

Neubau ökologisches Gemeindezentrum Ludesch

R. Wehinger, K. Torghele, G. Mötzi,
G. Bertsch, B. Weithas, M. Gludovatz,
F. Studer, et. al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

51/2006

Impressum:

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

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

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

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

Neubau ökologisches Gemeindezentrum Ludesch

DI R. Wehinger/Architekturbüro ZT Kaufmann Ges.m.b.H
Dr. K. Torghele, DI S. Lerchbaumer/Spektrum Ges.m.b.H
Mag G. Mötzl, B. Bauer/Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie
G. Bertsch/Fa. Ökoberatung
DI B Weithas/Büro f. Bauphysik
Ing M. Gludovatz/SYNERGY consulting & engineering gmbh
DI F. Studer, DI D. Lenz/Umweltverband Vorarlberg

Ludesch, Mai 2006

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

1	Aufgabenstellung.....	9
2	Grundlagen.....	11
2.1	Prozesssteuerung	11
2.2	HdZ-Demovorhaben.....	12
2.2.1	IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog.....	12
2.2.1.1	Ökologische Bewertung	12
2.2.1.2	Vorgehensweise zur Konstruktionsauswahl.....	14
2.2.2	Ökoleitfaden: Bau.....	18
2.2.2.1	Handhabung	19
2.3	Ökologischer Holzbau	23
2.3.1	Zielsetzung.....	23
2.3.2	Aspekte zum ökologischen Holzbau	25
2.3.3	Transport und Öko-Kenndaten.....	25
2.4	Vorgeschichte des Projektes.....	26
2.4.1	Gemeindeentwicklungsprozess.....	26
2.4.2	Entstehungsgeschichte	27
2.4.3	Erstellung des Bedarfskonzeptes.....	27
2.4.4	Projektziele der Gemeinde.....	28
3	Projektumsetzung.....	29
3.1	Architektur	29
3.1.1	Städtebauliches Konzept	29
3.1.2	Gebäudeentwurf.....	32
3.1.3	Konstruktion und Materialisierung	35
3.1.4	Transluzente Photovoltaikanlage	40
3.1.4.1	Beschreibung der PV-Lamine	41
3.1.4.2	Simulationsergebnisse	44
3.1.5	Baudaten / Energiekennziffern	46
3.2	Haustechnik	46
3.2.1	Energieerzeugung.....	46
3.2.1.1	Biomasse-Nahwärmeversorgung und Lufterdregister	46
3.2.1.2	Biomasse-Nahwärmeversorgung und Absorptionskälteanlage....	47
3.2.1.3	Wärmepumpenanlage und Grundwasserbrunnen	47
3.2.1.4	Realisiertes Energieversorgungskonzept.....	47
3.2.2	Kontrollierte Be- und Entlüftung	49
3.2.2.1	Zentral oder dezentral.....	50
3.2.2.2	Konditionierung der Frischluft	51
3.2.3	Heizungsanlage	52
3.2.4	Sanitäranlage	52
3.2.5	MSRL-Anlage / Energiebuchhaltung	52
3.2.5.1	Erweiterete Energiedatenerfassung.....	53
3.3	Bauphysik.....	53
3.3.1	Anforderungen	53
3.3.2	Variantenvergleich Außenwände	53
3.3.3	Wärmebrückenkoeffizienten.....	55
3.3.4	Luftdichtheitskonzept	56

3.4	Bauökologische/-biologische Bauteiloptimierung	58
3.4.1	Vorgangsweise.....	58
3.4.2	Bauteilkonstruktionen und Materialwahl.....	59
3.4.2.1	Außenwände.....	60
3.4.2.2	Innenwände	62
3.4.2.3	Bodenplatte.....	63
3.4.2.4	Kellerdecke	65
3.4.2.5	Zwischengeschossdecke	67
3.4.2.6	Zugang zu den Büros, Balkone.....	69
3.4.2.7	Dach	71
3.4.3	Übersicht ökologisch motivierter Baumaßnahmen	72
3.5	Energiekennzahlen und Gebäudebewertung	73
3.5.1	Gebäudeenergiekennzahl	73
3.5.1.1	Gebäudestruktur	73
3.5.1.2	Berechnungsverfahren.....	74
3.5.1.3	Berechnung mittels PHPP 2005.....	74
3.5.1.4	Berechnung mittels TRNSYS.....	78
3.5.1.5	Besonderheit öffentlicher Gebäude.....	80
3.5.2	Primärenergiebedarf	80
3.5.3	Kühlenergiebedarf.....	81
3.5.4	Primärenergieinhalt, Treibhauspotenzial und Versäuerung	82
3.5.5	OI3-Indikator	88
3.5.6	Gebäudeausweis	90
3.6	Ausschreibung und Angebotsprüfung	93
3.6.1	„Ökologische“ Ausschreibung	93
3.6.2	Doppelte Ausschreibung	94
3.6.3	Qualitätssicherung Angebotsprüfung	94
3.6.3.1	Produkt-Deklarationsliste	94
3.7	Qualitätssicherung: Baustellen-Controlling.....	95
3.7.1	Aufgabenstellung	95
3.7.1.1	Prüftätigkeit	96
3.7.1.2	Vorgangsweise bei Nichteinhalten der Vorgaben	97
3.7.2	Gewerksbezogene Besonderheiten	97
3.7.2.1	Baumeister.....	97
3.7.2.2	Zimmermannsarbeiten	98
3.7.2.3	Fensterbau.....	98
3.7.2.4	Verputzer	99
3.7.2.5	Maler.....	99
3.7.2.6	Estrichleger	99
3.7.2.7	Schlosser	99
3.7.2.8	Spengler.....	100
3.7.2.9	Heizung/Sanitär	100
3.7.2.10	Lüftung.....	101
3.7.2.11	Elektroarbeiten.....	101
3.7.2.12	Tischler - Wand und Deckenverkleidung.....	102
3.7.2.13	Trockenbau	102
3.7.2.14	Bodenleger.....	103

3.7.2.15	Fliesenleger	103
3.7.2.16	Glasbau.....	103
3.7.3	Kontrollaufwand	104
3.7.3.1	Dokumentation.....	104
3.8	Gebäudeevaluierung.....	105
3.8.1	Raumluftmessung	105
3.8.1.1	Formaldehyd.....	105
3.8.1.2	Flüchtige organische Verbindungen (VOC).....	107
3.8.2	Blower Door Messung.....	108
3.9	Öffentlichkeitsarbeit.....	108
4	Ergebnisse	109
4.1	IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog und Ökoleitfaden: Bau.....	109
4.2	Ökologischer Holzbau	110
4.2.1	Baubiologie/-ökologie.....	110
4.2.2	Architektur	112
4.3	Bauökologische/-biologische Bauteiloptimierung	114
4.3.1	Baumeister	115
4.3.2	Zimmerer.....	115
4.3.3	Heizung / Sanitär.....	115
4.3.4	Elektro	115
4.3.5	Maler	116
4.3.6	Estrichleger	116
4.3.7	Fensterbauer.....	116
4.3.8	Fliesenleger.....	116
4.3.9	Abdichtungen	116
4.3.10	Natursteinleger.....	117
4.3.11	Stahlbau	117
4.4	Ausschreibung und Angebotsprüfung	117
4.4.1	Angebotsprüfung.....	117
4.5	Mehrkosten ökologische Materialwahl.....	121
4.5.1	Mehrkosten Gesamtzusammenstellung	121
4.5.2	Mehrkosten – bauteilspezifisch	122
4.6	Baustellen-Controlling	131
4.7	Interviews mit Handwerkern	132
5	Optimierungspotenziale und Schlussfolgerungen	135
5.1	IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog und Ökoleitfaden: Bau.....	135
5.1.1	IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog.....	135
5.1.2	Ökoleitfaden: Bau.....	135
5.2	Angebotsprüfung.....	136
5.3	Projektkoordination.....	136
5.3.1	Qualitätssicherung - Ablaufoptimierung	136
5.3.2	„Holzgerechte Projektplanung“	137
5.4	Stärkung der Regionalität	137
6	Resümee	138
7	Verzeichnisse	138
7.1	Literaturverzeichnis	138
7.2	Abbildungsverzeichnis.....	141

7.3	Tabellenverzeichnis.....	143
8	Anhang.....	144
8.1	Ökologische Optimierung - Vorbewertung.....	144
8.2	Ausschreibungstexte - Beispiel „Fenster“.....	144
8.3	Raumluft - Untersuchungsbericht.....	144
8.4	Protokolle	144
8.4.1	Jour fixe HDZ-Projektteam.....	144
8.4.2	Blower Door Messungen.....	144
8.4.3	Prüfung Bauökologische Kriterien.....	144
8.5	Interviews mit den Handwerkern - Details.....	144
8.6	Servicepaket „Nachhaltig: Bauen“.....	144

1 Aufgabenstellung

Ziel der Programmlinie *Haus der Zukunft* ist die Entwicklung und Marktdiffusion von Bauweisen für Wohn-, Büro- und Nutzbauten, die den Leitprinzipien der Nachhaltigkeit entsprechen und im Vergleich zur derzeitigen Baupraxis in Österreich

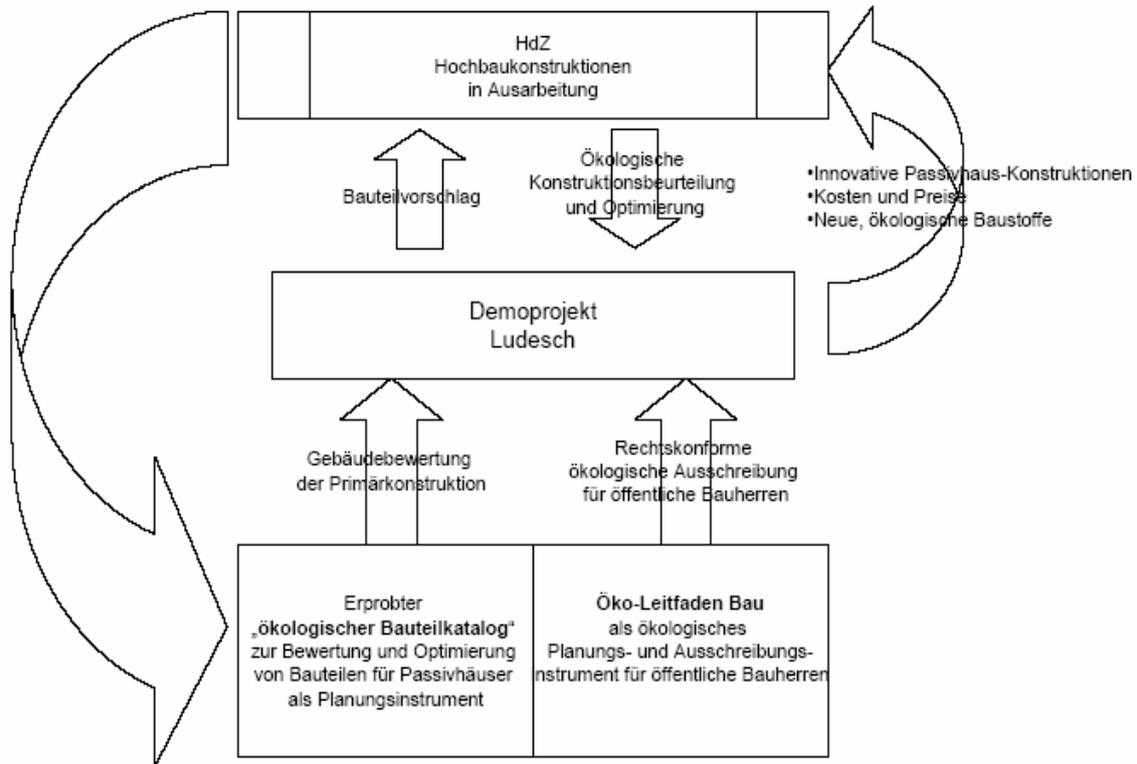
- eine erhöhte Energieeffizienz hinsichtlich des gesamten Lebenszyklus
- einen verstärkten Einsatz erneuerbarer Energieträger, insb. Solarenergie
- eine erhöhte Nutzung nachwachsender Rohstoffe und effizienter Materialeinsatz
- eine vermehrte Berücksichtigung von Service- und Nutzungsaspekten für die BenutzerInnen
- sowie vergleichbare Kosten gemessen an herkömmlichen Bauweisen aufweisen.

Mit dem Demonstrationsvorhaben soll die Anwendung des von der Programmlinie *Haus der Zukunft* geförderten Projektes „**Hochbaukonstruktionen und Baustoffe für hochwärmedämmte Gebäude - Technik, Bauphysik, Ökologische Bewertung, Kostenermittlung**“ (in weitere Folge Passivhaus Bauteilkatalog, kurz PH-BTK, genannt) in der Praxis erprobt werden.

Die mit Hilfe des PH-BTK erarbeiteten ökologischen Optimierungen sind vergaberechtskonform auszuschreiben. Hierzu hat der Umweltverband im Jahre 2000 einen Leitfaden (Ökoleitfaden: Bau) erstellt, dessen Anwendbarkeit ebenfalls demonstriert und gleichzeitig eine Verbesserung der Praxistauglichkeit ausgearbeitet werden soll.

In vielen Bereichen besteht ein Wissensdefizit hinsichtlich der Mehrkosten des Einsatzes von ökologischen Baustoffen. Aufgabenstellung ist es daher, durch eine doppelte Ausschreibung von gewünschter ökologischer Konstruktion und herkömmlicher Standardkonstruktion, die durch den ökologischen Materialeinsatz tatsächlich verursachten Mehrkosten zu erfassen.

Die untenstehende Grafik verdeutlicht zusammenfassend die Aufgabenstellung des Demoprojektes „Neubau Ökologisches Gemeindezentrum Ludesch“ aufbauend auf das HDZ-Projekt „Hochbaukonstruktionen.....“



Realisiert wird mit dem Gemeindezentrum Ludesch ein Projekt, das einerseits die Kriterien der Passivhausbauweise erfüllt, andererseits beim Materialeinsatz, der Wohnhygiene und Baubiologie im kommunalen Bereich neue Standards setzen möchte.

Die Gemeinde Ludesch ist eine e5-Gemeinde und Klimabündnisgemeinde, die sich zum Ziel gesetzt hat, einen möglichst nachhaltigen Umgang mit den verfügbaren Energie-, Grund- und Materialressourcen zu pflegen. Als e5-Gemeinde und Klimabündnisgemeinde stehen vor allem der Primärenergieeinsatz sowie das Treibhauspotenzial als zentrale planungsrelevante „Öko-Kennzahlen“ fest. Ergänzt werden diese Kennzahlen vor allem durch wohnhygienische Aspekte.

Konkretes Ziel des Demoprojektes ist neben der Realisierung eines Passivhauses, den spezifischen Primärenergieeinsatz der Primärkonstruktion (verbaute Energie) gegenüber vergleichbaren, herkömmlichen Passivhäusern zu halbieren (von derzeit etwa 35 (29¹) kWh/m²a auf weniger als 18 kWh/m²a „verbaute Energie“) und gleichzeitig den ökologischen Herstellungsaufwand (spezifisches Treibhauspotenzial, Primärenergieinhalt, Versäuerung) ebenso zumindest auf die Hälfte gegenüber nicht optimierten Gebäuden zu senken. Ergänzend dazu werden weitere ökologische Entscheidungskriterien berücksichtigt (Ozonabbaupotenzial, Photooxidationspotenzial, Versäuerungspotenzial).

¹ Ohne Keller

Das Projektvorhaben „Neubau Zentrum Ludesch“ ist durch einen integrativen Planungsprozess geprägt, der neben der klassischen Nutzungstauglichkeit, vor allem die Aspekte der Sozialverträglichkeit, Raumverträglichkeit, städtebaulichen Entwicklung und Nachhaltigkeit im Sinne des sparsamen Umgangs mit beschränkten Ressourcen sowie des sinnvollen Einsatzes von ökologischen und „gesunden“ Baumaterialien berücksichtigt. Zudem ist es erklärtes Ziel, das Bauvorhaben trotz zusätzlicher ökologisch motivierter Investitionen im üblichen Kostenrahmen umzusetzen.

