wohnbereich

Die Spanne der zeitgemäßen Wohnbereiche ist sehr groß. Hier sollen nur die wesentlichsten Faktoren bezogen auf Wohnräume in Österreich kurz dargestellt werden.

Größe:

Die Mindestgröße für Wohnräume nach der Wiener Bauordnung ist 18 m². Ein durchschnittlicher Wohnraum im sozialen Wohnbau hat ca. 25 m², max. sind 30 – 35 m² anzutreffen.

Funktionen:

In diesen Wohnräumen findet meist der Essplatz sowie eine Sitzgruppe Platz, meistens befindet sich die Küche in unmittelbarer räumlicher Nähe, entweder direkt im Raum, oder in einer angelagerten Nische oder in einem benachbarten Raum, der optional mit dem Wohnraum verbunden werden kann. Seltener findet sich hier die Aufteilung in 2 Räume: ein Esszimmer mit Küche und ein Wohnzimmer. Manchmal wird versucht, auch noch einen kleinen Arbeitsbereich im Wohnraum unterzubringen.

Raumhöhe:

Die Raumhöhe von 2,5 m ist vorherrschend, teilweise wird versucht, durch eine integrierte Stiege oder kleinere Lufträume Verbindung mit einem 2. Geschoss herzustellen. Zur Gänze 2-geschossige Wohnräume finden sich nicht oft, Räume mit einer 1,5-geschossigen Raumhöhe (2,8 – 3,8 m) sind noch seltener.

räumliche Disposition:

Nach wie vor üblich ist der einfache Rechteckraum, einiger Planer versuchen allerdings den Wohnbereich in unterschiedliche Bereiche zu gliedern, teilweise gleichzeitig als Erschließungsfläche zu verwenden oder/und direkt mit anderen Zimmern zu verbinden. Daraus entstehen oft vielfältige Raumgeometrien.

Volumen:

Der einfache Rechteckraum hat ein Volumen von ca. 60 m³. Durch die freiere Grundrissdisposition oder 2-geschossigkeit wird oft versucht das Volumen zu vergrößern, 100 m³ sind durchaus häufig, 150 m³ werden selten erreicht.

Oberflächen:

Die Verwendung von Spanteppichen und gepolsterten Tapeten hat sich eindeutig zugunsten Parkettboden und gestrichenen Wänden verlagert.

Möbliering:

Die noch vor 20 Jahren übliche hohe Ausstattung mit starken Höhenabsorbieren wie hochflorigen Teppichen, dicken, doppelten Vorhängen, üppigen Polsternmöbeln und sonstigen textilen Bespannungen ist stark zurückgegangen. Teilweise fehlen Textilien oder poröse Oberflächen sogar völlig.

Nutzung:

Vom Wohnraum werden zunehmend mehrzweck bis allzweck Eigenschaften erwartet. Es ist innerhalb der Wohnung der Bereich mit der höchsten Fluktuation und den unterschiedlichsten Tätigkeiten. In diesem Raum wird am meisten auf Identifikation, Selbstdarstellung und Wohnqualität wert gelegt.

9.6 Akustischer Komfort im Wohnbereich

Was ist akustischer Komfort?

Die Frage soll basierend auf drei Unterthemen behandelt werden:

Grundvoraussetzungen

für akustischen Komfort können Grundvoraussetzungen definiert werden, die eine breite, allgemeine Gültigkeit haben und nicht notwendigerweise ausschließlich dem Wohnen zuzuordnen sind.

funktionaler Ansatz

Akustischer Komfort ist gegeben wenn die Art der Schallausbreitung im Raum (als zeitliche Verteilung der Schallenergie im Raum von der Schallquelle aus) eine definierte Nutzung unterstützt.

emotionaler Ansatz

Akustischer Komfort ist gegeben, wenn die Summe der raumakustischen Eigenschaften eine bestimmte emotionale Forderung oder Befindlichkeit des Nutzers unterstützt.

9.6.1 Grundvoraussetzungen

9.6.1.1. Der Mensch als Gewohnheitswesen

Es kann angenommen werden, dass der Mensch als "Gewohnheitswesen" gemachte akustische Erfahrungen als Hintergrundwissen abspeichert und bei neuen Hörereignissen den Vergleich mit der Summe dieser abrufbaren Erfahrungen als abstrakte Gesamtheit anstellt.

Für den raumakustischen Komfort ist daher entscheidend, dass das Hörereignis der Erwartung, die aus der Summe der Erfahrungen gebildet wurde entspricht.

Eine Untersuchung über soziokulturelle Unterschiede in der Hörerwartung steht hier noch aus.

9.6.1.2. Diffusität kontra Ortbarkeit

Allgemein ist - je nach Schallereignis - die Schallausbreitung als Balance zwischen allseits gleichmäßiger Verteilung (Diffusität) einer von einer Quelle ausgehenden Schallenergie und andererseits der Möglichkeit einer guten Richtungsbestimmung der Quelle (Lokalisation) zu sehen.

Die Diffusität für ein Schallereignis bestimmter Frequenz (mit allseits gleichmäßiger Schallverteilung) stellt sich allgemein dann ein, wenn die Ausdehnung der Gliederung einer Oberfläche die Größenordnung der Wellenlänge dieser Frequenz erreicht. Wird die Wellenlänge größer (also zu

tiefen Frequenzen hin), tritt zunehmend eine Annäherung an eine Spiegelquelle auf, bei Verkleinerung der Wellenlänge stellt sich ein Zerfall in "Einzelspiegel" ein, welche - jeder für sich - die hohen Frequenzen verschieden gerichtet abstrahlen.

Bei zunehmend sehr starker Gliederung stellt sich eine sehr hohe Diffusität ein, die schließlich zum weitgehenden Verlust der Ortbarkeit der Quelle führt.

Um im Rechteckraum eine gute Schallstreuung bei gleichzeitigem Vermeiden von planparallelen Reflexionen zu sichern, ist bereits ein Abrücken der Gliederungselemente um ca. 2° - 3° aus der Planparallelität heraus ausreichend.

Dies gilt auch für Oberflächen gewisser Rauigkeit, (z.B. Putze), sodass z. B. ein grober Putz nur im obersten Frequenzbereich (also ab 3000 - 4000 Hz) diffus reflektiert. - Diese hochfrequent wirkende Diffusität geht zu tieferen Frequenzen verloren. Solche Oberflächen wirken dann als "ebene Spiegel". Eine hohe Diffusität ist mit der Konsequenz sinkender Ortbarkeit (Lokalisation) verbunden, wobei bei tiefen Frequenzen infolge deren großen Wellenlängen schon großflächig und tief gegliederte Anteile der Raumbegrenzungselemente für eine tieffrequente Streuung erforderlich sind.

9.6.1.3. Unregelmäßigkeiten

Bei der Schallausbreitung sollen keine örtlich intensiv wahrnehmbaren Unregelmäßigkeiten entstehen und erstere auch der allgemeinen menschlichen Erwartungshaltung entsprechen.

Unter Unregelmäßigkeiten werden hier z.B. Flatterechos oder Fokussierungserscheinungen infolge Krümmungsmittelpunkten von Oberflächen im Raum verstanden.

9.6.1.3.1. Flatterecho

Flatterechos entstehen in Räumen mit planparallelen Wänden und Decken (also "Schuhschachtelform")

Bei einem Abstand zweier planparalleler Wände von beispielsweise 3,40 m (wie dies in Aufenthaltsräumen häufig der Fall ist) tritt alle 10 ms (tausendstel Sekunden) eine Reflexion auf, und die schnelle Abfolge dieser Reflexionen wird als schnarrendes Geräusch bemerkbar.- z. B. beim Händeklatschen.

Verstärkt wird dieses Phänomen noch durch eine einseitige, konzentrierte Bedämpfung. –

Wenn z. B. die **Decke** und der **Fußboden** mit schallabsorbierenden Materialien belegt sind (Schallschluckdecke, Spannteppich), werden die Eigenfrequenzen des Raumes normal zu diesen Absorptionsflächen sehr stark gedämpft. Dadurch können die Eigenresonanzen in einer horizontalen Richtung (zwischen den planparallelen **Wänden**) verstärkt wahrgenommen werden.

9.6.1.3.2. Fokussierung

Fokussierung entsteht im Inneren eines Raumes, welcher teilweise eine gleichmäßig gekrümmte Fläche (z.B. mit Kreiszyylinder- oder Kugelform) hat, und zwar in der Nähe des Flächenmittelpunktes oder Brennpunktes, wo alle zu dieser Fläche gerichteten Schallstrahlen mehr oder weniger gebündelt werden. Dabei ist eine quadratische Zunahme der Intensität der Fokussierung bei einer Kugelfläche im Vergleich zu einer Zylinderfläche zu bemerken.

9.6.2. funktionaler Ansatz

Akustischer Komfort ist gegeben, wenn die Art der Schallausbreitung eine bestimmte Nutzung unterstützt.

Im Unterschied zu Konzertsälen oder Seminarräumen ist es im Wohnbereich nicht möglich eine einzige, vorherrschende Nutzung anzugeben.

Folgende Nutzungen sind raumakustisch relevant:

- Die verbale Kommunikation zwischen 2 oder mehreren Personen hinsichtlich der Sprachverständlichkeit, des Grundgeräuschpegels und der Lautheit- die intensive Kommunikation auch mehrerer Personen soll über einen längeren Zeitraum ermüdungsfrei und angenehm möglich sein.
- Musikhören hinsichtlich einer guten Hörsamkeit
- Küchen und Haushaltsarbeit hinsichtlich der Minimierung der Lautheit von Störlärm

- schlafen/entspannen und geistige Tätigkeit hinsichtlich des Einhaltens eines Grenzpegels für Lärmimmissionen. (Nachbarwohnung, eigene Wohnung, Außenlärm)

9.6.2.1. Nutzung Sprache/Musikhören

Für hohen akustischen Komfort eines Raumes muss das richtige Ausmaß an Halligkeit vorliegen. – dieses richtet sich im Wesentlichen nach der vorgesehenen Nutzung. Für Wohnräume gehen wir von folgendem aus:

Nutzung 1. Priorität: ist **Sprache**

Nutzung 2. Priorität: ist **Musikhören** am Esstisch und am Sofa:

Sprache

Für Volumina von 100 m³ (üblicher Wohnraumgröße) wird in der Norm eine Nachhallzeit von 0,7 sek. als Optimum angesehen. (allgemein als der Zeitraum des Beginns eines Schallereignisses bis zu dessen erfolgtem Abklingen- der Begriff der Halligkeit wurde unter Grundlagen erörtert).

Wie aus den Ergebnissen der Begehungen hervorgeht, wird diese Nachhallzeit im Wohnbereich aber als zu hoch empfunden. Zeiten von 0,5 – 0,6 sek. werden als optimaler empfunden. Für die Nutzung Sprache ist diese Nachhallzeit durchaus noch im sehr guten Bereich. Es wurde dabei die Erfahrung gemacht, dass generell bei ausreichend hoher Diffusität eine etwas höhere Halligkeit akzeptiert wird.

Die im Vergleich zur Norm reduzierte Nachhallzeit von 0,5 sek. bewirkt eine Vergrößerung des direkten Schallfeldes (= Vergrößerung des Hallradius) und damit eine bessere Sprachverständlichkeit, allerdings auch das Abrücken des Raumes in Richtung einer sehr "trockenen", studioartigen Hörsamkeit.

In Auditorien oder Seminarräumen mit Sprachnutzung wird als Parameter der **Sprachverständlichkeitsindex** (als ein Prozentsatz einer Serie gesprochener Silben) angegeben (STI Speech Transmission Index).

Nachdem sich die meisten Tätigkeiten im Wohnraum maximal in einem "erweiterten Nahfeldbereich" abspielen, ist die Definition eines STI-Wertes nicht sinnvoll.

Die Entwicklung einer **ermüdungsfreien Kommunikation** wäre nur auf die Verbesserung eines Zustands großer Entfernung zwischen Sender und Empfänger bei schlechter Sprachverständlichkeit anzuwenden.

