

Neubau Biohof Achleitner Gebäude aus Holz, Stroh & Lehm

Raumklimatisierung mit Hilfe von Pflanzen

E. B. Preisack, P. Holzer, H. Rodleitner

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

4/2008

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
Währingerstraße 121/3, 1180 Wien
Email: versand@projektfabrik.at

Neubau Biohof Achleitner

Gebäude aus Holz, Stroh & Lehm

Raumklimatisierung mit Hilfe von Pflanzen

Bmst. Ing. Eduard B. Preisack MAS, MSc
Büro EBP

Dipl.Ing. Peter Holzer
Ing. Hans-Peter Rodleitner MAS
Donau-Universität Krems

Perg, Jänner 2008

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 Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

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

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft 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 in der Schriftenreihe publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

0.1	Kurzfassung	6
0.2	Abstract	8
1	Einleitung	10
1.1	Allgemeine Ansätze für die Bauweise	10
1.2	Architektonisches Konzept.....	12
1.3	Haustechnikkonzept.....	15
2	Verwendete Methoden und Daten	17
2.1	Einsatz von Stroh als Dämmmaterial.....	17
2.2	Raumklimatisierung mit Hilfe von Pflanzen	25
3	Vorarbeiten	28
4	Darstellung der Umsetzung	28
4.1	Pflanzenplanung	29
4.2	Technik.....	34
5	Terminablauf	39
6	Projektergebnisse.....	40
7	Monitoring durch die Donauuniversität Krems.....	41
7.1	Gegenstand und Zielsetzung.....	41
7.2	Methodik.....	43
7.3	Hintergrundrecherche	44
7.4	MitarbeiterInnenbefragungen.....	49
7.5	Erhebung von Erfahrungen aus der Pflanzenbetreuung	57
7.6	Luftbefeuchtungsanalyse	58
7.7	Schlussfolgerungen.....	68
8	Ausblick	70
9	Literaturverzeichnis.....	71
10	Abbildungsverzeichnis.....	72
11	Kontaktadressen.....	73

0.1 Kurzfassung

0.1.1 Teil A

■ Motivation

Die Grundsätze des Biohofes Achleitner basieren auf schonendem Umgang mit der Natur. Daraus resultierte ein Höchstmaß an Wünschen nach nachhaltigen Ansätzen beim Neubau einer Vermarktungs-, Lager- und Verarbeitungszentrale mit Biofrischmarkt und Biorestaurant. Der Biohof Achleitner will auch die gesamte Fahrzeugflotte auf Pflanzenöl-Betrieb umstellen.

■ Inhalt

Nachhaltige Ansätze wurden bei der Wahl der Baumaterialien, dem weitest gehenden Einsatz erneuerbarer Energien, dem optimalen Einsatz solarer Kühlung getroffen. Auf der im Zuge des Neubaus errichteten Tankstelle wird für die Fahrzeuge des Biohofes Biotreibstoff aus Sonnenblumen zur Verfügung stehen. Besonderes Augenmerk wurde auf die Raumklimatisierung mit Hilfe von Pflanzen gelegt.

■ Beabsichtigte Ziele

Die Grundsätze des Biohofes Achleitner zielen auf abwechslungsreiche Arbeitsplätze in lebenswerter Umfeld und auf die Versorgung der Kunden mit gesunden Lebensmitteln und wertvollen Bio-Produkten.

- Demonstration des Einsatzes von Stroh (das zum Teil auf den Feldern des Biohofes gewachsen ist) als Dämmmaterial bei einem gewerblich genutzten Gebäude (Logistikhalle 1780 m²) und Sichtbarmachung durch eine großflächige Wand mit Glasverkleidung.
- Die speziellen Ziele bei der Raumklimatisierung mit Hilfe von Pflanzen sind die Verbesserung des Innenraumklimas und die Schaffung von Mess- und Beobachtungsergebnissen, mit deren Hilfe der Wissensstand über die Funktionalität von Innenraumbegrünungen erweitert werden kann.

■ Methode der Bearbeitung

- Entsprechende Vorgaben bereits für den Entwurf
- Einbindung der innovativen Ansätze in die thermische Gebäudesimulation
- Abstimmung der Tageslichtplanung im Sinne der Solararchitektur unter besonderer Rücksichtnahme auf die Erfordernisse für Pflanzen
- Bepflanzung entsprechend der professionellen Pflanzplanung und Anschaffung der erforderlichen Messeinrichtungen
- Messungen und Beobachtungen

■ Daten

- Außenraumklima
- Innenraumklima
- Messung und Erhebung von Betriebsdaten

0.1.2 Teil B

■ Ergebnisse

Das Gebäude, welches von Beginn an eine große Besucherfrequenz aufweist (Kunden, Seminarbesucher, Exkursionen, etc.), ruft allgemein großes Interesse hervor.



Mit der großen verglasten Strohwand ist eine enorme Öffentlichkeitswirksamkeit für den Dämmstoff Stroh verbunden.

Ähnliche Wirksamkeit erzielt der Einsatz der Pflanzen. Schon bei den zahlreichen Führungen anlässlich der Eröffnung des Gebäudes (ca. 10.000 Besucher) riefen die gezielte Thematisierung und die professionellen Erklärungen von Jürgen Frantz, dem ehemaligen Leiter des Botanischen Gartens der Universität Tübingen und freien Mitarbeiter der Planungsgruppe agsn, ein enormes Interesse an der Einbindung von Pflanzen zur Klimatisierung hervor.



Durch die Donau-Universität Krems wurde ein Monitoring durchgeführt. Den Bericht darüber finden Sie gegen Ende der Ausführungen.

Erwähnenswert ist auch, dass der Heizenergiekennwert gegenüber den Berechnungen sogar leicht unterschritten werden konnte.

■ Schlussfolgerungen

Die erzielten Ergebnisse bestätigen die in das Projekt gesetzten Erwartungen.

0.2 Abstract

0.2.1 Part A

- **Motivation:**

The principles of Biohof Achleitner are based on a gentle interaction with nature. Hence a lot of requests and sustainable approaches were made with the construction of the central marketing, storage and processing building, including a bio-supermarket and a bio-restaurant. Biohof Achleitner also adapts the whole carpool to run with vegetable oil.

- **Content:**

Sustainable approaches were made with choosing the building material, extensive use of renewable energies and the optimal use of solar cooling. The also new build fuelling station provides bio-fuel made of sunflowers. A special attention was turned on air conditioning using plants.

- **Intended Objectives:**

The principles of Biohof Achleitner aim for an diversified workspace in a liveable environment and to supply the customers with healthy food and valuable bio-products.

- Demonstrating of the usage of straw (mainly grown on the field of the biofarm) as insulation for a commercially used building (logistic centre 1780 m²). It was also made visible with a large wall covered with glass.
- The improvement of the indoor climate and the gathering of test and observation results are the special goals of air conditioning using plants. Using these results the knowledge of functionality of indoor greenings should be improved.

- **Method of processing:**

- Adequate specification already for the concept
- Including the innovative approaches into the thermal simulation of the building
- Adjustment of the daylight concept for the purpose of solar architecture with special consideration of the needs of plants
- Planting according to the professional planting design and acquisition of the necessary test equipment
- Measurement and monitoring

- **Data**

- Outdoor climate
- Indoor climate
- Measurement and collection of operating data

0.2.2 Part B

- **Results:**

The building, with a lot of visitor traffic (customers, seminar participants, excursions, produces a lot of interest:

The large glass covered straw wall produces a lot of publicity for the insulation material straw.

A similar effect is produced with the usage of plants. An enormous interest for using plants for air conditioning was already risen at the guided tours at the opening (about 10000 visitors) with the addressing of the subject and the professional explanations by Jürgen Frantz, former head of the botanic garden of the University of Tübingen and a freelancer of the planning group agsn.

The results of the monitoring, done by the Donau-Universität Krems, is at the end of the report.

One special point to mention is, that the thermal characteristic is even better than calculated.

- **Conclusion**

The results meet the expectations of the project.

1 Einleitung

Die Grundsätze des Biohofes Achleitner basieren auf schonendem Umgang mit der Natur. Sie zielen auf abwechslungsreiche Arbeitsplätze in lebenswerter Umgebung und auf die Versorgung der Kunden mit gesunden Lebensmitteln und wertvollen Bio-Produkten.

Daraus resultierte ein Höchstmaß an Wünschen nach nachhaltigen Ansätzen beim Neubau einer Vermarktungs-, Lager- und Verarbeitungszentrale mit Biofrischmarkt und Biorestaurant.

Unter Beachtung dieser Grundsätze erfolgte die Auswahl des Architekten und der entsprechenden Fachplaner. Im Zuge der äußerst kreativen, in angenehmem und fruchtbarem Gesprächsklima abgehaltenen Projektbesprechungen wurden von Bauherrn- und Baufrauenseite (Günter und Ilse Achleitner), vom Projektmanagement (EBP: Eduard und Therese Preisack), dem Architektenteam (architekturplus: Paul Seeber und Birgit Kumke), dem für das Haustechnikkonzept verantwortlichen Ingenieurbüro P. Jung (Patrick Jung) sowie den Pflanzenplanern der Gruppe agsn: Winfried Klimesch und Jürgen Frantz fundierte praktische Erfahrungen, umfangreiches theoretisches Wissen, alle möglichen Denk- und Querdenkansätze eingebracht, diskutiert, deren Ausführungsmöglichkeiten geprüft, entwickelt und optimiert.

Unter anderem führte dies zur Entscheidung, dass für die Logistikhalle Stroh als Dämmmaterial eingesetzt werden wird und dass für die Raumklimatisierung Pflanzen zum Einsatz kommen werden.

Diese beiden Punkte stellen im Rahmen des Gebäudekonzeptes spezielle Innovationen dar und beanspruchen daher auch den Großteil der nachfolgenden Ausführungen.

1.1 Allgemeine Ansätze für die Bauweise

Für die Errichtung des Bauvorhabens wurden Ansätze für die Bauweise, die eingesetzten Baumaterialien sowie das komplexe Gesamt-Energiekonzept mit besonderem Fokus auf den Einsatz erneuerbarer Energien gewählt, die zu einem Musterbau mit folgenden Schwerpunkten führten:

- nachhaltige Ansätze bei der Wahl der Baumaterialien
- Einsatz von Holz, Lehm und Stroh
- Strohdämmung, erzeugt auf den eigenen Feldern für Hallenwände und –dach
- Einsatz erneuerbarer Energien (PV, Grundwasser, Erdregister)
- Raumklimatisierung mit Hilfe von Pflanzen

Dabei waren Mehrkosten gegenüber einer herkömmlichen Bauweise bei folgenden Komponenten zu berücksichtigen:

- Primärkonstruktion
 - Gewicht Strohdämmung
- Sekundärkonstruktion
 - Dicke Strohdämmung
 - höherer Holzanteil
- Wärmedämmung im Verwaltungsbereich
- Einsatz baubiologisch wertvoller Baustoffe
- Lehmbau
- Errichtung des Erdregisters
- Raumklimatisierung mit Hilfe von Pflanzen
 - Vorkehrungen für den Pflanzeneinsatz
 - Anschaffung der Pflanzen und Zubehörteile für dieselben
- Haustechnikkomponenten
 - Rückkühlung Gewerbekälte über Brunnen
 - Brunnenanlage für Wärmepumpe
 - Wärmepumpe zum Beheizen
 - Wärmepumpe zusätzlich mit Kühloption
 - Wärmerückgewinnung bei WP für Kühlung
 - Solaranlage für Warmwasserbereitung
 - Wärmerückgewinnung bei Gewerbekälte
 - Wärmerückgewinnung bei Lüftung (85 %)
 - Jalousiensteuerung
 - Genaue Wärme-, Kälte-, Wasser- und Stromzählung
 - energieoptimierte Leuchtmittel

1.2 Architektonisches Konzept

Das architektonische Grundkonzept nimmt die genannten Ansprüche an das Bauvorhaben in konzeptioneller, funktioneller und materieller Weise auf.

1.2.1 Grundrisse



Abbildung 1-1 Grundriss Erdgeschoß: Laden - Markthalle

EG Biorestaurant - Bistro

- > Bistro im Pflanzen-Glashaus
- > Biorestaurant mit Sonnenterrasse
- > Ruheoase für Groß und Klein

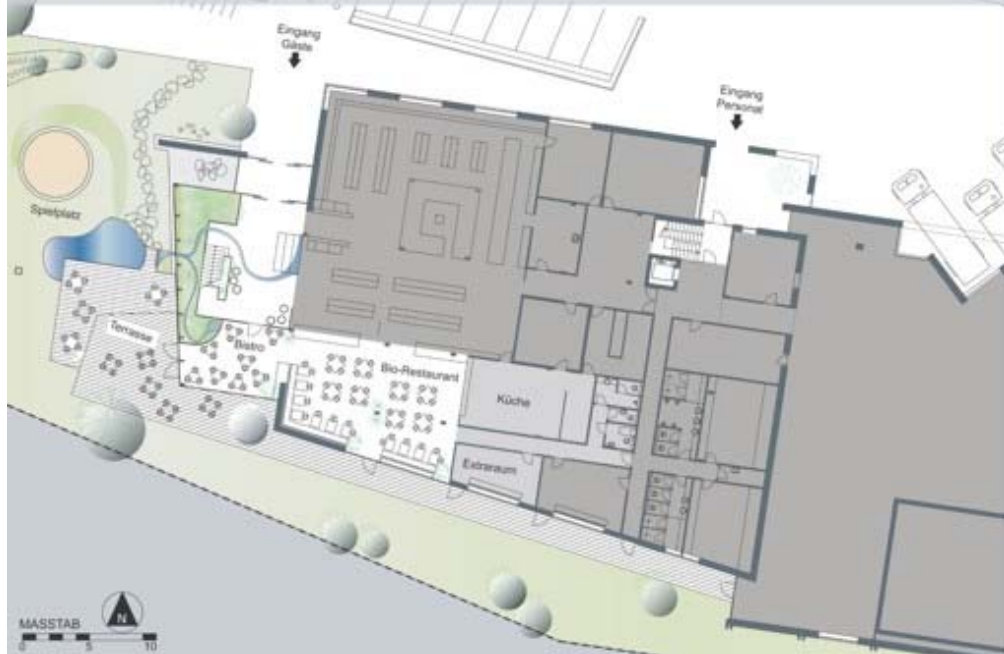


Abbildung 1-2 Grundriss Erdgeschoß Biorestaurant - Bistro

OG Büro

- > offenes Büro mit zentralen Versorgungsräumen
- > Raumbildung und Klimatisierung durch Pflanzen
- > kreatives Arbeiten durch Licht, Luft und Grün



Abbildung 1-3 Grundriss Obergeschoß - Büro

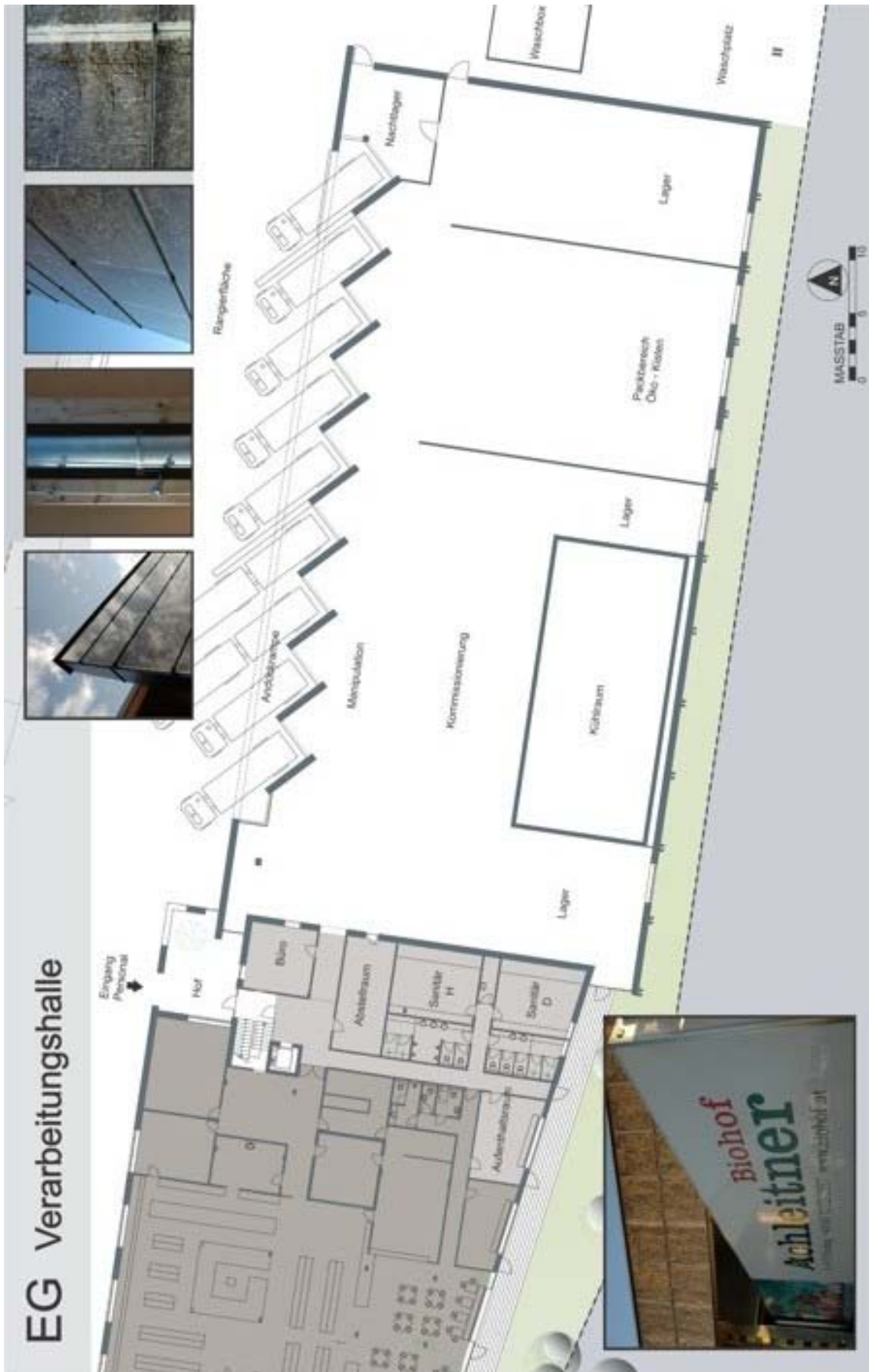


Abbildung 1-4 Grundriss Erdgeschoß Verarbeitungshalle

1.3 Haustechnikkonzept

Das Bauvorhaben wurde mit Hilfe der Simulationssoftware TAS 8.5 modelliert und für ein Referenzjahr simuliert.

Aus den Berechnungen der zukünftigen Innentemperaturen und der Energiebedarfszahlen wurde folgendes Haustechnikkonzept abgeleitet, das der Planung zugrunde gelegt ist:

Beheizung und Kühlung des Gebäudes sind nach den Simulationsvorgaben durchzuführen. Die Erwärmung der Zuluft mittels Heizregister ist so einzuteilen, dass die Bereiche Büros OG und Gastronomie / Laden unabhängig voneinander einzeln geregelt werden.

Bei der Auslegung der Energieversorgung ist darauf zu achten, dass im Gebäude aufgrund der unterschiedlichen Nutzungen gleichzeitig Heiz- und Kühllasten auftreten können.

Die Heiz- und Kühllasten wurden durch eine optimierte Bauphysik, durch eine Vermeidung von solaren Lasten im Sommer durch Verschattung, und durch eine sehr angepasste Zonierung minimiert. Der Passivhausstandard ist die Leitlinie für die Bemessung der Außenbauteile. Die Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung - und in Teilen mit Kühlfunktion - wurden so weit wie zulässig energetisch optimiert. Das Erdkanalregister, 6 Röhren a 70 Meter, ist eine wichtige Komponente zur 12%igen Verminderung des Lüftungs-Energiebedarfs zur Beheizung. Der Lüftungs-Energiebedarf zur Kühlung wird um 70% vermindert.

Die Anforderungen des Gebäudes nach Beheizung im Winter und Kühlung im Sommer sind prädestiniert für die Nutzung von Erdreich als Wärme- und Kältequelle. Die Grundwassertemperatur bei 12 °C ist für beide Zwecke optimal. Das Niveau lässt sich direkt zur Kühlung von gering gekühlten Bereichen wie z.B. dem Laden nutzen und ist geeignet, um die Rückkühlung von Kälteprozessen bei tieferer Nutztemperatur (Kühllager) zu ermöglichen.

Für die Beheizung wird eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe verwendet, die im Heizbetrieb mit 10 bis 12 °C warmen Grundwasser eine sehr hohe Arbeitsziffer über fünf ermöglicht und im Kühlbetrieb eine Arbeitsziffer von vier.

Die erforderliche Leistung an Heizwärme wird durch die Bauweise auf ein Minimum reduziert. Bei einer gedrosselten Lüftung lassen sich noch weitere Reduktionen erreichen, dies ist jedoch von den Betriebsbedingung, wie z.B. der Auslastung der Küche abhängig. Da das Gebäude "Biohof Achleitner" im Passivhausstandard errichtet wird, kann bei einer entsprechenden energiesparenden Betriebsweise eine Minimierung der Grundwasserentnahme erfolgen.