2 Grundlagen

Das Haus der Zukunft (HdZ) Demovorhaben intendierte, die innovativen Planungs- und Ausschreibungsinstrumente „Passivhaus-Bauteilkatalog“ und „Ökoleitfaden:Bau“ zur umfassenden „Ökologisierung“ von Bauprojekten auf Ihre Anwendbarkeit zu erproben, um in weiterer Folge für eine breite Anwendung empfohlen werden zu können. Die ökologische Bauteiloptimierung des Bauvorhabens „Ökologischer Holzbau - Gemeindezentrum Ludesch“ wurde dabei als Demonstrationsvorhaben zum Projekt „Hochbaukonstruktionen und Baustoffe für hochwärmegedämmte Gebäude - Technik, Bauphysik, Ökologische Bewertung, Kostenermittlung (IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog) [PB 2004]“ durchgeführt. Dadurch sollte eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender Rohstoffe und ökologischer Baustoffe sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Insbesondere wurde auch auf Aspekte der Wohnhygiene (Berücksichtigung der Gesundheit des Menschen im Gebäude) eingegangen. Hier kann mit dem HdZ-Projekt „IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog“ auf ein Alleinstellungsmerkmal verwiesen werden. Es gibt kein anderes Planungsinstrument, das sowohl eine bauökologische als auch eine baubiologische Optimierung erlaubt.

Die erfolgreiche Umsetzung der Projektidee im Sinne einer ökologischen, nachhaltigen Optimierung des Planungs- und Ausschreibungsprozesses bildet für den Umweltverband Vorarlberg, als Vertretung aller Gemeinden in Vorarlberg, die Grundlage für eine weitere Verbreitung und Anwendung des „Ökoleitfaden: Bau“ als ein wichtiges Basisinstrument für die Aktivitäten des ÖkoBeschaffungsService Vorarlberg (ÖBS).

2.1 Prozesssteuerung

Der gesamte Planungs- und Umsetzungsprozess beim „Neubau Gemeindezentrum Ludesch“ wurde durch ein interdisziplinäres Team begleitet.

Mitglieder dieses Teams waren:

- Vertreter der Gemeinde Ludesch
- Vertreter des Umweltverbandes Vorarlberg
- Vertreter des Österreichischen Institutes für Baubiologie und –ökologie (IBO)
- Vertreter des Architekturbüros DI Hermann Kaufmann, Schwarzach
- Ökoberatung Gebhard Bersch, Ludesch (für die Qualitätssicherung bei der Bauausführung verantwortlich)
- Spektrum GesmbH

Die Projektsteuerung für dieses Team lag beim Umweltverband Vorarlberg. Einmal im Monat fand ein Jour fixe dieses interdisziplinären Teams statt. Bei den Jour fixes wurden alle für das Projekt „Neubau Gemeindezentrum Ludesch“ spezifischen ökologischen Themenbereiche behandelt.

Übliche Schnittstellenprobleme zwischen Bauherr und ausführenden Unternehmen konnten so ausgeräumt werden.

Alle Protokolle zu den Jour fixes finden Sie im Anhang (Kapitel 8.4).

2.2 HdZ-Demovorhaben

2.2.1 IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog

Der „IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog“ [PB 2004] ist das derzeit einzige Planungsinstrument, das sowohl eine bauökologische wie auch eine baubiologische Optimierung erlaubt. In diesem Bauteilkatalog sind Konstruktionen auf Passivhausstandard dimensioniert, und in (fast) jeder Konstruktion wird einer gängigen – kostenorientierten – Materialwahl eine ökologisch motivierte Materialwahl als Alternative gegenübergestellt.

Der „IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog“ ist eine Sammlung von Hochbaukonstruktionen, die in jeweils zwei Varianten technisch beschrieben, bauphysikalisch bewertet und ökologisch entlang des gesamten Lebenslaufs analysiert werden. Der ökologische Herstellungsaufwand der verwendeten Baustoffe, Dauerhaftigkeit und Instandhaltungsaufwand der Konstruktionen sowie Rückbau und Entsorgung sind die Themen der ökologischen Analyse. Bei der technischen Beschreibung stehen der luftdichte und wärmebrückenfreie Einbau (Anschlüsse) und die technische Sicherheit im Vordergrund, ergänzt durch Angaben zu Herstellungsabläufen, Vorfertigung und Anforderungen an die Baustellenlogistik sowie einer Kostenermittlung der Hochbaukonstruktionen. Die bauphysikalische Diskussion behandelt Wärme-, Schall- und Brandschutz, Dampfdiffusions- und Wärmespeicherverhalten.

2.2.1.1 Ökologische Bewertung

Die Baukonstruktionen werden bezüglich Ressourcenaufwand und Emissionen entlang des ökologischen Lebensweges detailliert miteinander verglichen:

- Herstellung
- Einbau
- Verarbeitung
- Arbeitsplatz-Belastungen
- Nutzung
- Erfüllung der Funktionen
- Ausführungsmängel/Instandhaltung/Instandsetzung/Nutzungsdauer
- Entsorgung (Verwertung und Beseitigung)

Das Verfahren zur ökologischen Bewertung der Herstellung von Baustoffen ist an internationalen Standards orientiert. Es wurde daher die derzeit gängigste und nach Ansicht der Autoren auch wissenschaftlich am besten abgesicherte Methode der

wirkungsorientierten Klassifizierung nach [CML 2001] ausgewählt. Diese beinhaltet die Bewertung von Produkten anhand von Umweltkategorien. Da aber die meisten Umweltkategorien noch relativ geringen Bekanntheitsgrad genießen und die Zielvorgabe war, einfache Aussagen zu treffen, wurden aus den vorhandenen Wirkungskategorien die beiden bekanntesten, das Treibhauspotenzial (100 Jahre, GWP 100) und die Versäuerung (AP), ausgewählt. Zusätzlich ist für jeden Baustoff bzw. Bauteil der Primärenergieinhalt an nicht erneuerbaren Energieträgern (PEI n. e.) angegeben. Diese drei Kennzahlen vermögen ein relativ gutes Bild der ökologischen Qualität eines Baustoffes bzw. eines Bauteiles zu vermitteln. Weitere Umweltkategorien sind: Photosmog, Ozonabbau, Ökotoxizität, Humantoxizität, PEI erneuerbare Rohstoffe, Flächenbedarf. Es wurden die folgenden Programme zur Ökobilanzierung verwendet:

- Simapro 5.0: Berechnung der Baustoff-Kennzahlen,
- Programmpaket Ecosoft 2.1.2: Bauteilberechnung. Auf der Grundlage der IBO-Datenbank Ökologische Kennwerte von Baustoffen Stand 01/2004

Für den Vergleich erfolgte eine quantitative Erfassung bis zum Ende der Produktionsphase. Die ökologischen Kennwerte der Regelquerschnitte sind die Summe der ökologischen Kennwerte aller eingesetzten Baustoffe pro m², Verschnitte etc. werden vernachlässigt. Die Kennwerte werden auf die erwartete Lebensdauer der Bauteilschichten bezogen. Als Betrachtungszeitraum wurde eine Gebäudelebensdauer von 80 Jahren zugrunde gelegt. Bauteilschichten mit kürzerer Lebensdauer als der übrige Bauteil, die so eingebaut sind, dass sie ohne Zerstören des übrigen Bauteils ausgewechselt werden können, sind in der ökologischen Beurteilung so viele Male angesetzt, wie sie während der angenommenen Lebensdauer des Gesamtbauteils ausgetauscht werden müssen. Da es sich bei der Anzahl der Erneuerungen um eine theoretisch berechnete Zahlen auf Basis der Richtwerte für die Lebensdauern handelt, können auch nicht natürliche Zahlen resultieren.

Die ausgewählten ökologischen Kennwerte vermögen ein relativ gutes Bild der ökologischen Qualität eines Baustoffes bzw. eines Bauteiles zu vermitteln. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass dieses Bild nur einen Ausschnitt der Wirklichkeit abbildet. Um der "Ganzheitlichkeit" genüge zu tun, sind die Baustoffe und Konstruktionen daher darüber hinaus deskriptiv bewertet.

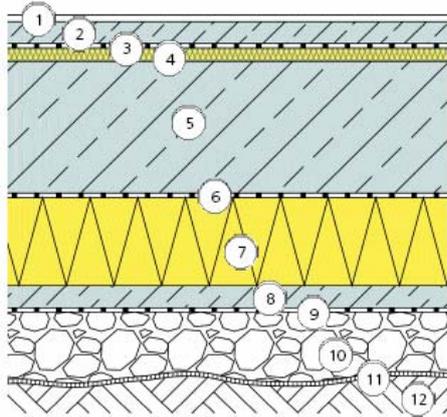
Auf gesundheitliche Aspekte wird speziell in den Bereichen Produktion, Einbau und Nutzung eingegangen. Eine Bewertung des Entsorgungsverhaltens ist analog dem österreichischen Schulnotensystem nach einer fünfteiligen Skala, 1 = sehr günstig ... 5 = ungünstig, veranschaulicht.

Resultat ist ein tabellarisches ökologisches und technisches Datenprofil für die ausgewählten Systeme.

2.2.1.2 Vorgehensweise zur Konstruktionsauswahl

- 1) Konstruktionsauswahl: Auswahl jener Konstruktionen aus dem Kapitel Regelquerschnitte und funktionale Einheiten, die aufgrund der Bauordnung, architektonischer und technischer Erfordernisse oder anderer Randbedingungen in die engere Wahl kommen.

oben
above



unten
down

[cm]	Aufbau von oben nach unten Construction from above to down
1	- Fußbodenbelag (Holz*, Keramik, Teppich,...)
2	5 Zementestrich
3	0,01 PE-Folie, Stöße überlappt A: Baupapier
4	3 Mineralwolle-Trittschalldämmpl. MW-T 35/30 bzw. S 35/30, A: Perlite
5	≥30 WU-Beton nach statischer Erfordernis
6	- Baupapier
7	20 Extrudierter Polystyrol-Hartschaum mit Stufenfalz, CO ₂ -geschäumt
8	5 Magerbeton/Sauberkeitsschicht
9	- Baupapier
10	≥15 Rollierung
11	- PP-Filtervlies
12	- gewachsener Boden

*Für Berechnung Verwendung von Fertigparkett, A = Alternative Empfehlung

Abbildung 1: Konstruktionsbeispiel Plattenfundament, erdberührender Fußboden, beheizter Raum (Weiße Wanne)

- 2) Anschlusscheck: Prüfen, ob die gewählten Regelquerschnitte aneinander angeschlossen werden können. Das Kapitel Anschlussdetails liefert dafür Anregungen.

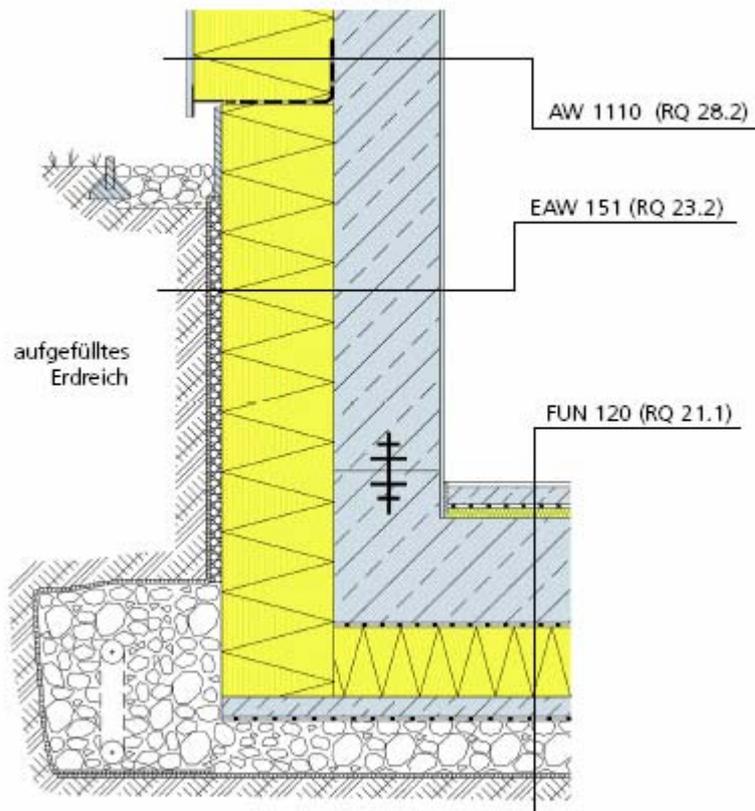


Abbildung 2: Anschlussdetail-Beispiel WU-Beton-Bodenplatte ohne Streifenfundament

- 3) Check ökologischer Aufwand Herstellung: Vergleich der ökologischen Kennzahlen für jede der gewählten Konstruktionen unter Beachtung der Hinweise zum Arbeits- und Gesundheitsschutz. Ein Vorschlag für eine ökologische optimierte Materialwahl liegt bereits fertig vor.

Ökologisches Profil / *Ökological profile*

Herstellung / *Production*

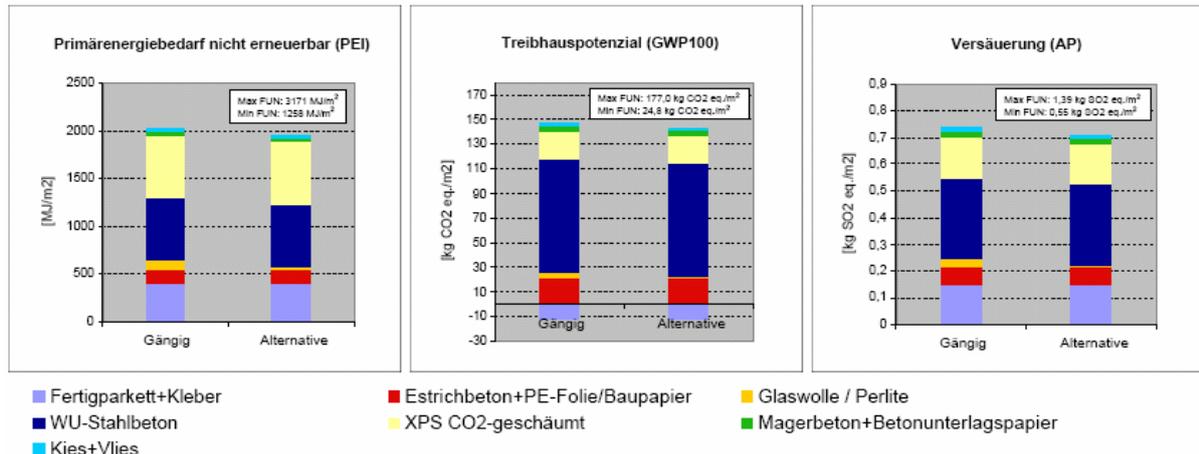


Abbildung 3: Ökologischer Aufwand Konstruktionsbeispiel Plattenfundament

- 4) Check ökologischer Aufwand Einbau- und Nutzungsphase: Vergleichen der Angaben zum erwartenden Arbeits-, Wartungs- und Reparaturaufwand und zu möglichen Auswirkungen auf die Innenraumluft im Hinblick auf die Arbeitsbelastung, die beabsichtigte Nutzungsart des Gebäudes und die Lebensdauer der Konstruktionen.

Beurteilungskriterien für ausgewählte Dämmsysteme

Einbau				
Beurteilung	Günstig (+)	Mittel (o)	Ungünstig (-)	Dieses Projekt
Arbeitsaufwand	1 Arbeitsgang		Mehrere Lagen Dämmstoff notwendig	Nicht eingestuft, da in Kostenschätzung näherungsweise enthalten
Arbeitsplatzbelastung	Keine Gefährdung bei gesetzlich vorgeschriebenem Arbeitsschutz	Keine Gefährdung bei baupraktisch üblichem Arbeitsschutz	Gefährdung auch bei gesetzlich vorgeschriebenem Arbeitsschutz	Einstufung
Baustellenabfälle	verwertbar und unproblematisch entsorgbar in MVA oder BRM-Deponie	nicht verwertbar oder Problembereiche bei der Entsorgung	Sondermüll-entsorgung	Einstufung
Verpackung Dämmstoffe	Mehrweg-verpackung	Wertstoffrecycling	Sondermüll-entsorgung	zu produktabhängig daher keine Einstufung

Abbildung 4: Beurteilungskriterien für den Einbau am Dämmsystem-Beispiel „Dämmung im Leichtelemnt“

Beurteilungskriterien für ausgewählte Dämmsysteme

Nutzung				
Beurteilung	Günstig (+)	Mittel (o)	Ungünstig (-)	Dieses Projekt
Schallschutz	Strömungswiderstand hoch (> 5 kNs/m ³)	-	Strömungswiderstand gering	Nicht eingestuft, da Datenlage unbefriedigend
Raumluftbelastung durch Schadstoffemissionen	Keine Schadstoffemissionen	Schadstoffemissionen unter Richtwerten	Schadstoffemissionen möglich	Einstufung
Verträglichkeit gegenüber übermäßigen, kurzfristigen Feuchteintrag, z.B. Überschwemmung	Erhaltung aller Funktionen, kein Austausch notwendig	-	Verlust der Funktion, Austausch notwendig	Nicht eingestuft, da Datenlage unbefriedigend
Nutzungsdauer		-		Nicht eingestuft, da vor allem von Umfassungsbautteilen abhängig. Zerstörung durch Kleintiere (Nestbau) in allen betrachteten Dämmsystemen möglich

Abbildung 5: Nutzungsaufwand Dämmsystem-Beispiel „Dämmung im Leichtelemnt“

- 5) Check ökologischer Aufwand Entsorgung: Vergleich der Grafiken zur Entsorgung und Abschätzung, inwieweit die Besitzer des zu errichtenden oder zu sanierenden Bauwerks von den Kosten der Entsorgung in der Zukunft selbst betroffen werden könnten.