Musikhören

Die Ausübung von Musik (als Spiel- und "Aufführungs-"vorgang) würde eine höhere Halligkeit erwünschen lassen, das Abspielen von Musik (Musikhören) wird jedoch in seiner Qualität durch einen für Sprache geeigneten (und für Musik im allgemeinen zu wenig halligen) Raum günstig unterstützt, da ja praktisch alle Musikaufnahmen einen eingprägten Nachhall besitzen, welcher sich ansonsten mit dem Raumnachhall ungünstig potenzartig verknüpfen würde.

9.6.2.2. Störlärm aus dem Küchenbereich

Wie unter 7.6 erörtert sind viele moderne Wohnräume mit der Küche direkt verbunden, die Küche ist entweder ein Teil des Raumes oder in einer angelagerten Raumnische untergebracht. Eine Sichtbeziehung zwischen Küche und Wohnraum ist meist gewünscht (Kochen und gleichzeitig am Geschehen im Wohnraum teilnehmen) eine akustische Beziehung jedenfalls nur in eine Richtung, da Küchengeräusche (Geschirrspüler, Lüftung, Haushaltsmaschinen) üblicherweise als Störlärm bewertet werden.

In diesem Zusammenhang spielt in jedem Raum (und natürlich auch in einem Wohnraum) der **Hallradius**, der Übergang zwischen Fernfeld und Nahfeld eine bedeutende Rolle.

Das **Nahfeld** bezeichnet jenen Bereich in welchem die Wahrnehmung vollkommen oder überwiegend vom Direktschall der Quelle geprägt ist. Im Fernfeld hingegen wird die Wahrnehmung überwiegend von Reflexionen des Schallereignisses verschiedener Ordnung von den

Raubbegrenzungselementen bestimmt. - Der Hallradius ist die rechnerische Grenze zwischen diesen beiden in der Vorstellung idealisierten Feldern.

Wenn z. B. der Pegelmission einer störenden Schallquelle im Küchenbereich mit Bedämpfung des Raumes mit schallabsorbierenden Flächen begegnet wird, so können damit die Reflexionen zum Teil abgemindert werden, der direkte Schallanteil (welcher sich direkt von der Schallquelle zum Empfänger hin ausbreitet) jedoch nicht. Dieser Anteil wird (infolge des Wegfalls von Reflexionen und damit eines Diffusitätsanteils) durch Anwachsen des Hallradius dann sogar begünstigt.

Der Hallradius der Schallquelle, und damit das Nahfeld, in welchem die Gesetze der Schallausbreitung wie im Freien gelten, wird dadurch vergrößert. Dadurch wird die Wahrnehmbarkeit der Schallquelle im Fernfeld geringer, **in der Nähe der Quelle selbst erfolgt keine Änderung der Vernehmbarkeit bzw. der Lautheit.**

Das bedeutet, dass im Multifunktionsraum Wohnraum Schallereignisse, die als störend empfunden werden, nur teilweise dadurch verändert werden können, dass allgemein Absorptionsflächen im Raum angebracht werden.

Sollen in einem Wohnraum also einander teilweise beeinträchtigende Tätigkeiten gleichzeitig ausgeübt werden, so sollte neben einer ausreichenden akustischen Bedämpfung auch die Möglichkeit einer praktikablen temporären Abtrennung der Bereiche vorhanden sein, um den Direktschallanteil entsprechend abzumindern.

9.6.2.3. Störlärm im Raum

(z.B. Geschirrkloppern, Sesselrücken, Kinderaktivitäten)

Allgemein kann ausgesagt werden, daß bei einem hohen zu erwartenden Störlärmaufkommen eine stärkere Bedämpfung günstig ist. - Ein günstiges Absinken der Lautheit (besonders in kleinen Räumen) wird jedoch dann mit einem ungünstigen Absinken der Halligkeit erkaufte.

Die subjektive Lautheitsempfindung von Störlärm ist neben der Bedämpfung auch vom Raumvolumen, (damit verknüpft auch der Raumhöhe) und untergeordnet auch vom dem Ausmaß an Diffusität abhängig.

Da sie maßgeblichen Einfluss auf den akustischen Komfort hat, wäre eine genauere Untersuchung der Zusammenhänge (unter anderem mit den subjektiven Einflüssen der persönlichen Befindlichkeit, sowie auch dem Einfluss der aus der Lautheit herleitbaren Lästigkeit) sehr wünschenswert.

9.6.3. emotionaler Ansatz

Aus den Begehungen und dem Abweichen des Befragtenurteils von den Angaben aus der Norm ergibt sich, dass ein wesentlicher Teil des akustischen Komforts im Wohnbereich neben dem Eingehen auf Anforderungen einer speziellen Funktion in der Auseinandersetzung mit **emotionalen Forderungen** oder **Befindlichkeiten** des Nutzers liegt.

In der Musikerbefragung stand an oberster Stelle der geforderten Eigenschaften für den Wohnbereich

die **Gemütlichkeit**, gefolgt von Funktionalität und Rückzugsmöglichkeit.

An letzter Stelle lagen Repräsentation, Sicherheit und Intimität.

Wesentlich waren auch noch: **Helligkeit**, Wärme, Offenheit, Freiheit.

Hauptforderung:

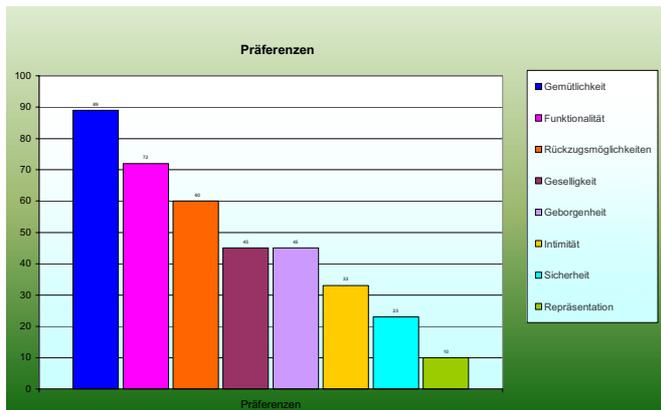
Für die Gruppe der Befragten (hier kann sicherlich auch von wesentlichen sozio-kulturellen Unterschieden ausgegangen werden) kann eine sehr polarisierte **Hauptforderung** kristallisiert werden:

Gemütlichkeit/Rückzugsmöglichkeit und Helligkeit/Offenheit.

Dieser emotionalen Forderungen muss mit den raumakustischen Eigenschaften entsprochen werden. Als Ergänzung halten wir zwei Aussagen für sehr prägnant:

1. gedämpft aber nicht dumpf, obertonreich aber nicht knallig
2. Gute Hörsamkeit für Musikwiedergabe (Radio, CD) ohne große Lautheit.

9.6.3.1. Versuch akustische Parameter für die gereihten Bewertungskriterien zu erstellen



in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit für die Befragten.

Gemütlichkeit

Die Ausübung akustischer Gestaltung kann am ehesten mit der Bedämpfung eines Raumes zum Vermeiden exzessiver Lautheit sowie Ausdehnung des Hallradius (und damit des direkten Schallfeldes („Nahfeldes“)) die Bedingung der Gemütlichkeit unterstützen.

Dies wird auch durch die in den Begehungen allgemein erkennbare Tendenz bestätigt, dass die Wohnräume in - relativ zu den Optimalwerten aus der Norm- eher bedämpfem Zustand als angenehm empfunden wurden.

Funktionalität

Dieser Begriff bedeutet allgemein überwiegend den Bezug auf eingeschränkte Tätigkeitsbereiche. Funktionalität bezieht sich stets auf Eignung eines Bereiches eine spezifische, willentlich eingegrenzte Tätigkeit in diesem Bereich auszuführen.

In akustischer Hinsicht wird die Unterstützung für gewisse Funktionen (z.B: Konversation, Musikhören oder Lesen) mit geeignet dimensionierten Maßnahmen der Schallabsorption bereitgestellt. siehe auch: 7.6.2. funktionaler Ansatz

Rückzugsmöglichkeiten

Aus akustischer Sicht ist mit diesem Attribut vornehmlich das Abgeschlossensein von „bedrohlichen“ Schallereignissen, wie z. B. Außenlärm jeglicher Art zu verstehen, wodurch sich übergangsweise die Schnittstelle zum Begriff der Bauakustik als Summe jener Maßnahmen ergibt, welche die Nutzung eines Bereiches gegen störende Einflüsse aus der unmittelbaren Nachbarschaft sicherstellen.

Zusätzlich könnte man daraus noch das Bedürfnis einer Steigerung der Sicherheit gegen Störungen und eventuell auch der Sicherung eines ungestörten, konzentrierten Ablaufes einer Tätigkeit ableiten.

Geselligkeit

Für diese Befindlichkeit einer Gruppe kann ein Zurücktreten von akustischen Anforderungen erwartet werden, und es kann – bei einem gewissen Abstand zu benachbarten Gruppen (z. B. Stammtisch oder mehrere Gruppen in einem Wohnraum) mit einem Abkoppeln (auch von akustischen Bedürfnissen) gerechnet werden. Als Einschränkung muß dafür eine gewisse Freiheit von Störungen (etwa von Nachbartischen oder -gruppen) angegeben werden – die Störung wird als akustisches Ereignis wahrgenommen und erst dann mit einer Kritik bezüglich des Raumes „beantwortet“.

Geborgenheit

Die Geborgenheit kann mit einem höheren akustischen Ruheanspruch und damit ebenfalls höherer Bedämpfung angehoben werden. Dies kann gleichgesetzt werden mit einer Vergrößerung der Absorptionsflächen - diese führen zu einer Abminderung des Nachhalls und damit verbunden einer Vergrößerung des Direktschallbereiches

Intimität

Hier weist der akustische Standpunkt mit der allgemeinen Erwartungshaltung gewisse Ähnlichkeiten auf – man hat es mit der Vorstellung eines eher kleineren Raumes abgeschiedenen Charakters zu tun.

Aus der Sicht der Raumakustik ist unter Intimität das „Eingeschlossensein“ im Klang zu verstehen, welches durch ein die Umgebung umfassendes Erleben geprägt ist. Dies mit einer guten, jedoch nicht zu hohen diffusen Schallverteilung, die den Klang - im Sinne besserer räumlicher Verteilung - unterstützt.

Sicherheit

Der Begriff der Sicherheit ist sehr weitgespannt und sprengt den Rahmen der gegenständlichen Betrachtungen. In raumakustischer Hinsicht wird das Gefühl der Sicherheit in einem Raum unterstützt durch eine hohe Vernehmbarkeit und sehr gute Ortbarkeit von Geräuschen

Repräsentation

Als repräsentativ können Räume mit eher schallharten, stark reflektierenden Oberflächen angesehen werden, wobei diese Raumbildung auch mit der Erfahrung bzw. dem Erleben dieser Art von historisch einschlägig ausgestatteten Räumen verknüpft sein dürfte.

Der menschlichen Stimme wird durch die Unterstützung mit Nachhall ein gewisser feierlicher Charakter „unterlegt“, welcher allgemein mit der Erwartungshaltung repräsentativer Erscheinung verbunden ist.

Jedenfalls ist daher anzunehmen, daß ein hochbedämpfter Raum mit kostbarer Ausstattung – aus akustischer Sicht – nur eingeschränkte Repräsentativität aufweist.

9.6.3.2. Akustische Parameter für die mit Mehrheit zusätzlich erwähnten Bewertungskriterien

Helligkeit

Unter Helligkeit (oder auch Brillanz kann ein starkes Vorhandensein hoher Frequenzanteile verstanden werden.

Im Allgemeinen rufen

tiefe Frequenzanteile eine klangliche Wärme
mittlere Frequenzanteile eine klangliche Präsenz und
hohe Frequenzanteile eine klangliche Brillanz

hervor.

Transparenz wiederum entsteht bei gleichzeitig mit nicht zu starkem Nachhall ausreichend vorhandener Brillanz. –

Aus dem Bemühen eines Gleichgewichts heraus kann ein Obertonreichtum eines Instrumentenklanges in Richtung unverfärbter, hoher Klangtreue entstehen.

Wärme

wie vorher erwähnt, rufen tiefe Frequenzanteile klangliche Wärme hervor.

9.7. Zusammenfassung

Als Ergebnis der vorliegenden Studien lässt sich ableiten, dass raumakustischer Komfort im Wohnbereich gegeben ist, wenn eine signifikante Anzahl von Testpersonen die allgemeinen akustischen Eigenschaften des Raumes unter dem Attribut "**angenehm**" subsummiert.