Eine wichtige Grundlage für die funktionierende Sommertauglichkeit des Verwaltungsgebäudes beruht auf der Verdunstung und dem Schattenwurf der vorgesehenen Bepflanzung. In den ersten Betriebsjahren ist daher, während sich die Bepflanzung noch im Wachstum befindet, mit leicht erhöhten Temperaturwerten zu rechnen.

Die relative Luftfeuchtigkeit wird aufgrund der Bepflanzung und der offenen Bauweise weit höher sein als in Bürogebäuden, was im Winter einen physiologisch günstigen Einfluss darstellt und für die Ware sehr günstige Lagerbedingungen ermöglicht.

Um im nördlichen Bürobereiche ausreichenden Blendschutz zu gewährleisten, muss der außenliegende Sonnenschutz des Deckenlichtbandes für Windgeschwindigkeiten bis zu 12 m/s ausgelegt sein. Alternativ kann auch ein zusätzlicher innenliegender Blendschutz angebracht werden.

Da sowohl der Obststand im Foyer sowie die Kühlmöbel im Laden einen erheblichen Beitrag zu Gebäudekühlung leisten, muss diese Kühlung über ein Split-Gerät mit ausgelagerter Rückkühlung an das Grundwasser realisiert werden.

Der Einsatz des nachwachsenden Rohstoffes Stroh als Dämmmaterial für die Halle, ist mit den untersuchten Bauteilaufbauten ohne Bedenken durchzuführen. In der Ausführung ist auf die Kontrolle der Hinterlüftung und der Einhaltung der vorgegebenen Diffusionswiderstände großen Wert zu legen.

Es wird empfohlen, den Hallenboden im Lager, außer im Bereich der Kühlräume, ohne Dämmung auszuführen, da sich im Erdreich naturgemäß ähnliche Temperaturen wie im Lager einstellen.

Das Haustechnikkonzept für die Büroräume des Obergeschosses basiert auf der Annahme von nicht räumlich getrennten Bürozonnen. Der prognostizierte Komfort ist aufgrund der Passivhausbauweise, der Bepflanzung und der hygienischen Lüftung bei optimierter Verschattung sehr gut.

2 Verwendete Methoden und Daten

2.1 Einsatz von Stroh als Dämmmaterial

Stroh und andere Gräser fanden schon bei den ersten Bauwerken der Menschheit Verwendung. Gebundene Strohbindel wurden für Wände genutzt, es gab die verschiedensten Arten von Strohdächern. Einen Aufschwung nahm das Bauen mit Stroh um 1880, als in den USA der gepresste Strohballen erfunden wurde.

Oft geäußerte Vorbehalte gegen das Baumaterial Stroh hinsichtlich Brandsicherheit, Schädlingsbefall und Feuchtigkeit sind leicht zu entkräften. In zahlreichen Brandtests haben sich Strohballen sogar als besonders feuerbeständig erwiesen. Durch die kompakte Pressung verhält sich Stroh wie Holz, es verkohlt von außen und baut so eine zusätzliche Feuerbarriere auf. Die Erfahrungen aus den USA zeigen auch, dass bei sachgerechter Konstruktion weder Feuchtigkeit noch Schädlinge Probleme verursachen: Immerhin gibt es dort Stroh Häuser, die über 100 Jahre alt sind (<http://www.landnet.at>).

Beim Biohof Achleitner erfolgte der Einsatz von Stroh (das zum Teil auf den Feldern des Biohofes gewachsen ist) als Dämmmaterial für Wände und Dach bei einem gewerblich genutzten Gebäude (Logistikhalle 1780 m²). Demonstriert wird der Einsatz von Stroh durch eine großflächige Wand mit Glasverkleidung.



- 1 Metallhalter für Glasfassade
- 2 Holzsäule
- 3 Strohfüllung

Abbildung 2-1 Detail Hinterlüftete Glasfassade

2.1.1 Spezielle Planungs- und Arbeitsschritte

- Entwicklung einer Holzsonderkonstruktion für Dach und Wände
- Abstimmung des Arbeits- und Montageablaufes auf verschiedenste Erfordernisse (zB Witterung, Baustellenabläufe, etc.)
- Ein Jahr vor Herstellung der Konstruktion Erfassung der Flächen für den Anbau des Getreides und entsprechende Organisation des Anbaus, Pressens und fachgerechten Zwischenlagerung der Strohballe
- Nach der Ernte Überprüfung der Trockenheit und Pressdichte der Ballen
- Beurteilung der bauphysikalischen Daten in der thermischen Gebäudesimulation
- Beurteilung der Randbedingungen und Materialkennwerte im Zusammenhang mit dem Feuchteschutz von Strobauteilen
- Untersuchung der Möglichkeiten zur Visualisierung der Strohdämmung
- Berechnung des Fassadenbauteils als hinterlüftete Glasfassade
- Entwicklung einer hinterlüfteten Glasfassade mit minimalstem Anteil von Stahlbauteilen
- Ausführung der Fassade

2.1.1.1 Entwicklung einer hinterlüfteten Glasfassade mit minimalstem Anteil von Stahlbauteilen

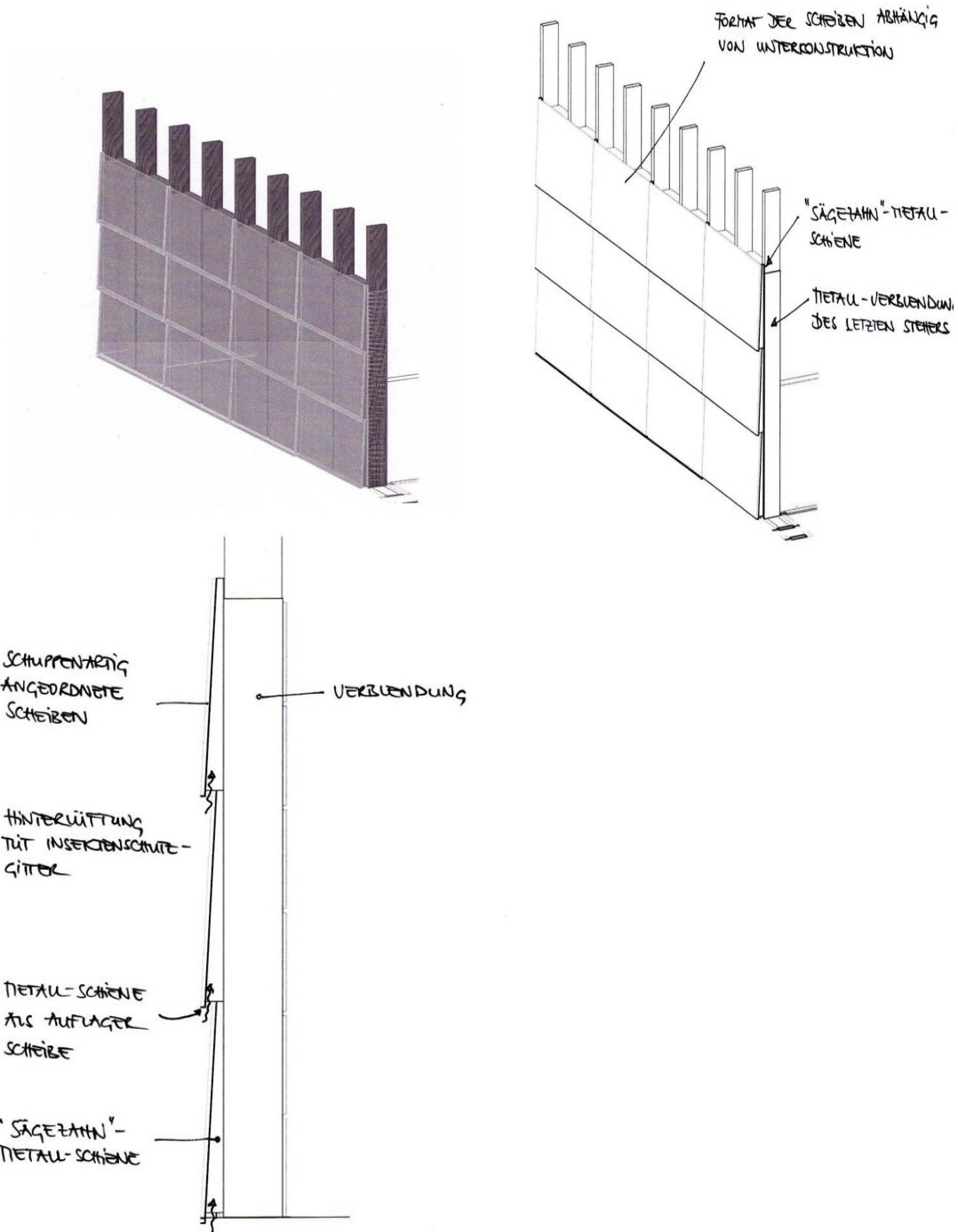


Abbildung 2-2 Hinterlüftete Glasfassade

2.1.1.2 Beurteilung der bauphysikalischen Daten in der thermischen Gebäudesimulation

Außenwand Stroh (Sicht)

Fiberglasabdeckung (2 % lichte Öffnung)	0,5 cm
Luftschicht	4,0 cm
Strohballen	36,0 cm
Holzschalung	2,4 cm
Winddichtung	0,05 cm
Luftschicht	5,0 cm
Lehmbauplatte	2,5 cm
Lehm-Feinputz	0,3 cm
U = 0,114 W/m²K	

Außenwand Stroh (verputzt)

Lehmputz	3,0 cm
Strohballen	36,0 cm
Holzschalung	2,4 cm
Winddichtung	0,05 cm
Luftschicht	5,0 cm
Lehmbauplatte	2,5 cm
Lehm-Feinputz	0,3 cm
U = 0,116 W/m²K	

Andockwände

Stahlbeton	15,0 cm
Wärmedämmung WLG 040	20,0 cm
Stahlbeton	15,0 cm
U = 0,188 W/m²K	

Kellerwände an Erdreich

Beton	25,0 cm
XPS WLG 040	30,0 cm
U = 0,128 W/m²K	

Innenwände/Decke Nebenräume OG

Gipskartonplatte	2,5 cm
Holzfaserdämmplatte WLG 045	10,0 cm
Gipskartonplatte	2,5 cm
U = 0,371 W/m²K	

Hallendach

Zink	0,1 cm
Unterspannbahn	0,8 cm
Holzschalung	2,4 cm
Luftschicht	4,0 cm
Holzfaserdämmplatte WLG 055	1,8 cm
Strohballen	36,0 cm
Holzschalung	2,4 cm
Winddichtung	0,05 cm
Luftschicht	3,0 cm
Holzfaserplatte	2,0 cm
Holzschalung	2,4 cm
$U = 0,104 \text{ W/m}^2\text{K}$	

Verglaste Innenwände

ESG	1-fach
Gesamtenergiedurchlass g-Wert	67 %
Lichtdurchlass τ -Wert	81 %
$U = 5,362 \text{ W/m}^2\text{K}$	

Verglasungen (3-fach)

Passivhausverglasung	3-fach
Gesamtenergiedurchlass g-Wert	50 %
Lichtdurchlass τ -Wert	70 %
Rahmenanteil	15 %
U-Wert Glas	0,7 $\text{W/m}^2\text{K}$
U-Wert Fenster	0,8 $\text{W/m}^2\text{K}$
$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	

Verglasungen (2-fach)

Isolierverglasung	2-fach
Gesamtenergiedurchlass g-Wert	58 %
Lichtdurchlass τ -Wert	77 %
Rahmenanteil	15 %
U-Wert Glas	1,1 $\text{W/m}^2\text{K}$
U-Wert Fenster	1,3 $\text{W/m}^2\text{K}$
$U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	

2.1.1.3 Beurteilung der Randbedingungen und Materialkennwerte im Zusammenhang mit dem Feuchteschutz von Strohbauteilen

Die Außenbauteile der Halle sollen zum größten Teil mit dem natürlichen Baustoff Stroh gedämmt werden. Da es sich bei diesem Rohstoff um ein besonders feuchtigkeitsempfindliches Material handelt, gilt es in den entsprechenden Bauteilen eine Tauwasserbildung auszuschließen.

Im Gegensatz zu herkömmlichen, nur beheizten Gebäuden, stellt sich im Fall der Halle auf Grund der Klimatisierung mit niedrigen Innentemperaturen sowohl im Winter als auch im Sommer die Frage des Tauwasserausfalls innerhalb der Bauteile.

2.1.1.3.1 Randbedingungen

Die klimatischen Randbedingungen für die Feuchtschutzberechnung sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 2-1 Klimatische Randbedingungen

	Temperatur (°C)	Rel. Feuchte (%)
Sommer innen	13	70
Winter innen	15	70
Sommer außen	32	40
Winter außen	-10	80

Bei den zu untersuchenden Bauteilen handelt es sich um folgende Bauteile:

- Hallendach
- Außenwand Stroh (Sicht)
- Außenwand Stroh (verputzt)

Die Außenhaut des Hallendaches sowie die durchsichtige Hülle der Außenwand (Sicht) wurden bei der Berechnung als mit Außenluft hinterlüftet angesehen.

Bei der eingesetzten Dampfsperre handelt es sich um ein Produkt mit feuchtevariablem Dampfdiffusionswiderstand.

Da es für die verwendeten Werkstoffe Stroh und Lehm keine Norm-Rechenwerte gibt, mussten zuerst Materialkennwerte ermittelt werden. Die angesetzten Materialkennwerte sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

2.1.1.3.2 Materialkennwerte

- Strohballen

Tabelle 2-2 Materialwerte Strohballen

Quelle	Solar Absorptance	Emissivity	Conductivity W/mK	Density kg/m ²	Spec. heat J/kgK	Vapur Dif. Factor
Haus der Zukunft			0,0450	100,8	2000	2,5
NAWARO			0,0456	100,0		1-3
Anderssehn			0,0600	120,0	2000	1,2
Mineralwolle	0,6	0,9	0,450	120,0	800	1.0
Auswahl	0,6	0,9	0,460	100,0	2000	2,0

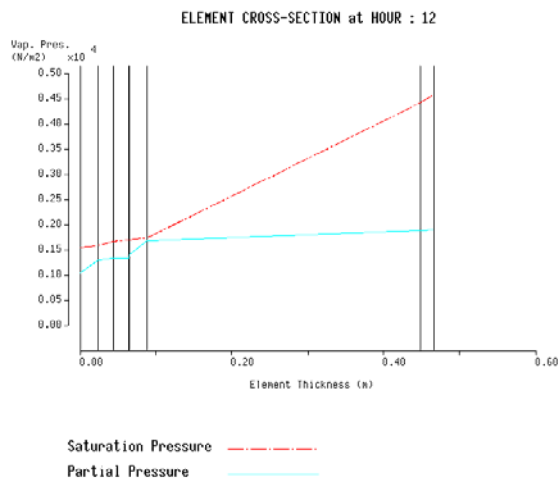
- Lehmputz

Tabelle 2-3 - Materialwerte Lehmputz

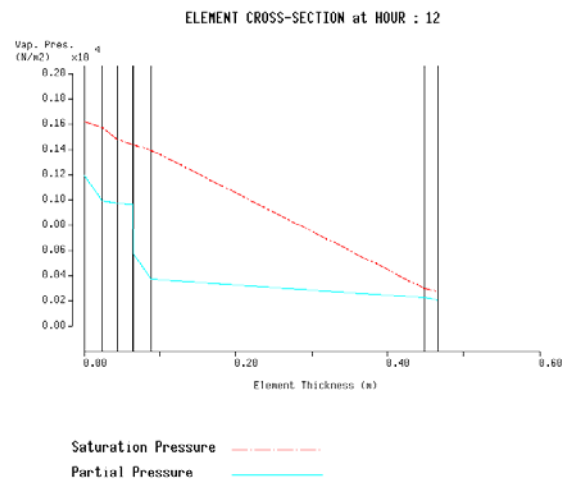
Quelle	Solar Absorptance	Emissivity	Conductivity W/mK	Density kg/m ²	Spec. heat J/kgK	Vapur Dif. Factor
Haus der Zukunft			0,80			
Anderssehn	0,9		0,17	600	1300	3
Claytec			0,66	1500		8
Chieffinish			0,91	1600	1000	8-10
Ökol. BT-Katalog			0,80	1700		5-10
Strohbau 2001			0,66			3
Kalkzementputz	0,4	0,9	0,87	1800	837	15
Auswahl	0,6	0,9	0,80	1600	1000	8

2.1.1.3.3 Ergebnisse

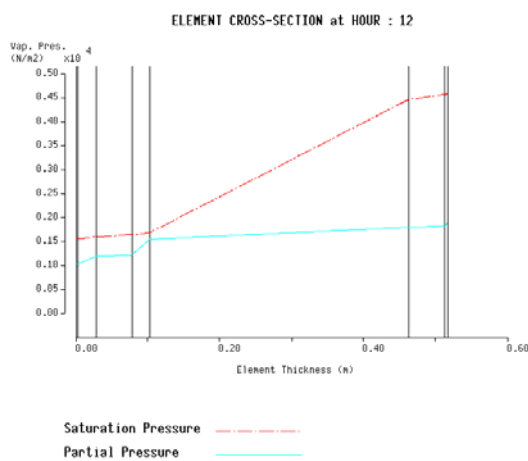
Die Glaserdiagramme (Abbildung 2-3 Glaserdiagramme) zeigen, dass bei den geplanten Aufbauten kein Tauwasser in den Bauteilen ausfällt. Die Einhaltung der bauphysikalischen Vorgaben ist sehr wichtig für die Tauwasserfreiheit in der Praxis.



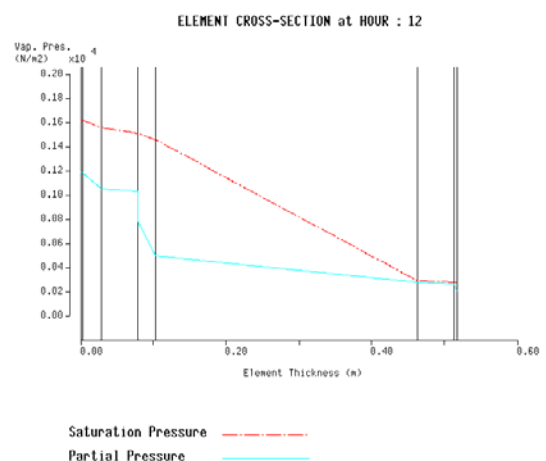
Hallendach Sommer



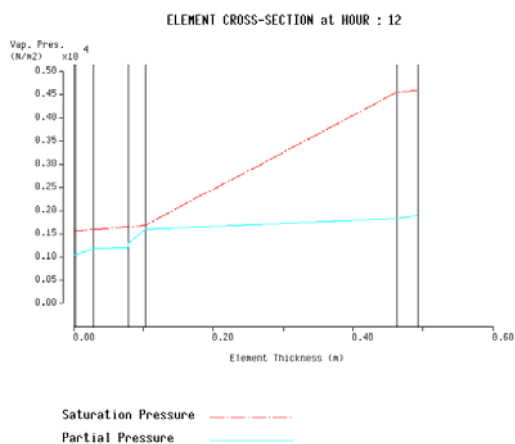
Hallendach Winter



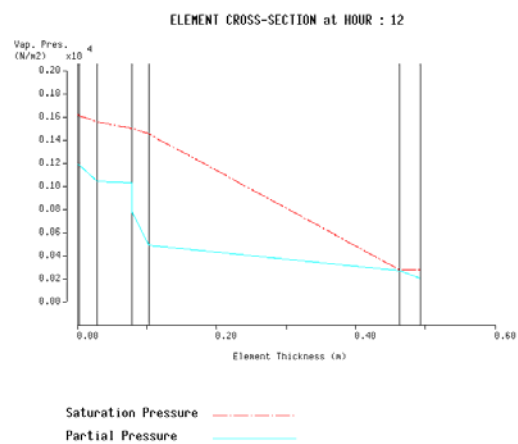
AW verputzt Sommer



AW verputzt Winter



AW Sicht Sommer



AW Sicht Winter

Abbildung 2-3 Glaserdiagramme

2.2 Raumklimatisierung mit Hilfe von Pflanzen

In den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts entwickelte sich, bedingt durch die Energiekrise, als neue Architekturform die Solararchitektur. Verschiedenste Konzepte wurden vor allem in Nordamerika, aber auch in Europa erprobt. Als zentraler Lösungsansatz kristallisierte sich die Nutzung der Sonnenenergie durch Glasgebäude bzw. Glasfassaden heraus. Als Konsequenz dieses Konzeptes ergab sich die Problematik der Klimatisierung und Luftqualitätsverbesserung im Innenraum. Fachkundig angewandt können Pflanzen in diesen Gebäuden erfolgreich zur Klimatisierung herangezogen werden; sie vermögen die Luftqualität zu verbessern, Schadstoffe zu binden und damit einen positiven Einfluss auf die Gesundheit des Menschen zu nehmen.

Der Einsatz von Pflanzen erfordert

- genaue Kenntnis der einzusetzenden Pflanzen
- exakte Architekturplanung für Tageslicht und Situierung der Pflanzen
- Festlegung der Bereiche für den Einsatz von automatisierten Bewässerungsanlagen und für händische Bewässerung
- Auslegung der Größe der Pflanzgefäße und Pflanzen
- Umsetzung von Pflanzthemen
- bauphysikalische Bewertung der Pflanzenoberflächen
- Bewertung und Berücksichtigung aller Kriterien in der thermischen Gebäudesimulation

All diese angeführten Kriterien wurden im Planungsprozess professionell berücksichtigt. Die Bepflanzung erfolgte auf Grundlage der Planung.