	Zellulosefaser- flocken	Flachs	Flachs mit Kunststofffasern	Hanf mit Kunststofffasern	Schafwolle	Strohballen	Holzspane	Glaswolle	Steinwolle
Herstellung									
PEI ne in MJ	93	265	311	308	70	1	149	260	222
GWP in gCO ₂ eq	5'060	1'760	3'312	2'527	-1'952	-62'040	-42'893	12'480	16'000
AP in gSO ₂ eq	58	61	88	157	27	0	66	76	103
Einbau									
Arbeitsplatzbelastung	o	+	+	+	+	+	o?	o	o
Baustellenabfälle	o	+	+	+	+	+	+	o	o
Nutzung									
Raumluftbelastung durch Schadstoff- emissionen	+	+	+	+	+	+	+	o	o
Entsorgung									
Trennbarkeit	2	1	1	1	1	1	2	1	1
Wiederverwendung	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Verwertung	4	4	4	4	4	1	2	4	4
Entsorgung	3	1	1	1	1	1	1	3	3

Abbildung 6: Ökologisches Datenprofil - Beispiel „Dämmung im Leichtelement“

- 6) Check Optimierungspotenziale: Optimierung der ökologischen Herstellungsaufwände, die Lebensdauer und Schadensanfälligkeit, den Wartungs- und Reparaturaufwand oder den Entsorgungsaufwand durch Kriterienvergleich der ermittelten Vor- und Nachteile einer Konstruktion unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anforderungen wie Schallschutz oder Statik.

Wichtig: Nur die Zusammenschau von ökologischen Kennzahlen und deskriptiver Bewertung soll zu einer ökologischen Bewertung des Bauteils herangezogen werden.

2.2.2 Ökoleitfaden: Bau

Der „Ökoleitfaden: Bau“ [ÖLB 2000] als Tool des ÖkoBeschaffungsService Vorarlberg (ÖBS) wurde vom Umweltverband Vorarlberg im Jahr 2000 herausgegeben und ist im Internet unter www.umweltverband.at abrufbar. Der Leitfaden wurde eigens zur Ökologisierung des Beschaffungssystems der Vorarlberger Kommunen entwickelt.

Ziel des „Ökoleitfaden: Bau“ ist es, die Umweltgerechtigkeit als ein selbstverständliches Kriterium für eine umfassende Qualität von Produkten und Dienstleistungen bei der Beschaffung zu betrachten und zu behandeln. Aus diesem Grunde begegnet der „Ökoleitfaden: Bau“ dem Defizit des oftmaligen Fehlens notwendiger Informationen zur Berücksichtigung von Umweltaspekten durch Bereitstellen dieser Informationen für Konzeption, Planung und Beschaffung. Zudem

sollte durch die bereitgestellten Informationen und die speziell entwickelten Textblöcke zur Ergänzung von Ausschreibungstexten der zeitliche Mehraufwand für eine ökologische Beschaffung minimiert werden. Der Leitfaden enthält sowohl ein Hochbau- als auch ein Tiefbau- Modul. Das Modul Tiefbau gliedert sich in die Module Verkehr (wirkungsvolle Raumordnung, umweltorientierte Verkehrskonzepte und Verkehrsplanung) und Wasser (Wasserversorgung und -entsorgung, Regenwasserbewirtschaftung und Rohrleitungsbaus).

Das Modul Hochbau gliedert sich in zwei Teile. Im Leitfaden für PlanerInnen und ArchitektInnen sind Grundsätze und Planungsrichtlinien zur Ökologisierung des Bauens aufgeführt. Die Auswahl besteht aus konventionellen, häufig eingesetzten Baustoffen sowie aus ökologisch positiv eingestuft Baustoffen. Mäßig gute Baustoffe werden kurz beschrieben, die ökologischen Kenngrößen angegeben und zentrale Argumente, weshalb diese Baustoffe als mäßig gut eingestuft wurden, angeführt. Ökologisch zu empfehlende Produkte werden detaillierter beschrieben und zusätzliche Hinweise für die Anwendung, Möglichkeiten zum Rückbau, zur Verwertung und Entsorgung, Bezugsquellen, Referenzprojekte und Ausschreibungstexte angegeben.

Der Modul Hochbau des „Ökoleitfaden: Bau“ ist inhaltlich folgendermaßen strukturiert:

- Empfehlungen für erste Schritte
- Checklisten zur Ist-Stand-Erhebung
- Prinzipien und Grundsätze für eine umweltfreundliche Gestaltung der einzelnen Beschaffungsbereiche
- Leitfaden für externe Planungs-, Architektur- und Zivilingenieurbüros Empfehlungen und Bewertungen für die Produktauswahl
- Baustoffdiskussion mit Hinweisen für die Anwender, zum Rückbau, zur Verwertung und Entsorgung, Bezugsquellen, Referenzprojekte und Ergänzungen zu den Ausschreibungstexten
- Hintergrundinformationen über Umweltzeichen, Normen, Inhaltsstoffe und Materialien
- Ausschreibungsunterlagen bzw. Textblöcke für die Ausschreibung
- Adressen, Literaturempfehlungen, Internetlinks

Mit den Planungsinstrumenten des Leitfadens für externe Planungs-, Architektur- und Zivilingenieurbüros, den Empfehlungen für erste Schritte und die Checklisten zur Ist-Stand-Erhebung werden über den Fokus der ökologischen Materialwahl hinaus weitere umfassende Umweltaspekte der Standortwahl und Infrastruktur, des Nutzungskonzeptes und der Ausstattung sowie des Gebäudetyps und der Nutzungsphase bereits in der Konzeptions- und Planungsphase berücksichtigt. Zudem bietet der „Ökoleitfaden: Bau“ mit seinem mehrstufigen Bewertungsschema auch eine Basis für „ökologische Bauteiloptimierungen“ im Hinblick auf die Auswahl von Baustoffen. Diesbezüglich stellt der „Ökoleitfaden: Bau“ eine ideale Ergänzung zum „IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog“ dar.

2.2.2.1 Handhabung

Die wichtigsten Weichenstellungen werden im Zuge der Planung und Konzeption eines Gebäudes vorgenommen. Bereits in der Vorbereitungsphase fallen wichtige

Entscheidungen über Standortwahl, Nutzungskonzept, Konstruktionsweise, Materialauswahl und Kostenrelationen. Zu diesem Zeitpunkt sind sehr wenige Planungskosten angelaufen, die Situation aller Beteiligten ist noch offen, persönliches Prestige ist noch kein Problem, allfällige Änderungen sind relativ leicht umzusetzen. Es steht deshalb ein eigener Leitfaden für PlanerInnen und ArchitektInnen zur Verfügung, in dem die Grundsätze und Planungsrichtlinien zur Ökologisierung des Bauvorhabens bestimmt werden. Im Zusammenspiel von ArchitektInnen und Bauwilligen können somit Optimierungsschritte, beginnend bei der Konzeption und Planung, über die Umsetzung, Bau und Baustoffwahl, bis hin zur Nutzung und Entsorgung gezielt gesetzt werden.

3. Kriterien für die Ökologisierung von Hochbauprojekten

3.1. Material- und Baukonzept	2
3.1.1. Verzicht auf gefährliche und/oder ökologisch bedenkliche Stoffe	3
3.1.2. Minimierung gefährlicher Stoffe	3
3.1.3. Positivaspekte beim Baustoffeinsatz	3
3.1.4. Berechnungen zur ökologischen Relevanz	4
3.1.5. Konzept für Rückbaubarkeit	4
3.2. Energiebedarf für die Nutzung	4
3.2.1. Haustechnik	4
3.2.2. Heizwärmebedarf	4
3.2.3. Kühlung	4
3.2.4. Dichtheit der Gebäudehülle	5
3.2.5. Warmwasser	5
3.2.6. Elektrische Geräte	5
3.3. Energieträger	5
3.4. Natürliche Belichtung und Besonnung	5
3.4.1. Verschattungen	5
3.4.2. Tageslichtnutzung	5
3.5. Grund und Boden	6
3.6. Wasser	6

Abbildung 7: Kriterien für die Ökologisierung von Bauprojekten

Ein einfaches mehrstufiges Bewertungsschema zeigt den NutzerInnen auf einen Blick die Produkteinstufung des IBO hinsichtlich ökologischer Qualitäten. Damit wird eine ökologische Baustoffwahl sehr anschaulich und ökologische Optimierungspotenziale können relativ einfach aufgespürt werden.

Folgende Einstufungen werden unter Voraussetzung von Mindestkriterien (Verzicht auf gefährliche und/oder bedenkliche Stoffe) vorgenommen:

😊😊	empfehlenswerte Lösung
😊	Insgesamt gute Lösung mit bestehenden Schwachstellen
😐	Lösung mit ökologischen Schwachstellen, Alternativen nur bedingt verfügbar
😞	Lösung mit ökologischen Schwachstellen, ökologischere Alternativen verfügbar
😞😞	Abzulehnende Variante, da ökologisch belastend und bessere Alternativen bekannt

Abbildung 8: Einfaches Bewertungsschema zur Baustoffwahl

Produktauswahl am Beispiel „Holzwerkstoffe“

	Behandelte Holzwerkstoffe	Alternativen	
	Ausbauplatte		
😊	Massivholzplatte fünfschichtig	Massivholzplatte dreischichtig	😊
😞	Mitteldichte Faserplatten MDF	Holzhartfaserplatte	😊
😞	Spanplatte, kunstharzgebunden	Holzweichfaserplatte	😊
😊	Spanplatte, zementgebunden	Holzwohle-Dämmplatte	😊
😞	Sperrholzplatten	OSB-Flachpressplatte	😊
		Spanplatte, tanningebunden	😊
		Weichholz-Schalungsbretter	😊😊
	Wandverkleidungen		
😊	Holzwerkstoffe	Massivholzplatte einschichtig	😊😊
		Massivholz, Nut-Feder	😊😊

Abbildung 9: Holzwerkstoffe und ökologische Alternativen

Auf Basis ökologischer Kennwerte können weitere Optimierungspotenziale in der Detailplanung vorgenommen werden.

Holz und Holzwerkstoffe	Dichte kg/m ³	PEI e MJ	PEI n.e. MJ	GWP kgCO ₂ äq	ODP mgR11äq	POCP 1 kgEthäq	POCP 2 kgEthäq	AP kgSO ₂ äq	NP kgPO ₄ äq
Holz als Tragsystem	600	24.60	4.67	-1.55	0.10	0.00047	0.00162	0.00220	0.00022
Holzhartfaserplatte	1000	42.90	17.50	-2.30	0.18	0.00071	0.00308	0.00484	0.00043
Holzweichfaserplatten	160	25.75	12.05	-0.40	1.26	0.00091	0.00279	0.01059	0.00034
Holzweichfaserplatten bituminiert	270	23.29	15.16	-0.21	1.51	0.03479	0.03670	0.01048	0.00035
Holzwole-Dämmplatte	400	5.12	4.10	0.08	0.06	0.00007	0.00107	0.00175	0.00019
Massivholzplatte	600	25.10	3.62	-1.55	0.09	0.00046	0.00158	0.00195	0.00021
Mitteldichte Faserplatte	650	Dem IBO sind derzeit noch keine Daten bekannt							
OSB-Rachpressplatte	650	Dem IBO sind derzeit noch keine Daten bekannt							
Spanplatte kunstharzgebunden	650	27.72	6.51	-1.29	0.16	0.00041	0.00199	0.00317	0.00031
Spanplatte tanningebunden	700	Dem IBO sind derzeit noch keine Daten bekannt.							
Spanplatte zementgebunden	1300	30.98	6.44	-2.24	0.16	0.00038	0.00198	0.00316	0.00031
Sperrholzplatte	650	Dem IBO sind derzeit noch keine Daten bekannt							

Abbildung 10: Checkliste „Ökologischer Aufwand Herstellung“

Im Zuge der Ausschreibung können ökologisch vorteilhafte Vergaben auch nach dem Billigstbieterprinzip erfolgen. Bei den meisten Bauprodukten ist die ökologische Wertigkeit bereits durch die Produktbeschreibung im Leistungsverzeichnis bestimmt (z.B. Linol- Bodenbelag statt PVC-Bodenbelag). Mit Hilfe von ökologisch relevanten Eingrenzungskriterien wird sichergestellt, dass nur umweltverträgliche Produkte ausschreibungskonform sind.

Nachstehend ein Textblockauszug zur Ausschreibungsergänzung am Beispiel „Holzwerkstoffe“.

A) Eine Herstellerbestätigung ist beizulegen, dass alle Inhaltsstoffe (insbesondere auch Klebstoffe und Oberflächenbehandlungsmittel) folgende Anforderungen erfüllen:

- Zubereitungen, die mit "sehr giftig" (T+), "giftig" (T), "krebserzeugend" (R45, R49), "fortpflanzungsgefährdend" (R60, 61, 62, 63), im Sinne des Chemikaliengesetz BGBl 53/1997 in geltender Fassung (igF) bzw der EU-Richtlinie 67/548/EWG Anhang VI eingestuft sind, sind nicht enthalten.
- Inhaltsstoffe, die gemäß Abschnitt III der jeweils gültigen MAK-Werte-Liste enthalten und als krebserzeugende Arbeitsstoffe (A1, A2) eingestuft sind, sind als Bestandteil von Zubereitungen oder in Reinform zu maximal 0,1 Massen% enthalten.
- Der für das plattenförmige Endprodukt eingesetzte Trägerwerkstoff erfüllt die Anforderungen der österreichischen Formaldehydverordnung BGBl 1990/194 igF oder gleichzuhaltende Bestimmungen.

B) Emissionen aus Holzwerkstoffe mit formaldehydhältigem Bindemittel (Messungen am Endprodukt):

- Ausgleichskonzentration von 0,05 ppm Formaldehyd im Prüfraum (Prüfmethode nach ÖNORM ENV 717-1).
- oder
- Mittlerer Gasanalysewert von 2,0 mg Formaldehyd/m² h (Prüfmethode nach ÖNORM EN 717-2)

Abbildung 11: Beispielhafter Textblock einer Ausschreibungsergänzung

Mit den Ausschreibungsergänzungstexten werden sehr detaillierte ökologische Kriterien in das Leistungsverzeichnis implementiert, die neben der Vergabe an den Billigstbieter auch für die darauf folgende ökologische Qualitätssicherung, der Angebotsprüfung (siehe Kapitel 3.6 Ausschreibung und Angebotsprüfung), die Grundlage bilden.

2.3 Ökologischer Holzbau

2.3.1 Zielsetzung

Die Ökologie von Baustoffen berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus des Baustoffes und orientiert sich am „Nachhaltigkeitsprinzip“, das im Bereich der Baustoffe durch Merkmale wie Minimierung des Stoffeinsatzes, Reduktion der grauen Energie, Vermeidung von Schadstoffemissionen, Wiederverwertbarkeit der eingesetzten Stoffe, etc. gekennzeichnet ist.

Demzufolge weist die Ökologie von Holzbaustoffen folgende Merkmale auf:

- Rohstoff
 - Durch die biologische Produktion von Holzmasse wird der Atmosphäre Kohlendioxid entzogen (negatives Treibhauspotenzial durch CO₂-Bindung), das über die gesamte Lebensdauer gespeichert ist.
 - erneuerbarer Rohstoff
 - ausreichend vorhanden
 - geringer Energieeinsatz
 - geringe Schadstofffreisetzung (geringe Mengen Schmieröl, Luftschadstoffe aus Verbrennungskraftmaschinen)
 - Holz aus nachhaltig genutzten und regionalen Wäldern

- Transport
 - Verwendung heimischer/regionaler Hölzer; um den Einfluss der Entfernung des Herstellungsortes vom Einsatzort für Holzprodukte aufzuzeigen, wurden ökologische Kennwerte für eine Variante berechnet. Das Ergebnis ist im Anschluss dargestellt.