Dies ist der Fall,

wenn 1. die subjektive Empfindung der Lautheit von Störlärm möglichst niedrig ist

wenn 2. den Schallereignissen Sprache und Musikhören (Radio) hohe Verständlichkeit, Ortbarkeit und Klangtreue attestiert wird und

wenn 3. die emotionalen Befindlichkeiten von Gemütlichkeit und Helligkeit ausreichend unterstützt werden.

Im Vergleich zu den in der Önorm für Sprache angegebenen optimalen Nachhallzeiten für das entsprechende Volumen wurde hier die - konsequent durchlaufende - Tendenz zu einer um 0,1-0,2 sek. kürzeren Nachhallzeit festgestellt.

Mit dieser etwas höheren Bedämpfung des Raumes zum Vermeiden exzessiver Lautheit sowie zur Ausdehnung des Hallradius (und damit des direkten Schallfeldes („Nahfeldes“) wird die Bedingung der Gemütlichkeit unterstützt.

Um der Polarität von Gemütlichkeit(Wärme) und Helligkeit (Brillanz) (siehe Erklärung unter 7.6.3.2) zu entsprechen, ist auch im Wohnbereich - und nicht nur im Konzertsaal - eine Ausgewogenheit aller Frequenzbereiche von großer Bedeutung. Unregelmäßigkeiten werden hier von den Musikern allerdings klarer negativ artikuliert.

Im speziellen in den höheren Frequenzbereichen scheint das **Optimum der Nachhallzeit nur sehr schmal zu sein.**

Bezüglich des Einflusses der Diffusität auf die Halligkeit lässt sich aus der Erfahrung heraus bei guter Schallverteilung eine höhere Toleranzgrenze der Halligkeit (im Sinne einer größeren Streubreite möglicher Nachhallzeiten) ableiten.

9.8. Konsequenzen für den Raum

9.8.1. Planparallelität

Ein schon geringfügiges Abgehen von der Planparallelität bringt generell eine bessere Schallverteilung im Raum. Hier sind zumindest Abweichungen von ca. 3° erforderlich. Diese Abweichung von der Planparallelität wäre auch hinsichtlich Ausformung der Decke in Bezug auf den Fußboden durchaus wünschenswert.

9.8.2. Vielfalt/Material

Im Allgemeinen ist für die Qualität der Raumakustik in Aufenthaltsräumen eine Vielfalt bezüglich der Eigenschaften der raumumschließenden Flächen von Vorteil.

Wenn z.B. ein Raum eine Betondecke und einen Boden mit Estrich und Klebeparkett (wie dies oft in Wohnräumen der Fall ist – statt Parkett u.U. auch PVC Belag) besitzt, weiters teilweise tragende Wände aus Beton oder Ziegel, so sind im Sinne der Vielfalt leichte innere Trennwände aus Ständerkonstruktionen mit Gipskarton oder Sperrholz solchen aus Beton oder Betonsteinen vorzuziehen. Anzudenken sind Vorsatzschalen oder Ständerwände auch mit unterschiedlichen Beplankungsstärken, unterschiedlichen Profilquerschnitten und teilweise auch gelochten Platten (z.B. eine gelochte vor einer ungelochten)

9.8.3. Tiefenabsorber/ Höhenabsorber

Üblicherweise sind Wohnräume durch die Möblierung (Polstermöbel, Teppich, Vorhang,) ausreichend bis zuviel mit porösen Absorbern ausgestattet. (diese bewirken eine Absorption der hohen Frequenzen bei einer starken Abnahme etwa im 500 Hz - Bereich gegen tiefe Frequenzen hin).

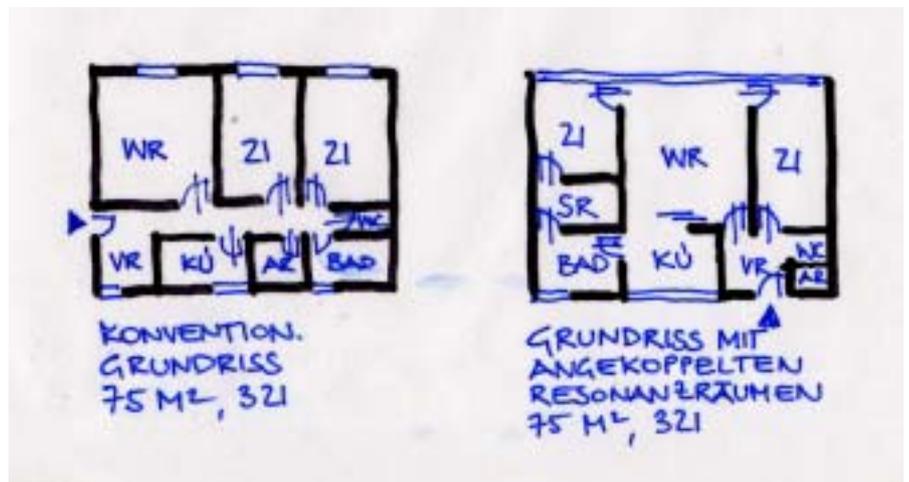
In allgemein zu geringem Ausmaß vorhanden sind dagegen meistens **Mitten – und Tiefenabsorber**. Diese sind auch kaum durch entsprechende Einrichtung einzubringen und sollten daher in der Planung nicht vernachlässigt werden.

Als Tiefenabsorber können alle großen freischwingenden schweren Platten verwendet werden z. B. große Fensterscheiben, Vorsatzschalen aus Sperrholz und Gipskarton, Ständerwände aus Gipskarton, große raumhohe Schiebetüren geringerer Dicke, etc.

Hinsichtlich der Höhenabsorber (Möbel) könnten grobe Vorschläge in einer allgemeinen Nutzerfibel zusammengefasst werden.

9.8.4. Resonanzräume, Volumen

In konventionellen Wohnungsgrundrissen, wo alle Räume von einem Gang aus erschlossen werden, steht dem Raum nur sein jeweiliges Volumen zur Verfügung. In einer Grundrissdisposition, bei der die einzelnen Räume miteinander durch (möglichst große) Öffnungen verbunden werden können, wird das Volumen eines Raumes durch die angekoppelten Volumina der anderen Räume vergrößert (je nach Größe der Öffnung). Dies bewirkt erstens eine Reduzierung der Lautheit im Raum selbst, zweitens können durch die Ankoppelung von Räumen einer anderen Halligkeit die Wirkung im Raum selbst modifiziert werden. Die optisch erweiternde Wirkung einer solchen Kopplung findet also in der Raumakustik ihr Pendant.



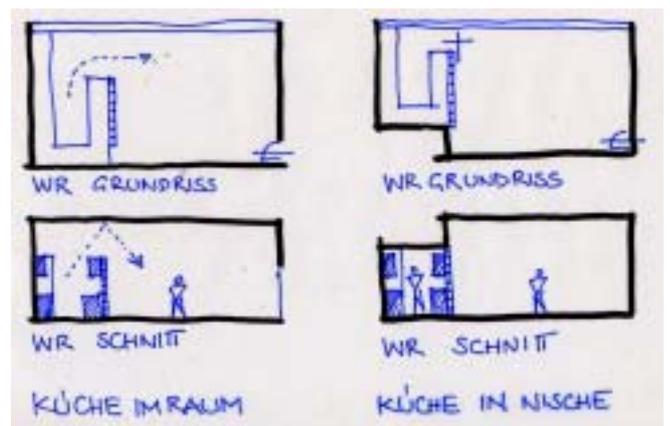
Die optisch erweiternde Wirkung einer solchen Kopplung findet also in der Raumakustik ihr Pendant.

9.8.5. Lage der Küche

Da von der Küche wie schon erwähnt Störlärm ausgeht, der im übrigen Wohnraum unerwünscht ist, ist eine Situierung direkt im Wohnraum ohne jede Maßnahme akustisch unbefriedigend.

1. Verbesserung: Paravent wie in linker Zeichnung.

Die dargestellte Abtrennung wirkt nach dem Prinzip einer Lärmschutzwand, und zwar horizontal und auch vertikal. Jedoch ist eine ausreichende Wirkung nur bei hoher Schallabsorption an der Decke möglich, sodass Übersprechvorgänge über letztere verhindert werden.



2. Verbesserung, Küche in Nische , die mit Schiebewänden und Glas zur Gänze abgetrennt werden kann. (Abbildung rechts

Mit dieser Maßnahme kann - gegenüber obigem Fall - einer erhebliche Verbesserung erreicht werden, zumal jegliche Übersprechvorgänge um die Lärmschutzwand herum vermieden werden und damit praktisch die Luftschalldämmung der Trennwand maßgeblich wird.

9.8.6. Raumproportionen

Das Vermeiden von ganzzahligen Vielfachen bezüglich der Wahl der Raumproportionen führt zu einer besseren Verteilung der Eigenmoden und damit zu einer gefälligeren Hörsamkeit.

Die Schwächen bei zu niedrigen Räumen bestehen bei kleinen Räumen in einem ungünstigen Anwachsen der Lautheit (bei größeren Räumen werden dann zu den entfernt sitzenden Zuschauern zu wenig günstige Deckenreflexionen abgestrahlt).

Hinsichtlich Störlärm und niedrigen Räumen kann ausgesagt werden, dass die Reflexionen von nahen Raumbegrenzungsselementen stärker ausfallen (Abstand des Ohres von der Decke bei 2,50 m Raumhöhe 0,70 m, bei einer Raumhöhe von 3,20 m mit 1,40 m doppelt soviel)

9.8.7. Optimierung der Schallverteilung

Eine Optimierung der Schallverteilung ist in einem geringfügigen Abrücken von der Planparallelität zu suchen.

Es kann geometrisch nachgewiesen werden, daß in einem quaderförmigen Raum - besonders bei Quellenpositionen außerhalb der Raummitte - sich eine gleichmäßige Schallverteilung erst nach den Reflexionen 5. - 6. Ordnung einstellt. - Durch eine Gliederung der Oberflächen mit kleinen Winkeln außerhalb der Planparallelität tritt im Vergleich dazu eine gleichmäßige Schallverteilung schon erheblich früher ein.

9.8.8. Ausbildung unterschiedlicher Bereiche

Da seitens der Befragten sehr stark die polare Forderung Gemütlichkeit, Wärme einerseits und Helligkeit andererseits aufgestellt wurde, wäre es denkbar, in Wohnräumen, die von ihrer Disposition in unterschiedliche Bereiche gegliedert sind (wie in der nebenstehende Abbildung) auch akustisch unterschiedliche Bereiche auszuformen.

Die belebende Wirkung von Kontrasten auf den Organismus sind von anderen Sinnesreizen (wie Licht und Schatten oder der Ausbildung unterschiedlicher Temperaturzonen) schon längere Zeit bekannt.

In sehr hellen Bereichen (Zeichnung: Essplatz) könnten die akustischen Eindrücke durchsichtig und brilliant in Abstimmung auf Sprache und mäßige Lautheit unterstützt werden (der Störlärm Küche ist durch eine Schiebetür abschirmbar), in dunkleren Bereichen (Zeichnung rechts: Sitzbereich) könnte auf wärmeren und volleren Klang (Sprechstimme) abgestellt werden.

Raumakustisch muss dabei berücksichtigt werden, dass von stärker reflektierenden Wohnraumbereichen jedoch Reflexionen - wenn auch in abgeminderter Form - in den unterschiedlich ausgelegten, akustisch tieffrequent geprägten ("warmen") Bereich zurückgeworfen werden. Andererseits kommt von den umliegenden Bereichen stärkerer Tiefenabsorption weniger an reflektierter Schallenergie zurück.



10. Materialtests

Eine Aufgabe im Forschungsvorhaben war, die akustische Eignung von ökologischen Materialien mit besonderem Augenmerk auf Lehm zu untersuchen. Unter Kap. 3.5 wurde dargestellt welche Materialien und Materialeigenschaften konventionell in der Raumakustik und Bauakustik zum Einsatz kommen. Daraufaufbauend wurde eine Liste ökologischer Alternativmaterialien für die einzelnen Anwendungsbereiche aufgestellt und recherchiert, zu welchen Materialien es schalltechnisch relevante Kenndaten gibt.