In Zusammenarbeit mit der Donau-Universität Krems wurde die Innenraumbegrünung in ihren ersten beiden Bestandsjahren beobachtet und insbesondere ihre Auswirkungen auf das Innenraumklima wissenschaftlich erhoben.

Das Ergebnis dieses Monitorings ist ab Seite 41 detailliert dargestellt.

2.2.1 Messungen und Beobachtungen

- Messung des Außenraumklimas: Temperatur, Feuchte, Strahlung
- Messung des Innenraumklimas an mehreren relevanten Standorten: Temperatur, Feuchte, Helligkeit
- Messung und Erhebung von Betriebsdaten:
Pflanzenwachstum, -bewässerung und -pflege
Luftvolumenströme
Temperaturen und Feuchten in der Lüftungsanlage
Beleuchtungsrelevante Daten
Heiz- und Kühlenergieströme,
Sonnenschutzsteuerung
Betriebsdaten: Belegungsdichte, Fensteröffnungsverhalten, ...

2.2.2 Auswertungen

- Mit den realen Außenklima- und Betriebsdaten wird das existierende Simulationsmodell den tatsächlichen Gegebenheiten angepasst, der Einfluss der Pflanzen aber noch aus den so erstellten Prognosen ausgeklammert.
- Die vergleichende Auswertung der tatsächlich eintretenden Innenraumklimabedingungen ermöglicht eine Gegenüberstellung derselben mit den Prognosen aus der thermischen Gebäudesimulation. Daraus lassen sich die Effekte der Innenraumbegrünung herausarbeiten.

2.2.3 Technische Vorkehrungen

2.2.3.1 Außenklima:

Am Dach des 1. OG Bürobereich wird eine Wetterstation ausgeführt, welche eine ständige Aufzeichnung von Außentemperatur, Luftfeuchte und Sonnenstrahlung (auf 4 Himmelsrichtungen aufgeteilt) ermöglicht.

2.2.3.2 Innenraumklima:

In den Büroräumen werden Raumtemperaturfühler und Feuchtefühler angeordnet, welche ein Erfassen der Raumkonditionen ermöglichen. Für die Aufzeichnung der Lichtstärke wird eine Aufzeichnungsmöglichkeit über die Regelungsanlage realisiert.

2.2.3.3 Betriebsdaten:

Die Stromaufnahme der Zu- und Abluftventilatoren, welche über einen Frequenzformer bedarfsabhängig betrieben werden, wird ständig erfasst. Mit einem Luftströmungswächter in der Zuluft sowie einem CO₂-Sensor werden die weiteren geforderten Werte gemessen und über den Querschnitt berechnet.

Im Luftkanalsystem für das OG werden jeweils in der Zu- und Abluft Temperaturfühler eingebaut. Zusätzlich wird die Luftfeuchte erfasst.

Über die Bewegungsmelder, welche die Beleuchtung freigeben, können die Beleuchtungsdaten zeitlich erfasst werden. Weiters wird der Stromverbrauch der Beleuchtungskörper gemessen.

Über die Bewegungsmelder ist auch eine Personenbelegung rückvollziehbar. Über die ZLT werden die Fensterbetätigungen überwacht und können aufgezeichnet werden.

Im OG sind Fußbodenheizungsverteiler installiert, über welche die Heiz- und Kühlenergie eingebracht wird. Im Wandschrank werden Wärmemengenzähler ausgeführt und in das Regelungssystem eingebunden. Die Wärme- und Kälteenergie, welche über die Lüftungsanlage eingebracht wird, kann über eigene Wärmemengenzähler erfasst werden.

Die Bewässerungsmengen werden für den Bereich der automatischen Blumentrogbewässerung erfasst, des weiteren soll die Wassermenge über die Bewässerungsentnahmestelle in der Teeküche im OG gemessen werden.

Die Jalousien werden nach Sonnenstand über die Regelungsanlage angesteuert, die Aufzeichnung der Stellungen wird über die ZLT ermöglicht.

2.2.3.4 Möglichkeit der Aufzeichnung:

Damit die angeführten Daten nach Vorgabe aufgezeichnet und abgefragt werden können, wird ein eigener Rechner installiert, über welchen der Zugriff ohne Beeinflussung des Gesamtregelungskonzeptes ermöglicht wird. Für diese Anlage ist auch eine eigene Fernabfrage geplant.

3 Vorarbeiten

1998

Im 4. Modul des Universitätslehrganges für Solararchitektur an der Donauuniversität Krems wurde Eduard Preisack, der Projektmanager des gegenständlichen Projektes durch Professor Dieter Schempp auf die Thematik „Grüne Solararchitektur“ aufmerksam und durch dessen Werkschau besonders für das Thema sensibilisiert.

2002

Teilnahme an einer gemeinsamen Tagung der Stadt Tübingen mit LOG ID, anlässlich welcher die BMW – Studie: „Das grüne Büro“ Quelle: DI Beate Martina Klug – BMW Deutschland vorgestellt wurde.

2004

Treffen des Projektmanagements und des Architektenteams mit Jürgen Frantz im Botanischen Garten der Universität Tübingen

4 Darstellung der Umsetzung

- Entwurfskonzept – Pflanzplanung
- Auswahl der Pflanzen
Festlegung der Pflanzgruben, Pflanzgefäße, der Art der Bewässerung
- zeitliche Abstimmung im Bauablauf
- Abstimmung der Substratzusammensetzung
(unter Verwendung des eigenen Biokompostes des Biohofes Achleitner)
- Durchführung der Bepflanzungsarbeiten
(mit besonderen Schutzvorkehrungen infolge des Schmutzanfalles)
- Pflanzenpflege
(Anwuchsgarantie, Pflanzpflege in Zusammenarbeit zwischen Pflanzplanern, ausführender Firma und Mitarbeitern des Biohofes)
- Datenerfassung und Auswertung
Einbau der technischen Messpunkte
- Monitoring durch die Donau-Universität Krems

4.1 Pflanzenplanung

4.1.1 Entwurfskonzept

Die Innenraumbepflanzung übernimmt wichtige Funktionen im Gebäude: Sie verbessert das Klima durch Temperaturverringering und durch natürliche Luftbefeuchtung und daraus resultierender Kühlung, die im Sommer besonders effizient ist. Sie verbessert die Luftqualität, bindet Staub und eliminiert Schadstoffe. Mit diesen physiologischen Leistungen tragen die Pflanzen zum Wohlbefinden der Menschen im Gebäude wesentlich bei. Ihre ästhetische Wirkung ist in diesem Zusammenhang nicht zu unterschätzen.

Die Gärten sollen einen hohen Identitätswert und eigene Themen erhalten. Eine prägende Pflanzenart charakterisiert jeden Garten, der geographisch oder nach weiteren Kriterien konzipiert ist.

Wir wollen die Besucher und Mitarbeiter zu einer Reise durch tropische Gärten einladen.

Die unterschiedlichen Gärten teilen sich in verschiedene Bereiche auf:

Erdgeschoss:

Foyer

Café

Begrüßungs- Empfangsgarten

Skulpturengarten

Obergeschoss:

Südseite

Ostseite

Nordseite

Besprechung

Pflanzenallee

Themengärten in jedem Büro

Hängegarten, Pflanzenallee

Kreativ-Garten

4.1.1.1 Foyer

Im Erdgeschoß starten wir unsere Reise durch die Welt. Wir nennen ihn den Begrüßungs- und Empfangsgarten. Charakteristische Pflanzen aus allen Kontinenten sind hier vertreten. Alle Beete sind mit Kletterfeigen (*Ficus pumila*) als Bodendecker bepflanzt. Aus dieser immergrünen Decke erheben sich in Gruppen niedrige Sträucher, dann halbhohle Arten und Bäume. Zwei ‚umbrella trees‘ (*Schefflera actinophylla* ‚amate‘ und *Schefflera pueckleri*), Vertreter Australiens und Süd-Ost-Asiens, empfangen die Gäste und Mitarbeiter. Sie besitzen mit ihren weit ausladenden Kronen, die wie Sonnenschirme wirken, ein ungewöhnliches Erscheinungsbild. Sie haben eine sehr hohe physiologische Leistungskraft. Ihr unmittelbarer Partner neben der Treppe ist die amerikanische *Clusia rosea*. Auf ihren sehr charakteristischen ledrigen Blättern kann man schreiben und signieren.

Um die Treppe herum gruppieren sich hohe schlanke Solitärbaume (*Ficus longifolia* ‚Alii‘ und *Ficus longifolia* ‚Amstel King‘). Zusammen mit Büschen, Sträuchern und Bodendeckern wird der Eindruck eines tropischen Waldes erzeugt.

Der Charakterbaum im letzten Teil dieses Gartens ist der afrikanische *Ficus lyrata* mit großen, geigenförmigen Blättern als 4m hohes Exemplar.

Das Pflanzbecken ist fußbodenbündig mit automatischer Bewässerung und Entwässerung.

Wasserlauf

Es ist ein Wasserlauf geplant, der zum Teil entlang des Beetes, zum Teil auch durch das Beet geführt werden soll.

4.1.1.2 Café

Im Café treten skulpturale Exemplare des *Ficus panda* auf. Diese Individuen befinden sich in mobilen Einzelgefäßen und können im Sommer auf die Terrasse nach draußen geschoben werden.

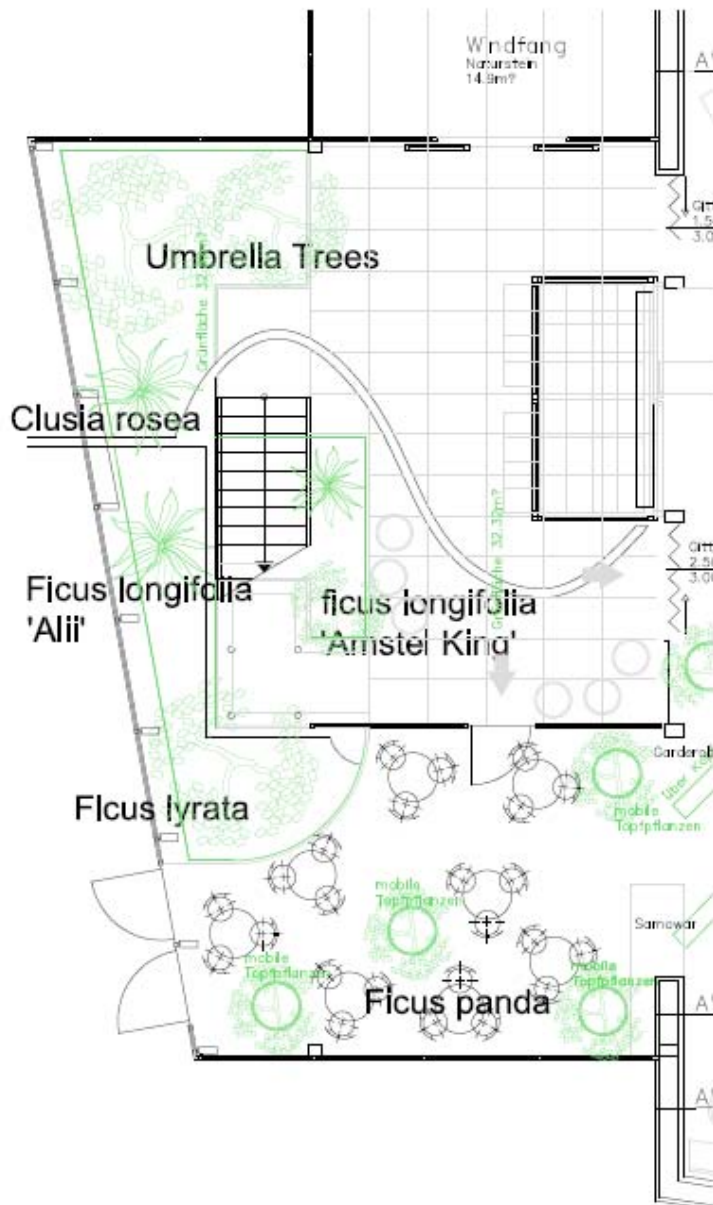


Abbildung 4-1 Pflanzenplanung Foyer

4.1.1.3 Restaurant

Einzelbäume mit Solitärcharakter bilden Schwerpunkte, kleine Plätze.

Die Gefäße können so ausgebildet werden, dass sie zum einen mobil sind und zum anderen mit integrierten Sitzflächen wie kleine Plattformen oder Podeste wirken (siehe Zeichnung).

Ergänzt wird diese Bepflanzung von Hängegefäßen, die auf die Einrichtung reagierend, an der Decke befestigt sind.

Ein Servicewagen mit integrierter Trittleiter kann zur Pflege und zum Gießen der Pflanzen eingesetzt werden.

Alternativ könnten die Gefäße auch so ausgebildet werden, dass sie einzeln oder besser in Gruppen zusammengefasst, herabgelassen werden können.

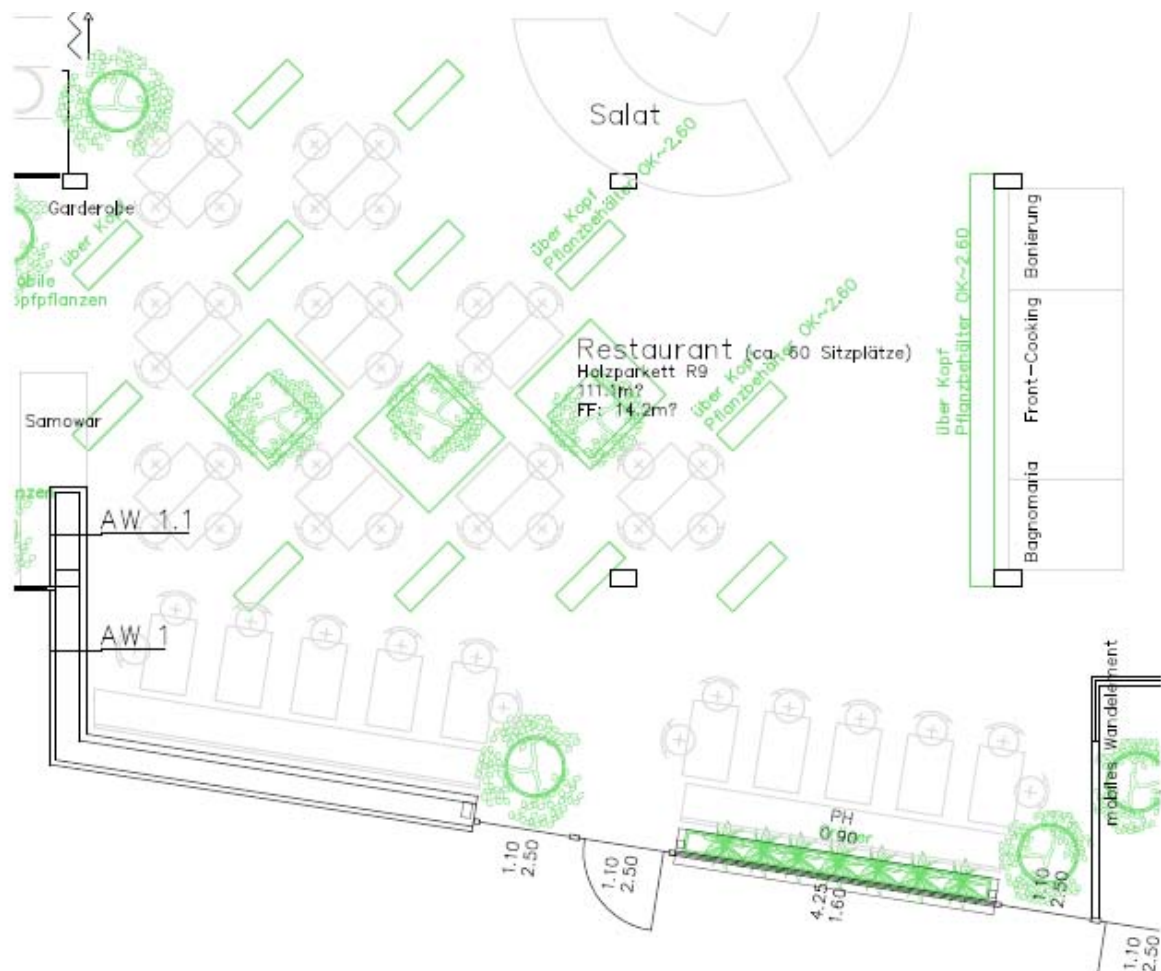


Abbildung 4-2 Pflanzenplanung Restaurant

4.1.1.4 Laden

Im Laden erfolgt noch eine Abstimmung mit der Ladenplanung erfolgen. Im unmittelbaren Bereich der Kühltheken ist wegen der niedrigen Temperaturen vor allem im Bodenbereich keine Bepflanzung möglich. Mit Einschränkung sind evtl. Hängegefäße möglich. Die Pflanzen in Restaurant und Laden benötigen eine Zusatzbeleuchtung.

4.1.1.5 Besprechung und Empfang OG

Hier soll ein Kreativ- Garten entstehen. Der „umbrella tree“, ihn kennen wir schon aus dem Foyer, lädt ein unter seinem vegetabilen Sonnenschirm Platz zu nehmen und gute Ideen reifen zu lassen.

In den Einzelgefäßen finden wir außerdem Palmen, z. B. *Crysalidocarpus lutescens* und *Phoenix roebelinii*, der als Symbol für die starke Vitalität der Pflanzen gilt.

An der Brüstung zum Foyer werden hängende und kletternde Pflanzen neben niedrigen Sträuchern gepflanzt.

Die Kletterhilfen sind Edelstahlseile mit Abrutschsicherungen im Abstand von ca. 30cm. Jeweils 3 Seile werden nebeneinander (Abstand ca. 40 bis 60cm) angeordnet, um einzelne vertikale Akzente zu setzen.

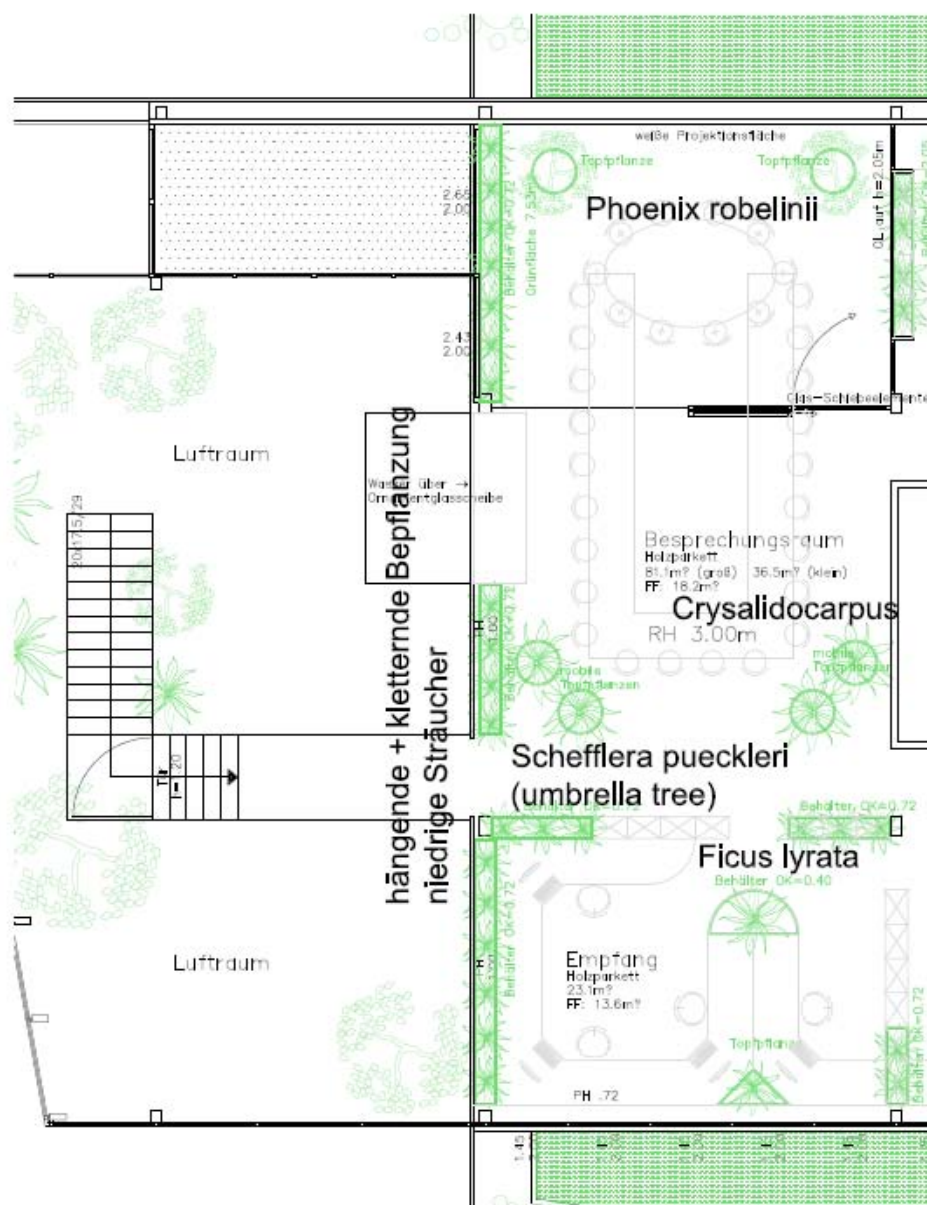


Abbildung 4-3 Pflanzenplanung Besprechung und Empfang OG

4.1.1.6 Büros OG

Dies ist die Produktionsstätte für ‚gute Luft‘. Bäume und Sträucher mit extrem hoher physiologischer Leistungskraft aus verschiedenen Kontinenten dominieren und sind ständiger Weg- und Arbeitsbegleiter. Sie befinden sich in den Gefäßen, die in die Möblierung integriert werden und bilden die Grundstruktur der Begrünung im Obergeschoss.