- Herstellung/Verarbeitung
 - natürlich getrocknetes Holz, technische Trocknung durch umweltfreundliche Erzeugung mit Biomasseheizung, beheizt aus den im Sägewerk anfallenden Abfällen
 - geeignete Holzwahl
 - leichte Verarbeitbarkeit
 - konstruktive Verbindungsmittel, wie Holzschrauben, Nägel, Dübel, Klammern; falls erforderlich sehr emissionsarme Verklebungen oder Verleimungen (EC 1)
 - naturbelassene Holzwerkstoffe, falls Beschichtung erforderlich imprägniert oder behandelt mit sehr emissionsarmen, diffusionsoffenen und wasserverdünnbaren (Natur(harz))-Beschichtungen (Grundierungen, Öle, Wachse, Lasuren, Lacke – EC 1).

- Nutzung
 - sehr gute Feuchtepufferung bei unbehandeltem bzw. bei diffusionsoffen behandelten Oberflächen
 - vermeiden von ökologisch und gesundheitlich bedenklichen Emissionen durch Verzicht auf lösemittel- und schwermetallhaltige Farben und Lacke
 - sehr gute mechanische Eigenschaften

- Recycling/Beseitigung
 - Wartung/Lebensdauer: Weichholz bei freier Bewitterung ca. 40 Jahre und Hartholz 75 Jahre; bei witterungsgeschütztem Einbau (konstruktiver Holzschutz) auch wesentlich längere Zyklen möglich [PB 2004].
 - Trenn- und Wiederverwendbarkeit: Holz ohne Beschichtungen und Imprägnierungen bzw. mit Natur(harz)beschichtungen und -ölen

behandelt problemlos weiterverwendbar; Rückbau möglich, durch mechanischen Verbund.

- Stoffliche Verwertung: Recycling für Zellstoffe und Holzwerkstoffe, als Porosierungsmittel in der Ziegelindustrie; Kompostierung möglich.
- Entsorgung/Verbrennung: Holz besitzt einen hohen Heizwert, er ist abhängig von Feuchtegehalt und Holzart (bei trockenem Holz $18 \text{ MJ/kg}_{\text{atro}}$ – $20 \text{ MJ/kg}_{\text{atro}}$); Energie sollte genutzt werden; vermeiden von Emissionen durch Verwendung von Holz ohne Beschichtungen oder Imprägnierungen.

2.3.2 Aspekte zum ökologischen Holzbau

„Ökologischer Holzbau“ in Bezug auf konventionelle „Holzbaukonstruktionen“ und den Zielsetzungen ökologischer Holzbaustoffe zeichnet sich aus durch:

- Holz aus nachhaltig genutzten und heimischen/regionalen Wäldern
- natürlich getrocknetes Holz, technische Trocknung durch umweltfreundliche Erzeugung mit Biomasseheizung, beheizt aus den im Sägewerk anfallenden Abfällen
- naturbelassene Holzwerkstoffe
- konstruktiver Holzschutz für lange Lebensdauern und reduziertem Wartungsaufwand
- konstruktive Verbindungsmittel
- falls erforderlich sehr emissionsarme Verklebungen oder Verleimungen (EC 1, bevorzugt Kasein- und Weißleime) in geringen Mengen
- falls eine Beschichtung erforderlich, Hölzer imprägniert oder behandelt mit sehr emissionsarmen, diffusionsoffenen und wasserverdünnbaren (Natur(harz))-Beschichtungen (Grundierungen, Öle, Wachse, Lasuren, Lacke – EC 1).
- „holzgerechte Projektkoordination und –planung“ für die Verwendung regionalen Holzes: Vernetzung und Kooperation der Schnittstellen zwischen den Unternehmen in der Wertschöpfungskette, beginnend vom Forst über Säge, Zimmerei, Schreinerei, Architekt bis zum Bauherrn, sowie zeitgerechte Holzernte und Verarbeitung.

2.3.3 Transport und Öko-Kenndaten

Um den Einfluss der Entfernung des Herstellungsortes vom Einsatzort für Holzprodukte aufzuzeigen, sind ökologische Kennwerte für eine Variante der Bauteilkonstruktion „Außenwand“ dargestellt. Bei der Variante „Var0 Holz1000km“ wurden 1.000 km Transportweg angenommen im Vergleich zur Variante 0 (Var0), wo der Transport unberücksichtigt bleibt. Die Varianten 1 – 4 sind weiter hinten im Kapitel 3.4.2 diskutiert.

Gemeindezentrum Ludesch, Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PEI),
AW01 Variantenvergleich

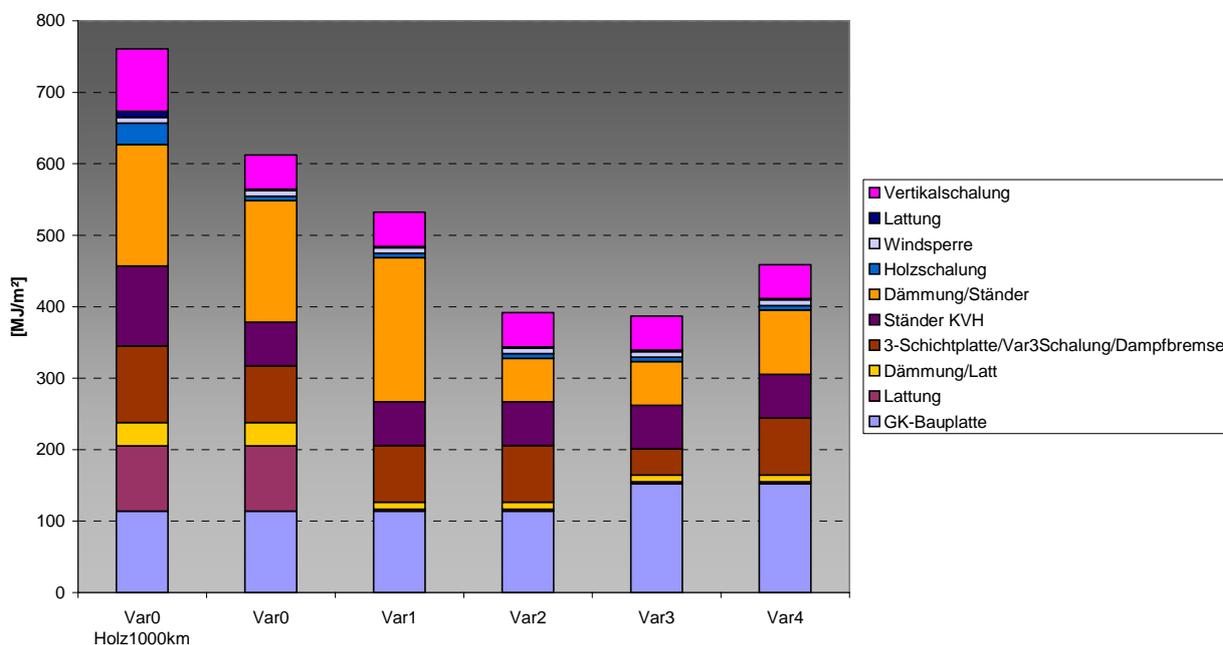


Abbildung 12: Einfluss Holztransport – PEI

Aus der Graphik lässt sich gut erkennen, dass das PEI-Einsparungspotenzial der Var0 Holz1000km in Bezug auf die Var0 mit rund 24 % in etwa in der gleichen Größenordnung liegt, wie die Var0 in Bezug auf die optimierten Var 1 – 4,.

Ein ähnliches Bild zeigt das GWP-Einsparungspotenzial (siehe Kapitel 3.4.2). Beim Versäuerungspotential sind die Einsparungen beim Holztransport im Vergleich mit optimierten Varianten sogar noch wesentlich höher (siehe detaillierte ökologische Bewertung im Anhang, Kapitel 8.1 Ökologische Optimierung - Vorbewertung).

Die größten Einsparungspotenziale werden durch Kombination der Verwendung von regionalen Hölzern und nachwachsenden/recyclierten Dämmstoffen erzielt.

Die Einsparungspotenziale bedingt durch den Holztransport werden bei konventionellen Holzbauweisen noch größer sein, da die Herkunft der ausländischen Hölzer meist noch aus weiter entfernten Regionen (z.B. Russland) stammen, als die betrachtete Var0 Holz1000km (Holzprodukte aus 1.000 km Entfernung). Folglich stellt der Holztransport eines der wesentlichsten Einsparungspotenziale dar.

2.4 Vorgeschichte des Projektes

2.4.1 Gemeindeentwicklungsprozess

Die Gemeinde Ludesch liegt im Vorarlberger Walgau und zählt ca. 3.000 Einwohner. In den letzten zwei Jahrzehnten hat sich das Wirtschaftswachstum und die Bevölkerungszahl nahezu verdoppelt.

2.4.2 Entstehungsgeschichte

Für die Ortskernentwicklung hat die Gemeinde bereits im Jahre 1995 durch die Universität Innsbruck eine Bevölkerungsbefragung zur Erhebung der Bedürfnisse der Einwohner durchführen lassen. Daraus entstand das Leitbild Ludesch, welches von der Gemeindevertretung 1996 beschlossen worden ist. Die Entwicklung des Leitbildes im Rahmen eines Bürgerbeteiligungsverfahrens kennzeichnet den Start für die neue Zentrumsbebauung.

1997 wurde das Leitbild für die Ortskernentwicklung ausgearbeitet und eine Machbarkeitsstudie für das neue Gemeindezentrum in Auftrag gegeben.

Bereits 1994 ist die Gemeinde Ludesch dem Klimabündnis beigetreten, 1998 erfolgte der Beitritt zum „e5-Programm für energieeffiziente Gemeinden“, das im Wesentlichen folgende Ziele verfolgt:

- Nachhaltig wirtschaften
- Nutzung erneuerbarer Energieträger
- PVC-Verzicht, Verzicht auf Einsatz gefährlicher Stoffe
- Rad- und Gehwegnetz forcieren
- udgl.

2.4.3 Erstellung des Bedarfskonzeptes

Weiterhin wurde 1998 die Arbeitsgruppe „Gemeindezentrum“ gebildet und zur Erhebung der Anforderung an das neue Gemeindezentrum der Universität Innsbruck den Auftrag zur Bürgerbefragung und Analyse erteilt. Im Bürgerbeteiligungsverfahren wurden die Bedürfnisse der einzelnen Vereine formuliert, das Raumprogramm für das Gemeindeamt erarbeitet und die Qualitäten des Gebäudes festgelegt. Das Bedarfskonzept ist über einen Zeitraum von 1 ½ Jahren und 12 Arbeitssitzungen ausgearbeitet worden.

1999 erfolgte der Grundsatzbeschluss der Gemeindevertretung zum Bau eines neuen Gemeindezentrums.

Anfang 2000 wurde das Architekturbüro DI Hermann Kaufmann beauftragt das Projekt gemeinsam mit der Arbeitsgruppe zu entwickeln und infolge auch umzusetzen.

Dabei wurden folgende Kriterien für das neue Gemeindezentrum festgelegt:

- Unterbringung versch. Nutzungen wie Gemeindeamt, Café, MZR, Bücherei, Spielgruppe, Geschäfte, Büros und Vereinsräumlichkeiten
- Heimische Wertschöpfung
- PVC-Verzicht
- Holzbau
- Passivhaus

2.4.4 Projektziele der Gemeinde

Mit der Errichtung des neuen Gemeindezentrums sollte ein Verwaltungs- und Kommunikationszentrum der Gemeinde entstehen, das als multifunktionales Gebäude mit überdachtem Vorplatz als öffentlicher Kommunikations- und Veranstaltungsraum unter Beachtung der Aspekte der Sozial- und Raumverträglichkeit, der Nachhaltigkeit im Sinne des sparsamen Umganges mit beschränkten Ressourcen wie Boden und Energie sowie des sinnvollen Einsatzes von ökologischen und „gesunden“ Baumaterialien. Das Vorhaben ist trotz ökologisch motivierten Investitionen im üblichen Kostenrahmen umzusetzen.

- Teilziel Ökologie
 - Ökologischer Holzbau
 - Holz aus heimischer Weißtanne (Bezug des Holzes von der örtlichen Agrargemeinschaft)
 - Passivhaus
 - Biomasse-Nahwärme
 - Multifunktionale Fotovoltaikanlage zur Überdachung des Dorfplatzes
 - Bodenverbrauch: Minimierung der versiegelten Fläche
- Teilziel Ökonomie
 - Minimierung der Betriebskosten durch energiesparende Bauweise (Passivhaus), bei vernachlässigbaren Mehrkosten bei der Errichtung – daher günstige Gesamtkosten über die Lebensdauer des Gebäudes
 - Wirtschaftliches Leben im Dorfzentrum
 - Regionale Wertschöpfung durch möglichste Verwendung heimischer Materialien
 - Pilot- und Vorzeigeprojekt – Bekanntheit des Standortes Ludesch
- Teilziel Soziales
 - Errichtung von Räumlichkeiten für Ortsvereine
 - Neuer Treffpunkt im Dorfzentrum, gut erreichbar und vielseitig nutzbar
 - Nahversorgung- Geschäfte und Dienstleistungsunternehmen im Ortszentrum
 - Hohe Lebens- und Arbeitsqualität durch gesundes Raumklima und Luft/Licht Qualität
 - Öffentliche Bibliothek
 - Kinderbetreuungseinrichtung (Kinderspielgruppe)
 - Schaffung von Veranstaltungsräumlichkeiten- Belebung von kulturellen Aktivitäten

3 Projektumsetzung

3.1 Architektur

3.1.1 Städtebauliches Konzept

Die Ausgangslage ist eine sehr heterogen strukturierte Gemeinde mit fehlendem verdichtetem Zentrum und gewachsenen Dorfplatz. Kirche, Saal, Schule, Feuerwehr und Gemeindeamt stehen in weitem Abstand und somit in loser Beziehung zueinander und bilden keinen geschlossenen Ortskern. Ebenso fehlt auch ausreichend Infrastruktur in Form von Geschäften oder sonstiger zentraler Einrichtungen für ein funktionierendes Zentrum.

Nach eingehenden Untersuchungen und Bewertungen der Bausubstanz des alten Gemeindeamtes wurde klar, dass es auf Grund seiner Situierung am Grundstück, der Qualität seiner Baustruktur und des fehlenden räumlichen Potenziales keine vernünftige Grundlage für eine Adaption an die heutigen Anforderungen bietet. So wurde die Entscheidung getroffen, das alte Gebäude zu entfernen und durch einen Neubau an derselben Stelle zu ersetzen. Das eröffnete auch die Chance einer Neuinterpretation der ortsräumlichen Situation, zumal durch kluge Grundankäufe das Potenzial am Ort gesteigert wurde.



Abbildung 13: Ausgangslage

Da viele Dorfstrukturen unter der verstärkten Individualisierung ihrer Bewohner leiden, sind Aktivitäten und Maßnahmen, die den Bürgern die Möglichkeit bieten, zwanglos am Dorfgeschehen teilzunehmen, ein zentrales Thema für jeden Gemeindeverantwortlichen geworden. Alle Maßnahmen, die die Zentren stärken, sind gerade heute entscheidende Bausteine einer nachhaltigen Dorfentwicklung. Die zentrale Aufgabe des Entwurfes war also, eine echte Mitte für die Gemeinde zu entwickeln. Das Gebäude sollte einerseits Öffentlichkeit zum Ausdruck bringen, sich dennoch in die gewachsene sehr kleinteilige Ortsstruktur einfügen. Zudem gab es die Forderung der Bürger nach einem Ort der Identität und der Kommunikation, also nach einem eigenen Dorfplatz belebt mit öffentlichen Funktionen und der Möglichkeit einer vielfältigen Nutzung. Die Herausforderung bestand also darin, mit einem Gebäude alle diese Forderungen zu bedienen.