Daraus wurde folgendes abgeleitet:

Bezüglich es Baustoffes Lehm ist der interessanteste Aspekt das Zusammenführen seiner Materialeigenschaften in den Bereichen Akustik, Wärmespeicherung und Feuchtespeicherung. Daher wurde im Rahmen des Forschungsprojektes eine Vorsatzschale aus Schilf/Lehm entwickelt und im Rahmen einer Luftschallmessung geprüft. Diese Vorsatzschale soll im Projekt **themenwohnen[^]musik** für die Überäume zum Einsatz kommen.

Weiters wurde im Rahmen der Recherche festgestellt, dass für die raumakustisch relativ häufige Anwendung von porösen Schallschluckern (Höhenabsorber) eine Mehrzahl von ökologischen Materialien in Frage kämen, jedoch nur für einige die – für raumakustische Überlegungen erforderlichen - Absorptionsgrade vorliegen.

Daher wurden für den Baustoff Schafwolle Absorptionmessungen durchgeführt.

10.1. Lehmputz

10.1.1. akustische Eigenschaften

Lehmverputz kann aus raumakustischer Sicht zu den weitgehend schallharten Oberflächen gerechnet werden, und ist hier von seiner Wirkung her in eine Gruppe mit anderen konventionellen Putzen wie Gipsputz, Kalkputz oder KZM Putz einzureihen.

Seine Wirkung in raumakustischer Hinsicht (wenn er auf einen Körper hoher Masse aufgebracht wird) ist daher eine weitgehend verlustfreie Reflexion. Ein relevanter Unterschied zu konventionellen Putzen, liegt beim Lehmputz daher nicht vor.

Eine Veränderung der Oberflächenstruktur durch verschiedene Putzzusammensetzungen, Putzstrukturen oder -muster ergibt eine Änderung der Rauigkeit maximal im Bereich von 1 –2 cm. Aus der geometrischen Raumakustik ergibt sich, dass ein Hindernis in der Größenordnung der Wellenlänge zu einer diffusen Reflexion führt. Wenn nun eine Rauigkeit der Wand von etwa 2 cm „Gliederungsbreite“ (bei mindestens etwa 3 mm Gliederungstiefe) betrachtet wird, dann entspricht dies einer Wellenlänge von 17 kHz. Ein Schallereignis dieser Frequenz wird diffus gestreut, jedoch geht dieser Effekt zu größeren Wellenlängen (und damit tieferen Frequenzen) in eine ebene Reflexion über.

Dies ist raumakustisch nicht weiter interessant.

10.1.2. Verwendung als Vorsatzschale

Ein interessanterer Aspekt des Lehmes ist seine (im Verhältnis zu anderen Putzen) höhere Elastizität. Dies ist dann der Fall, wenn Lehmputze mit Faserbeimischungen verwendet werden (für die Versuche wird Hanffeinfaser – Lehmputz, Fabrikat natur&lehm verwendet) Die Kombination hohe Masse und Gutmütigkeit im Rissbildungsverhalten ließ interessante Ergebnisse hinsichtlich einer Verwendung als biegeweiche Vorsatzschale erwarten

Durch die Verwendung von Lehm wurde eine Erhöhung der Masse und zugleich eine etwas geringere Biegesteifigkeit erwartet, wodurch eine relativ tiefe Resonanzfrequenz erwartet werden konnte (die Resonanzfrequenz eines elastischen Masse-Feder-Systems ist jene Frequenz, bei

welcher infolge äußerer Anregung ein Mitschwingen eintritt – bei einer biegeweichen Vorsatzschale führt dieses Mitschwingen zu einem „Einbruch“ der Schalldämmung).

Solche Vorsatzschalen werden zur Erhöhung des Schalldämmmaßes zwischen Räumen verwendet und üblicherweise wie folgt ausgeführt:

10.1.2.1. Konventionelle Vorsatzschalen

Holzstaffeln oder Aluprofile werden mittels Schwingbügel elastisch an eine massive Wand montiert, sie dienen als Träger für eine oder mehrere Lagen aus Gipskartonplatten. (Im Wohnbau wird standardmäßig eine Lage verwendet)

Diese Konstruktion stellt ein vom massiven Bauteil gut abgekoppeltes System dar, mit welchem eine sogenannte "Zweischaligkeit" hergestellt wird. Dabei wird durch den elastischen Anschluss des Ständerwerks von der raumseitig angeordneten Vorsatzschale ein reduzierter Anteil an Körperschallenergie in die massive Struktur übertragen. Der Hohlraum wird üblicherweise mit Glaswolle oder Steinwolle bedämpft.

Diese sehr häufig eingesetzte Konstruktion weist folgende Schwächen auf: Die GK Platte ist eher leicht (spez. Gew.: 900 kg/m^3), sie hat eine relativ geringe Wärmespeicherfähigkeit Q_s und auch ihre Fähigkeit Wasserdampf aufzunehmen ist gering. Sie schwächt daher die Pufferfähigkeit eines Raumes hinsichtlich Wärme und Feuchtigkeit gegenüber einer Massivwand deutlich.

10.1.2.2. Vorsatzschale mit Lehmverputz

In den später detailliert beschriebenen Messungen sollte nun eine Vorsatzschale aus lehmverputzten Schilfplatten gemessen und im Vergleich mit der konventionellen Vorsatzschale bewertet werden. Wenn die Konstruktion in schalltechnischer Hinsicht entspricht (gleich gut oder besser ist als die GK Variante) so kann sie zusätzlich durch ihre hervorragenden Puffereigenschaften punkten: die Wärmespeicherfähigkeit ist auf Grund des wesentlich höheren Gewichtes (spez. Gew. 1800 kg/m^3) bei gleicher Materialstärke doppelt so hoch, die Feuchtigkeitsaufnahmefähigkeit weist die unter 8.3.1. beschriebenen hohen Werte auf. Auf der Kombination dieser Sorptions- mit einer fast ebenso hohen Desorptionsleistung beruht die leistungsfähige Feuchtepufferung.

10.2. Luftschallmessung einer Vorsatzschale mit Lehmverputz

10.2.1. Beschreibung der Konstruktion

Auf eine massive Wand werden Holzstaffeln mit einem Achsabstand von 50 cm auf Schwingbügel montiert. Auf diese werden vollflächig 2 cm starke Schilfdämmplatten als biegeweiche Putzträger montiert. Auf diese Schilfdämmplatten wird Lehmputz aufgebracht, der mit einer Lage Jutegewebe bewehrt ist

Die Hohlräume werden mit Flachsdämmplatten bzw. Schafwolle bedämpft.

Es werden 2 verschiedene Wandabstände (50 und 35 mm) und 3 verschiedene Lehmputzstärken gemessen. Darstellung der Details im Anhang.

10.2.1.1. Versuchsaufbauten:

Um vergleichende Messungen durchführen zu können, besteht der Aufbau 1 lediglich aus dem Trennbauteil.

Aufbau 2 besteht aus dem Trennbauteil mit konventioneller GK Vorsatzschale

ab Aufbau 3 beginnen die Aufbauten der verschiedenen Lehmvorsatzschalen. Da in den Messprotokollen die Aufbauten andere Bezeichnungen haben, sind diese Bezeichnungen in der Folge zusätzlich zu der numerischen Bezeichnung angeführt.

Aufbau 1 Zmwk

Bauteil	mm	Material
Trennbau teil	170	Hochlochziegel, vollfugig vermörtelt

Aufbau 2 Zmwk + GKP

Bauteil	mm	Material
Trennbau teil	170	Hochlochziegel, vollfugig vermörtelt
Vorsatzschale		Holzlat ten 40/60 auf Schwingbügel, dazwischen 40 mm Hohlraumbedämpfung Flachsdämmplatten
	50	
	15	Gipskartonplatte
Summe	65	

Aufbau 3 Zmwk + LehmVS 1 Lage

Bauteil	mm	Material
Trennbau teil	170	Hochlochziegel, vollfugig vermörtelt
Vorsatzschale		Holzlat ten 40/60 auf Schwingbügel, dazwischen 40 mm Hohlraumbedämpfung Flachsdämmplatten
	50	
	20	Schilfdämmplatte
	20	Lehmputz
Summe	90	

Aufbau 4 Zmwk + LehmVS 2 Lagen

Bauteil	mm	Material
Trennbau teil	170	Hochlochziegel, vollfugig vermörtelt
Vorsatzschale		Holzlat ten 40/60 auf Schwingbügel, dazwischen 40 mm Hohlraumbedämpfung Flachsdämmplatten
	50	
	20	Schilfdämmplatte
	35	Lehmputz 2lagig
Summe	105	

Aufbau 5 Zmwk + LehmVS 3 Lagen

Bauteil	mm	Material
Trennbau teil	170	Hochlochziegel, vollfugig vermörtelt
Vorsatzschale		Holzlat ten 40/60 auf Schwingbügel, dazwischen 40 mm Hohlraumbedämpfung Flachsdämmplatten
	50	
	20	Schilfdämmplatte
	50	Lehmputz 3lagig
Summe	120	

Aufbau 6 Zmwk + LehmVS II 1 Lage

Bauteil	mm	Material
Trennbau teil	170	Hochlochziegel, vollfugig vermörtelt
Vorsatzschale		Holzlat ten 30/60 auf Schwingbügel, dazwischen 30 mm Hohlraumbedämpfung Schafwolle Dämmbahn
	35	
	20	Schilfdämmplatte
	20	Lehmputz
Summe	75	

Aufbau 7 Zmwk + LehmVS II 2 Lagen

Bauteil	mm	Material
Trennbau teil	170	Hochlochziegel, vollfugig vermörtelt
Vorsatzschale		Holzlat ten 30/60 auf Schwingbügel, dazwischen 30 mm Hohlraumbedämpfung Schafwolle Dämmbahn
	35	
	20	Schilfdämmplatte
	35	Lehmputz 2 lagig
Summe	90	

Aufbau 8 LehmVS II 2 Lagen alleine

Bauteil	mm	Material
Vorsatzschale		Holzlat ten 30/60 auf Schwingbügel, dazwischen 30 mm Hohlraumbedämpfung Schafwolle Dämmbahn
	35	
	20	Schilfdämmplatte
	35	Lehmputz 2 lagig
Summe	90	

10.2.1.2. Baustoffe

Trennbauteil:

Wienerberger Porotherm 17 – 50, unverputzt, vollflächig vermörtelt, Fugen verschlossen

Hohlraumbedämpfung:

40 mm: Flachsdämmplatten DPS 040 der Fa. Waldviertler Flachshaus GmbH, 3533 Friedersbach, von der Firma zur Verfügung gestellt

30 mm : Schafwolle Dämmbahn 30 mm der Fa. Orig. Villgrater Naturprodukte, 9932 Innervillgraten, von der Firma zur Verfügung gestellt

Trägermaterial:

20 mm Schilfdämmplatten 1000/2000 mm der Fa. Dravitsch 7071 Rust, von der Firma natur & lehm Lehmbaustoffe GmbH zur Verfügung gestellt.

Verputz:

Lehmputze der Firma natur & lehm Lehmbaustoffe GmbH, von der Firma zur Verfügung gestellt

10.2.1.3. detaillierte Beschreibung Schilf und Lehm

Trägermaterial:

1. Schilfrohrplatten, d =20mm

Schilfrohrplatten, Stärke=20mm, mit verzinktem Draht gebunden; Format 200 x 100 cm; im Verband dicht gestoßen an die Unterkonstruktion geschraubt; Befestigung mit rostgeschützten Bauschrauben 50 mm und Karosseriescheiben

2. Grundierung Lehmschlämme

Lehmschlämme aus n&l Trockenlehm-pulver TLP-S, gespritzt oder gebürstet auf Schilfdämmplattenoberfläche aufgebracht
Auftragsdicke: ca. 0,1 – 0,2 mm

Verputz: Aufbau 3 und 6

1. eine Lage Putz 20 mm

Lehmputz, 2- lagig, Zusammensetzung:
Lehm und gemischtkörniger Sand, Unterputz (Körnung 0-3 mm), mit Hanffasern;
Oberputz (Körnung 0-2 mm) mit Hanffasern,
2-lagig, bei nichtsaugenden Untergründen,
Ausführung:

Grobputz G03 mit Hanffaser

Feinputz F02 mit Hanffaser

Putzdicke: 20 mm

2. Putzarmierung, Jutegewebe

n&l Jutegewebe zum Überspannen der Plattenstöße als Flächenüberspannung im in den Putz (Oberputz) einarbeiten.