Südseite - Eine Allee entlang der Arbeitsplätze wird durch *Ficus lyrata* in halbrunden Gefäßen an den Tischenden gebildet. Auch diesen Baum hatten wir als großes Exemplar schon im Foyer kennen gelernt. Der Weg wird begleitet durch Büsche und Sträucher in Glasgefäßen, die in die Regale integriert werden.

Ostseite (Leitungsbüros) - Große auf dem Boden stehende Gefäße ermöglichen eine Kombination aus einem charakteristischen Solitär mit Büschen und Bodendeckern. Jedes Büro bekommt seinen eigenen Charakter und grünen Büropartner. Ergänzt wird diese Art der Bepflanzung mit Grün in Gefäßen, die auf den Regalen stehen bzw. in diese integriert sind. Diese Gefäße können ebenfalls aus Glas sein und sind 30cm hoch.

Nordseite - Unter dem Oberlicht filtert Hängegrün das Licht. Hier werden besonders leistungsstarke Pflanzen eingesetzt, u.a. *Rhaphidophora ‚aurea‘*, *Philodendron scandens* und *Rhoicissus capensis*.

Wie auf der Südseite wird der Weg durchs Büro durch eine Allee aus Solitärpflanzen begleitet.

Es ist in diesem Falle eine Allee aus Palmen und tropischen Koniferen, z. B. *Crysalidocarpus lutescens* und *Podocarpus macrophyllus*.

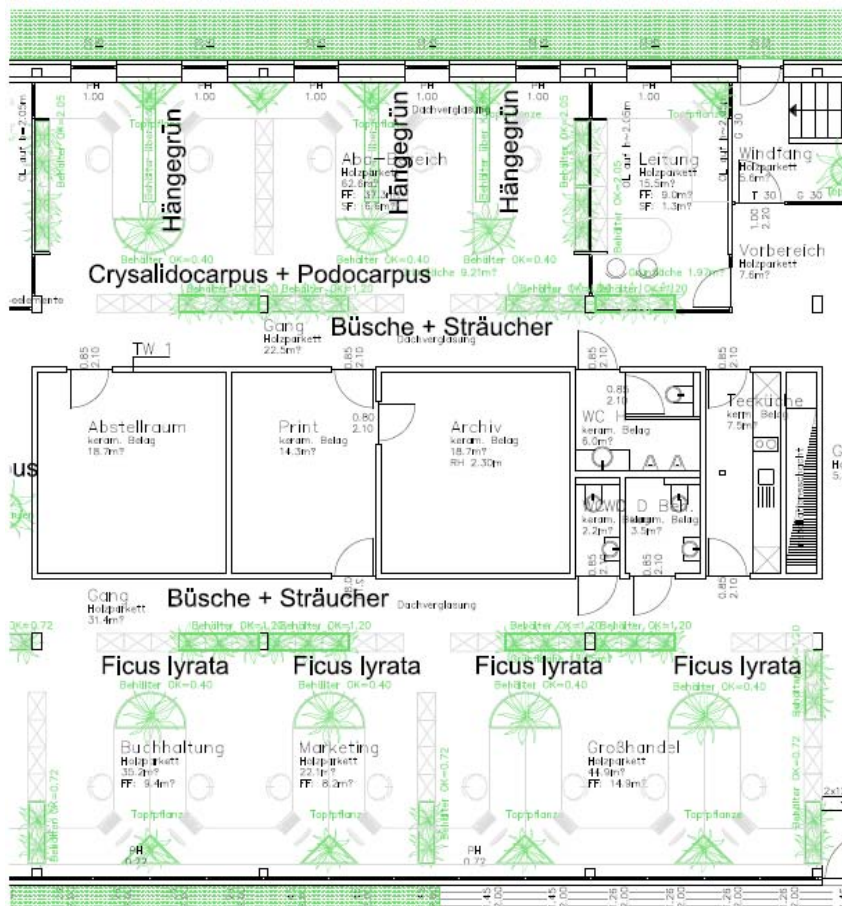


Abbildung 4-4 Pflanzenplanung Büros OG

4.2 Technik

4.2.1 Licht

4.2.1.1 Foyer und Café

Das Foyer ist von allen Seiten natürlich belichtet. Im Dachbereich über den Pflanzbeeten ist ebenfalls eine Verglasung vorgesehen. Somit ist im Bereich des Foyers das natürliche Licht ausreichend, wenn die verwendeten Gläser entsprechend ausgewählt werden. Die Gläser sollten eine Lichttransmission von min. 70% aufweisen. Dies ist mit dem Energietechniker abzustimmen.

Eine außen liegende Verschattung ist momentan nicht vorgesehen.

Tabelle 4-1 Angaben zur Verglasung

	Aufbau	Lichttransm. TL (%)	Energie-durchl.g (%)	Uglas (W/m ² K)	Beispiel
Dachfläche	2-fach	73%	42%	1,1	ipazol neutral 73/39 (interpane)
Westseite	2-fach	73%	42%	1,1	ipazol neutral 73/39 (interpane)
Südseite	3-fach	72%	52%	0,7 / 0,5	iplus 3 S / 3C S(interpane)
Nordseite	3-fach	72%	52%	0,7 / 0,5	iplus 3 S / 3C S(interpane)

Dachfläche und Westseite:

Energiedurchlass möglichst niedrig, da hohe Sonneneinstrahlung auf diese Flächen.

Lichttransmission möglichst groß, möglichst viel Licht für die Pflanzen.

Ggf. zusätzlicher Sonnenschutz, um zu vermeiden, dass die Nutzer direkter Sonnenstrahlung ausgesetzt sind. Z.B. innenliegende Sonnensegel, je nach Jahreszeit flexibel manuell angebracht.

Süd- und Nordseite:

Auch hier wesentliches Auswahlkriterium: hohe Lichttransmission.

Hier kann zugunsten des besseren Wärmeschutzes ein 3-fach Glas mit Wärmeschutzfunktionsschicht eingesetzt werden. Dabei erhöht sich allerdings der Energiedurchlasswert. Auf der Nordseite ist dies erwünscht, auf der Südseite können Energieeintrag und direkte Einstrahlung ebenfalls durch Sonnensegel reduziert werden.

Alternative:

Einsatz des 3-fach Wärmeschutzglases mit hoher Lichttransmission einheitlich auf allen Flächen.

Vorteile: besserer Wärmeschutz, höhere Behaglichkeit durch höhere Oberflächentemperatur der inneren Glasscheiben.

Nachteile: höherer Wert für den Energiedurchlass (g-Wert), höhere Baukosten.

4.2.1.2 Büros

Im Bürobereich sind an der Süd- und Ostfassade Fensterbänder mit Brüstung geplant. Auf der Nordseite befinden sich einzelne Fenster und ein Oberlicht. Ein weiteres schmales Oberlichtband befindet sich im zentralen Bereich. Für die Innenraumbegrünung der Büros ist im Bereich ab ca. 4m von der Fassade weg zusätzliches Licht erforderlich, da kurzwelliges Licht nicht bzw. nur wenig reflektiert werden kann. Langwelliges Licht ist für das Wachstum wichtig und kann von hellen Flächen reflektiert werden.

Die Zusatzbeleuchtung kann über Deckenleuchten und für einzelne, ausgewählte Bereiche bzw. Pflanzen mit Lichtstelen erfolgen.

4.2.1.3 Zusatzbeleuchtung

Grundsätzlich ist das ganze Farbspektrum des Tageslichtes für die Pflanzenentwicklung wichtig, besonders ausschlaggebend aber für den Substanzaufbau und die Entwicklung der Pflanzen sind die Bereiche um 450nm und besonders der Bereich um 650nm.

Die nötige Belichtung für die Pflanzen liegt zwischen 1200 und 1800 Lux als Minimum. Die Beleuchtungsstärke sollte sowohl vertikal als auch horizontal erreicht werden. Diese Werte müssen nur im unmittelbaren Pflanzenbereich auftreten. Die Pflanzen benötigen eine Belichtung von ca. 12 Stunden pro Tag. Um die Beleuchtungsdauer zu bekommen ohne den Bürobetrieb zu stören, kann die Beleuchtung auch ca. 3 Stunden vor und nach Bürobetrieb eingeschaltet werden.

4.2.2 Klima

4.2.2.1 Foyer und Café

Die Pflanzbeete im Foyer sind nach unten geschlossen. Die Temperatur sollte im Winter nicht unter 15° Lufttemperatur sinken. Luftzug sollte unbedingt vermieden werden. Optimal wäre es, wenn ca. 1/5tel der Glasflächen Lüftungsfläche wäre.

Zu empfehlen sind Lüftungsöffnungen über die gesamte Breite der Westfassade im oberen und unteren Bereich (z.B. mit Lamellen, großer freier Querschnitt).

Der Ladenbereich soll auf 18° klimatisiert werden (in der Besprechung am 23.06.04 neue Angabe 20°C). Durch die Klimaunterschiede in den offen geplanten Nutzungsbereichen kann es u.U. zu Zugscheinungen kommen. Dies sollte verhindert werden und ist vom Energietechniker noch im Detail zu untersuchen.

Entlang der Glasfassaden sollten Luftauslässe angeordnet werden, um durch einen warmen Luftstrom den Kaltluftabfall im Fassadenbereich zu reduzieren.

4.2.2.2 Büros

Im Bürobereich gehen wir ganzjährig von einer konstanten Temperatur von 20-22° aus.

4.2.3 Beetaufbau, Gewicht

4.2.3.1 Pflanzbecken Foyer

Die Pflanzbecken werden in Form von Wannen ausgebildet, die ebenerdig zum Fertigfußboden liegen. Dazu ist es nötig, die Bodenplatte in diesem Bereich abzusenken. Beethöhe im Lichten 100cm.

Beetrand: Edelstahlblech ca. 20 - 30mm über OK Fertigfußboden.

Damit wird verhindert, dass Reinigungswasser in das Beet läuft.

Obere Kante gerundet wegen Verletzungsgefahr.

Evtl. ist auch eine Abdeckung mit einem Gummikeder o.ä. erforderlich, wenn größere Sicherheit gewünscht bzw. seitens der Behörde gefordert wird (Kinderspielbereich!).

Wurzelfeste Abdichtung (in D nach FLL-Richtlinien) bis OK Beetrand (Edelstahlblech) hochgeführt.

Oberer Rand muss dicht ausgeführt werden, um ein Hinterlaufen durch Wasser (z.B. beim manuellen Gießen) zu verhindern.

Drainschicht ca. 20cm, um einen Wasseranstau zuverlässig zu verhindern.

Als Schutz der Abdichtung empfiehlt es sich im Bodenbereich eine Schutzmatte (z.B. Gummigranulatmatte) einzulegen. Im vertikalen Bereich ist eine Wellplatte einzustellen. Außer dem mechanischen Schutz der Abdichtung wird dadurch eine gewisse Hinterlüftung des Substratbereichs erreicht.

Entlang der Beetränder wird eine Drainschicht aus gebrochenem Blähton ca. 10 x 10cm geführt.

Das Substrat wird mit einer Anhögelung als Setzungsreserve von ca. 10cm eingebracht.

4.2.3.2 Einzelgefäße

Im Bürobereich, im Bistro und ggf. im Restaurant und Laden werden mobile Pflanzgefäße aufgestellt.

In den Büros werden zum Teil Gefäße in die Möblierung bzw. Geländer integriert.

Aufbau Pflanzbeete in mobilen Gefäßen im Obergeschoss

30-40cm Substrat + 10 cm Anhögelung als Setzungsreserve

10 cm Drainschicht

Bei einer Aufbauhöhe von 50cm bedeutet dies eine Lastannahme von ca. 650 kg/m².

4.2.3.3 Hängebegrünung

Im Bereich des nördlichen Oberlichtes ist hängende Begrünung in halbrunden Rohrgefäßen von ca. 2,50m Länge und 35cm Durchmesser vorgesehen. Obere freie Öffnung 30cm. Dabei kann man von einem Gewicht von ca. 220kg (Gefäß, befeuchtetes Substrat, Pflanzen) ausgehen. Geplant sind 3 Rinnen.

4.2.4 Be- / Entwässerung

4.2.4.1 Foyer

Wir empfehlen eine halbautomatische Bewässerungsanlage.

Die Wasserzufuhr wird durch einen Tensio-Feuchtefühler, ein Steuergerät, ein Magnetventil und einen Druckminderer (Betriebsdruck 0,8 – 1,2 bar) geregelt.

Im Gegensatz zu einer Vollautomatik wird bei Wasserbedarf die Wasserzufuhr aus Sicherheitsgründen nicht automatisch freigegeben, sondern ist manuell durch Knopfdruck zu starten. Die Bewässerung erfolgt dann in einem definierten, einstellbaren Zeitintervall. Ist der vorgegebene Feuchtigkeitswert nicht erreicht worden, wird erneut Wasserbedarf gemeldet.

Das Steuergerät und die Kopfstation (Wasserverteilung, Magnetventile, Filter, Druckminderer) sollten im Bereich des Gemüsestandes untergebracht werden. Vom Steuergerät ist eine Wasserzuleitung (3/4") bis in das Beet zu führen.

Die Wasserverteilung erfolgt durch PE – Spezialtropfrohren „Agro-drip 20“ (oder gleichwertiges Produkt mit 20 cm Tropfstellenabstand). Diese Tropfrohren werden nach dem Einpflanzen der größeren Pflanzen im Abstand von ca. 25 cm auf die Beetfläche verlegt. Die Tropfrohren werden nach der Funktionsprüfung 3 – 5 cm tief eingegraben oder mit Erde überdeckt.

Der Feuchtefühler wird an einer durchschnittlich zu bewässernden Stelle, etwa 10 cm von einer Tropfstelle entfernt installiert. Jedes Beet erhält einen separaten Feuchtefühler.

Er ist ggf. vor unbefugtem Zugriff zu schützen / abzudecken.

Entwässerung:

Jedes Pflanzbecken erhält einen Abfluss, der an das Kanalnetz angeschlossen ist. Über dem Abfluss wird ein Kontrollschacht (z.B. Zinco) eingebaut, der eventuellen Wasserstau am Beetgrund erkennen lässt. Wenn das Pflanzbecken durch den Wasserlauf nicht geteilt wird, ist ein Ablauf etwa in der Mitte ausreichend. Werden 2 getrennte Beete ausgeführt, muss entsprechend jedes Beet einen Ablauf bekommen.

Überflutungsschutz

Wir empfehlen, in diesen Kontrollschacht einen elektronischen Sensor einzubauen, der unerwünschten Wasserstau optisch / akustisch signalisiert und über ein vorrangiges Magnetventil jede weitere Wasserzufuhr unterbindet.

4.2.4.2 Einzelgefäße

Die Gefäße in den Büros sollten von Hand gegossen werden. Ein Kontrollrohr und eine Wasserstandsanzeige ähnlich der Hydrokultur wird pro Pflanzgefäß eingebaut. Die Pflege und somit auch das Gießen der Pflanzen sollte ein Gärtner, nach Einweisung durch Herrn Frantz, übernehmen.

4.2.4.3 Hängerinnen

Die Hängerinnen werden, wie das Pflanzbecken im Foyer, an ein halbautomatisches Bewässerungssystem angeschlossen. Die Steuerung erfolgt wie oben beschrieben. Am Ende jeder Rinne in Richtung Fassade sind die Gefäße an ein Entwässerungsnetz angeschlossen. Hier befindet sich auch wie bei den Beeten im Foyer die Kontrolleinrichtung für den Überflutungsschutz an jedem Gefäß. Die direkt an die Gefäße angeschlossenen Entwässerungsrohre sind transparent, um einen Wasseranstau oder eine Verstopfung sofort optisch erkennen zu können. Für die Bewässerung werden die 3 Rinnen zu einem Gießkreis zusammengeschlossen.

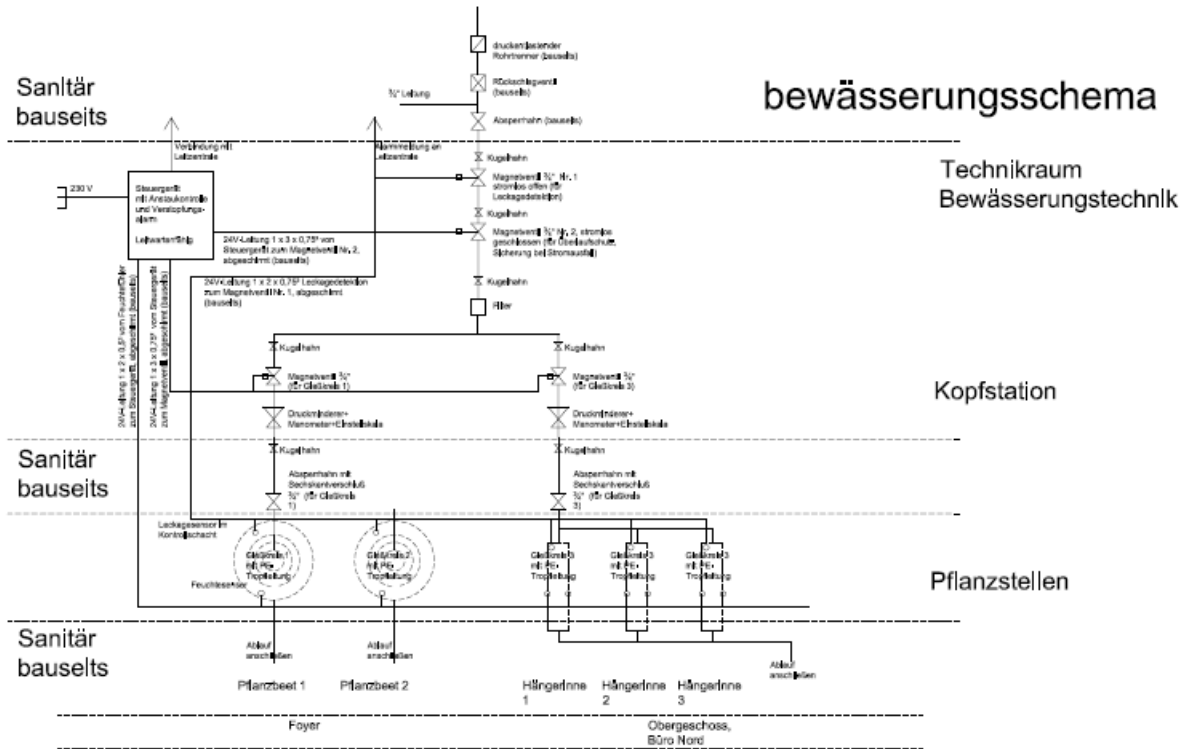


Abbildung 4-5 Bewässerungsschema

5 Terminablauf

11/2003	Projektierungsbeginn
01/2004	Vorentwurf Architektur
03/2004	Entwurf Architektur
05/2004	Pflanzplanung, thermische Gebäudesimulation
06/2004	Einreichplanung, Bauverhandlung
06-07/2004	Ernte und Pressung der Strohballen
09/2004	Detailplanung, Baubeginn
10/2004	Auswahl und Reservierung der Solitärpflanzen in Amsterdam durch Bauherrschaft und Planungsteam
12/2004	Gleichenfeier
04/2005	Bepflanzungsarbeiten Eröffnung des Gebäudes
05-07/2005	Einstellung und Feineinstellung der Haustechnikkomponenten (Heizung, Kühlung, Lüftung, Klima)
07/2005	Einbau der thermischen Messpunkte
08/2005	Beginn der Aufzeichnungen, monatliche Auswertung
11/2006	Zwischenbericht der Donau-Universität Krems
06/2007	Schlussbericht der Donau-Universität Krems
01/2008	Vorlage des endgültigen Endberichtes

Meilensteine

Sämtliche in der Abwicklung vorgesehenen Meilensteine wurden erreicht.

Um für die Auswertung des Monitorings wirklich aussagekräftige Daten zu erhalten, war es unbedingt notwendig, dieses über einen längeren Zeitraum – d.h. mindestens 2 Heizperioden – durchzuführen.

6 Projektergebnisse



Abbildung 6-1 Fertiges Gebäude

Die zu Projektbeginn für das Gebäude festgelegten Ansätze wurden umgesetzt, die erwarteten Ergebnisse wurden erreicht und teilweise übertroffen.

Der Passivhausstandard des Büro-, Verkaufs- und Restaurantbereichs wird laufend gemessen. Die Ergebnisse von 2 Heizperioden zeigen, dass der angesetzte Heizwärmebedarf erreicht bzw. sogar unterschritten wird.

Der Strombedarf für die Wärmepumpen wird über das Jahr gesehen zur Gänze durch die PV-Anlage abgedeckt.

Der Dämmstoff Stroh hält die technischen Erwartungen und erzielt durch die große verglaste Strohwand eine ausgezeichnete Aufmerksamkeit.

Die Öffentlichwirksamkeit des Gebäudes ist enorm, Mitarbeiter und Kunden sind begeistert.

Der Einsatz von Pflanzen wurde in einem Monitoring durch die Donau-Universität grundlegend untersucht. Die detaillierten Ergebnisse sind im folgenden festgehalten.