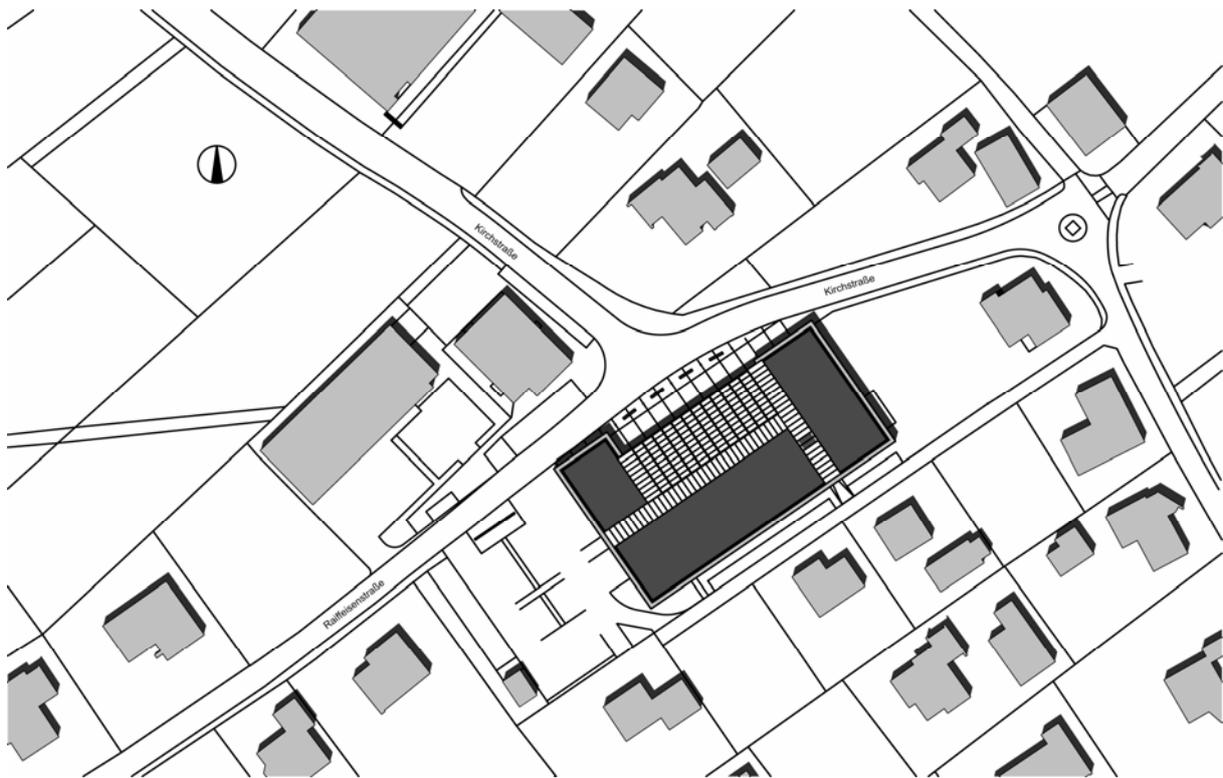


Abbildung 14: Lageplan

So bildet der zweigeschossige Neubau durch seine Geometrie, eine dreiseitig räumlich geschlossene Klammer, die sich zu der westlichen Dorfstraße öffnet und dieser somit einen Abschluss und Zielpunkt bedeutet. Es entsteht ein klar gefasster Außenraum, belebt durch die angelagerten Funktionen wie Geschäfte, Post, Cafe, Gemeindeamt, kleiner Saal, Vereinsräumlichkeiten, Spielgruppe und Büros. Das Glasdach verstärkt die räumliche Fassung und steigert die Bedeutung als öffentlichen Ort und verspricht eine Intensivierung der Nutzungsmöglichkeiten. Somit hat auch Ludesch einen wirklichen Dorfplatz, einen eindeutig lesbarer Ort, ein multifunktionelles Haus im Dienst der Gemeinde, ein dörfliches Zentrum mit einem vielfältig nutzbaren Platz als kommunikativen Mitte und Treffpunkt für die Gemeinde.

3.1.2 Gebäudeentwurf

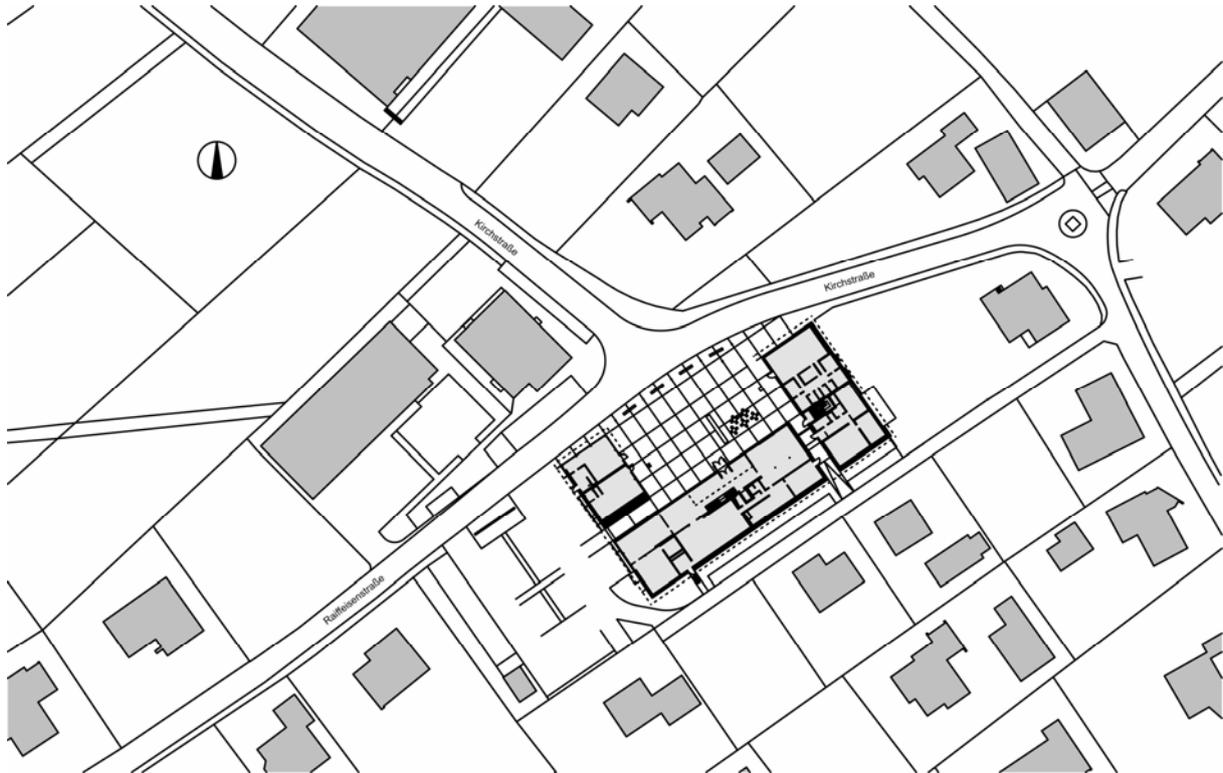


Abbildung 15: Lageplan- Erdgeschoss



Abbildung 16: Gesamtansicht

Das neue Gemeindezentrum besteht aus drei zweigeschossigen Einzelbaukörpern, welche dreiseitig einen Außenraum umfassen. Diese stehen frei und bilden schmale gassenartige Zugangssituationen welche den Eintritt auf den Dorfplatz räumlich inszenieren. Jedem dieser Baukörper sind eigene Funktionen zugeordnet. Sie sind auch eigenständig organisiert, nur der östliche und nördliche Teil sind mit einer Brücke im Obergeschoss verbunden.

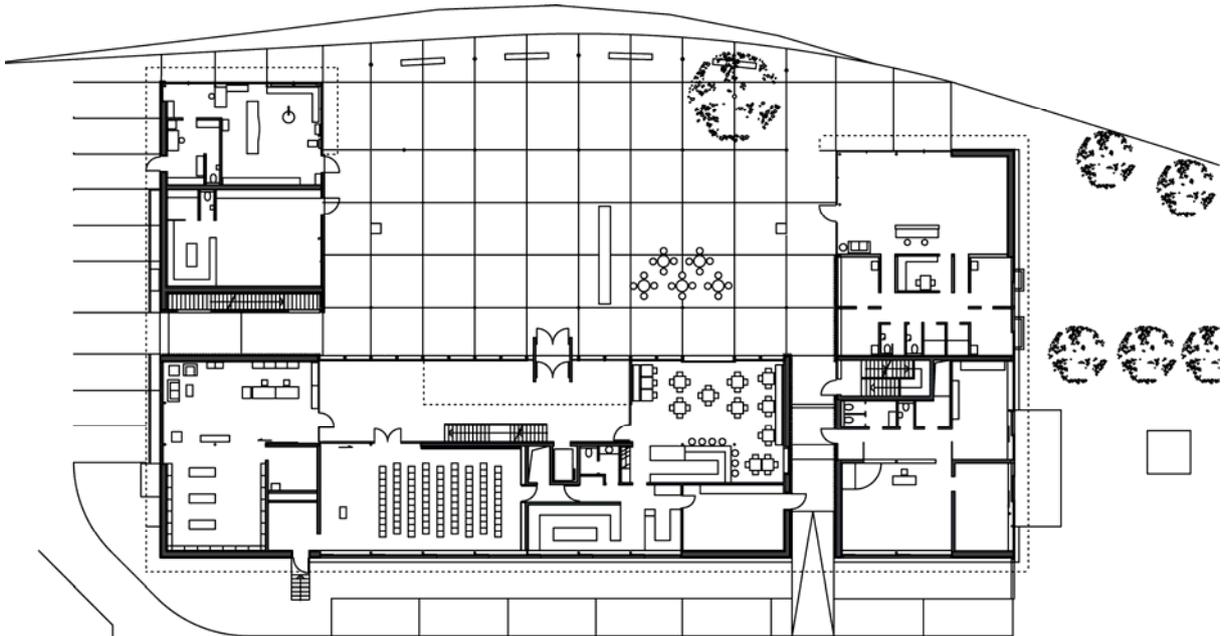


Abbildung 17: Erdgeschoss

Im Erdgeschoss sind im südseitigen Baukörper die Poststelle sowie ein Woll- und Bastelgeschäft untergebracht. Im ostseitigen lang gestreckten Bauteil gelangt man über ein großzügig gestaltetes Foyer in das Dorfcave, den großen Mehrzwecksaal (100 Personen) sowie die Bücherei. Um diese Räumlichkeiten möglichst flexibel nutzen zu können, besteht die Möglichkeit sowohl den Mehrzwecksaal als auch die Bücherei gegenüber dem Foyerbereich mittels mobilen Trennwänden zu öffnen. Der nordseitig gelegene Bauteil wird im Erdgeschoss von der Spielgruppe und einer Physiotherapie belegt.

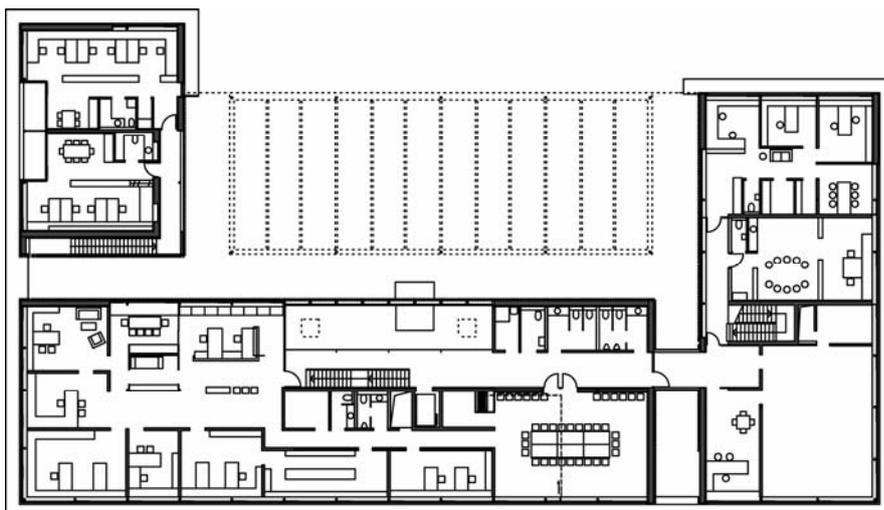


Abbildung 18: Obergeschoss

Im Obergeschoss befinden sich im südseitigen Baukörper Büroflächen, im ostseitigen Bauteil sind das neue Gemeindeamt mit den erforderlichen

Sonderräumen wie Sitzungs- und Seminarraum sowie den dazugehörigen Nebenräumen (WC-Anlagen, Archiv, EDV-Raum) untergebracht. Weiterhin sind im Obergeschoss zwei Büros und ein Kursraum für 40 Personen mit angeschlossenen Büroraum und Lagerbereich untergebracht, welcher für verschiedenste Nutzungen der Allgemeinheit wie z.B. für Seminare und Vorträge, Mutter-Kind-Turnen, Musikschulunterricht udgl. zur Verfügung steht. Aufgrund einer internen verglasten Verbindungsbrücke stehen diese Räumlichkeiten auch der gemeindeinternen Nutzung zur Verfügung.

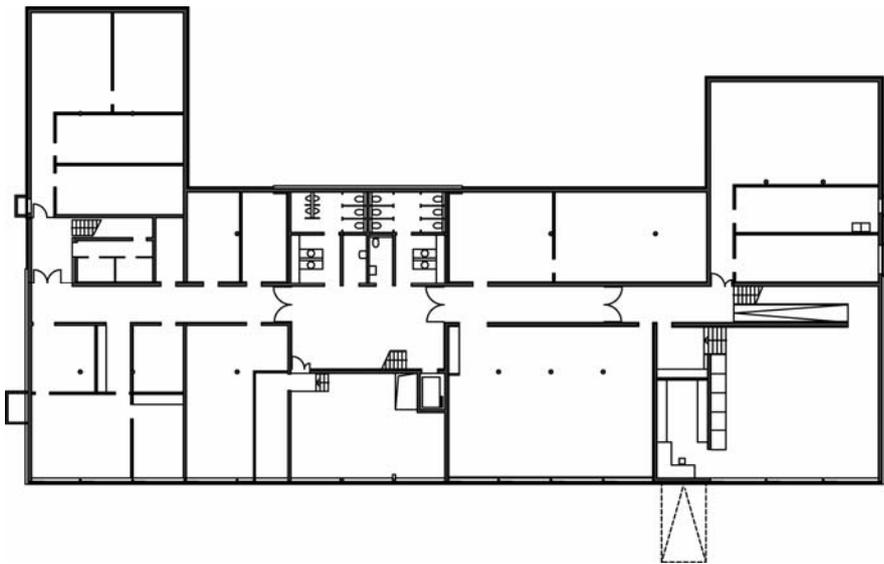


Abbildung 19: Untergeschoss

Alle drei Baukörper sind über das Untergeschoss miteinander verbunden in welchem sich die die WC-Anlagen für die öffentlich genutzten Bereiche (Cafe, Mehrzwecksaal und Bücherei) befinden. Weiters sind hier sämtliche Vereinsräumlichkeiten wie Musik-Probeklokal, Chorproberaum, Bastelraum des Krippenbauvereines sowie weitere Lagerräumlichkeiten für Vereine, Gemeinde und Mieter untergebracht. Die Geländesituation erlaubte es auch, dass die Vereinsräume trotz der Lage im Keller ausreichend Tageslicht über Oberlichtbänder erhalten

3.1.3 Konstruktion und Materialisierung

Ludesch als im Umweltschutz sehr engagierte „e5-Gemeinde“ setzt sich seit langem mit der Forcierung der „kleinen Kreisläufe“ auseinander und entwickelt in der Folge hohe Erwartungen in die Umsetzung eines ökologisch mustergültigen Baues. Bereits bei den ersten Gesprächen innerhalb des Bürgerbeteiligungsverfahrens war dies eine zentrale Forderung. Somit war geradezu eine Idealsituation geschaffen für die Verwirklichung eines im Sinne ganzheitlichen Denkens vorbildlichen Projektes als Lehrbeispiel für engagiertes ökologischen Bauens auf Gemeindeebene mit hohem Vorbildcharakter.



Abbildung 20: Überdachter Vorplatz

Vorarlberg ist ein Land mit Holzbautradition und weist eine hohe Dichte an historischen sowie modernen Holzbauten. In der fast vierzigjährigen Geschichte des modernen Holzbaues in Vorarlberg hat sich einerseits ein großes Fachwissen und handwerkliches Qualitätsniveau entwickelt, andererseits beweisen zahlreiche bereits gebaute öffentliche Gebäude die Eignung des heimischen Baustoffes als Konstruktions- als auch als Ausbaumaterial. Da Ludesch zudem eigenen Wald besitzt war es nahe liegend, dieses Potenzial auch zu nutzen. Skepsis bestand lediglich in der Frage der Klimatauglichkeit im Sommer und erst nach dem Hearing der Energie und Haustechnik-Planer entschied sich die Gemeinde für den Holzbau zumal von diesem ein komfortables Gebäude garantiert wurde. Weiterhin wurde auch zu diesem Zeitpunkt beschlossen, das Gebäude in Passivhaus-Standard zu errichten.