Überlappung: 50 mm

Aufbau 4 und 7: Erhöhte Putzstärke 35 mm

Lehmputz, 1- lagig, gerieben; in 2 Arbeitsgängen

F02 Lehm-Feinputz mit Hanffaser

Lehmputz, 1- lagig, an Wänden im Innenbereich,
aus Lehm, gemischtkörnigem Sand
(Körnung 0 - 2 mm) und Hanffeinfasern.

Putzgrund: trockene Putzoberfläche von Aufbau 3 und 6

Putzdicke: 12 -15 mm

Oberfläche: gerieben

Feinputz F02 mit Hanffaser

Gesamtputzdicke: 35 mm

Aufbau 5: Putzstärke 50 mm

Lehmputz, 1- lagig, gerieben; in 2 Arbeitsgängen

F02 Lehm-Feinputz mit Hanffaser

Lehmputz, 1- lagig, an Wänden im Innenbereich,
aus Lehm, gemischtkörnigem Sand
(Körnung 0 - 2 mm) und Hanffeinfasern.

Putzgrund: trockene Putzoberfläche von Aufbau 4

Putzdicke: 12 -15 mm

Oberfläche: gerieben

Feinputz F02 mit Hanffaser

Gesamtputzdicke: 50 mm

Alternativ:

Feinputz FF02 mit Hanffaser und Flachsschäben, Oberfläche mit grobem Schwammbrett rau strukturiert gerieben, wie für nachfolgenden Anstrich mit Kaseinfarbe

Die Aufbauten 6 und 7 erfolgen analog 3 und 4 mit geringerem Wandabstand

10.2.2. Beschreibung des Prüfstandortes

Der Versuchsstand befand sich in einem Lagerraum der Fa. Zöchbauer in Winzing.

In einem Lagerraum von 25,31 m² Größe und 2,89 m Höhe wurde durch den Trennbauteil aus Porotherm 17 ein Senderraum mit 32,25 m³ und ein Empfangsraum mit 39,5 m³ geschaffen.

Die Flankenbauteile waren aus 25 cm Kiesbetonsteinen, die Decke (Deckenstärke 16 cm) bestand aus Stahl I trägern mit eingelegten Hourdis ziegeln und 8 cm Aufbeton.

Ein Deckenfeld im Senderraum wurde durch eine 16 cm STB decke ersetzt.

Ein Kellerabgang wurde mit Ebenseer Macuphonsteinen (d= 25 cm) vermauert, die Fenster und Türöffnungen wurden mit 25 mm Ridurit Feuerschutzplatten verschlossen, die in ein umlaufendes Mörtelband an den Fensterstöcken versetzt wurden.

Der Trennbauteil wurde auf einem Betonstreifenfundament errichtet und zur Erhöhung der Steifigkeit mit 2 Pfeilern mit ungleichen Achsabständen versehen, er stand mittig unter einem Stahlträger.
siehe Detailzeichnungen im Anhang.

10.2.3. Durchführung der Messung

Der Trennteil wurde zuerst alleine gemessen.

Daraufhin wurde eine konventionelle Vorsatzschale aus Gipskarton aufgestellt und dieser Aufbau mit dem Trennteil wiederum gemessen.

Die GK Vorsatzschale wurde abgetragen und durch die 1. Lehmvorsatzschale (Aufbau 3, Zmwk+ LehmVS 1Lage ersetzt.

Durch hinzufügen jeweils einer weiteren Lage Putz wurden die Aufbauten 4 und 5 (LehmVS 2 Lagen und LehmVS 3 Lagen) hergestellt und gemessen.

Die letzte Vorsatzschale wurde entfernt und ein neues Ständerwerk mit geringerem Wandabstand aufgebracht. Darauf wurden erneut Schilfdämmplatten und eine Lage Lehmputz aufgetragen (Aufbau 6, LehmVS II 1Lage) und der Aufbau gemessen.

Als letzte Vorsatzschale wurde Aufbau 7 durch Aufbringen einer 2. Putzlage hergestellt und gemessen.

Danach wurde der Trennteil vorsichtig entfernt und die Vorsatzschale mit 2 Lehmputzlagen alleine gemessen.

Danach war die Messung beendet.

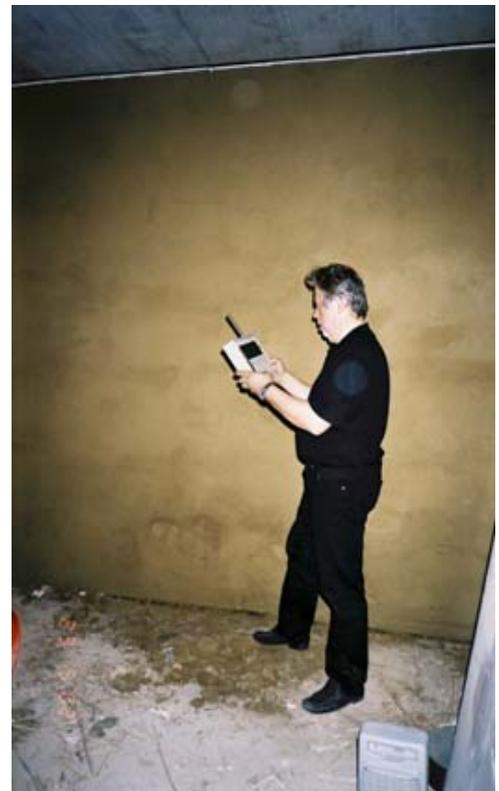
10.2.4. Art der Messung

Die Art der Messung (Trennteil zuerst alleine, in weiterer Folge mit einer konventionellen Vorsatzschale aus 15 mm GKP, nach Abschluss der Messungen an den Schilf/Lehm Vorsatzschale: letzte Vorsatzschale alleine) wurde in dieser Weise gewählt um die gemessenen Daten bewerten zu können.

Es wurden vergleichende Messungen der Luftschalldämmung der schalltechnischen Verbesserung einerseits einer konventionellen Vorsatzschale und andererseits einer Schilf/Lehmkonstruktion auf einer Ziegelwandkonstruktion durchgeführt.

Dabei sollten möglichst viele Randbedingungen konstant gehalten werden. - Wichtig sind waren nicht nur die Luftschalldämmmaße der Vorsatzschalen allein, sondern jeweils in Verbindung mit der Ziegelwand als komplexe zweischalige Systeme.

im Anhang: planliche Darstellung



10.2.5 Prüfbericht

Die vollständigen Messprotokolle im Anhang, liegen in elektronischer Form vor.

10.2.6. Ergebnisse

Die am Prüfstand in Winzing durchgeführten Messungen der Luftschalldämmung haben ergeben, dass die entwickelte Vorsatzschale aus Schilf/Lehm anstelle einer Vorsatzschale aus GKP verwendet werden kann und bauakustischer Hinsicht ähnliche Resultate erzielt.

Von den Massen dieser – in mehreren Lagen gemessenen - Vorsatzschale her waren zwar grundsätzlich höhere Werte zu erwarten, es muß auf Grund der Ergebnisse jedoch angenommen werden, dass sich infolge des Abbindens der Schichten eine scherfeste Verbindung ergab und andererseits sich die – doch erwartete – Elastizität des Lehm nicht einstellte. Dadurch wurde die Biegesteifigkeit der Lehmvorsatzschale ungünstigerweise erhöht. – Im Gegensatz dazu wird bei GKP-Vorsatzschalen mit mehreren Lagen keine vollflächig scherfeste Verbindung hergestellt, sondern nur im Bereich der Ständerwerke.

Trotzdem könnte der Aufbau 7(Zmwk+VS II 2 Lagen) kann daher in den Überäumen anstelle der konventionellen Vorsatzschale eingesetzt werden.

Mit dieser Vorsatzschale (35 mm Lehm, Flächengewicht 56 m²) kann im Vergleich zu einer doppelt beplankten GK vorsatzschale aufgrund der höheren spez. Wärmekapazität und der höheren Masse gut die 2,5 –fache Wärmespeicherkapazität erzielt werden, im Vergleich mit der im Wohnbau üblicherweise eingesetzten einfachen GK vorsatzschale sogar die 5 fache . Hinsichtlich der Feuchtspeicherkapazität verhalten sich die Werte ähnlich.

10.3. Absorptionsmessungen für Schafwolle Dämmfilze

Die im Hallraum durchgeführten Schluckgradmessungen zeigen, dass die geprüften Schafwolleunterlagen grundsätzlich die gleichen schallschluckenden Eigenschaften aufweisen wie Mineral- und Steinwolleunterlagen vergleichbarer Dicke.

Auch bei diesem Typ poröser Absorber stellt sich der zu erwartende Anstieg des Absorptionsgradverlaufes ein. Es können daher folgende Eigenschaften erwartet werden:

- stärkerer Anstieg des Schluckgrades bei geringeren Dicken der Größenordnung von 4 cm im Bereich zwischen 315 und 500 Hz
- gute Breitbandwirkung ab 8 cm (besser noch 10 cm Dicke)

Auf den komplexen Zusammenhang zwischen Frequenzgang des Absorptionsgrades, Porosität und längenspezifischer Strömungsresistenz - als Wirkanteil der (Eingangs-)impedanz eines porösen Schallschluckers soll dabei hier nicht eingegangen werden.

Die vollständigen Protokolle der Messung sind im Anhang zu finden.

11. Ergebnisse und Schlußfolgerungen:

11.1. Energieeffizienz und Standort

Energieeffizienz ist ein Thema das- bevor noch eine Planung beginnt –externe Parameter kennt, die manchmal entscheidender sind als die Möglichkeiten der Gebäudeplanung selbst. Je niedriger der Energieverbrauch des Hauses in Bezug auf Raumwärme, Warmwasser und Strom ist, desto entscheidender wirken sich diese Rahmenparameter auf die gesamte Energiebilanz aus.

Als solche Rahmenparameter können genannt werden:

die Anbindung an öffentlichen Verkehr

Nutzbarkeit vorhandener Infrastruktur

die Frage der Bauweise (offen oder geschlossen)

Bauklasse, Volumen

solare Ausrichtung

Es war erklärtes Ziel der Projektes einen innerstädtischen Standort auszuwählen, der im Sinne der innerstädtischen Nachverdichtung für das Kriterium der Gesamtenergieeffizienz eine deutlich bessere Ausgangslage bietet, als sie kleinvolumigen Bauten in neu gewidmeten Siedlungsgebieten zur Verfügung steht.

11.1.1. Transmissionsverluste

Obwohl das Gebäude teilweise eine plastische Oberflächengestaltung aufweist, und dem Kriterium der Oberflächenminimierung nur insoweit genügt, als dies mit der Gestaltung der Erscheinung im Stadtraum und den Anforderungen an Wohnqualität vereinbar war, konnte gezeigt werden, dass, um die gleiche thermische Performance/ m² Nutzfläche –nämlich Passivhausqualität- zu erreichen, mit deutlich geringeren Dämmstoffdicken das Auslangen gefunden werden kann, als dies bei kleinen freistehenden Bauten der Fall ist. (Aussenwand ca. 18 cm, Dach ca. 22 cm Vollwärmeschutz)

11.1.2. Städtebau/ Bebauungsplan

Die für das Projekt vorgesehene Liegenschaft weist Bebauungsvorschriften hinsichtlich der Bauklasse im Hofbereich auf, die mit optimaler Energieeffizienz und solarer Ausrichtung nicht konform gehen. Um auf dem Grundstück die lt. Bebauungsplan vorgesehen Kubatur optimal positionieren zu können, hätte es einer Widmungsänderung bedurft. Das Verfahren einer Widmungsänderung ist in der momentanen Form für einzelne Liegenschaften aus zeitlichen Gründen (5 - 10 Jahre) nicht geeignet, andere Verfahren fehlen.