7 Monitoring durch die Donauuniversität Krems

7.1 Gegenstand und Zielsetzung

Gegenstand des Monitorings war das neue, im Jahr 2005 eröffnete, Gebäude des Biohofs Achleitner in Eferding, OÖ. Der neue Biohof ein moderner, multifunktionaler Baukomplex mit insgesamt ca. 3.300 m² Nutzfläche, mit höchsten Ansprüchen hinsichtlich Ästhetik, Funktionalität, Bauökologie, Energieeffizienz und Innenraumbehaglichkeit.

Eine ungewöhnliche und auch optisch hervorstechende Besonderheit des Projekts ist die verwirklichte, großzügige Innenraumbegrünung. Zielsetzung des gegenständlich dokumentierten Mess- und Beobachtungsprojekts war demnach auch die Untersuchung der Auswirkungen der Innenraumbegrünung auf die Innenraumbehaglichkeit und die NutzerInnenzufriedenheit.

Die Durchführung dieses Monitorings war insbesondere auch motiviert als Antwort auf die zahlreichen widersprüchlichen Literaturangaben zur klimatischen Wirksamkeit von Pflanzen im Innenraum. Vor diesem Hintergrund wurde in den Schlussbericht daher auch ein Kapitel zur Diskussion relevanter Literaturangaben aufgenommen.

7.1.1 Beschreibung des Untersuchungsobjekts

Das Untersuchungsobjekt ist das neue, im Jahr 2005 eröffnete, Gebäude der Biohof Achleitner GmbH in Eferding. Es zeichnet sich ästhetisch und funktional durch eine gelungene Verbindung und Zuordnung der vielfältigen Nutzungen aus und beinhaltet zahlreiche zukunftsweisende Elemente funktionaler, bauökologischer und baubiologischer Architektur.

7.1.1.1 Lage, Funktionen und Ausmaße

Auf einer Nutzfläche von insgesamt ca. 3.300 m² dient das Gebäude als zentraler Verwaltungs-, Distributions- und Verkaufsstandort der Biohof Achleitner GmbH. Das Angebot der Fa. Biohof Achleitner GmbH umfasst neben dem Kernbereich der eigenen Landwirtschaft die Bereiche Großhandel, Zustellservice, Bio-Frischmarkt und Bio-Kulinarium.

Folgende Nutzungen sind im Gebäude untergebracht:

- > Büroflächen, ca. 650m²
- > Verkaufsflächen des Bio-Frischmarktes sowie Gastronomieflächen des Bio-Kulinariums, insgesamt ca. 1.150 m²
- > Lager- und Arbeitsflächen des Großhandels und Zustellservices, ca. 1.500m²

7.1.1.2 Bauökologische und -biologische Qualitäten

7.1.1.2.1 Naturnahe Baustoffe

Das Gebäude ist ein Holzbau aus hoch wärmegeprägten Holzfertigteilen. In den Wänden und Dächern kommt großteils Strohdämmung zum Einsatz. Die Dächer des Verwaltungsgebäudes sind als Gründächer ausgeführt. Im Innenbereich werden in Räumen mit hoher Personenbesetzung Lehmbauplatten zur Regulierung des Mikroklimas und des natürlichen Feuchtehaushaltes verwendet.

7.1.1.2.2 Energieeffizienz

Das Gebäude wurde mit dem Ziel höchster Energieeffizienz unter weitgehender Verwendung von Passivhauskomponenten geplant und errichtet.

- > Der Bauteil-Wärmeschutz der Hüllbauteile erreicht $U = 0,10$ bis $0,15$ W/m²K.

- > Die Befensterung wurde überwiegend mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung ausgeführt. $U_w = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ wird erreicht. An ausgewählten Fassadenbereichen wurde mit Rücksicht auf den Lichtbedarf der Pflanzen eine Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung verwendet.
- > Es wurde eine mechanische Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung¹ und mit Vorkonditionierung der Außenluft in einem Erdreichwärmetauscher² verwirklicht.
- > Sommerliche Behaglichkeit wird durch eine bewusst gestaltete Gebäudegeometrie, durch außen liegenden, automatisch geregelten Sonnenschutz sowie durch die kühlenden Beiträge der Pflanzen sichergestellt. Nur in Zonen mit hohen thermischen Lasten sowie in den Kühlräumen wird technische Kühlung eingesetzt.
- > Die Wärme- und Kälteerzeugung erfolgt über eine Grundwasserwärmepumpe oder über Freecooling mit dem Grundwasser sowie unterstützend durch den genannten Erdreichwärmetauscher und eine thermische Solaranlage.
- > Die Wärme- und Kälteabgabe erfolgt durch Vorkonditionierung der Zuluft und durch begleitende Fußbodenheizung oder -kühlung.
- > Ein Teil des Strombedarfs des Gebäudes wird mit einer Photovoltaikanlage gedeckt.
- > Unabhängig vom Gebäude wird die Fahrzeugflotte des Unternehmens mit Biodiesel aus großteils eigener Produktion betrieben. Eine Biodieseltankstelle befindet sich am Areal.

7.1.1.2.3 Innenraumbegrünung

Der gesamte Bürobereich sowie Teile des Bio-Kulinariums und des Bio-Frischmarktes sind mit großzügig dimensionierter, dauerhafter und funktionaler Innenraumbegrünung ausgestattet. Von den Pflanzen wird neben ihren ästhetischen und Identifikation stiftenden Qualitäten eine Steigerung der Innenraumbehaglichkeit, sowohl im emotionalen als auch im technischen Sinn erwartet.

7.1.2 Beschreibung ausgewählter Planungsziele

7.1.2.1 Kühlwirkung der Pflanzen

Im Planungsstadium wurden Prognosen für die erwartete kühlende Wirkung der Pflanzen angestellt, denen der Effekt der Wasserverdunstung durch die Blattoberflächen zugrunde liegt. Diese Abschätzungen führten zu folgenden, im Simulationsbericht des Büros Jung dokumentierten Annahmen der mittleren, durch die Pflanzen erbrachten Kühlleistungen:

- > EG Foyer 16,2 W/m²
- > EG Bistro und Restaurant 2,3 W/m²
- > OG Büros 5,8 W/m²

7.1.2.2 Prognostizierte Energiekennzahlen

Die Planung wurde von einer detaillierten thermischen Gebäudesimulation begleitet, deren Ergebnisse zur Optimierung der Bauteile, des Sonnenschutzes und der Lüftungsstrategien

¹ In drei Lüftungsanlagen kommt Lüftungswärmerückgewinnung mit Wärmebereitstellungsgraden zwischen 50% und 70% zum Einsatz.

² Es wurde ein Erdreichwärmetauscher aus 6 parallelen Rohren zu je 70m Länge ausgeführt.

sowie als Grundlagen für die Auslegung der haustechnischen Systeme herangezogen wurden.

Die Prognosen der Gebäudesimulation hinsichtlich des Nutzwärme- und -kältebedarfs sowie der Heiz- und Kühllast für den Verwaltungsbau und für die Halle sind nachfolgend zusammengestellt. Es wird dabei explizit darauf hingewiesen, dass es sich bei diesen Werten um Nutzenergiekennzahlen handelt, in denen die Verluste der Wärme- und Kälteverteilung und -erzeugung per Definition nicht enthalten sind.

7.1.2.2.1 Verwaltungsbau

> Heizlast	42,7 kW	26 W/m ²
> Kühllast	61,7 kW	35 W/m ²
> Heizwärmebedarf	72.306 kWh/a	41 kWh/m ² a
> Kältebedarf	32.289 kWh/a	18 kWh/m ² a
> Gesamte Nutzfläche	1.783 m ²	

7.1.2.2.2 Halle

> Heizlast	22,3 kW	26 W/m ²
> Kühllast	32,9 kW	35 W/m ²
> Heizwärmebedarf	21.944 kWh/a	15 kWh/m ² a
> Kältebedarf	58.234 kWh/a	39 kWh/m ² a
> Gesamte Nutzfläche	1.496 m ²	

7.2 Methodik

Zur Erreichung der oben beschriebenen Zielsetzung wurden im gegenständlichen Monitoring folgende methodischen Ansätze gewählt:

- > Hintergrundrecherche
- > MitarbeiterInnenbefragungen
- > Erhebung von Erfahrungen aus der Pflanzenbetreuung
- > Luftbefeuchtungsanalyse

Explizit nicht Gegenstand des Monitorings war die Feststellung des wärme- und allgemeinen energietechnischen Verhaltens des Gebäudes.

7.3 Hintergrundrecherche

Neben zahlreichen Fachpublikationen der 80er und 90er Jahre sind insbesondere drei österreichische Studien zu erwähnen, die sich mit großer Ernsthaftigkeit mit dem Thema der innenraumklimatischen Leistungsfähigkeit von Pflanzen auseinandersetzen:

- 1) Schneider, F. Oettl, B. Quiring, et.al.: themenwohnen musik, Entwicklung eines urbanen Stützpunktes für Musiker, Berichte aus Energie- und Umweltforschung; Programmlinie Haus der Zukunft des bm:vit; 2003
- 2) Preisler, A.; Krenn, C.: Sunny Research! Nachhaltiges Gebäude- und Energiekonzept für ein modernes Büro- und Gewerbegebäude; Berichte aus Energie- und Umweltforschung; Programmlinie Haus der Zukunft des bm:vit; 2005
- 3) Balogh, P.; Schempp, D. (Betreuer): Auswirkung von Pflanzen in Innenräumen; Master-Thesis am Department für Bauen und Umwelt der Donau-Universität Krems; 2007

Aus der Lektüre dieser und älterer Fachpublikationen, zahlreicher Bücher, gedruckter Fachartikel, im Internet publizierter Inhalte sowie auch aus zahlreichen Gesprächen mit anderen ExpertInnen ergibt sich ein vielfältiges, aber auch durchaus widersprüchliches Bild darüber, was Pflanzen im Innenraum leisten können:

7.3.1 Warum Innenraumbegrünung nötig ist

Bis zu 90% unserer Lebenszeit verbringen wir mittlerweile in geschlossenen Räumen - und den größten Anteil unserer wachen Lebenszeit wiederum am Arbeitsplatz. Nachdem wir uns also aus der Natur zurückgezogen haben, spricht vieles dafür, Teile der Natur in unsere Räume nachzuholen.

7.3.2 Was Pflanzen können

Ergebnisse wissenschaftlicher Studien, insbesondere aber Erfahrungen mit gebauten Objekten, postulieren oder belegen folgende Wirkungen von Pflanzen im Innenraum, mit abnehmender vermuteter oder beobachteter Relevanz der aufgezählten Einzelwirkungen.

- > Psychische Wirkungen (Wohlfühlen, Arbeitszufriedenheit)
- > Positive raumklimatische Wirkungen (Temperatur- und Feuchteregulation)
- > Staubreduktion
- > Schallreduktion
- > Schadstoffabbau

Alle diese Funktionen sind in der einen oder anderen Weise dokumentiert und in ihrer Summe erheblich und bedeutend. Gleichzeitig muss aber vor übertriebenen Ankündigungen gewarnt werden.

Eine Gewichtung der oben genannten Funktionen nach ihrer Bedeutung wird in [1] und auch in [2] folgendermaßen angegeben:

- > 55% Psychische und psychosomatische Wirkungen
- > 30% Luftbefeuchtung
- > 8% Staubreduktion
- > 6% Schallreduktion
- > 1% Schadstoffabbau

7.3.2.1 Psychische Wirkungen

Psychische Wirkungen wurden vielfach nachgewiesen, nicht zuletzt spiegeln sie sich auch in den Ergebnissen der Befragungen im gegenständlichen Projekt wider. [4]

Einhellig positiv bewertet wurden bereits nach der ersten Befragung die Einflüsse der Pflanzen auf das eigene Wohlbefinden (86% Zustimmung bei Rest k.A.), auf die Kundenreaktionen (100% Zustimmung) sowie auf die Ästhetik (100% Zustimmung).

Ebenfalls eindeutige 86% bei 14% k.A. konzentrieren dem neuen Büro einen höheren Wohlfühlwert als dem alten Arbeitsplatz.

Ebenso eindeutige Werte lieferte die umfangreich angelegte Studie zur Bürobegrünung bei BMW München [5].

Ähnlich die Studienergebnisse von Tove Fjeld, 1995-96: Die norwegische Forscherin untersuchte den Stressabbau bei MitarbeiterInnen einer Ölfirma. Sie untersuchte 59 gleichartige Einzelbüros, in der standardisierten Größe von 10 m² und untersuchte anhand von Vergleichsgruppen empirisch die Auswirkungen von Pflanzen im Büro auf das subjektive Empfinden der MitarbeiterInnen. 82 % der TeilnehmerInnen hielten im abschließenden Fragebogen fest, dass sie sich im Pflanzenbüro wohlfühlen und zukünftig Pflanzen in ihrem Arbeitsumfeld wünschen. Die Wissenschaftler stellten die psychosoziale Wirkung der Pflanzen fest: Das individuelle Krankheitsempfinden sinkt, die Toleranzgrenze gegenüber Außenreizen steigt und die Nutzer sind ein weitaus weniger gestresst. [6]

7.3.2.2 Feuchtereulation

Pflanzen verdunsten Wasser. Mittels Transpiration über die Blattoberflächen und mittels Evaporation über das Erdreich. Die Wassermengen sind zumindest aus Kenntnis der Gießwassermengen einigermaßen bekannt. Die Feuchtereulation ist demnach unter sämtlichen physikalischen und chemischen Wirkungen von Pflanzen im Innenraum auch der größte Hoffnungsträger.

Dennoch sind die verfügbaren Literaturangaben mehr als widersprüchlich, was auch Peter Balogh in seiner aktuellen Master-Thesis an der Donau-Universität Krems herausgearbeitet hat. [14]

Umfangreiche Recherchearbeit hat auch die Studie "Themenwohnen Musik, Entwicklung eines urbanen Stützpunktes für Musiker" von Schneider, Oettl, Quiring, et.al. geleistet. [18]

Aus dem Vergleich der Literaturangaben, aus Berichten erfahrener Pflanzenplaner und aus begleitenden Berechnungen und Messungen lässt sich die Prognose ableiten, wonach von nennenswerter und vitaler Innenraumbegrünung eine Wasserdampfabgabe in der Größenordnung von 1 bis 1,5 Gramm Wasser pro kg trockener Luft erreicht werden kann, was eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte um 10 bis 15% bewirken kann. Durch diese Verdunstungsleistung können tatsächlich sommerliche Temperaturspitzen im Innenraum gemildert oder die Klimaanlage entlastet werden.

Als grober Richtwert auf den dafür notwendigen Umfang einer solchermaßen wirksamen Innenraumbegrünung kann der Richtwert von ca. 10% pflanzenbestandener Raumnutzfläche gelten.

Auch die Behaglichkeit stiftende Wirkung der - gegenüber der Luft - kühleren Blattoberflächen ist bekannt. In [17] etwa wird eine Untertemperatur der Blattoberflächen von bis zu 1 K angegeben.

Die Verdunstungsleistung der Pflanzen hat, wie mehrere Studien bestätigen, einen direkt proportionalen, starken Zusammenhang zur momentanen Beleuchtungsstärke der Pflanzen, womit sich eine signifikante Tag/Nacht-Schwankung ergibt. Überlagert wird dieser Zusammenhang aber von zahlreichen anderen Faktoren, wie insbesondere dem langfristigen Beleuchtungsniveau, dem absoluten Niveau der Luftfeuchte, der Vitalität der Pflanzen, dem Luftzug oder auch von Effekten der Gewöhnung an Wasserüber- oder Unterversorgung. [2], [12], [14], [17], [18]

Vor diesem Hintergrund des zwar vielfach vorhandenen, aber dennoch widersprüchlich publizierten Fachwissens, legte die gegenständliche Untersuchung das größte Augenmerk darauf, den Nachweis der Luftbefeuchtung von Pflanzen im Innenraum wenn möglich nicht nur zu bringen, sondern die diesbezügliche Leistung auch zu quantifizieren.

7.3.2.3 Schallreduktion

Eine gerade für das Office wichtige Funktion von Innenraumgrün ist die Schallreduktion. Blattoberflächen absorbieren, reflektieren und streuen die Schallwellen. Wellenlängenabhängige Absorptionsfaktoren und auch vereinzelt Angaben zu Pegeldämpfungen von bis zu 5 dB(A) werden in diversen Studien publiziert. [8], [9], [12], [13], [14], [15]. Physikalisch gesehen entspricht eine Pegeldämpfung von 5 dB(A) fast einer Viertelung der Lautstärke. Empfindungsmäßig entspricht das bei normalen Bürogeräuschen weniger als einer Halbierung der Lautstärke. Zum Vergleich: Eine festverglaste Glasscheibe von 6 mm Dicke erzielt vergleichsweise eine bewertete Schallpegelreduktion von 33 dB(A).

Fazit: Pflanzen machen aus einem Großraumbüro akustisch niemals eine Ruhezone. Sehr wohl können sie aber zu einer spürbaren Milderung der Geräuschbelastung im Office beitragen.

7.3.2.4 Schadstoffabbau

Ein heikles Thema, das oft unseriös behandelt wurde, auf dem aber dennoch ganz erstaunliche Messergebnisse vorliegen. Insbesondere etwa [5] und [7].

Etwa [5]: In einem vergleichenden Praxistest bei BMW München 2003 wurden unter der fachlichen Leitung von Arch. BDA Dieter Schempp, Gastprofessor der Donau-Universität Krems, etwa drei ansonsten ähnliche Großraumbüros zu je ca. 300m² und ca. 20 Mitarbeitern unterschiedlich ausgestattet: Eines der Büros wurde bei Fensterlüftung intensiv begrünt, ein weiteres bei Fensterlüftung „standard“ begrünt, das letzte bei Klimatisierung nicht begrünt. Durch Befragung ergab sich eine überwältigend positive subjektive Wahrnehmung der Pflanzen. Aber auch messtechnisch wurden drastische Reduktionen von VOC (minus 68% gegenüber den Vergleichsbüros) und von Keimbelastung (minus 50% bis 60% gegenüber den Vergleichsbüros) nachgewiesen.

Weiters [7]: Dr. Leiv Sandvik, Spezialist für medizinische Statistik, Universität Oslo/Norwegen, führte im Zeitraum Herbst 1994 bis Frühling 1996 Praxistests an 59 Personen in standardisierten 10m²-Büros durch. Mittels Fragebogen wurde im wechselseitigen Vergleich die Veränderung von subjektiv wahrgenommenen Krankheitssymptomen sowie das subjektiv wahrgenommene Wohlbefinden erhoben. Durch Pflanzen im Büro konnte insgesamt ein Rückgang von 25% der genannten Symptome verzeichnet werden. Teilte man die Symptome in drei Hauptsymptomgruppen (1. Symptome des allgemeinen Wohlbefindens, 2. Symptome der Schleimhäute, 3. Symptome der Haut), ergab sich, dass sowohl die Symptome des allgemeinen Wohlbefindens als auch die Symptome der Schleimhäute signifikant zurück gingen, während innerhalb der Gruppe Symptome der Haut keine Veränderungen festgestellt werden konnten.

7.3.3 Was Pflanzen brauchen

Pflanze brauchen Licht, Wasser, geeignete Temperatur, Nährstoffe - und Pflege. Und das differenziert nach Pflanzenart, nach Erziehungsart und nach vielen anderen Parametern.

7.3.3.1 Lichtbedarf

Der Lichtbedarf von Pflanzen ist ein ganz wesentlicher Faktor bei ihrer Kultivierung im Innenraum; sind doch die allermeisten Pflanzenarten an ihren natürlichen Standorten Beleuchtungsstärken von 10.000 Lux aufwärts gewöhnt. In unseren Büros hingegen herrschen Beleuchtungsstärken von einem Zehntel dieser Werte und darunter vor. Großvolumige

Pflanzen müssen daher stets in unmittelbarer Fassadennähe oder unter Oberlichtern positioniert werden.

Eine zusätzliche - junge - Herausforderung an die Pflanzenauswahl stellen unsere technischen Funktionsverglasungen dar. Im Dienste des Sonnenschutzes oder auch der Bruchsicherheit sind diese mit Metallbedampfungen oder mit Folien beschichtet, welche ganz bestimmte Wellenlängen der Sonnenstrahlung wegfiltern, möglicherweise auch jene, die die Pflanze dahinter dringend benötigt.

7.3.3.2 Wärmebedarf

Pflanzen brauchen geeignete Temperaturen. Oder umgekehrt: Es muss die Pflanzenauswahl auf die herrschenden Raumtemperaturen und deren jahres- und tageszeitliche Schwankungsbreite abgestimmt werden. Z.B. subtropische Pflanzenarten dort, wo signifikante Temperaturschwankungen zwischen Sommer und Winter auftreten, etwa in Wintergärten. Z.B. tropische Pflanzenarten dort, wo ganzjährig ähnliche Temperaturen herrschen, also etwa im Office. Unter den tropischen Arten sind wiederum jene interessant, die bei vergleichsweise geringem Niveau der Luftfeuchtigkeit gedeihen. Die wohl bekanntesten unter ihnen sind etwa ficus benjamini (Birkenfeige) oder ficus alii (Oleanderfeige).