Abbildung 21: Ansicht Nordost

Aus langjähriger Erfahrung mit der Alterungsproblematik von naturbelassenen Holzbauten gibt es zwei sinnvolle Entwurfsstrategien. Entweder das Gebäude hat die Möglichkeit, gleichmäßig und konsequent zu verwittern oder es wird umfassend durch konstruktive Maßnahmen geschützt. Beim ersteren Ansatz sind besonders die maßhaltigen Bauteile wie Fenster und Türen die Schwachstellen dieser Strategie und meist muss für diese Bauteile ein gesonderter Schutz in Form von Anstrichen oder Metallabdeckungen ausgeführt werden, was sich in der Ökobilanz negativ auswirkt. Ebenso verwässert dies ein konsequentes Materialkonzept, zumal gerade bei dieser Art von Bauten der Fensteranteil sehr hoch ist und somit auf die Tektonik des Gebäudes entscheidenden Einfluss hat. Aus diesem Grund wurde ein konsequenter konstruktiver und baulicher Holzschutz ausgeführt mit besonderem Augenmerk auf den Schutz der maßhaltigen Bauteile. Diese Entscheidung war auch ein maßgeblicher Gestaltungsfaktor der den Ausdruck des Gebäudes stark beeinflusst. So schützen Vordächer in der Deckenebene jeweils die darunter liegenden Fenster und Fassaden und verhindern konsequent die Verwitterung ebenso bietet die Hofüberdachung Schutz den Fassaden des Hofes. Durch diese Maßnahmen wird die Veränderung und Patinierung der Fassaden stark beeinflusst, es ist zu erwarten, dass die Holzoberflächen nicht grau werden, sondern eine gelbrötliche bis naturbraune Farbe annehmen werden, je nach Intensität der Sonnenbestrahlung.



Abbildung 22: Gemeindeamt



Abbildung 23: Foyer



Abbildung 24: Seminarraum

Bei Bauten mit vielen Funktionen ist es oft sehr schwierig, eine durchgängige Materialsprache zu finden. Ziel beim Gemeindezentrum war es, die Anzahl der gestaltprägenden Baustoffe zu minimieren. Holz bot hier die Chance, durch seine universelle Anwendungsmöglichkeit dies auch überzeugend zu erreichen. So sind Außenhaut als auch die Innenwände mit sägerauen, senkrechten, astarmen Weißtannenbrettern belegt, Decken und ebenso die Möbel sind aus demselben Material, jedoch in gebürsteter Ausführung. Dieses Spiel mit Oberflächen und Bearbeitungsvarianten erzeugt Lebendigkeit ohne die Materialruhe zu stören. Als Kontrast zur hellen Weißtanne wurde ein dunkler Eichenboden verlegt und bestimmte Elemente wie Geländer oder Innenwandteile oder Möbelemente sind dunkelgrau. Dieser Kontrast wurde auch bei der Hofüberdachung thematisiert, die in Stahl ausgeführt wurde.

3.1.4 Transluzente Photovoltaikanlage

Die „kommunikative Mitte“ des neuen Gemeindezentrum Ludesch bildet der mit 350 m² transluzenten Photovoltaik-Modulen überdachte Dorfplatz.

Seitens der Gemeinde bestand von Planungsbeginn an der ausdrückliche Wunsch, den neuen Dorfplatz zu überdachen, um diesen möglichst flexibel nutzen zu können.

Die Ausführung der Überdachung war daher architektonisch eine besondere Herausforderung. Die erste Überlegung für die Überdachung des Platzes war die Ausführung eines flach geneigten Glasdaches und in weiterer Folge eines Membrandaches, welches je nach Anforderung geöffnet oder geschlossen werden kann. Diese Überlegungen stellten sich im Zuge der gewünschten Nutzung vor allem in Bezug auf Helligkeit (Schneebedeckung in den Wintermonaten) sowie Beschattung bei Sonneneinstrahlung als problematisch dar.

Aus mehreren Diskussionen und den vorangegangenen Überlegungen entstand schließlich die Idee, die Überdachung des Platzes mit einer transluzenten Photovoltaik-Anlage auszuführen. Aufgrund der Ausführung der Überdachung mit den perforierten Zellen werden sowohl der gewünschte Witterungsschutz sowie der Sonnenschutz gewährleistet.

Neben der Funktion des Regen- und Sonnenschutzes wird die Anlage pro Jahr ca. 16.000 kWh an elektrischer Energie in das öffentliche Netz einspeisen, das entspricht einem Strombedarf von 5-6 Haushalten.

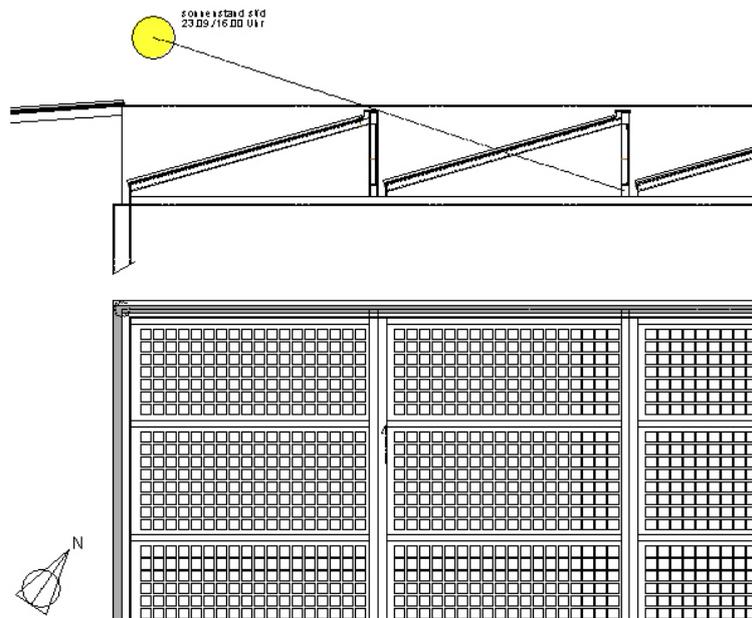


Abbildung 25: Schnitte transluzente PV-Anlage

Die Überdachung besteht aus 120 Photovoltaik-Hochleistungsmodulen, welche in 12 Bahnen sheetartig nach Südwesten ausgerichtet sind.

Um einen möglichst großen Jahresertrag zu erzielen, wurde jedes Modul in drei Felder unterteilt, wobei das unterste Feld mit Dummyzellen bestückt ist und das mittlere sowie obere Feld jeweils in Serie zusammengeschaltet wurden.

3.1.4.1 Beschreibung der PV-Laminare

Die Photovoltaikmodule beim Gemeindezentrum Ludesch stellen hohe Anforderungen an die Materialauswahl, die Zellenverschaltung und die Befestigung. Grund dafür ist die exponierte Lage in einem schneereichen Gebiet sowie die Montage auf einem Sheetchdach.

Aus diesem Grund wurden die Gläser, die fast 2,5 m² pro Stück groß sind, von einem Glasstatiker berechnet und auf die ortsüblichen Schneelasten ausgelegt. Für die Aussenscheiben wurden spezielle, hochtransparente Gläser verwendet die über 90% Lichttransmission aufweisen.

Daraus wurde ein Verbund, bestehend aus einem 6mm ESG-Weissglas sowie einer 8mm ESG-Floatglasscheibe ausgewählt. Für die Lamination wurde eine spezielle Folie herangezogen wie sie auch im Verbundsicherheitsglas zum Einsatz kommt. Die PVB-Folie (Poly-Vinyl-Butyral) weist eine hohe Resttragfähigkeit auf und ist im laminierten Zustand vollkommen transparent.

Um eine hohe Haftkraft der Folie sicherzustellen werden die Scheiben samt PV-Zellen in einem Autoklav, unter Temperatureinwirkung und hohem Druck zusammengepresst.

Diese Eigenschaften sind notwendig, um Gläser in Horizontalverglasungen (Überkopfverglasungen) nach Ö-Norm B 3716 Teil 2 einsetzen zu dürfen.

Auf Grund der großen Fläche der Einzelscheiben und den Dicken der Gläser beträgt das Gewicht ca. 93 kg pro Modul.

Die Montage auf dem sägezahnartigen Sheetdach stellt eine große Herausforderung an das Moduldesign. In Absprache mit dem Bauherrn einigte man sich auf eine Lösung, die 3 unterschiedliche Zellfelder in einem Modul beinhaltet.

So besteht der untere Teil (4 Zellreihen) des Moduls aus elektrisch ineffizienten Zellen die im Kurzschluss verschalten sind. Diese Fläche wird auch in den Sommermonaten von den davor montierten Modulen beschattet. Die elektrische Integration dieser Fläche in das restliche Zellnetz würde zu permanenter Beschattung und somit zu extremen Leistungsverlust führen.

Die zweite Teilfläche besteht ebenfalls aus 4 Zellreihen, die in Reihe verschalten wurden; diese Fläche wird nur im Winter beschattet und leistet in der restlichen Zeit wertvolle Erträge für die Gesamtleistung der Anlage. Dieses Feld wird mit dickeren Zellverbindern separat an die obere Glaskante geführt und eigens mit Freilaufdioden versehen.

Die effizienteste Teilfläche in diesem Modul ist an der Glasoberkante angeordnet und besteht aus 7 Zellreihen. Sie liefert sicherlich den größten Teil der Energie, da es während des gesamten Jahres kaum zu Beschattungsverlusten kommt; in diesem Zellennetz wurden auch die effizientesten Zellen verbaut.

Bei den Zellen handelt es sich um monokristalline, vollquadratische Zellen der Firma Sunways, die eine Abmessung von 125 x 125mm und eine Leistung von ca. 2,1 Wp/Stk. aufweisen. Aus den Zellen wurden 64 Öffnungen mit einer Kantenlänge von 5x5mm ausgelasert, um eine höhere Transparenz der Module zu erwirken. Der darunter liegende Vorplatz wird somit perfekt beschattet ohne ihn zu verdunkeln. Auch der Schattenwurf ist wesentlich homogener und das optische Gesamterscheinungsbild der Überdachung scheint perfekt.

Um einen möglichst hohen Ertrag der gesamten Anlage zu erreichen werden die einzelnen Teilflächen jedes Moduls miteinander verschalten, also alle oberen Felder jedes Moduls und alle mittleren Felder jedes Moduls; diese werden mit speziellen Kabeln an separate Fronius Wechselrichter angeschlossen. Die Steckverbindungen wurden verpolungssicher ausgeführt und jedes Modul besitzt 4 solcher Anschlüsse, die mit Freilaufdioden versehen sind.

Der Ertrag dieser Anlage wurde somit optimiert und liegt voraussichtlich bei ca. 900 kWh/kWp; die Leistung der Gesamtanlage wird ca. 17,5 kWp betragen (Modulspitzenleistung).

Um den 300 m² großen Vorplatz überdachen zu können, waren 120 Stk. dieser Lamine notwendig, die in ca. 2-monatiger Bauzeit angefertigt wurden.

Die Elemente stellen den Letztstand der Technik dar und werden über die nächsten 20 Jahre ca. 350.000 kWh elektrische Energie produzieren.

Große Probleme gab es bei der Beschaffung der transluzenten Photozellen. Von der Firma Sunways wurden diese neuen Zellen erstmals im Juni 2005 auf der Messe in Freiburg vorgestellt. Damals wurde der Bauherrschaft zugesichert, dass im August 2005 mit der Produktion begonnen werde und der Montagetermin Ende September 2005 realisierbar sei. Dieser Montagetermin wurde später von der Zulieferfirma (Fa. Mathis SOLATECH) auf Ende November bzw. Dezember 2005 korrigiert.

Nach mehrfachen Urgenzen seitens des Architekturbüros sowie auch der Bauherrschaft war es dem beauftragten Unternehmen nicht möglich, vom Zellenlieferanten einen fixen Termin für die Lieferung der Zellen zu erhalten.

Die erste Zellenlieferung (zur Laminierung) erfolgte schließlich Ende Jänner 2006. Die Montage der Photovoltaik-Module konnte somit erst im April/Mai 2006 durchgeführt werden.



Abbildung 26: Transluzente PV-Anlage in Ludesch

3.1.4.2 Simulationsergebnisse

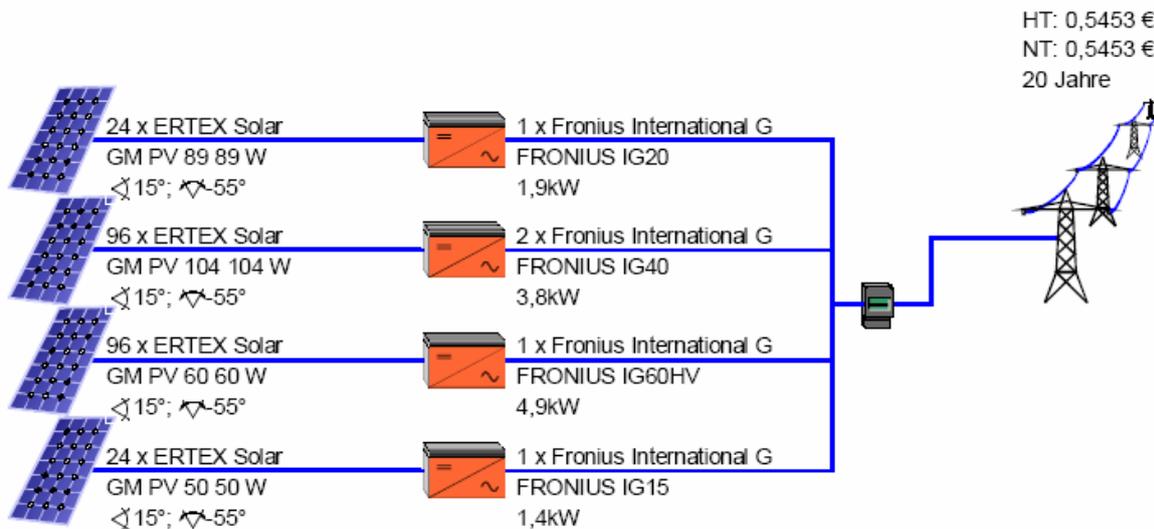
mathis SOLATECH GmbH
Rasis-Bündt 35 A-6890 Lustenau

PV*SOL 2.5 (Release 5)

PV-Anlage Dorfplatzüberdachung Ludesch

Variantenbez.: Sched-Dachkonstruktion transluznet

Datum: 22.05.2006



Standort: Ludesch
Wetterdatensatz: Bludenz
PV-Leistung: 19,00 kWp
PV-Brutto-/Bezugsfläche: 208,51 m² / 204,25 m²

PV-Generator Einstrahlung: 222.514 kWh
PV-Gen. erzeugte Energie (wechselstromseitig): 15.165 kWh
Netzeinspeisung: 15.165 kWh

Systemnutzungsgrad: 6,8 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad): 72,9 %
spez. Jahresertrag: 794,5 kWh/kWp
Vermiedene CO₂-Emissionen: 13.366 kg/a

Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge der Photovoltaikanlage können aufgrund von Schwankungen des Wetters, der Wirkungsgrade von Modulen und Wechselrichter und anderer Faktoren abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt nicht die fachtechnische Planung der Photovoltaikanlage.