Es gibt derzeit kein rechtliches Instrumentarium für die Behörden, das es ermöglichte, auf Planungsvorschläge die in Richtung solarer Erträge und Energieeffizienz optimiert sind flexibel zu reagieren.

Für die ‚Häuser der Zukunft‘ im städtischen Umfeld wird es von nachhaltiger Bedeutung sein, ob zugunsten der Kriterien Energieeffizienz und Besonnungs=Wohnungsqualität auf städtebaulicher Ebene Instrumentarien entwickelt werden, die die erforderliche Flexibilität gewährleisten.

11.1.3. Nutzflächen

In Stadtgebieten, in denen im Bebauungsplan Baufluchtlinien vorgegeben sind, werden Projekte die einen höheren als den geforderten Dämmstandard aufweisen, dadurch benachteiligt, dass die höhere Wandstärke sich zu Lasten der Nutzfläche auswirkt, da die max. Außenumhüllende fixiert ist. Dadurch kommt es zu einer doppelten Kostenerhöhung/ m² Nutzfläche: einmal durch die Dämmstärkenenerhöhung, zum anderen durch den Nutzflächenverlust.

11.2. Nutzerprofil, Raumprogramm

Die gewählte Methode der Befragung auf 3 Ebenen (allgemeine Fragebögen, Einzelinterviews und Workshops mit Nutzervertretern) ist sinnvoll um sowohl hinsichtlich Nutzerprofil als auch hinsichtlich der Anforderungen an das Raumprogramm signifikante Ergebnisse zu erzielen. Dabei ist zu beachten, dass die Befragungen nur bedingt unabhängig voneinander geführt werden können, da Teilergebnisse aus Befragungen wiederum neue Fragestellungen provozieren. Der Prozess sollte in abnehmender Intensität die gesamte Planungsphase begleiten.

Die Befragungen haben gezeigt, dass die Nutzergruppe Musiker an Fragen der Ökologie, Nachhaltigkeit und Energieeffizienz nur mäßig interessiert ist aber gleichzeitig hinsichtlich der für sie essentiellen Forderung eines ungestörten Überbetriebes unter hochwertigen Komfortbedingungen von den Maßnahmen mechanische Lüftung und Luftfeuchtkonditionierung in hohem Ausmaß profitieren würde.

Um die erforderliche Annäherung in dieser Hinsicht sicherzustellen, müssen die Interessenten schrittweise in mehreren Informationen an die Vorteile und Möglichkeiten der technischen Ausstattung herangeführt werden. Ebenso wird eine Nutzerfibel ähnlich eines Bedienungshandbuches unerlässlich sein.

Die Auswertung der Ergebnisse hat gezeigt, dass eine Verdopplung der momentan vorgesehenen Projektgröße sinnvoll wäre. In der gegenwärtigen Projektgröße kann der Veranstaltungssaal nur mit Förderungs und Sponsorengelder errichtet werden.

11.3. Pilotprojekt für nachhaltige Urbanität

Monofunktionale Gebiete (wie z. b. reine Wohngebiete) haben in den vergangenen Jahrzehnten ihre Schwächen gezeigt. Städtisches Leben ist Vielfalt und Mischung. Die im Forschungsantrag vorgeschlagene Anlagerung von verwandten und ergänzenden Funktionen an das Wohnen, um zu dieser Vielfalt und mit ihr zur Qualität des Quartiers beizutragen, konnte in den Befragungen der potentiellen Nutzer voll bestätigt werden.

Allerdings erfordern Gebäude mit vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten für unterschiedliche Gruppen (Eigentümer, Mieter, stundenweise Vermietung) und mehreren Funktionen neue Methoden des facility managements und der Bewirtschaftung.

Diese Methoden gibt es teilweise auf der Ebene von großen multifunktionalen Komplexen, für Wohngebäude sind hier noch wenige Vorbilder und vor allem wenig geeignete rechtliche Rahmenbedingungen vorhanden. Diese zu schaffen, ist eine deutliche Herausforderung, deren Bewältigung für die Sicherung der urbanen Lebensqualität von hoher Bedeutung ist.

Dies bedingt aber auch einen dauernden Betrieb der Lüftung, denn ohne sie fehlt im Winter die notwendige Wärmezufuhr.

Da kalte Frischluft aufgrund der physikalischen Gegebenheiten bei der Erwärmung drastisch an relativer Feuchtigkeit verliert (s. 3.1.1), kommt es in solchen Häusern bzw. Systemen im Winter nun zu wesentlich zu geringer Luftfeuchtigkeit, die über lange Perioden im Bereich um 30 % r.F.: oft auch noch darunter verbleibt.

In Wohnungen sind zwar eine Menge an internen Feuchtequellen vorhanden, die Normen und Regelwerke schreiben aber bisher (aus den o.a. Gründen) eine möglichst direkte Abfuhr dieser Feuchtigkeit vor, sodass sie derzeit zum Großteil nicht in die Räume gelangt.

In Büro oder Arbeitsräumen wo diese Feuchtequellen fehlen, ist bei mechan. Be und Entlüftung ohne Befeuchtung die Luft im Winter jedenfalls zu trocken.

Eine Aufgabenstellung des Projektes besteht dahin, hier Möglichkeiten zur Verbesserung aufzuzeigen.

11.4. natürliche Luftfeuchtekkonditionierung in Überäumen

Da kalte Frischluft aufgrund der physikalischen Gegebenheiten bei der Erwärmung drastisch an relativer Feuchtigkeit verliert, kommt es in Büro oder Überäumen, die mit einer mechanischen Be- und Entlüftung ausgestattet sind im Winter zu Raumlufftfeuchtigkeiten, die über lange Perioden im Bereich um 25-30 % r.F.; oft auch noch darunter verbleiben.

Optimale Luftfeuchtigkeiten liegen für den Menschen um 50 %, für Instrumente um 55 %. Für Holzinstrumente besteht darüber hinaus die Gefahr der Rissbildung bei Luftfeuchtigkeiten unter 40 %r.F. Maximalwerte liegen bei 65%, resultieren aber nicht aus Materialerfordernissen sondern aus solchen des Instrumentenklanges und der Behaglichkeit.

11.4.1. Pflanzenpufferraum

Für alle Räume mit relativ gleichmäßiger Belegung und gleichmäßigem inneren Feuchteanfall wie Überäume oder Büroräume, ist eine Feuchtekkonditionierung über einen Pflanzenpufferraum sinnvoll und möglich. Die Luftfeuchtigkeit kann damit auch im Winter über 40 % r.F. gehalten werden, im Jahresverlauf werden 65 % nicht überschritten. Die Spreizung zwischen minimaler und maximaler Luftfeuchtigkeit im Jahresverlauf wird deutlich verringert.

Der Strombedarf der Feuchtekkonditionierung über den Pflanzenpufferraum beträgt deutlich weniger als der einer konventionellen zentralen Dampfbefeuchtung (Einsparung über 70%), da die Pflanzen die Energie für die Befeuchtungsleistung zu einem großen Teil aus dem Tageslicht beziehen und nur während 4 Monaten Kunstlicht erforderlich ist.

11.4.2. Feuchtigkeitsdaten

Die Bedingungen, unter denen Pflanzen im Innenraum Wasser verdunsten sind sehr komplex und noch wenig erforscht. Es müssen Pflanzen gewählt werden, die eine fest definierte Verdunstungsleistung aufweisen, die durch Licht (und andere Klimaparameter) zu steuern ist. Wichtig ist vor allem, dass die Pflanzen im wesentlichen unabhängig von endogenen Rhythmen produzieren (keine Winterruhe etc.)

Als sehr geeignete Pflanzenart hierfür ist Cyperus anzusehen. Speziell die Sorte 'Prima Klima' weist eine geeignete hohe Verdunstungsleistung auf und ist in dieser in hohem Maße von der Lichtmenge abhängig.

In Zusammenarbeit mit Biologen wurden **erstmal**s stundenweise Daten der Wasserdampfabbgabe in gr.H²O/ Pflanze für das Projekt generiert die auf den für Cyperus vorhandenen Messdaten basieren und durch eigens durchgeführte Messungen unter Kunstlichtbedingungen ergänzt wurden. Diese Daten sind in Abhängigkeit von der Lichtmenge in lux angegeben und berücksichtigen für den speziellen Standort (Tageslichtquotient 7%) die unterschiedliche Lichtmenge im Jahresverlauf.

11.4.3. Projektierung

Die konträren Sollparameter: 1. maximale Kunstlichtergänzung zur Gewährleistung der Regelbarkeit, 2. ausreichend Tageslichtversorgung für die Sicherung der Überlebensbedingungen der Pflanzen, 3. keine Kunstlichtergänzung ohne Feuchtebedarf bestimmen die richtige Lage des Pflanzenpuffers zum Tageslicht unter dem Aspekt Energieeffizienz.

Die konträren Sollparameter: 1. maximale Pflanzenanzahl zur Gewährleistung der erforderlichen Feuchteproduktion und 2. minimale Pflanzenanzahl um ein Ablüfterfordernis während der Heizperiode zu verhindern bestimmen die Anzahl der Pflanzen unter dem Aspekt Energieeffizienz.

Um brauchbare Ergebnisse zu erzielen, müssen im dichtverbauten Gebiet jedenfalls Tageslichtmodellmessungen durchgeführt werden.

Schimmelbildung kann ausgeschlossen werden, wenn die innere Oberflächentemperatur der Aussenbauteile nicht unter 14 ° fällt. Trotz der relativ höheren Luftfeuchtigkeiten im Sommer ist nur der Winterfall relevant.

Der Pufferraum muss die Elemente der Glashaustechnologie enthalten (Abschattung, Beleuchtung, wirksame Abfuhrmöglichkeit von Feuchte und Wärme ins Freie, Überhitzungsschutz und die entsprechende Steuerung) Eine professionelle Betreuung der Pflanzen im laufenden Betrieb ist unverzichtbar.

11.4.5. Anwendbarkeit auf den normalen Bürobereich

Bei im Vergleich zum Übebetrieb stärkeren Gleichzeitigkeiten bei normaler Büronutzung müsste das Pufferraumvolumen vergrößert werden um die stärkeren tageszeitlichen Schwankungen ausgleichen zu können.

Es müsste dann während der Abendstunden und Nachtstunden ein Feuchteüberhang aufgebaut werden können, der tagsüber wieder abgebaut würde.

Eine kontinuierliche , gleichmäßige Luftentnahme würde eine einfachere Regelung ermöglichen.

Im Vergleich zu den Überäumen –die sehr unterschiedlich lange belegt sind und nur dann belüftet werden- müsste eine geringere Spreizung der Raumluftfeuchten der einzelnen Büroräume möglich sein.

Auf Grund der geringeren körperlichen Betätigung bei sitzender Bürotätigkeit könnte die Luftmenge auf 30 m³ pro Person und Stunde ausgelegt sein. Da damit aber die Feuchteabgabe der Person etwas unterproportional fällt, muss von einem geringen Pflanzenmehrbedarf ausgegangen werden.

11.5. natürliche Luftfeuchteconditionierung in Wohnungen

Im Gegensatz zu konventionellen Gebäuden mit dichten Fenstern bei denen zu hohe Luftfeuchtigkeiten mit Schimmelproblemen - daraus resultierend Gesundheitsproblemen- und Bauschäden meist Gegenstand der Diskussion sind, stellt bei Wohnungen mit mechanischer Be- und Entlüftung eine deutlich zu geringe Luftfeuchtigkeit das Hauptproblem dar.

Es konnte gezeigt werden, dass in einer Wohnung mit Lüftungswärmerückgewinnung prinzipiell auch im Winter genügend interne Feuchtigkeit anfällt, um ein Niveau von 40 % rel. Feuchtigkeit im wesentlichen halten zu können.

Da das Verdunsten von Wasser Energie verbraucht, ist es jedenfalls sinnvoll eine Optimierung der Feuchtebewahrung anzustreben. Das Feuchtedefizit tritt im wesentlichen in den Zimmern auf, da der Wohnraum durch die integrierte Küche genügend Feuchtigkeit erhält.

Um die Feuchtigkeit innerhalb der Wohnung in die Zimmer zu verschieben, konnte eine neue Methode entwickelt werden.