7.3.3.3 Wasser und Nährstoffbedarf

Die Wasser- und Nährstoffversorgung ist wieder eine Frage für den Pflanzenspezialisten. Automatische Bewässerung bewährt sich jedenfalls; planerische Vorkehrungen zur Vermeidung konstruktiver Schäden bei technischem Versagen der automatischen Bewässerung sind aber notwendig. Wie so oft, ist auch hier die integrale Planung ein Erfolgsprinzip.

7.3.4 Was Pflanzen kosten

Mit allen Warnungen, dass im Einzelfall immer alles speziell ist, kann man doch davon ausgehen, dass im Regelfall einer relevanten Officebegrünung (immer ausgehend von zugrunde gelegten 10 % Pflanzfläche, bezogen auf die Raumnutzfläche) Kosten von 20 bis 40 EUR pro Quadratmeter Raumnutzfläche ein brauchbarer erster Richtwert sein können.

Für den Zeitaufwand der Pflanzenpflege, egal ob fremdvergeben oder selbst durchgeführt, können 2 bis 3 EUR pro Quadratmeter Raumnutzfläche und Jahr ein erster kalkulatorischer Richtwert sein.

Mit allen Warnungen, dass die Kosten im Einzelfall deutlich abweichen können.

7.3.5 Beispiele

Im deutschsprachigen Raum ist im Zusammenhang mit gelungenen Beispielen funktionierender Innenraumbegrünungen insbesondere das Büro LOG ID aus Tübingen mit seinen "Köpfen" Dieter Schempp (Architektur) und Jürgen Frantz (Pflanzenplanung) zu nennen. Auf ihr Konto gehen imposante Innenraum-Grünplanungen - u.a. in folgenden Projekten:

- > Laborgebäude für den Fachbereich für unfallchirurgische Forschung und Biomechanik auf dem Universitätsgelände Ulm (1990)
- > Kulturzentrum der Stadt Herten (1994)
- > Hauptverwaltung der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (1994)
- > BMW München (2002)
- > Biohof Achleitner (2004)

Siehe insbesondere [14].

7.3.6 Neue Weiterbildung in Planung von Innenraumbegrünung

Ab Oktober 2008 startet jährlich eine 3x einwöchige Spezialausbildung für Innenraumbegrünung an der Donau-Universität Krems.

Gelehrt werden Pflanzenfunktionen, Pflanzenauswahl, technische Kenntnisse der Wechselwirkung Pflanze/Raum/Gebäude, Haustechnik und praktische Fragestellungen wie Pflanzenpflege, rechtliche Aspekte, Ökonomie der Innenraumbegrünung. Für Architektur- und HaustechnikplanerInnen, PflanzenexpertInnen und andere Interessierte.

www.donau-uni.ac.at/bau , DI Marion Rottensteiner, T ++43 / 2732 / 893 - 2665

7.4 MitarbeiterInnenbefragungen

Teil des gegenständlichen Monitorings war es, mittels strukturierter Befragung der BüromitarbeiterInnen die subjektiv wahrgenommenen Einflüsse der Pflanzen auf die Innenraumbehaftigkeit sowie weitere funktionale Betriebserfahrungen wie Pflegeaufwand und Ähnliches zu erheben.

Die erste MitarbeiterInnenbefragung wurde im Juli 2006 durchgeführt. Sie wurde im April 2007 mit demselben Fragebogen wiederholt.

Durch regelmäßige Gespräche mit der Geschäftsführung und den mit der Pflanzenpflege betrauten MitarbeiterInnen wurden außerdem der Pflegeaufwand und sonstige Betriebserfahrungen im Umgang mit den Pflanzen erhoben und dokumentiert, um für Nachfolgeprojekte verlässliche und in der Praxis abgesicherte Planungshilfen zur Verfügung stellen zu können.

7.4.1 Fragenkatalog und Befragungstechnik

Die Befragung wurde mit Hilfe eines standardisierten Fragenkatalogs in jeweils persönlichen Gesprächen durchgeführt.

Alle Fragen sind so gestellt, dass sie mit Ja oder Nein beantwortet werden können. Bewusst wurde aber zur Begründung der gegebenen Antwort eingeladen.

Im ersten Durchgang wurden sieben angestellte MitarbeiterInnen des Büros sowie - mit einem adaptierten Fragenkatalog - die beiden Gärtnerinnen, welche die Pflege der Pflanzen durchführen, befragt.

Jedes Gespräch dauerte ca. 1/4 Stunde.

Den GesprächspartnerInnen wurde vor dem Gespräch versichert, dass die Ergebnisse der Befragung nur anonymisiert weitergegeben werden.

Folgende Fragen wurden gestellt:

- > Haben Sie das Gefühl, dass sich die Pflanzen im Büro auf Ihr Wohlbefinden auswirken?
- > Haben Sie das Gefühl, dass sich die Pflanzen im Büro auf die Lufttemperatur im Sommer und im Winter auswirken?
- > Haben Sie das Gefühl, dass sich die Pflanzen im Büro auf die Luftfeuchte im Sommer und im Winter auswirken?
- > Wirken sich die Pflanzen Ihrer Meinung nach auf den Geruch im Büro aus?
- > Wirken sich die Pflanzen Ihrer Meinung nach auf den Geräuschpegel im Büro aus?
- > Wie beeinflussen die Pflanzen die Ästhetik der Büros?
- > Kennen Sie die Pflanzenarten, die im Bereich Ihres Arbeitsplatzes wachsen?
- > Beteiligen Sie sich an der Pflege der Pflanzen? Wie viel Zeit investieren Sie?
- > Wie reagieren Kunden und Geschäftspartner auf die Pflanzen in den Büros?
- > Gibt es Störungen durch die Pflanzen?
- > Fühlen Sie sich in den neuen Büros wohler als zuvor?

Ergänzend wurden folgende vier persönliche bzw. betriebliche Daten abgefragt:

- > Alter
- > Geschlecht
- > Dauer der Betriebszugehörigkeit
- > Position im Betrieb

Die Fragen wurden sowohl in der ersten als auch in der zweiten Befragung identisch gestellt, mit Ausnahme der Fragen zur Kenntnis der Pflanzenarten und zur Reaktion der Geschäftspartner. Diese beiden Fragen wurden nur in der ersten MitarbeiterInnenbefragung gestellt.

Passend zur Struktur der Fragen und unter Berücksichtigung der gegebenen Antworten hat sich in der Auswertung folgende Standardisierung der Antworten bewährt:

- > Haben Sie das Gefühl, dass sich die Pflanzen im Büro auf Ihr Wohlbefinden auswirken?

[ja, positiv], [ja, negativ], [nein], [keine Angabe bzw. weiß nicht]

- > Haben Sie das Gefühl, dass sich die Pflanzen im Büro auf die Lufttemperatur im Sommer und im Winter auswirken?

Nachdem die meisten Antworten zwischen Sommer und Winter differenziert ausfielen, wurde auch getrennt nach Sommer und Winter ausgewertet.

[ja, positiv], [ja, negativ], [nein], [keine Angabe]

- > Haben Sie das Gefühl, dass sich die Pflanzen im Büro auf die Luftfeuchte im Sommer und im Winter auswirken?

Trennung zwischen Sommer und Winter, wie oben.

[ja, positiv], [ja, negativ], [nein], [keine Angabe]

- > Wirken sich die Pflanzen Ihrer Meinung nach auf den Geruch im Büro aus?

Trennung zwischen Sommer und Winter, wie oben.

[ja, positiv], [ja, negativ], [nein], [keine Angabe]

- > Wirken sich die Pflanzen Ihrer Meinung nach auf den Geräuschpegel im Büro aus?

[ja, positiv], [ja, negativ], [nein], [keine Angabe]

- > Wie beeinflussen die Pflanzen die Ästhetik der Büros?
[sehr positiv], [positiv], [negativ], [nein], [keine Angabe]
- > Kennen Sie die Pflanzenarten, die im Bereich Ihres Arbeitsplatzes wachsen?
[ja], [nein], [teilweise], [keine Angabe]
- > Beteiligen Sie sich an der Pflege der Pflanzen? Wie viel Zeit investieren Sie?
[ja], [nein], [kaum], [keine Angabe]
- > Wie reagieren Kunden und Geschäftspartner auf die Pflanzen in den Büros?
[sehr positiv], [positiv], [negativ], [keine Angabe]
- > Gibt es Störungen durch die Pflanzen?
[ja], [nein], [kaum], [keine Angabe]
- > Fühlen Sie sich in den neuen Büros wohler als zuvor?
[ja], [nein], [keine Angabe]

7.4.2 Ergebnisse der ersten Befragung

Den Befragungsergebnissen ist voranzuschicken, dass aufgrund der kleinen Zahl befragter Personen eine statistische Auswertung mit dem Herstellen von Querbezügen unzulässig ist. Es wurden daher nur die einzelnen Fragen ausgewertet, was aber auch aufschlussreiche Ergebnisse liefert.

Trotz der kleinen Zahl befragter Personen wurden die Ergebnisse nach Prozenten der insgesamt befragten Personen ausgewertet. Die Zahl der Antworten ist dabei mit den Prozentsätzen folgendermaßen korreliert:

> 1 Person	14 %
> 2 Personen	29 %
> 3 Personen	43 %
> 4 Personen	57 %
> 5 Personen	71 %
> 6 Personen	86 %
> 7 Personen	100 %

- > Auf die Frage nach der subjektiven Wahrnehmung der Auswirkung der Pflanzen auf das eigene **Wohlbefinden** bestätigen 86 % der Befragten eine positive Auswirkung (+ 14 % k.A.).

- > Auf die Frage nach der subjektiven Wahrnehmung der Auswirkung der Pflanzen auf die Lufttemperatur fallen die Antworten zurückhaltend aus.
 - Im Sommer sprechen 43 % der Befragten den Pflanzen keinen wahrnehmbaren kühlenden Effekt zu, weitere 43 % reagieren mit k.A., 14 % vermuten sogar negative Auswirkungen.
 - Im Winter überwiegt mit 86% die Antwort k.A., bei 14 % Verneinung eines wahrnehmbaren Effekts.

- > Auf die Frage nach der subjektiven Wahrnehmung der Auswirkung der Pflanzen auf die **Luftfeuchte** fallen die Antworten dagegen deutlich positiv aus.
 - Sowohl im Sommer als auch im Winter sprechen 71 % der Befragten den Pflanzen einen wahrnehmbar positiven Effekt auf die Luftfeuchtigkeit zu, bei je 14 % nein und k.A.

- > Auf die Frage nach der subjektiven Wahrnehmung der Auswirkung der Pflanzen auf den **Geruch** im Büro ergibt sich ein widersprüchliches Bild.
 - Sommers wie winters empfinden 14 % eine positive Auswirkung der Pflanzen auf den Geruch.
 - Eine nennenswerte Gruppe von 43 % im Winter und 29 % im Sommer orten eine unangenehme und negative Geruchsbeeinflussung durch die Pflanzen.
 - Die jeweils verbleibenden 43 % (Winter) bzw. 57 % (Sommer) empfinden keine Auswirkungen.

- > Die Frage nach der subjektiven Wahrnehmung der Auswirkung der Pflanzen auf den **Geräuschpegel** im Büro wird positiv bis neutral beantwortet.
 - 43 % der Befragten nehmen die Auswirkung der Pflanzen positiv wahr, 14 % sprechen den Pflanzen einen diesbezüglichen Einfluss ab und die verbleibenden 43 % machen diesbezüglich keine Angabe.

- > Die Frage nach der subjektiven Wahrnehmung der Beeinflussung der **Ästhetik** des Büros durch die Pflanzen wird mit 100 % Zustimmung einhellig positiv beantwortet.

- > Als PflanzenkennerInnen outen sich nur 14 % der Befragten. Alle anderen geben an, die **Pflanzenarten** im Bereich ihres Arbeitsplatzes nicht (57 %) oder nur kaum (29 %) zu kennen.

- > An der **Pflanzenpflege** beteiligen sich nach eigenen Angaben gerade 14 % der Befragten und auch das nur mit "einigen Minuten pro Woche". Der überwiegende Teil von 57 % gibt "kaum" zu Protokoll und beschränkt seine/ihre Pflegemaßnahmen im Wesentlichen auf das Wegschneiden störender Blätter. Die verbleibenden 29 % geben k.A. zu Protokoll.

- > Die Frage nach der **Reaktion der Kunden** und Geschäftspartner auf die Pflanzen in den Büros ist jene mit der deutlichsten, geradezu euphorischen Zustimmung.
 - 43 % der Befragten berichten von durchwegs positiven Reaktionen, die verbleibenden 57 % sogar von sehr positiven Reaktionen.

- > Auf die Frage nach der Existenz von **Störungen durch die Pflanzen** überwiegen die Antworten der Art von "Nein, aber ..." oder "Nein, nur ...", was eine differenzierte Auswertung erfordert.
 - Es wurden jene Antworten Störungen, welche der oder die Beteiligte selbst leicht beheben kann (z.B. störende Blätter wegschneiden) als "kaum" gewertet. Jene Störungen, die bereits in anderen Fragen abgefragt und genannt wurden, wurden in der gegenständlichen Frage nicht noch einmal gezählt (z.B. der Geruch). Als "ja" gewertet jene Störungen, gegen die es keine einfache Abhilfe im eigenen Handlungsbereich gibt (Z.B. "Regen" oder das "Verschwinden" der KollegInnen hinter den Pflanzen).
 - Nach dieser Methodik ergeben sich 29 % der Befragten, die keine Störungen nennen, weitere 43%, die nur solche Störungen benennen, die sie selbst und ohne Beeinträchtigung beheben bei verbleibenden 29 %, die die beiden oben genannten, durch sie selbst vorläufig nicht behebbaren, Störungen benennen.

- > Auf die Frage nach **Wohlfühlen** im Vergleich zur bisherigen, "alten" Arbeitsplatz, bescheinigen überwältigende 86 % dem neuen Büro den eindeutig höheren Wohlfühlfaktor, bei 14 % mit k.A.

7.4.3 Ergebnisse der zweiten Befragung

Für die zweite Befragung standen weiterhin 7 MitarbeiterInnen zur Verfügung, bei einer personellen Veränderung, also einem Austritt mit Ersatz durch eine neu hinzugekommene Mitarbeiterin. Alle anderen Personen der ersten Befragung haben auch in der zweiten mitgemacht.

- > Auf die Frage nach der subjektiven Wahrnehmung der Auswirkung der Pflanzen auf das eigene **Wohlbefinden** bestätigen 100 % der Befragten eine positive Auswirkung. Dieses Ergebnis stellt eine weitere Verbesserung gegenüber dem bereits guten Ergebnis der ersten Befragung dar. Damals waren es erst 86 %.

- > Auf die Frage nach der subjektiven Wahrnehmung der Auswirkung der Pflanzen auf die **Lufttemperatur** fallen die Antworten zurückhaltend aus.
 - Im Sommer sprechen 43 % der Befragten den Pflanzen keinen wahrnehmbaren kühlenden Effekt zu, weitere 43 % reagieren mit k.A., 14% vermuten sogar negative Auswirkungen. Die Ergebnisse sind identisch mit jenen der ersten Befragung.

- > Auf die Frage nach der subjektiven Wahrnehmung der Auswirkung der Pflanzen auf die **Luftfeuchte** fallen die Antworten deutlich positiv aus.
 - Sowohl im Sommer als auch im Winter sprechen 71 % der Befragten den Pflanzen einen wahrnehmbar positiven Effekt auf die Luftfeuchtigkeit zu, bei je 14 % nein und k.A. Das Ergebnis ist demnach identisch mit jenem der ersten Befragung.

- > Auf die Frage nach der subjektiven Wahrnehmung der Auswirkung der Pflanzen auf den **Geruch** im Büro ergibt sich ein widersprüchliches Bild.
 - 86% orten keine oder keine nennenswerte Geruchsbeeinflussung durch die Pflanzen. Bei verbleibenden 14% mit dem Votum einer negativen Geruchsbeeinflussung. Auch dieses Ergebnis stellt eine Verbesserung gegenüber der ersten Befragung dar, als noch 43% eine negative Geruchsbeeinflussung konstatiert haben.

- > Die Frage nach der subjektiven Wahrnehmung der Auswirkung der Pflanzen auf den **Geräuschpegel** im Büro wird positiv bis neutral beantwortet.
 - 71 % der Befragten nehmen die Auswirkung der Pflanzen positiv wahr, 29 % sprechen den Pflanzen einen diesbezüglichen Einfluss ab. Dieses Ergebnis zeichnet ein wesentlich pflanzenfreundlicheres Bild als noch jenes der ersten Befragung, wo es nur 43 % waren, die den Pflanzen einen positiven Effekt auf die Geräuschkulisse zugetraut haben.

- > Die Frage nach der subjektiven Wahrnehmung der Beeinflussung der **Ästhetik** des Büros durch die Pflanzen wird weiterhin überwiegend positiv beantwortet, wenn auch im Vergleich zur ersten Befragung nur mehr mit 86 % anstelle von 100 %.

- > An der **Pflanzenpflege** beteiligen sich nach eigenen Angaben weiterhin gerade 14 % der Befragten. Ansonsten überwiegt mit 71 % das klare Nein. Was eine Veränderung gegenüber der ersten Befragung in Richtung „Machen lassen“ darstellt, als sich noch 57 % der Befragten zumindest teilweise an der Pflanzenpflege beteiligt haben wollten.

- > Die Frage nach der **Reaktion der Kunden** und Geschäftspartner auf die Pflanzen in den Büros bleibt jene mit der deutlichsten, geradezu euphorischen Zustimmung, gleich bleibend auf dem hohen Niveau der ersten Befragung.
 - 43 % der Befragten berichten von durchwegs positiven Reaktionen, die verbleibenden 57 % sogar von sehr positiven Reaktionen.

- > Auf die Frage nach der Existenz von **Störungen durch die Pflanzen** ergibt sich gegenüber der ersten Befragung eine deutlich pflanzenfreundlichere Haltung:
 - Nur einmal, also mit 14 % Gewicht, wird ein störender Effekt genannt, nämlich das unangenehme „Verschwinden“ der KollegInnen, insbesondere des Chefs. Ansonsten dominiert mit 71 % das Empfinden, wonach es keine pflanzenbedingten Störungen gibt.

- > Auf die Frage nach **Wohlfühlen** im Vergleich zum bisherigen, "alten" Arbeitsplatz, bescheinigen überwältigende 100 % dem neuen Büro den eindeutig höheren Wohlfühlfaktor. Auch das ist eine Verbesserung gegenüber der ersten Befragung.

7.4.4 Schlussfolgerungen aus der MitarbeiterInnenbefragung

Folgende Bilder ergeben sich aus den beiden Befragungen:

- > **Einhellig positiv bewertet werden die Einflüsse der Pflanzen auf das eigene Wohlbefinden (zuletzt 100 % Zustimmung), auf die Kundenreaktionen (100 % Zustimmung), sowie auf die Ästhetik (zuletzt 86 % Zustimmung)**

- > **Überwältigende 100 % konzertieren bei der zweiten Befragung außerdem dem neuen Büro einen höheren Wohlfühlwert als dem alten Arbeitsplatz.**

- > **Überwiegend positiv wahrgenommen werden**
 - der Einfluss der Pflanzen auf die Regulierung der Luftfeuchtigkeit: Gleichbleibende 71 % Zustimmung ohne Gegenstimme im Sinne von negativer Beeinflussung.**
 - der Einfluss der Pflanzen auf den Geräuschpegel im Büro: deutlich gestiegene 71 % Zustimmung ohne Gegenstimme im Sinne von negativer Beeinflussung.**

- > **Verhaltene Reaktionen gibt es in Bezug auf den kühlenden Einfluss der Pflanzen, der in der zweiten Befragung immerhin von 29 % der Befragten als Wahrnehmung angegeben wurde. Ansonsten dominieren die "weiß nicht" und "keine Angabe" - Antworten. Definitiv von zu warmen Sommerbedingungen berichten 14 % der Befragten. ³**

- > **Und die in der ersten Befragung noch mit bis zu 43 % nennenswert beanstandete Geruchsbelästigung schließlich wird nur mehr einmal, also von 14 % zu Protokoll gegeben. ⁴**

³ Diese Angabe ist weiterhin erklärlich: Unsere Wahrnehmung signalisiert uns thermische Behaglichkeit oder Unbehaglichkeit. Es ist uns bereits kaum möglich, die einzelnen Einflüsse eventueller thermischer Unbehaglichkeit sensorisch zu differenzieren (z.B. Luft- oder Oberflächentemperatur, Luftbewegung oder -turbulenz, Luftfeuchte, etc.). Völlig unmöglich ist es uns aber, die Beiträge der verschiedenen wärmenden oder kühlenden Lasten gegeneinander differenziert abzuwägen. Wir können wahrnehmen, dass uns zu warm ist. Ob dabei allerdings die Pflanzen kühlen oder nicht, ob es also ohne Pflanzen noch wärmer wäre, entzieht sich völlig unserer Beurteilungsmöglichkeit.

⁴ Zu diesem Thema ist anzumerken, dass aufgrund der diesbezüglichen Beanstandungen der ersten Befragung Untersuchungen zur Ursachenermittlung durchgeführt wurden. Tatsächlich wurde ein mangelhaft eingeregelter Strang der Lüftungsanlage gefunden, der ein Überströmen von Abluft aus dem WC in die Büroräume verursacht hat. Der haustechnische Mangel wurde rasch behoben, was auch die deutliche Verbesserung der diesbezüglichen Wahrnehmungen begründet.