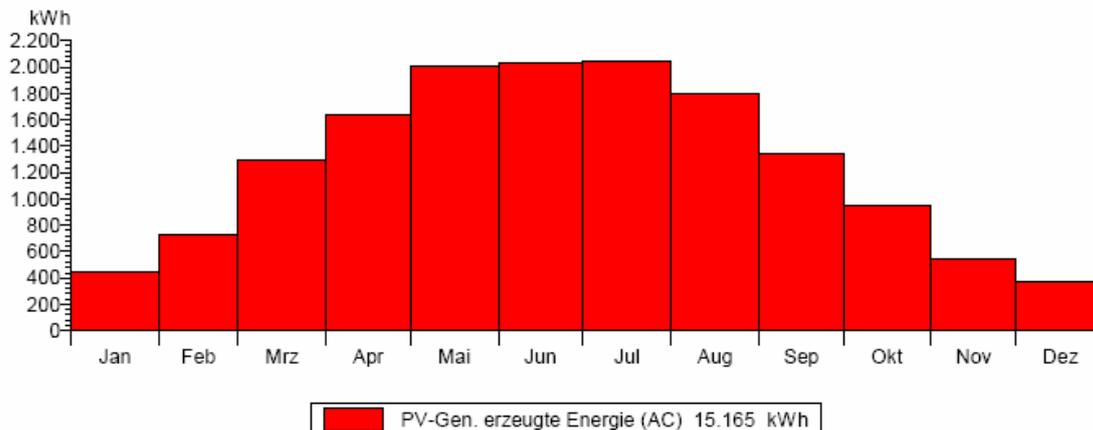
Simulationsergebnisse für das Gesamtsystem			
Einstrahlung auf Horizontale:	219.111 kWh	Eigenverbrauch:	73,6 kWh
PV-Gen. Einstrahlung:	222.514 kWh	PV-Gen. erzeugte Energie:	16.350 kWh
Einstrahlung abzl. Reflexion:	210.220 kWh	Systemnutzungsgrad:	6,8 %
Einstr. ohne Verschattung:	228.311 kWh	Performance Ratio:	72,9 %
PV-Gen. erzeugte Energie (AC):	15.165 kWh	Final Yield:	2,2 h/d
Verbrauch Bedarf:	0 kWh	spez. Jahresertrag:	794 kWh/kWp
Netz Bezug:	72 kWh		

Ergebnisse für TG: A - Hauptfeld Modul 2			
Einstrahlung auf Horizontale:	114.838 kWh	Systemnutzungsgrad:	6,8 %
Teilgenerator Einstrahlung:	119.654 kWh	Performance Ratio:	73,1 %
erzeugte Energie (AC):	8.166 kWh	spez. Jahresertrag:	817 kWh/kWp
Eigenverbrauch:	37 kWh	Generator Nutzungsgrad:	7,3 %
erzeugte Energie:	8.746 kWh	WR Nutzungsgrad:	92,9 %

Ergebnisse für TG: A - Hauptfeld Modul 1			
Einstrahlung auf Horizontale:	65.609 kWh	Systemnutzungsgrad:	6,9 %
Teilgenerator Einstrahlung:	68.360 kWh	Performance Ratio:	74,0 %
erzeugte Energie (AC):	4.724 kWh	spez. Jahresertrag:	828 kWh/kWp
Eigenverbrauch:	17 kWh	Generator Nutzungsgrad:	7,4 %
erzeugte Energie:	5.064 kWh	WR Nutzungsgrad:	93,0 %

Ergebnisse für TG: B - Nebefeld Modul 2			
Einstrahlung auf Horizontale:	24.609 kWh	Systemnutzungsgrad:	6,6 %
Teilgenerator Einstrahlung:	21.875 kWh	Performance Ratio:	71,0 %
Einstr. ohne Verschattung:	25.647 kWh	spez. Jahresertrag:	677 kWh/kWp
erzeugte Energie (AC):	1.454 kWh	Generator Nutzungsgrad:	7,3 %
Eigenverbrauch:	10 kWh	WR Nutzungsgrad:	89,9 %
erzeugte Energie:	1.606 kWh		

Ergebnisse für TG: B - Nebefeld Modul 1			
Einstrahlung auf Horizontale:	14.064 kWh	Systemnutzungsgrad:	6,4 %
Teilgenerator Einstrahlung:	12.625 kWh	Performance Ratio:	69,1 %
Einstr. ohne Verschattung:	14.650 kWh	spez. Jahresertrag:	666 kWh/kWp
erzeugte Energie (AC):	821 kWh	Generator Nutzungsgrad:	7,4 %
Eigenverbrauch:	10 kWh	WR Nutzungsgrad:	86,8 %
erzeugte Energie:	935 kWh		



3.1.5 Baudaten / Energiekennziffern

Umbauter Raum (6.000m ² im Untergeschoss und 8.500m ³ oberirdisch)	14.500	m ³
Netto Nutzfläche	3.135	m ²
Beheizbare Bruttogeschossfläche	3.052	m ²
Bebaute Fläche	1.461	m ²
Grundstücksfläche	4.745	m ²
Versiegelte Fläche	1.053	m ²
Heizwärmebedarf	13,8	kWh/m ² aBGF
Kühllast	<10 (80%)/<20 (20%)	W/m ²
Primärenergiebedarf	<120	kWh/m ² a
Energieträger f. HW/WW	Biomasse/solar/Grundwasser	
Sonnenschutz Hof (transluzente PV-Anlage)	16.000	kWh/a
Primärenergie „verbaute Energie“	<12	kWh/m ²
Treibhauspotenzial	Ein Drittel im Vergleich zu Standard	

Abbildung 27: Übersicht über die wichtigsten Bau- und Energiedaten

3.2 Haustechnik

3.2.1 Energieerzeugung

Im Zuge der Projektierung wurden mehrere Varianten und Kombinationen der Energieerzeugung für die notwendige Heiz- und Kühlenergie nach wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten geprüft.

Für das Auswahlverfahren waren mehrere Kriterien maßgebend:

- Einsatz nachwachsender Rohstoffe
- Schonung der natürlichen Primärenergieträger
- Einsatz ökologisch unbedenklicher Werkstoffe und Betriebsmittel
- Herstellkosten
- Instandhaltungskosten
- Betriebskosten
- Betriebssicherheit
- Reduktion von grauer Energie bei der Realisierung

Auf Basis der durchgeführten Energiebedarfssimulationen und Bestimmungen der Energiekennwerte der Gebäudehülle, wurden folgende Systeme im Detail untersucht:

3.2.1.1 Biomasse-Nahwärmeversorgung und Lufterdregister

Zum Zeitpunkt der Projektierung des Gemeindezentrums war zwar die Ausführung einer zentralen Biomasse-Nahwärmeversorgung für die Gemeinde im Gespräch, jedoch war keine sichere Zusage seitens der eventuellen Betreibergesellschaft zum notwendigen Zeitpunkt möglich.

Aus ökologischer Sicht wurde diese Art der Heizenergiebereitstellung bevorzugt und wurde somit als Hauptvariante definiert.

Für die Aufbereitung der Frischluft und der damit verbundenen Reduktion des Heizenergiebedarfs für die Frischluftherwärmung sowie für die erforderliche Abdeckung des Kühlenergiebedarfs in den Sommermonaten wurde die Ausführung eines Lufterdregisters mit unterschiedlichen Gleichzeitigkeitsanforderungen der Luftmengenbereitstellung untersucht. Dabei ergab sich eine mittlere aufzubereitende Frischluftmenge von ca. 12.000m³/h, die sich aus den Nutzungszeiten der jeweiligen Gebäudebereiche (Zonen) errechnet.

Nach Ausarbeitung möglicher Lagen und Positionen eines Lufterdregisters und Überprüfung der dadurch verursachten Herstellungskosten sowie unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte, die sehr wesentlich durch die Bauarbeiten geprägt sind (Bagger, LKW's), wurde dieses Konzept der Frischluftvorwärmung ausgeschrieben.

3.2.1.2 Biomasse-Nahwärmeversorgung und Absorptionskälteanlage

Um die Wirtschaftlichkeit und Effizienz einer ganzjährigen Biomassefeuerung zu erhöhen, wurden mehrere Varianten (Abnahmemengen) für den Betrieb einer Kälteabsorptionsmaschine unter oben genannten Gesichtspunkten geprüft.

Resultat war, dass zwar ein regionaler Nutzen durch die Abnahme von Wärme auch in den Sommermonaten erreicht wird, die Anlageninstandhaltung aber überdurchschnittlich hoch wäre. Weiters sind Kälteabsorptionsanlagen mit einem Leistungswert von ca. 30-60 kW noch nicht als Standardprodukt zu einem wirtschaftlich vertretbaren Preis erhältlich. Somit hätten hohe Investitionskosten und Wartungskosten in Kauf genommen werden müssen. Darüber hinaus sind die eingesetzten Kältemittel solcher Anlagen aus ökologischer Sicht nicht empfehlenswert.

3.2.1.3 Wärmepumpenanlage und Grundwasserbrunnen

Aufgrund der Unsicherheiten hinsichtlich einer tatsächlichen Ausführung eines Biomasse-Nahwärmeheizwerkes wurde auch ein biomasse-autarkes Konzept geprüft:

Dabei sollte ein Grundwasserbrunnen, welcher für den Kühlbetrieb bereits bei dem zuvor genannten Konzept angedacht war, gleichzeitig auch zur Primärenergieversorgung für eine Wärmepumpenanlage für den Heizbetrieb genutzt werden.

Auch der Reduktion der Gesamteffizienz durch jahreszeitenabhängig „nicht genutzte“ Anlagen wird durch Doppelnutzung entgegengewirkt, da eine Investition für den Grundwasserbrunnen den Heiz- und Kühlbetrieb sicherstellt.

Lediglich der notwendige Strombedarf einer Wärmepumpenanlage im Heizbetrieb standen dieser Konzeptumsetzung gegenüber.

3.2.1.4 Realisiertes Energieversorgungskonzept

Durch die unterschiedlichen Anforderungen wurde die Ausführung eines Grundwasserbrunnens für die passive Kühlung als fixer Bestandteil des Energiekonzeptes definiert. Zur Abdeckung des benötigten Heizenergiebedarfs

konnte trotz der damals noch ungesicherten Ausführung der Biomasse-Nahwärmeversorgung ein Anschluss an diese vorgesehen werden, der inzwischen aber auch das Biomasse-Nahwärmeversorgungsprojekt vorangetrieben wurde, was sich für die endgültige Konzeptfindung positiv bemerkbar machte. Es konnte zwar noch immer keine definitive Bestätigung zur Realisierung einer Biomasse-Nahwärmeversorgung zugesagt werden, jedoch lies sich eine Realisierung abschätzen.

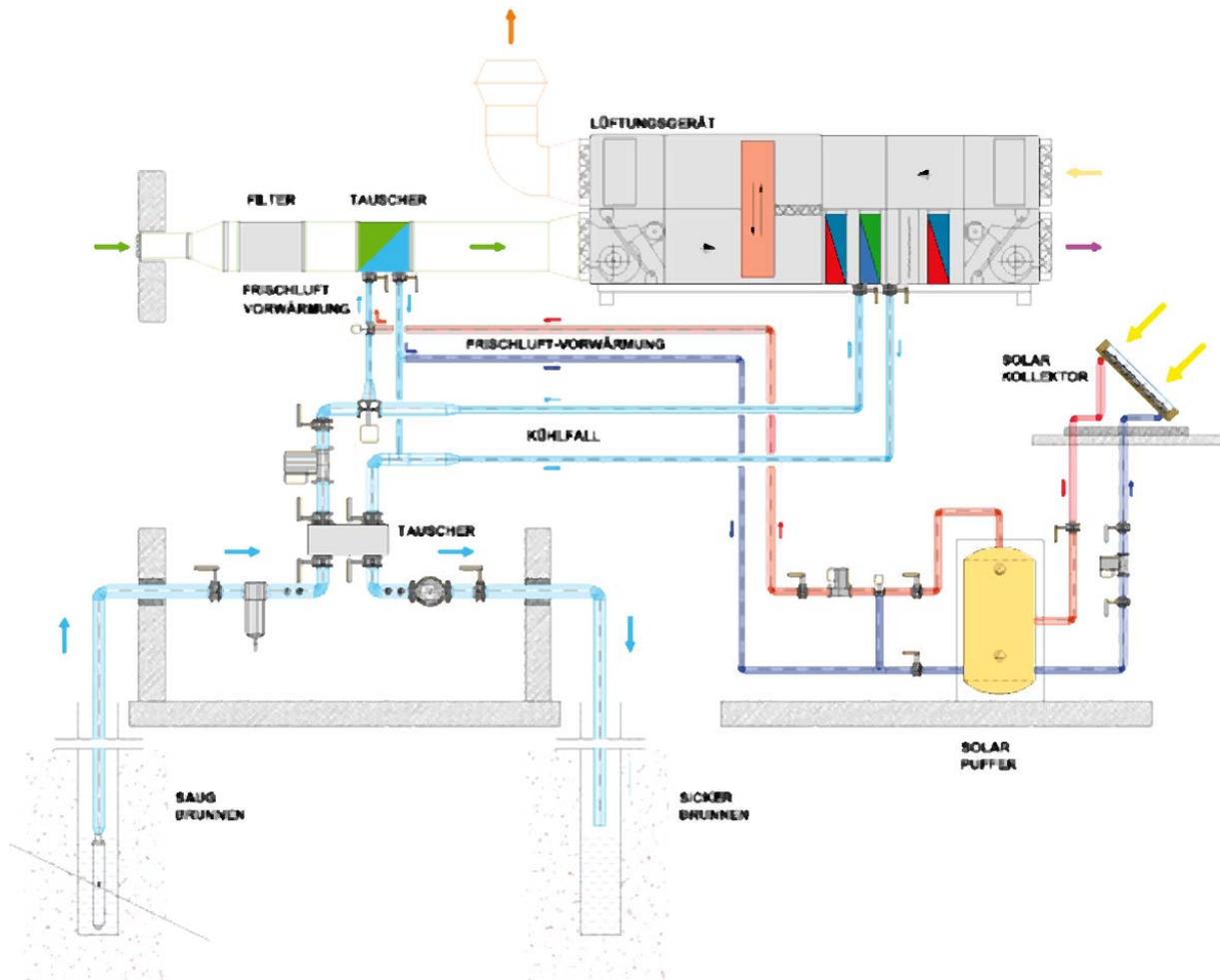


Abbildung 28: Grundwasserbrunnen - Detail

Zusätzlich zur Überprüfung der Energieerzeugung wurden auch die unterschiedlichen Nutzungsziele im Gebäude nochmals überprüft. Die Ausführung einer Gastronomie mit Küche erforderte die Notwendigkeit einer zusätzlichen Warmwasserbereitstellung, welche ebenfalls mittels Heizenergie abzudecken war.

Für die anderen Bereiche des Gemeindezentrums war der Warmwasserbedarf sehr gering einzuschätzen (hauptsächlich Büronutzung), wodurch eine zentrale Warmwasseraufbereitung und -verteilung geprüft wurde. Diese Überprüfung ergab sehr hohe Energieverluste zu den jeweiligen Zapfstellen (Kleinteeküchen, Waschbecken, etc.) und somit einen schlechten Wirkungsgrad einer zentralen Anlage.

Somit galt es für die Warmwasserbereitung für die Gastronomie und die zentralen Sanitäranlagen ein möglichst ökologisches und effizientes Konzept zu entwickeln.

Die Einbindung einer Abwärme-Rückgewinnungsanlage der gewerblich notwendigen Kälteanlage für Kühlzellen und -möbel bildet dabei die Grundlastabdeckung des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung. Zusätzlich wurde anhand von Simulationen die Ausführung einer süd-ausgerichteten Solarkollektorenanlage mit unterschiedlichen Flächenmassen geprüft.

Eine intelligente Speicherung der anfallenden Energie ist bei solaren Anlagen ein Muss-Kriterium für einen hohen Wirkungsgrad und möglichst gering schwankenden Nutzungsverhalten. Im Zuge der Simulationen wurde der Einsatz von Latentwärmespeichern (Medium: Paraffin) mit unterschiedlichen Ladezyklen dynamisch geprüft. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass mit einer unwesentlichen Erhöhung der Kollektorfläche eine zusätzliche Heizungsunterstützung erreicht werden kann.

Charakteristik eines Latentwärmespeichers ist es, die Speicherung von Energien mit niedrigen Medientemperaturen zu ermöglichen. Durch spezielle hydraulische und regeltechnische Verschaltungen wurde ein Anlagenkonzept erarbeitet, welches erlaubt, auch sehr geringe solare Gewinne mit Vorlauftemperaturen von +10°C bis +20°C zu speichern und zu nutzen. Die Nutzung bezieht sich dabei auf die Vorerwärmung der benötigten Frischluftmenge zusätzlich zur bereits geplanten Grundwasservorwärmsequenz.

3.2.2 Kontrollierte Be- und Entlüftung

Die kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung stellt das „Herz“ der Energieversorgung dar. Die Abdeckung des Heiz- und Kühllastbedarfs des Gemeindezentrums wird ausschließlich über den kontrollierten Frischluftaustausch durch zentral angeordnete Lüftungsanlagen sichergestellt.

Die Ausnahme bilden hier folgende Räume bzw. Bereiche:

- Mieteinheit der Physiotherapie (Haus-C EG) – zur Absicherung der Behaglichkeit wurde in den Therapiezimmern zusätzlich eine Fußbodenheizung installiert.
- Eingangsfoyer der Gemeinde (Haus-B EG) / Gangbereich UG – aufgrund der architektonischen Gestaltung (offener Raum ins Obergeschoss) und dem damit verbundenen hohen Luftmengenbedarf zur Sicherstellung einer ausreichenden Raumtemperatur (Veranstaltungen) wurde auch in diesem Bereich eine Fußbodenheizung installiert.

3.2.2.1 Zentral oder dezentral

Die Überprüfung der Anlagen in zentraler oder dezentraler Ausführung ergab einen erheblichen Mehraufwand hinsichtlich der Installationen und der weiteren Instandhaltung/Wartung. Durch die günstige Anordnung von entsprechenden Technikräumen im gemeinsamen Kellergeschoss des Gebäudes können die jeweiligen Räume mit relativ kurzen Leitungswegen versorgt werden.

Eine Lösung mit dezentralen Einzelgeräten für die jeweiligen Räume hätte auch eine Erhöhung der Raumkubaturen durch die notwendige Vergrößerung der Zwischendeckenbereiche zugeführt.

Markant für dieses Gemeindezentrum sind die Vielzahl unterschiedlicher Nutzungen unter einem Dach und die damit verbundenen Aufwendungen für die Regelung bzw. Versorgung.