11.5.1. semipermeable Baddecke

Bei konventionellen Lüftungen wird die Feuchtigkeit aus dem Bad direkt über die Abluft abgeführt. Im vorliegenden Projekt wurde aus eine Abluft aus dem Bad im Winter verzichtet und statt dessen die gesamte Decke mit einer hochdampfoffenen, winddichten Folie ausgestattet, die eine Übertragung der Feuchtigkeit in die oberhalb der Zwischendecke geführte Zimmerzuluft erlaubt.

11.5.2. Wäschetrockenschrank

Im Projekt wird die Zuluft zusätzlich über den Wäschetrockenschrank geführt. Durch die konstante Durchströmung mit trockener Frischluft ist auch ohne Ventilator und Nachheizung eine ausgezeichnete Trocknungsrate gegeben.

11.5.3. Menge der internen Feuchte, Konsequenzen

In umfangreichen Recherchen und einigen Selbstversuchen konnte ausgiebige Daten über die internen Feuchtequellen gesammelt werden. Insbesondere im Bereich des Kochens liegen allerdings hohe nutzerabhängige Schwankungen vor.

Bei einer durchschnittlichen Nutzung- 4 Personen auf 110 m², 1 mittlere Pflanze pro Raum – kann von einer knapp ausreichenden Menge an innerer Feuchte ausgegangen werden, um 40 % r.F.

während 96 % der Zeit einhalten zu können. Dazu ist allerdings erforderlich, dass die Gesamtluftmenge von 120m³/ h während 10 h am Tag auf 50 % reduziert wird. In Abstimmung mit den wahrscheinlichsten Anwesenheitszeiten sollte dies kein Komfortproblem darstellen. Von einer Koppelung der Beheizung mit der Lüftung wurde abgegangen, da bei Nichtnutzung der Wohnung Lüftungsverluste (und damit Feuchteverluste) vermieden werden sollten.

Die Frage einer komfortablen Luftmengenverteilung wird umso schwieriger (bei gleicher Energieeffizienz) je geringer die Wohnung belegt ist, je geringere Feuchtelasten anfallen und je größere Nutzungsschwankungen und -unterschiede bestehen.

Im speziellen Fall besteht die Anforderung ein Überzimmer in der Wohnung tagsüber konstant mit 30 m³/h zu beschicken. Der in Passivhäusern übliche Luftwechsel von 0,4 reicht nicht aus um alle Räume bei geschlossener Tür und teilweise mehrfacher Belegung (Z. B. Elternschlafraum) mit 30 m³ /person und Stunde zu versorgen, da die Luftmenge den Personen nicht folgt.

Es konnte gezeigt werden, dass mit geeigneter Grundrissdisposition und begrenzter, individuell einstellbarer Luftmengenverschiebung im Tagesablauf die Komfort und Feuchtebedingungen stark verbessert werden können. Diese Methode ist umso wichtiger, je weniger Personen in einer Wohnung gleicher Größe wohnen.

11.6. Was ist akustischer Komfort

Raumakustik ist ein Themenbereich an den normalerweise nur in Konzertsälen, großen Seminarräumen, - d.h. allen größeren Räumen, in denen Anforderungen an die Verständlichkeit und Qualität der Sprache oder des Tones bestehen- Anforderungen gestellt werden.

Zwischen dem Wohnbau und Veranstaltungsräumen besteht hier ein grundlegender Unterschied. Während in Veranstaltungsräumen die Raumakustik auf eine ganz bestimmte, definierte Nutzung ausgelegt werden kann, ist dies in Wohnräumen nicht der Fall. In einem Seminarraum beispielsweise kann davon ausgegangen werden, dass Zuhörer auf die Stimme eines Vortragenden konzentriert sind, die Arbeit der Raumakustik besteht darin, alle relevanten Parameter für alle Hörerplätze möglichst gut zu gewährleisten, z. B. die Lautheit, Ortbarkeit, Sprachverständlichkeit und Klangtreue. In Wohnräumen kann von einer definierten Funktion nicht ausgegangen werden.

Es wurde im Juni 2002 eine Umfrage und 6 Begehungen von bestehenden Wohnungen mit einer Gruppe von Musikern und Laien durchgeführt. Die Begehungen wurden durch Messungen der Nachhallzeit durch das Büro Quiring begleitet.

11.6.1 Ergebnis der Begehungen und der Umfrage

Als Ergebnis der vorliegenden Studien lässt sich ableiten, dass raumakustischer Komfort im Wohnbereich gegeben ist, wenn eine signifikante Anzahl von Testpersonen die allgemeinen akustischen Eigenschaften des Raumes unter dem Attribut "**angenehm**" subsummiert.

Dies ist der Fall,

wenn 1. die subjektive Empfindung der Lautheit von Störlärm möglichst niedrig ist

wenn 2. den Schallereignissen Sprache und Musikhören (Radio) hohe Verständlichkeit, Ortbarkeit und Klangtreue attestiert wird und

wenn 3. die emotionalen Befindlichkeiten von Gemütlichkeit und Helligkeit ausreichend unterstützt werden.

Im Vergleich zu den in der Önorm für Sprache angegebenen optimalen Nachhallzeiten für das entsprechende Volumen wurde hier die - konsequent durchlaufende - Tendenz zu einer um 0,1-0,2 sek. kürzeren Nachhallzeit festgestellt.

Mit dieser etwas höheren Bedämpfung des Raumes zum Vermeiden exzessiver Lautheit sowie zur Ausdehnung des Hallradius (und damit des direkten Schallfeldes („Nahfeldes“) wird die Bedingung der Gemütlichkeit unterstützt.

Um der Polarität von Gemütlichkeit(Wärme) und Helligkeit (Brillianz) zu entsprechen, ist auch im Wohnbereich - und nicht nur im Konzertsaal - eine Ausgewogenheit aller Frequenzbereiche von großer Bedeutung. Unregelmäßigkeiten werden hier von den Musikern allerdings klarer negativ artikuliert.

Im speziellen in den höheren Frequenzbereichen scheint das **Optimum der Nachhallzeit nur sehr schmal zu sein.**

Die subjektive Lautheitsempfindung von Störlärm (Geschirrspüler, Tellerklappern,etc.) bewirkt im speziellen bei Laien eine Minderung der Komfortbewertung.

11.6.2. Konsequenzen für die Planung

Um raumakustischen Komfort zu ermöglichen, sollten schon in der Planung einfache Parameter beachtet werden, wie ein Abgehen von der Planparallelität der Wände, Vielfalt des Materials, Bedachtnahme auf mögliche Tiefenabsorber, Vermeiden von ganzzahligen Vielfachen bei den Raumdimensionen, die akustische Abtrennbarkeit der Küche vom Wohnbereich und das Ausbilden raumakustisch unterschiedlicher Bereiche. Darüber hinaus müssen Nutzer über den Einfluß der Möblierung, Vorhänge, Teppiche auf die akustischen Eigenschaften des Raumes informiert werden.

11.7. Akustische Eigenschaften von ökologischen Materialien

Für zahlreiche ökologische Materialien liegen keine akustisch relevanten Kennwerte vor. Dem konventionellen Akustikputz (akustisch transparenter Putz) kann derzeit auf ökologische Weise nicht entsprochen werden.

11.7.1. Lehmverputz

Lehmverputz kann aus raumakustischer Sicht zu den weitgehend schallharten Oberflächen gerechnet werden, und ist hier von seiner Wirkung her in eine Gruppe mit anderen konventionellen Putzen wie Gipsputz, Kalkputz oder KZM Putz einzureihen.

Seine Wirkung in raumakustischer Hinsicht (wenn er auf einen Körper hoher Masse aufgebracht wird) ist daher eine weitgehend verlustfreie Reflexion. Ein relevanter Unterschied zu konventionellen Putzen liegt beim Lehmputz daher nicht vor.

Eine Veränderung der Oberflächenstruktur durch verschiedene Putzzusammensetzungen, Putzstrukturen oder -muster ist raumakustisch nicht weiter interessant.

11.7.2. Lehm/Schilf Vorsatzschale

Als interessante Alternative zur Gipskartonvorsatzschale konnte eine Vorsatzschale aus Schilf/Lehm entwickelt werden, sie verbindet die erforderlichen akustischen Eigenschaften mit hoher Wärme und Feuchtespeicherkapazität..

Von den Massen dieser – in mehreren Lagen gemessenen - Vorsatzschale her waren zwar grundsätzlich noch höhere Werte zu erwarten, es muss auf Grund der Ergebnisse jedoch angenommen werden, dass sich infolge des Abbindens der Schichten eine scherfeste Verbindung ergab und andererseits sich die – doch erwartete – Elastizität des Lehmes nicht einstellte. Dadurch wurde die Biegesteifigkeit der Lehmvorsatzschale ungünstigerweise erhöht. – Im Gegensatz dazu wird bei GKP-Vorsatzschalen mit mehreren Lagen keine vollflächig scherfeste Verbindung hergestellt, sondern nur im Bereich der Ständerwerke.

Trotzdem kann der Aufbau 7(Zmwk+VS II 2 Lagen) in den Überäumen anstelle der konventionellen Vorsatzschale eingesetzt werden.

Mit dieser Vorsatzschale (35 mm Lehm, Flächengewicht 56 m²) kann im Vergleich zu einer doppelt beplankten GK vorsatzschale aufgrund der höheren spez. Wärmekapazität und der höheren Masse gut die 2,5 –fache? Wärmespeicherkapazität erzielt werden, im Vergleich mit der im Wohnbau üblicherweise eingesetzten einfachen GK vorsatzschale sogar die 5-fache . Hinsichtlich der Feuchtspeicherkapazität verhalten sich die Werte ähnlich.

11.7.3. Schafwolle

Die im Hallraum durchgeführten Schluckgradmessungen zeigen, dass die geprüften Schafwolleplatten grundsätzlich die gleichen schallschluckenden Eigenschaften aufweisen wie Mineral- und Steinwolleplatten vergleichbarer Dicke.

Auch bei diesem Typ poröser Absorber stellt sich der zu erwartende Anstieg des Absorptionsgradverlaufes ein. Es können daher folgende Eigenschaften erwartet werden:

stärkerer Anstieg des Schluckgrades bei geringeren Dicken der Größenordnung von 4 cm im Bereich zwischen 315 und 500 Hz

gute Breitbandwirkung ab 8 cm (besser noch 10 cm Dicke)

11.8. Realisierung

Die im Projekt **themenwohnen musik** betrachteten Themenkreise sind für den Wohn und Bürobau der Zukunft generell von Bedeutung.

Die Detailergebnisse hinsichtlich der inneren Feuchtequellen in Wohnungen und die Feuchteabgabe von Pflanzen stellen Grundlagen dar, die generell verwendet werden können.

Erstmals wurde im Projekt die Luftbefeuchtungsleistung von Pflanzen genau dargestellt, in ein haustechnisches System integriert und mittels Simulation die zu erwartenden Auswirkungen abgebildet. Daran kann ein Großteil von Parametern studiert und abgelesen werden, die auch für andere Anwendungen im Wohnbau und Bürobau unter veränderten Bedingungen bestimmend sind.

Im Projekt Webgasse 9 selbst sollen und können alle erforschten Themenbereiche zur Anwendung kommen. Die Realisierung ist für 2004/2005 geplant.

12. Ausblick und Empfehlungen:

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht in Richtung der Themenkreise Luftfeuchtigkeit und raumakustischer Komfort erste Schritte zu gehen und sie in die Diskussion um das Bauen der Zukunft als wesentlich zu integrieren.

Beiden Themenkreisen messen die Verfasser für die steigenden Komforterwartungen und Bedürfnisse der Menschen hohe Bedeutung bei.

Sowohl für die Frage der Luftbefeuchtung durch Pflanzen als auch die Frage nach dem raumakustischen Komfort ist noch deutlicher Forschungsbedarf erkennbar.

12.1. Feuchteleistung von Pflanzen

Hinsichtlich der Pflanzen wäre ein höherer und vor allem genauerer Datenbestand dringend erforderlich.

Für die wenigen Angaben, die es derzeit über die Befeuchtungsleistung von Pflanzen gibt, sind nie vollständige Rahmenbedingungen dokumentiert.

Im speziellen die Daten zu Befeuchtungsleistungen von Pflanzen im Innenraum und Pflanzen unter Kunstlichtbedingungen sind kaum vorhanden.