7.5 Erhebung von Erfahrungen aus der Pflanzenbetreuung

7.5.1 Arbeitsorganisation

Mit der Pflanzenpflege sind zwei Gärtnerinnen der eigenen Landwirtschaft betraut.

Beide MitarbeiterInnen waren bereits in die Herstellung der Bepflanzung eingebunden und wurden in ihre Aufgabe eingeschult (Zeitaufwand je 3 Stunden).

Jede der beiden MitarbeiterInnen bereut einen eigenen Gebäudebereich. Nur bei Urlaubsvertretung wird der jeweils andere Bereich mit übernommen.

Der Pflegeaufwand beträgt 4 Arbeitsstunden pro Woche je Gärtnerin, insgesamt also 8 Arbeitsstunden pro Woche.

7.5.2 Bewässerung und Düngung

Gegossen wird im Zwei-Wochen-Rhythmus.

Im EG wird jedes der insgesamt 18 frei stehenden Gefäße alle zwei Wochen mit ca. 12 Liter gegossen. Im OG jeder der Glaströge im selben Rhythmus mit ca. 10 Liter. Die Überkopftröge und das große Beet im Foyer werden automatisch bewässert.

Die Gießmenge bleibt sommers wie winters gleich.

Gedüngt wird alle 2 Monate mit einem im eigenen Betrieb gemischten biologischen Flüssigdünger.

7.5.3 Pflanzenwachstum

Die Pflanzen gedeihen ganz augenscheinlich prächtig. Eine Einschätzung, die auch der Fachplaner, Jürgen Frantz aus Tübingen, bei einem Lokalaugenschein im Sommer 2006 und auch im Frühling 2007 bestätigt hat.

7.6 Luftbefeuchtungsanalyse

Die luftbefeuchtende Wirkung der Pflanzen ist einer der zentralen Hoffnungsträger in der Sammlung positiver Wirkungen von Pflanzen im Innenraum. Im Zuge des gegenständlichen Monitorings wurde dieser Aspekt daher im Besonderen bearbeitet.

Konkret wurde versucht, durch Messung der relevanten Zustandsgrößen der Zuluft und der Raumluft bei protokollierter, nachvollziehbarer Nutzung, die luftbefeuchtende Wirkung der Innenraumbegrünung abzuleiten und zu quantifizieren.

7.6.1 Messtechnik und Auswertungsansätze

Folgende gemessene Werte wurden für die nachfolgenden Berechnungen herangezogen:

- > Temperatur der Zuluft und der Raumluft
- > relative Feuchte der Zuluft und der Raumluft
- > Volumenstrom der Zuluft
- > Zusätzliche Informationen über die Fensteröffnung und Raumbelagung

Alle genannten Messwerte wurden in 6-Minutenschritten kontinuierlich aufgezeichnet und in der GLT abgespeichert.

Auswertungen wurden exemplarisch in jedem der beiden vermessenen Büros für jeweils einen mittleren Tag jeden Monats vorgenommen. Die Auswahl des Tages richtete sich auf solche Tage, in denen die Büros kaum oder gar nicht benutzt wurden, um den kaum kalkulierbaren Störfaktor durch menschliche Feuchtelasten und durch unkontrollierten Raumluftaustausch zu vermeiden.

Es stellte sich bei der Auswertung heraus, dass im Büro 2 eine nicht tolerierbare Fehlfunktion der Feuchtesensoren vorliegt. Es wurden daraufhin die Messwerte der Sensoren auch beider Büros mit den Ergebnissen von Handmessungen mit Präzisionsgeräten verglichen. Die Handmessungen bestätigten den Messfehler in Büro 2 und zeigten gute Übereinstimmung im Büro 1. Es wurden daher für die weiteren Auswertungen nur die Messwerte aus Büro 1 herangezogen.

Berechnet und in Diagrammform dargestellt werden jeweils folgende Größen:

- > In einem gemeinsamen Diagramm
 - a) der Feuchtestrom der Abluft in Gramm Wasser pro Stunde
 - b) der Feuchtestrom der Zuluft in Gramm Wasser pro Stunde

- > In einem weiteren gemeinsamen Diagramm
 - a) der Zeitverlauf der relativen Feuchte im Raum in Prozent sowie
 - b) der Beitrag der Pflanzen zur Erhöhung der relativen Feuchte in Prozentpunkten

In dem zuerst beschriebenen Diagramm lässt sich aus der Differenz der beiden Feuchteströme direkt die Feuchteproduktion rauminterner Feuchtequellen oder –senken ablesen. Ist der Wert des Abluft-Feuchtestroms größer als jener des Zuluft-Feuchtestroms, so lässt das auf eine Feuchtequelle im Raum rückschließen und umgekehrt auf eine Feuchtesenke. In dem zweiten beschriebenen Diagramm lässt sich die raumklimatisch wirksame Befeuchtungsleistung der Pflanzen direkt als pflanzenbedingte Erhöhung der relativen Feuchte ablesen. In jener Form, dass eben ohne Existenz der Pflanzen die Raumlufftfeuchte um diesen Betrag niedriger wäre.

Hinzuweisen ist auf den Umstand, dass im Normalfall die mechanische Belüftung des Büros in den Nachtstunden zwischen 19:00 und 05:00 ausgesetzt wird. An einer Folge von Feiertagen im Juni wurde versuchsweise die Lüftungsanlage im Dauerbetrieb gefahren. Beide Umstände zeichnen sich deutlich in den Diagrammen ab.

7.6.2 Ergebnisse der Luftbefeuchtungsanalyse

Im Folgenden werden drei exemplarische Tagesauswertungen im Zweimonatsabstand vorgestellt und analysiert. Es sind das jene der Tage

- > Dienstag, 16.01.2007
- > Freitag, 09.03.2007
- > Samstag, 19.05.2007

Die existierenden Messungen der zweiten Jahreshälfte 2006 haben sich nach der Auswertung und insbesondere nach dem Vergleich als unbrauchbar herausgestellt. Sie zeigen nämlich keine bzw. zumindest keine nennenswerte Verdunstungsleistung der Pflanzen auf. Erklärlich ist das allenfalls durch die zu diesem Zeitpunkt noch wesentlich weniger ausgeprägte Vitalität der damals noch jungen Pflanzen, was eben durch eine außerplanmäßige, über das gegenständliche HdZ-Projekt hinausgehende Messung verifiziert werden soll.

Die Diagramme sind jeweils genau jene wie oben beschrieben.

Hinzuweisen ist darauf, dass am Samstag, 19.05.2007, die Lüftungsanlage aus Versuchsgründen durchgelaufen und an den anderen in den Nachtstunden zwischen 19:00 und 05.00 stillgestanden ist.

In den Auswertungen jener Tage mit Lüftungsabschaltung wurde die Erhöhung der relativen Feuchte erst mit Beginn der Lüftungszeit begonnen und mit deren Ende abgebrochen. Grund dafür ist, dass die Anzeige dieser Werte während jener Zeiten, in denen nur ein sporadischer Luftwechsel herrscht, ohne Aussagekraft und zudem ungenau und irreführend wäre.

7.6.2.1 Dienstag, 16.01.2007

Aus beiden Diagrammen ist zwischen 09:00, dem Zeitpunkt des Einschaltens der Lüftungsanlage und ca. 08:00 ein Einschwingvorgang zu beobachten. Es handelt sich dabei um die Abfuhr von Raumlufffeuchte, die sich über Nacht akkumuliert hat. Diese abklingende Spitze ist demnach nicht auf momentane Feuchteproduktion der Pflanzen zurück zu führen, sondern resultiert vielmehr aus der, wenn auch stark eingeschränkten, Verdunstung über Nacht.

Von 08:00 ansteigend bis 12:00 und dann wieder fallend bis ca. 17:00 zeigt sich die Feuchteabgabe der Pflanzen deutlich. Eindeutig korreliert dieser Tagesgang mit dem Tageslichtangebot. Aus dem Diagramm der Feuchtebilanz zeigt sich der höchste Momentanwert des freigesetzten Feuchtestroms mit ca. 230 g/h; aus der Fläche zwischen den beiden Kurven lässt sich auch die Summe des verdunsteten Wassers mit 1,3 Litern pro Tag ablesen. Dieser Wert korreliert sehr gut mit der tatsächlich benötigten Gießwassermenge.⁵

Ein gut sichtbares Ergebnis liefert auch das zweite der beiden Diagramme. Nämlich die von den Pflanzen bewirkte Erhöhung der relativen Raumlufffeuchte in einer Größenordnung von ca. 4 bis 12 % r.F.

Zusammenfassend bilden die Messwerte dieses Referenztages demnach plausibel und im Einklang mit den Erwartungen, den Betriebserfahrungen und mit einschlägigen Literaturangaben die Feuchteproduktion der Pflanzen ab.

⁵ 2 mal 10 Liter alle zwei Wochen.

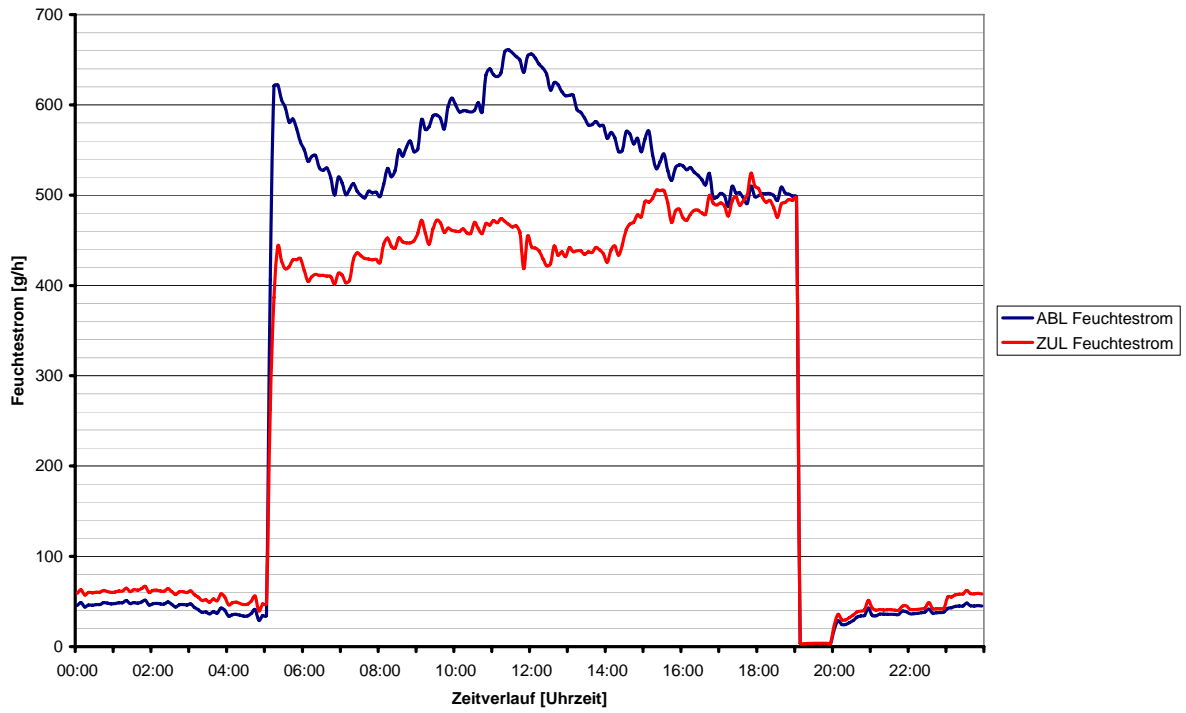


Abbildung 7-1 Feuchtebilanz im Büro 1 am 16.01.2007

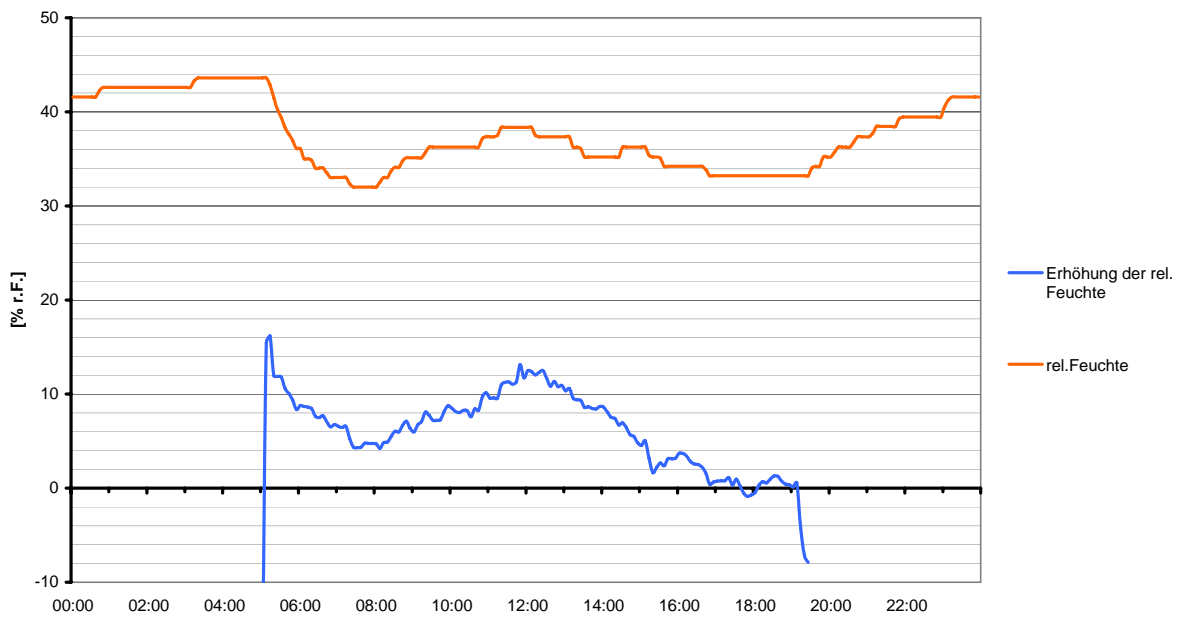


Abbildung 7-2: Zeitverlauf der relativen Feuchte im Büro 1 am 16.01.2007

7.6.2.2 Freitag, 09.03.2007

Die Auswertungen des Referenztages Freitag, 09.03.2007, bestätigen die Ergebnisse der vorangegangenen Messung.

- > Mit dem Einschwingvorgang nach dem Einschalten der Lüftungsanlage,
- > Mit der zur Mittagszeit maximalen und dann abklingenden Befeuchtungsleistung der Pflanzen
- > Mit einem maximalen momentanen Feuchtestrom von 205 g/h
- > Mit einer Summe verdunsteten Wassers von 1,28 l/d
- > Mit einer pflanzenbedingten Erhöhung der relativen Raumlufffeuchte von 5 bis 12 % r.F.

Auffällig an den Verläufen etwa des Abluftfeuchtestroms im ersten Diagramm oder der Erhöhung der relativen Feuchte im zweiten Diagramm ist allenfalls die markante Spitze kurz nach 16:30. Sie ist erklärlich aus einer zu dieser Zeit dokumentierten Personenaktivität im ansonsten unbenutzten Raum. Diese nutzungsbedingte Feuchteabgabe wurde zur Ermittlung der obigen Kennzahlen abgezogen. Die obigen Kennzahlen bilden also tatsächlich nur die Effekte der Pflanzen ab.

Zusammenfassend bilden die Messwerte dieses Referenztages demnach plausibel und im Einklang mit den Erwartungen, den Betriebserfahrungen und mit einschlägigen Literaturangaben die Feuchteproduktion der Pflanzen ab.

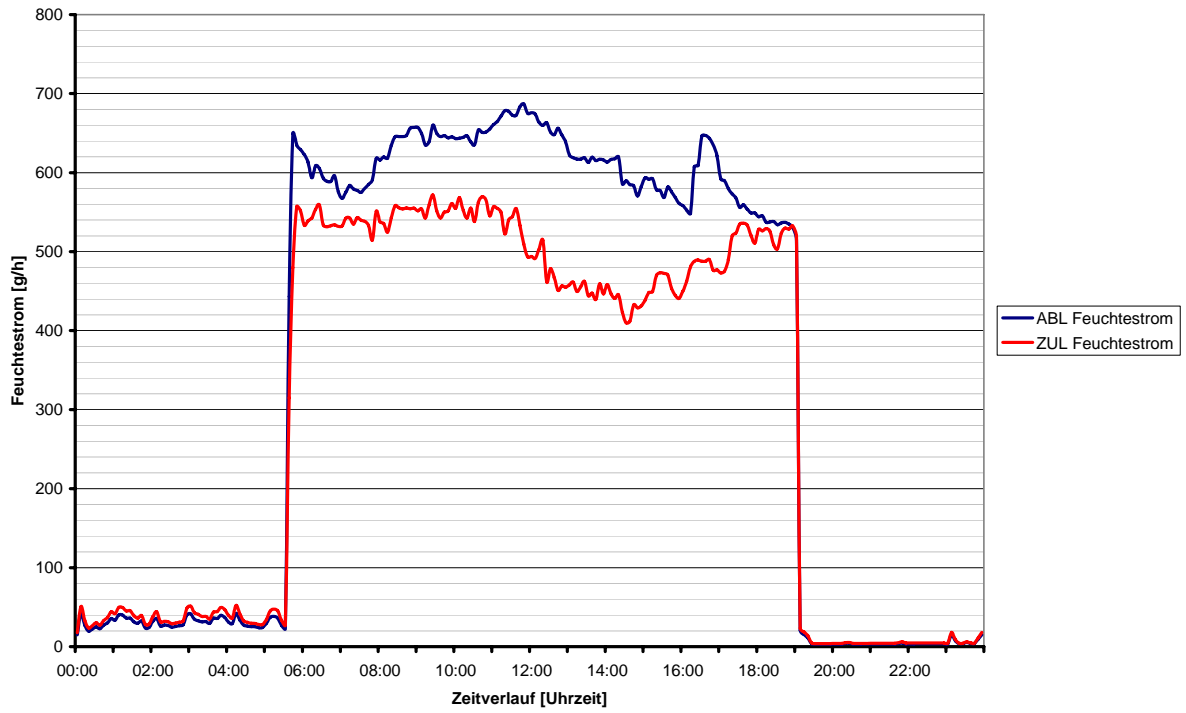


Abbildung 7-3: Feuchtebilanz im Büro 1 am 09.03.2007

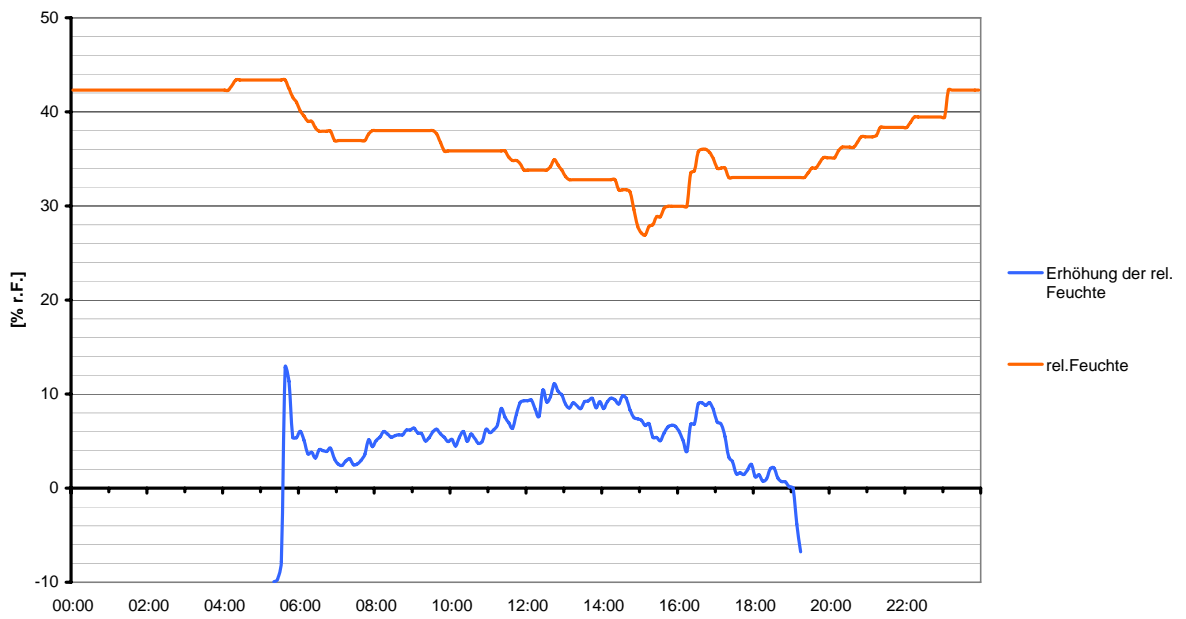


Abbildung 7-4: Zeitverlauf der relativen Feuchte im Büro 1 am 09.03.2007

7.6.2.3 Samstag, 19.05.2007

Die Auswertungen des Referenztages Samstag, 19.05.2007, bestätigen die Ergebnisse der vorangegangenen Messungen.

Zusätzliche Informationen über das Verhalten der Pflanzen ergeben sich aber aus der Tatsache, dass an diesem Tag die Lüftungsanlage versuchsweise kontinuierlich betrieben wurde.