Um die Anwendung der Pflanzen in der Haustechnik **unter dem Kriterium Energieeffizienz** in breiterer Form zu ermöglichen, sind zusätzliche Messungen unabdingbar.

Im vorliegenden Projekt konnten hier (mangels direktem Detailschwerpunkt) nur die wichtigsten Messungen über einen Zeitraum von 3 Wochen durchgeführt werden.

Erforderlich wäre die stündliche Messung des Wasserverbrauchs von zwei Exemplaren einer geeigneten Pflanze (Z.B. cyperus) über mehrere Monate (eine ohne Kunstlichtzusatz und eine mit) unter gleichzeitiger Dokumentation folgender Rahmenbedingungen:

Raumtemperatur, Beleuchtungsstärke, Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft, alle stündlich. Weiters müssten mehrere des Kunstlichtzusatzes getestet werden.

12.2. raumakustischer Komfort

Hinsichtlich des raumakustischen Komforts ist ein breites Feld eröffnet zu dem ähnlich wie bei der thermischen Behaglichkeit breitere Studien durchgeführt werden könnten. Die im Projekt durchgeführten Untersuchungen konnten hier lediglich erste Schritte setzen.

Speziell interessant wäre auch, welche Parameter die subjektive Lautheitsempfindung von Störlärm beeinflussen.

12.3. Vorsatzschale Schilf/Lehm

Hinsichtlich der entwickelten Vorsatzschale könnten weitere Versuche durchgeführt werden, um die schalltechnischen Eigenschaften noch weiter zu optimieren. Hierzu müsste die Biegesteifigkeit der Putzschicht vermindert werden.

12.4. Realisierung

Da die unterschiedlichen Themenbereiche vom Pilotprojekt für eine nachhaltige Urbanität bis zur Umsetzung einer Schilf/Lehm Vorsatzschale unter Umständen den Rahmen eines einzigen Realisierungsprojektes sprengen, wäre es denkbar, die Umsetzung der Forschungsergebnisse auf 2 oder mehrere Realisierungsprojekte aufzuteilen.

Die Autoren hoffen, einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung unserer gebauten Umwelt geleistet zu haben. Wir danken dem BM VIT , dem FFF und der ÖGUT für das Vertrauen.

13. Literatur

- Frische Luft für alte Meister, Artikel in der Zeitschrift „Der österreichische Installateur“, 11/2001
- Berlund, L.: Humidity Aspects of Comfort, Protocoll of the 11th Symposium on Man-Thermal Env. System., Inst. of Public Health, Tokyo, 1987
- Bolhar-Nordenkampf Harald: Zimmerpflanzen als Raumklimaanlage, Artikel in: „Garten“, Wien, 1997
- Bradtke, F. und Liese, W.: Hilfsbuch für raum- und außenklimatische Messungen
Berlin/Göttingen/Heidelberg 1952
- Bundesverband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e.V. (Hrsg.): Innenraumbegrünung – Lust auf Grün, Bad Honnef, 1999
- Eyer H.: Wissenswertes über Raumluf-Wechsel und Raumluf-Befeuchtung, Artikel in „Münchner medizinische Wochenschrift“ 117, Nr. 51/52, 1975
- Fanger P.O.: Thermal Comfort, McGraw-Hill Book Company, New York, 1972
- Fasold W./Veres E. Schallschutz und Raumakustik in der Praxis, Verl. f. Bauwesen, Berlin 1998
- Feist Wolfgang: Luftführung in Passivhäusern, Cepheus-Projektinformation Nr. 8, Fachinformation Passiv-Haus-Institut, 07/1999
- Feist Wolfgang: Sparsames Wäschetrocknen, Cepheus-Projektinformation Nr. 4, Fachinformation Passiv-Haus-Institut, 11/1998
- Feist Wolfgang: Wäschetrocknen im Trockenschrank: Messergebnisse und Nutzererfahrungen in einem Passivhaus, Fachinformation Passiv-Haus-Institut, 03/2000
- Feist Wolfgang: Kostengünstiger Passivhaus-Geschosswohnungsbau in Kassel Marbachshöhe, Cepheus-Projektinformation Nr. 11, Fachinformation Passiv-Haus-Institut, Darmstadt, 01/2001
- Fiedler, Klaus: Bauprodukte, Innenraumluf und Gesundheit Teil I – IV, Artikel in „Wohnmedizin“, Bd. 38, Nr. 3-6, 12/2000
- Finnegan M.J. et al.: The sick building syndrome: Prevalence studies, British medical journal 189, Seite 1573-1575, 1984
- Fischer Christian et.al. Akustik ohne Mineralfaser, Artikel in „Deutsche Bauzeitung“ 082, 03/1996
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. – FLL (Hrsg.): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Innenraumbegrünungen, Bonn, 02/1997
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. – FLL (Hrsg.): Tagungsband zum Seminar Innenraumbegrünung für Praktiker am 9. März 1999, Lehr- und Versuchsanstalt Essen, 03/1999
- Furrer W. und Lauber A.: Raum- und Bauakustik, Lärmabwehr, Birkhäuser Basel, 1972
- Hartmann Thomas: Bauphysikalische und hygienische Aspekte der Wohnungslüftung, Artikel in „Wohnmedizin“, Bd. 39, Nr. 3, 2001
- Holz Dietrich: Zur Frage der Klimatisierung in Holzverarbeitenden Betrieben des Musikinstrumentenbaues. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt, Jahrgang V (1963), Heft 4
- Höppe P.: Die Energiebilanz des Menschen (Dissertation). Wissenschaftliche Mitteilung, Meteorologisches Institut Universität München, Nr. 49, 1984

- Höppe P.: Die Bedeutung der Luftfeuchtigkeit für das Raumklima, Ann. Met 28, 161-164, 1992
- Höppe Peter R.: Indoor climate, Artikel in „Experientia“, 49, Verlag Birkhäuser, Basel, 1993
- Höppe Peter R.: How important is Humidity for a Comfortable and Healthy Indoor Climate?, Proceedings of 14th International Congress of Biometeorology, Ljubljana, Slovenia, 09/1996
- Höppe Peter, Ivo Martinac: Indoor climate and air quality, Artikel in „International Journal of Biometeorology, 1998
- IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie (Hrsg.): Das ökologische Passivhaus, Tagungsdokumentation, IBO Verlag, Wien, 10/2000
- IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie et al. (Hrsg.): Ökologie der Dämmstoffe, Springer Verlag, Wien/New York, Wien2000
- IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie et al. (Hrsg.): Ökologischer Bauteilkatalog Springer Verlag, Wien/New York, 1999
- Internetseite: http://www.passiv.de/literatur/Raumluftfeuchtigkeit_im_Winter/hauptteil_raumluftfeuchtigkeit_im_winter.html
- Krapmeier, Drössler: Cepheus, Wohnkomfort ohne Heizung, Springer Wien/New York, 2001
- Kratochwill Sepp: Integration von Pflanzen im Wohnbau, Orac Pietsch Verlag, 1983
- Liese W.: Neuere wärmephysiologische und hygienische Ergebnisse von klimatechnischer Bedeutung, Gesundheits-Ingenieur 81: 363-371, 1960
- Meyer Jürgen: Akustik und musikalische Aufführungspraxis, Verlag das Musikinstrument, Frankfurt am Main
- Minke Gernot: Das neue Lehm-Bau-Handbuch, ökobuch-Verlag, 2001
- Panzhauser Erich et al. Wohnhabitat, Planung der (konventionellen) Fensterlüftung, Archivum oecologiae hominis, Wien, 1991
- Riccabona, Christoph: Baukonstruktionslehre, Band 4/1, 1985
- Schempp D. et al.: Mensch, Raum und Pflanze, Bernhard Thalacker Verlag GmbH & Co KG, Braunschweig, 1997
- Schillberg Klaus, Knieriemen Heinz: Bauen und Sanieren mit Lehm, AT Verlag, Aarau, 2001
- Schneider, Schwimann, Bruckner: Lehm-Bau – Konstruktion, Baustoffe und Bauverfahren, Prüfungen und Normen, Rechenwerte, Werner Verlag, Düsseldorf, 1996
- Schnögass Christoph: Einflüsse auf das Raumklima unter besonderer Berücksichtigung der Wasserdampfsorption von Innenputzen, Diplomarbeit an der TU Wien, Fakultät für Raumplanung und Architektur, 09/1997
- Senkpiel Klaus: Nachweis und Bewertung von mikrobiellen Belastungen in Gebäuden, Artikel in „Wohnmedizin“, Bd. 39, Nr. 1, 02/2001
- Sowa Axel: Die vertikalen Gärten des Patrick Blanc, Artikel in „Arch+“, Arch+ Verlag, Aachen, 07/1998
- Tomm Arwed: Ökologisch planen und bauen, vieweg Verlag, Braunschweig, 2000

Quellenverzeichnis Haustechnik

- 1 ÖNORM H6000 – Teil 3 – Hygienische und physiologische Anforderungen für den Aufenthaltsbereich von Personen, Letztstand 1989
- 2 ÖNORM M7500 – Teil 4 – Heizlast von Gebäuden – Rechenwerte, Letztstand 1980
- 3 Wegweiser für eine gesunde Raumluft (Jahr 2000) – Information des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie in Kooperation mit dem Institut für Baubiologie und – ökologie
- 4 Raumluftfeuchtigkeit im Winter in Häusern mit Lüftungsanlagen – Fachartikel von Dr. W. Feist vom Passivhaus - Institut Darmstadt, Erscheinungsjahr 2001
- 5 ÖNORM B8135 – Vereinfachte Berechnung des zeitbezogenen Wärmeverlustes von Gebäuden, Letztstand 1983
- 6 ÖNORM M7637 – Einzellüftungsanlagen für Wohnbereiche, Letztstand 1987
- 7 ÖNORM M7636 – Lüftungstechnische Anlagen für Wohnbereiche, Letztstand 1980
- 8 DIN 1946 – Teil 2 – Raumlufttechnik – Gesundheitstechnische Anforderungen, Letztstand 1994
- 9 www.gea-happel.de – Herstellerangaben zu Rotationswärmetauschern
- 10 www.klingenburg.de - Herstellerangaben zu Rotationswärmetauschern
- 11 www.uni-kassel.de – Forschungslabor für experimentelles Bauen
- 12 www.passiv.de – Passivhaus-Institut Darmstadt
- 13 ÖNORM B 8115 – Schall, Letztstand 1996
- 14 Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, Recknagel, Sprenger, Schramek, Oldenbourg-Verlag, 2000
- 15 www.energiesparhaus.at – Grundsätzliches zum sinnvollen Einsatz von Energie in Gebäuden
- 16 www.glaserinnung-sigmaringen.de – Fensterkonstruktionen unter Berücksichtigung der Luftfeuchtigkeit
- 17 www.ift-rosenheim.de – Institut für Fenstertechnik
- 18 Prüfbericht der Hochschule Technik + Architektur, Luzern über Messungen an Rotationswärmetauschern, zu beziehen über www.enventus.com
- 19 www.wohngesundheit.de – Behaglichkeitskriterien im Überblick
- 20 Diplomarbeit ‚Einflüsse auf das Raumklima unter besonderer Berücksichtigung der Wasserdampfsorption von Innenputzen‘, Christoph Schnögass, Fakultät für Raumplanung und Architektur, TU Wien, 1997

Haustechnik: Untersuchte Quellen

Zum Thema ‚Luftfeuchtigkeit und kontrollierte Wohnraumlüftung‘ wurden unter anderem folgende Quellen durchsucht:

- Bibliothek TU Wien – über Literaturverzeichnis www.aleph.tuwien.ac.at bzw. direkt vor Ort
- Deutsches Ministerium für Bildung und Forschung -> ergebnislos
- Europäische Kommission über www.europa.eu.int -> ergebnislos
- Internet Suchmaschine www.google.com
- Internet Suchmaschine www.northernlight.com
- Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie, Literaturverzeichnis per Internet www.ibo.at
- Institut für Wohnen und Umwelt – Forschungseinrichtung des Landes Hessen und der Stadt Darmstadt – Literaturverzeichnis – Eine relevante Publikation ‚Passivhausbericht Nr. 10 – Luftqualität im Passivhaus‘