- > Es liegt kein Einschwingvorgang zum Tagesbeginn vor. Die Feuchtebilanz zeigt vielmehr den Effekt einer schwachen aber kontinuierlichen Feuchtezufuhr aus der Zuluft in den Raum. Der Raum ist also nachts eine Feuchtesenke, was eindrucksvoll bestätigt, dass die Verdunstungsleistung der Pflanzen nachts vernachlässigbar gering ist.
- > Beginnend mit Sonnenaufgang bis zum, aufgrund der Jahreszeit bereits deutlich in die Abendstunden verschobenen, Sonnenuntergang zeigt sich wieder der typische Verlauf der Befeuchtungsleistung der Pflanzen.
- > Mit einem maximalen momentanen Feuchtestrom von 277 g/h
- > Mit einer Summe verdunsteten Wassers von 1,43 l/d
- > Mit einer pflanzenbedingten Erhöhung der relativen Raumlufffeuchte von 4 bis 14 % r.F.

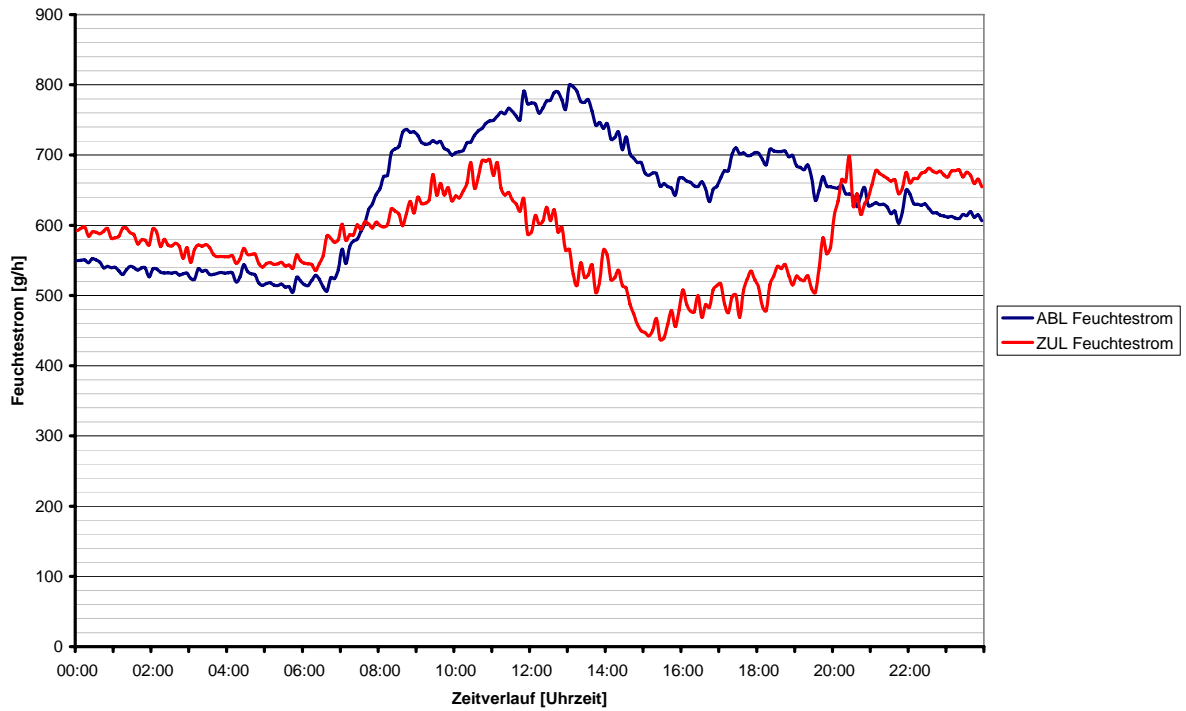


Abbildung 7-5: Feuchtebilanz im Büro 1 am 19.05.2007

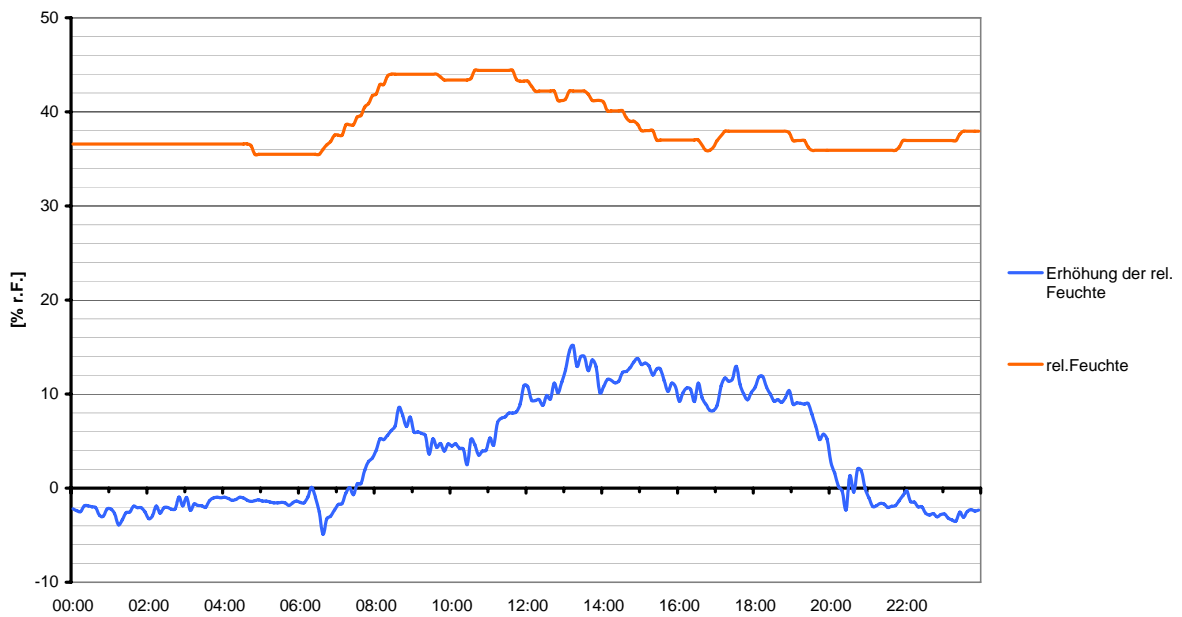


Abbildung 7-6: Zeitverlauf der relativen Feuchte im Büro 1 am 19.05.2007

7.6.3 Schlussfolgerungen aus der Luftbefeuchtungsanalyse

Zusammenfassend bestätigt die vorgenommene messtechnische Luftbefeuchtungsanalyse den Planungsansatz, Pflanzen zur feuchtebezogenen Verbesserung des Innenraumklimas einzusetzen. Folgende Effekte konnten messtechnisch nachgewiesen werden.

- > Die Innenraumbegrünung im Versuchsraum (Büro 1) weist eine messbare Verdunstungsleistung von bis zu 277 g/h bzw. bis zu 1,43 l/d auf. Diese Verdunstungsleistung hat einen ausgeprägten Tagesgang und auch eine ausgeprägte jahreszeitliche Verteilung.
- > Hinsichtlich des Tagesgangs der Verdunstungsleistung ist eine eindeutige Korrelation mit der Helligkeit im Raum festzustellen - mit einem Beginn messbarer Verdunstungsleistung zu Sonnenaufgang, mit einem Maximum rund um die Mittagszeit und einem Ende der messbaren Verdunstungsleistung nahezu exakt zu Sonnenuntergang.
- > Hinsichtlich der jahreszeitlichen Verteilung ist ein im Jahresverlauf hin zu den Sommermonaten kontinuierliches Ansteigen sowohl der maximalen Verdunstungsleistung als auch der Tagessummen verdunsteten Wassers festzustellen.
- > Die Verdunstungsleistung der Pflanzen bewirkt im Versuchsraum (Büro 1) bei dem vorliegenden ca. einfachen Luftwechsel eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte um 5 bis 10 Prozentpunkte.
- > Die gemessene Verdunstungsleistung korreliert mit den Erfahrungen der Pflanzenpflege, wonach im gegenständlichen Büro alle zwei Wochen ca. 20 l Gießwasser verwendet werden, was einer täglichen Verdunstungsmenge von tatsächlich genau 1,43 l entspricht.

7.7 Schlussfolgerungen

Das gegenständliche Monitoring hatte das Ziel, die Wirksamkeit von Innenraumbegrünung an einem aktuell verwirklichten Projekt im Zuge eines Monitorings zu validieren.

Dieses Ziel wurde erreicht.

Folgende Schlussfolgerungen können aus dem Projekt gezogen werden.

7.7.1 Psychologische Wirkungen von Innenraumbegrünung

Innenraumbegrünung kann, professionelle Planung und Ausführung vorausgesetzt, wesentlich zum Wohlbefinden der NutzerInnen eines Gebäudes beitragen. Die Steigerung des allgemeinen Wohlbefindens und der Arbeitszufriedenheit sind in der Fachliteratur einschlägig dokumentiert und wurden im gegenständlichen Projekt im Zuge zweier MitarbeiterInnenbefragungen eindeutig festgestellt. In allen Fragen zu diesem Themenbereich wurde die Innenraumbegrünung sehr gut bis euphorisch beurteilt:

- > Steigerung des persönlichen Wohlbefindens: 100 % Zustimmung
- > Positive Kundenreaktion auf die Innenraumbegrünung: 100 % Zustimmung
- > Positiver Einfluss auf die Ästhetik des Raumes: 86 % Zustimmung
- > Steigerung des „Wohlfühlwerts“ gegenüber dem alten Arbeitsplatz: 100 % Zustimmung
- > Einzige kritische Anmerkung zu diesem Themenkomplex war, man „sehe den Chef nicht mehr“.

Innenraumbegrünung kann somit, insbesondere auch im Büro, als wirkungsvolle Maßnahme zur Steigerung der Arbeitsplatzqualität uneingeschränkt empfohlen werden.

7.7.2 Raumklimatische Wirkung (Temperatur- und Feuchtereulation)

Innenraumbegrünung kann, wieder unter der oben genannten Voraussetzung professioneller Planung und Ausführung, einen nachweislichen Beitrag zur Feuchtereulation und auf diesem Weg auch zur evaporativen Kühlung beitragen.

Das Ausmaß dieser Feuchtereulation war im vorliegenden Projekt Gegenstand umfangreicher Messreihen. Mit folgenden Ergebnissen:

- > Standortgerechte, vitale Innenraumbegrünung im Ausmaß von ca. 5 – 10 % der Nutzfläche kann, unter ansonsten üblichen Randbedingungen, durch Verdunstung eine Steigerung der relativen Luftfeuchte um 5% bis 10 % bewirken. Diese Werte wurden im Büro des gegenständlichen Projekts nachgewiesen.
- > Die Verdunstungsleistung der Pflanzen findet in relevanten Größenordnungen nur tagsüber statt und hat auch dann eine starke Korrelation mit dem Lichtangebot und damit mit dem Tagesverlauf.
- > Für haustechnische Dimensionierungen kann mit ausreichender Genauigkeit davon ausgegangen werden, dass das gesamte Gießwasser verdunstet wird. Das in der Pflanze dauerhaft eingespeicherte Wasser zum Aufbau der Biomasse hat dagegen eine vernachlässigbare Größenordnung.
- > Ebenfalls für die haustechnische Dimensionierung kann daher überschlägig eine mittlere stündliche Verdunstungsleistung durch Division der Gießwassermenge durch die Anzahl der Tage des Gießzyklus und durch die Anzahl der Stunden zwischen Sonnenaufgang und –untergang ermittelt werden.
- > Eine seriöse Prognose, wie hoch die Verdunstungsleistung einer geplanten Innenraumbegrünung sein wird, scheint äußerst schwierig zu sein. Neben der schon erwähnten Korrelation mit dem Lichtangebot ist die Verdunstungsleistung abhängig von der Pflan-

zenart, der Lufttemperatur, der Luftfeuchte, weiteren Standortbedingungen wie etwa Luftzug und nicht zuletzt von der individuellen Vitalität der Pflanze. Eine umfangreich durchgeführte Literaturstudie hat diesen Eindruck der sehr schwierigen Prognose mit durchaus widersprüchlichen und kaum nachvollziehbaren Informationen eher bestärkt als entkräftet. Im gegenständlichen Projekt werden in dem untersuchten Büro mit nennenswerter Begrünung, etwa in der Größenordnung der erwähnten 5 bis 10 % der Büronutzfläche, ca. 100 ml pro Tag und Quadratmeter Büronutzfläche verdunstet.

- > Die aus der Verdunstung resultierende Kühlleistung kann direkt aus der Multiplikation der verdunsteten Wassermenge mit der Verdunstungswärme von Wasser (2.400 kJ/kg bzw. 0,67 kWh/kg) abgeleitet werden. Im beobachteten Büro, unter Verwendung der oben genannten Gießwassermenge von 100 ml pro Tag und einer angenommenen Dauer des Tageslichtangebots von 8 h, beträgt die stündliche Kühlenergie - bezogen auf einen Quadratmeter Büronutzfläche - etwa 8 W/m².
- > Ein weiterer Beitrag zur Temperaturregulation kann aus der Temperatur der Blattoberfläche resultieren, die üblicherweise unter der Raumtemperatur liegt. Dieser Beitrag war nicht Gegenstand des Monitorings, wird aber in der Fachliteratur bisweilen erwähnt.
- > Die subjektive Wahrnehmung einer positiven Feuchtereulation des Raumes wurde schließlich auch in der MitarbeiterInnenbefragung mit **71 % Zustimmung ohne Gegenstimme im Sinne der Wahrnehmung von negativer Beeinflussung bestätigt.**

7.7.3 Staubreduktion, Schallreduktion, Schadstoffabbau

Diese drei Wirkkategorien waren nicht Gegenstand des Monitorings. In der Fachliteratur werden sie erwähnt, was im Kapitel Hintergrundrecherche des gegenständlichen Berichts beschrieben ist.

Lediglich die Schallreduktion war Gegenstand der MitarbeiterInnenbefragung. Mit dem Ergebnis, wonach 71 % der MitarbeiterInnen eine Geräuschminderung durch die Pflanzen subjektiv wahrnehmen.

8 Ausblick

Das Gebäude hat Vorbildcharakter und regt zur Nachahmung an. Die eingesetzten Baustoffe sind in großem Umfang rezyklierbar bzw. umweltfreundlichst entsorgbar. Die energieoptimierten Ansätze (Minimierung der Primärenergie, maximaler Einsatz erneuerbarer Energien, Klimatisierung unter Mithilfe von Pflanzen) sind beispielgebend.



Abbildung 8-1 Aussenansicht

Das Gebäude spiegelt die ökologische Grundhaltung des Antragstellers wider und bildet das sichtbare Fundament für das Funktionieren eines vielschichtigen und einzigartigen Vermarktungsbetriebes im Biobereich.



Abbildung 8-2 Bilder aus dem Inneren

Die moderne, auf Nachhaltigkeit ausgelegte Planung, Konstruktions- und Bauweise spricht einen neuen Kundenkreis an – aber auch Passanten des Durchzugsverkehrs. Die gesteigerte Kundenfrequenz und der Bekanntheitsgrad – zusammen mit der Qualität der verkauften Produkte – tragen dazu bei, den Gedanken einer nachhaltigen ökologischen Lebensweise in der Gesellschaft zu verankern.

9 Literaturverzeichnis

- [1] Beermann, B.; Henke, N.; Brenscheidt, F.; Windel, A.: Wohlbefinden im Büro - Arbeits- und Gesundheitsschutz bei der Büroarbeit; 2. Auflage. Dortmund, 2005
(Bezugsquelle: <http://www.baua.de>)
- [2] Volm, Ch. ; Innenraumbegrünung in Theorie und Praxis; Eugen Ulmer GmbH&Co; Stuttgart, 2002
- [3] Beermann, B.; Ertel, M.; Freude, G.; Höpfner, I.; Heinze, W.; Junghanns, G.; Kamps, H.-H.; Koßmann, J.; Kuhn, K.; Lazarus, H.; Müller-Arnecke, H.; Richter, G.; Tatusch, W.; Ullsperger, P.; Weißgerber, B.; Zeller, I.: Stress im Betrieb? Handlungshilfen für die Praxis; 6. Auflage. Dortmund, 2004
(Bezugsquelle: <http://www.baua.de>)
- [4] Holzer, P.; Rodleitner, H.P.: Monitoring Biohof Achleitner, 1. Zwischenbericht; Eigenveröffentlichung, Krems, 2006
(Bezugsquelle: Department für Bauen und Umwelt, Donau-Universität Krems)
- [5] Schempp, D. et al: Das grüne Büro; BMW, Eigenveröffentlichung, München, 2003
(Bezugsquelle: <http://systemgruen.de>)
- [6] Tove F.; Charite B.: The effect of plants and artificial daylight on the wellbeing and health of office workers, school children and health care personnel
(Bezugsquelle: www.plants-for-people.de)
- [7] Wood, R.A.; Burchett, M.D.; Orwell, R.A.; Tarran, J.; Torpy, F.: Plant/soil capacities to remove harmful substances from polluted indoor air; Plants and Environmental Quality Group, Centre for Ecotoxicology, UTS, Australia
(Bezugsquelle: www.plants-for-people.de)
- [8] Sandvik, L.: Der Einfluss von Pflanzen auf die Gesundheit von Büroangestellten; Universität Oslo/Norwegen.
(Bezugsquelle: www.plants-for-people.de)
- [9] Pflanzen am Arbeitsplatz: Pilotstudie des Niederländischen Instituts für Arbeitsschutz
(Bezugsquelle: www.plants-for-people.de)
- [10] Costa; P.R.; James, R.W.: Die Verwendung von Pflanzen zur Klimatisierung und als Lärmschutz; South Bank University, London
(Bezugsquelle: www.plants-for-people.de)
- [11] Roger; S.U.: Pflanzen gegen Stress und für die Gesundheit
(Bezugsquelle: www.plants-for-people.de)
- [12] Pflanzen verbessern Raumklima im Büro: Forschungsgruppe der Technologischen Universität Sidney, Australien, 2003
(Bezugsquelle: www.plants-for-people.de)
- [13] Auswirkungen von Bürobegrünung auf Wohlbefinden, Gesundheit und Arbeitsleistung; Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG); Veitshöchheim, 1999
(Bezugsquelle: www.plants-for-people.de)
- [14] Balogh, P.; Schempp, D. (Betreuer): Auswirkung Von Pflanzen in Innenräumen; Master-Thesis am Department für Bauen und Umwelt der Donau-Universität Krems; 2007
(Bezugsquelle: Department für Bauen und Umwelt, Donau-Universität Krems)

- [15] Viel Lärm im Designer-Büro, Pflanzen bieten natürlichen Schallschutz;
Beitrag auf www.plants-for-people.de (30.05.07)
- [16] Wolverton, B.C. ;Gesünder leben mit Zimmerpflanzen; aus dem engl. von Hasso Rost,
Köln: vgs,1997
- [17] Preisler, A.; Krenn, C.: Sunny Research! Nachhaltiges Gebäude- und Energiekonzept
für ein modernes Büro- und Gewerbegebäude; Berichte aus Energie- und Umweltfor-
schung; Programmlinie Haus der Zukunft des bm:vit; 2005
- [18] Schneider, F.; Oettl, B. Qiring, et.al.: themenwohnen musik, Entwicklung eines urba-
nen Stützpunktes für Musiker, Berichte aus Energie- und Umweltforschung; Pro-
grammlinie Haus der Zukunft des bm:vit; 2003
- [19] Schempp, D.; Krampen, M.; Frantz, F.; Weißinger, S.; Mensch, Raum und Pflanze;
Thalacker Medien

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 Grundriss Erdgeschoß: Laden - Markthalle	12
Abbildung 1-2 Grundriss Erdgeschoß Biorestaurant - Bistro	13
Abbildung 1-3 Grundriss Obergeschoß - Büro	13
Abbildung 1-4 Grundriss Erdgeschoß Verarbeitungshalle	14
Abbildung 2-1 Detail Hinterlüftete Glasfassade.....	17
Abbildung 2-2 Hinterlüftete Glasfassade.....	19
Abbildung 2-3 Glaserdiagramme.....	24
Abbildung 4-1 Pflanzenplanung Foyer	30
Abbildung 4-2 Pflanzenplanung Restaurant.....	31
Abbildung 4-3 Pflanzenplanung Besprechung und Empfang OG	32
Abbildung 4-4 Pflanzenplanung Büros OG	33
Abbildung 4-5 Bewässerungsschema.....	38
Abbildung 6-1 Fertiges Gebäude	40
Abbildung 7-1 Feuchtebilanz im Büro 1 am 16.01.2007	62
Abbildung 7-2: Zeitverlauf der relativen Feuchte im Büro 1 am 16.01.2007	62
Abbildung 7-3: Feuchtebilanz im Büro 1 am 09.03.2007	64
Abbildung 7-4: Zeitverlauf der relativen Feuchte im Büro 1 am 09.03.2007	64
Abbildung 7-5: Feuchtebilanz im Büro 1 am 19.05.2007	66
Abbildung 7-6: Zeitverlauf der relativen Feuchte im Büro 1 am 19.05.2007	66
Abbildung 8-1 Aussenansicht.....	70
Abbildung 8-2 Bilder aus dem Inneren.....	70

11 Kontaktadressen

Nähere Auskünfte zum Projekt erhalten Sie bei:

EBP Bmst. Ing. Eduard B. Preisack MAS, MSc
Technologiepark 17
A-4320 Perg
+43 (0) 7262 570240
ebp@preisack.at
www.preisack.at

Achleitner Biohof GmbH
Unterm Regenbogen 1
A-4070 Eferding
+43 (0) 7272 48590
achleitner@biohof.at
www.biohof.at