Gemeinsam mit den künftigen Nutzern wurden sog. „Nutzerzonen“ definiert, die auf Basis ähnlicher Nutzungskriterien ermittelt wurden:

- Zone A „Haus A“ mit Büroflächen im Obergeschoss und Geschäftsflächen im Erdgeschoss bzw. „Haus B“ mit dem Gemeindeamt
- Zone B Veranstaltungssaal, Bibliothek und Foyer im EG des „Haus B“
- Zone C Gastronomie und Küche im EG (Haus B)
- Zone D „Haus C“ mit Büroflächen im EG und OG

Mit dieser Nutzungszonierung konnte die Grundlage für eine hochwirksame zentrale, mechanische Be- und Entlüftungsanlage geschaffen werden. Somit konnte – nutzerorientiert - jeder Zone ein eigenes Lüftungsgerät zugeordnet werden, was die Anlageneffizienz wesentlich verbessert.

Weiters konnte auf unterschiedliche Anforderungen wie Verschmutzungen, Schallpegel, etc. bereits in den Zentralen Rücksicht genommen werden.

Auf Basis der dynamischen Simulationen wurden die definierten Zonen auf Parallelbetrieb von Kühlen und Heizen (Übergangsmonate) überprüft; daraus ließen sich die potenziellen Energiebedarfszustände nochmals optimieren.

Trotz Zonierung sollte die Regelbarkeit der Einzelräume nicht beeinträchtigt werden, da unterschiedliche Geräteausstattungen und Nutzerverhalten (interne Abwärmelasten) in den jeweils gleichen Zonen zu erwarten waren.

Auf eine zusätzliche Installation von wasserführenden Anlagenteilen oder kosten- und wartungsintensiven Volumenstromreglern für Zu- und Abluftkanäle konnte verzichtet werden, die Einzelraumregelung als vorgegebenes Musskriterium musste unbedingt erhalten bleiben.

Für diese Aufgabenstellung wurde ein eigenes Konzept mittels hochinduzierender Induktionsdüsen mit Anbindung an die zentrale Frischluftversorgung der zonenabhängigen Lüftungsgeräte entworfen. Der Vorteil des entwickelten Systems liegt in der konstant bleibenden Frischluftmenge des Primärkanals.

Durch die Steuerung der benötigten Kühl- bzw. Heizleistung mittels linear regelbarer Induktionsdüse im raumluftabhängigen Betrieb konnten sämtliche Zu- und Abluftkanäle - ausgehend von den zentral angeordneten Lüftungsgeräten - um bis zu 60% geringer dimensioniert werden. Zusätzlich können dadurch auch die Ventilatorenleistungen gesenkt werden.

3.2.2.2 Konditionierung der Frischluft

Zur Reduktion des Energiebedarfs für die Frischluftherwärmung in den kalten Jahreszeiten wird eine hoch sensible Verschaltung von unterschiedlichen ökologischen Energieträgern verwendet:

- Grundwasser
- Solarenergie durch Sonnenkollektoren mit Vorlauftemperaturen auch unter 15°C, teilweise gespeichert im Latentwärmespeicher
- Abluft aus dem zentralen Serverraum

Die Nachheizung der benötigten Frischluftmenge erfolgt über lastabhängig stufenlos geregelte Nachheizregister, welche an den Biomasse-Nahwärmeanschluss gekoppelt sind. Zur Primärversorgung der Induktionsluftdüsen wird „nur“ eine Zulufttemperatur von maximal +20°C bis +22°C im Heizfall benötigt.

Ein wichtiges Kriterium bei mechanisch be- und entlüfteten Gebäuden stellt die Befeuchtung dar. Aus realisierten Projekten waren bereits Erfahrungswerte vorhanden, die verdeutlichten, dass ohne kontrollierte Feuchteinbringung im Winterbetrieb das Behaglichkeitsklima in den Räumen stark abfällt; das kann sich im schlimmsten Fall in ständigen Kopfschmerzen, Atemwegsreizungen, Konzentrationsverlust, etc äußern.

Verstärkt wird die Problematik der Feuchteerhaltung durch die bauliche Ausführung mittels Holzkonstruktionen, die die ohnedies geringe Feuchtigkeit der Frischluft in den Wintermonaten durch zelluläre Wasseraufnahme zusätzlich reduziert:

Somit war es unerlässlich, eine Befeuchtung in die zentralen Lüftungsgeräte einzubauen, um den Behaglichkeitserwartungen der Nutzer zu entsprechen.

Nachteil der Luftbefeuchtung ist der relativ hohe Heizenergieaufwand, der durch die Nachwärmung der Frischluft nach der Befeuchtung erforderlich wird (deaktivierte Luftbefeuchtung).

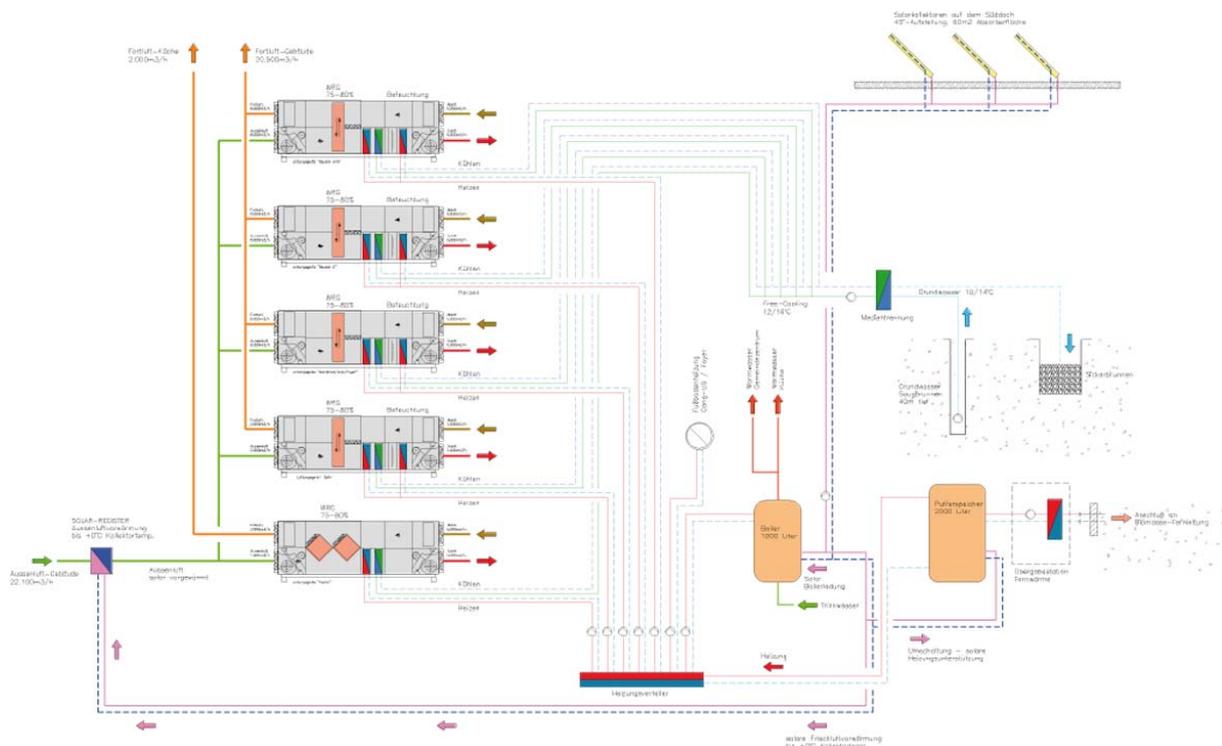


Abbildung 29: Anlagenschema Belüftung

3.2.3 Heizungsanlage

Ausgehend vom zentralen Biomasse-Nahwärmeanschluss werden die jeweiligen - zonierten - Regelgruppen versorgt. Dabei wurde auf eine optimierte Aufteilung der Leistungen durch drehzahlgeregelte Umwälzpumpen mit optimierten Kennlinienfeldern der Stromaufnahmeleistungen realisiert.

3.2.4 Sanitäranlage

Wesentlicher Bestandteil bildet die zentrale Warmwasserbereitung für den Gastronomiebereich in Kombination mit dem vorgeschalteten Latentwärmespeicher, der Solaranlage mit ca. 30m² Kollektor-Fläche und der primären Wärmerückgewinnungseinbindung der Kälteanlagen.

In Abstimmung mit dem Bauherrn konnte die Anzahl der Warmwasserpapfstellen auf ein Minimum reduziert und dadurch auf eine zentrale Warmwasserbereitung für die Büro- und Allgemeinbereiche verzichtet werden; Kleinteeküchen in den Mieteinheiten werden ausschließlich über Untertischboilereinheiten mit Warmwasser versorgt.

3.2.5 MSRL-Anlage / Energiebuchhaltung

Die Mess-, Steuer-, Regel- und Leittechnikanlage ist ein wesentlicher Bestandteil der im Detail optimierten Gesamtanlage. Nur durch die Auswahl der geeigneten Regelstrategien - in Zusammenhang mit den hochsensiblen Anlagenteilen - ist eine weitere Optimierung des Energieverbrauchs möglich.

Zum Einsatz kam eine DDC-gestützte Regelungsanlage, die direkt mit einem EIB-Bus für die optimierte Einzelraumregelung hinsichtlich folgender Punkte verantwortlich ist:

- Raumtemperaturerfassung
- Regelung Heiz- und Kühlsequenz
- Lichtsteuerung
- Sonnenschutzsteuerung
- Messwertaufzeichnung

3.2.5.1 Erweiterte Energiedatenerfassung

Übergeordnet über die nötigen regelungstechnischen Anlagenteile, sind sämtliche Mediengruppen (Heizgruppen, Warmwasser, Kaltwasser, Stromversorgung HKLS, etc.) mit Zählleinheiten ausgestattet. Dies erlaubt eine ständige Überprüfung der Verbrauchswerte und bildet die Grundlage einer computerunterstützten Energiebuchhaltung. Die Messergebnisse werden dabei ständig verfolgt um eine zukünftige weitergeführte Optimierung und Anpassung der Anlage vornehmen zu können.

3.3 Bauphysik

3.3.1 Anforderungen

Am Anfang stand die Auswahl jener Konstruktionen und Regelquerschnitte, die aufgrund der architektonischen und technischen Erfordernisse in die engere Wahl kamen. In weiteren Schritten war zu prüfen, ob die gewählten Regelquerschnitte aneinander angeschlossen werden können. Die bauphysikalischen Anforderungen beziehen sich auf den Wärme-, Schall- und Brandschutz, sowie das Dampfdiffusions- und Wärmespeicherverhalten.

Bei Planung und Ausführung im Passivhausstandard steht eine luftdichte und weitgehend wärmebrückenfreie Konstruktion der Gebäudehülle im Vordergrund. Exemplarisch herausgehoben wird die Entwicklung des Außenwandquerschnittes unter Berücksichtigung verschiedener Dämmstoffmaterialien und Holzträgerquerschnitten, die Ermittlung der Wärmebrückenkoeffizienten an Bauteilschnittstellen und die Planung der Luftdichtheitsebene.

Angestrebt wurden in Abstimmung mit den Anforderungen der Gebäudesimulation des Haustechnikers folgende Werte:

U-Wert Außenwand	$\leq 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$
lineare Wärmebrückenkoeffizienten	$\leq 0,06 \text{ W/mK}$
Luftdichtheitswert n_{L50}	$\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

3.3.2 Variantenvergleich Außenwände

Mittels dreidimensionaler Wärmestromanalysen erfolgte der rechnerische Vergleich verschiedener Dämmstoffvarianten, welche zu Projektbeginn grundsätzlich zur Auswahl standen. Es handelte sich um Mineralwolle-, Zelluloseflocken und Holzspänedämmung. Weiters wurden massive, sowie zusammengesetzte

(reduzierte) Trägervarianten untersucht. In Tabelle 1: U-Werte der Außenwandvarianten sind die mittleren U-Werte, in Tabelle 2 die linearen Wärmebrückenkoeffizienten, welche in die Transmissionswärmeverluste und Heizenergieberechnung einfließen, dargestellt.



Abbildung 30: Außenwände mit massivem Holzsteher 70/300 bzw. mit Stegträger

Trägerprofil	U-Werte (W/m ² K)		
	Mineralwolle 0,037 W/mK	Zellulose 0,041 W/mK	Holzspäne 0,045 W/mK
Holzsteher 70/300	0,131	0,138	0,145
Stegträger	0,118	0,126	0,134

Tabelle 1: U-Werte der Außenwandvarianten

Die Entscheidung fiel nach der ökologischen Bewertung (siehe Variantenvergleich) vor allem wegen der regionalen Verfügbarkeit und Bearbeitung zugunsten des Wandtyps mit massivem Holzsteher und Zellulosedämmung im Wandelement bzw. Schafwolldämmung in der Installationsebene aus. Als innere Beplankung der vorgefertigten Wandelemente wurde aus Gründen des Schallschutzes und der Luftdichtheit eine 3-Schichtplatte der Diagonalschalung vorgezogen. Diese kam nur als äußere Schale zur Anwendung und wurde mit einer Winddichtung abgedeckt.

Ergänzend eine Zusammenstellung der U-Werte der wesentlichen Bauteile:

Bauteilbezeichnung	U-Wert in W/m ² K
Außenwand gegen Erdreich	0,201
Außenwand hinterlüftet	0,133
Dachaufbau (Warmdach)	0,102
Verglasungen	0,600
Passivhaus - Fensterrahmen Holz	0,930
Fußboden gegen unbeheiztes Kellergeschoß	0,302
Fußboden gegen Erdreich	0,188

Tabelle 2: Übersicht U-Werte

3.3.3 Wärmebrückenkoeffizienten

Alle Bauteilübergänge- und Fensteranschlüsse wurden als Wärmebrücken erfasst und die Wärmebrückenzuschläge gemäß EN 10211 ermittelt (siehe Tabelle 3: Lineare Wärmebrückenkoeffizienten).

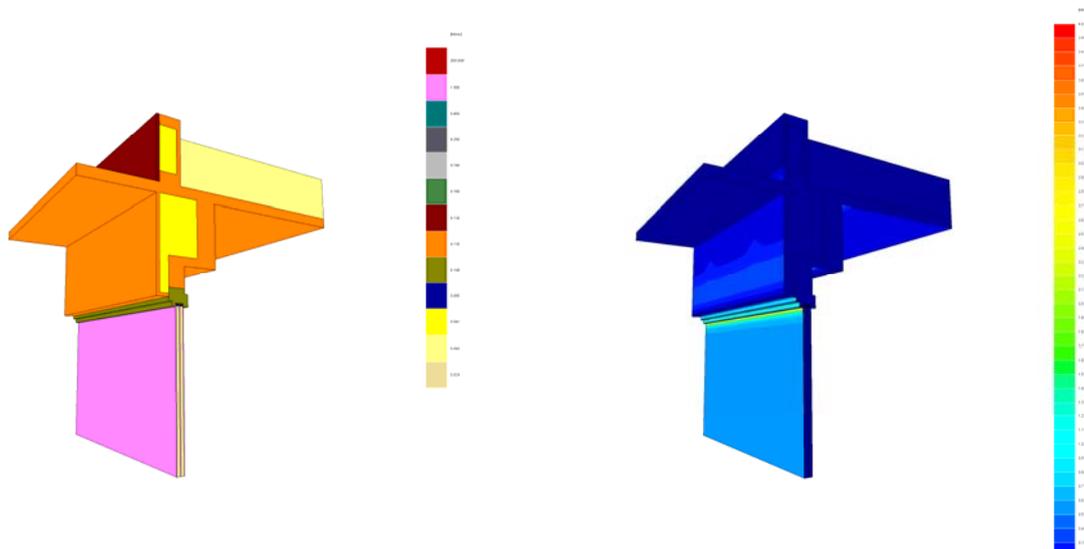


Abbildung 31: Attikadetail mit Darstellung der Wärmestromdichte in W/K

Wärmebrücke	ψ -Wert W/mK
Holzstütze in Außenwand	0,010
Außenwand OG - Dachanschluß OG	-0,003
Außenwand EG/OG - Decke über EG	0,026
Außenwand EG - Decke über UG	-0,024
Außenwand UG - Decke über UG	0,062
Fensteranschluss unten/seitlich	0,058
Fensteranschluss oben	-0,025

Tabelle 3: Lineare Wärmebrückenkoeffizienten

3.3.4 Luftdichtheitskonzept

Dem Passivhausstandard entsprechend wurde ein n_{L50} -Wert von maximal $0,6 \text{ h}^{-1}$ angestrebt und in der Detailplanung auf einen durchgehenden Luftdichtheitsperimeter (siehe Abbildung 32) geachtet. Statt dem Abkleben der Stöße der innenseitigen Bepankung aus 3-Schichtplatten kam eine vollflächige, faserverstärkte Dampfbremse zum Einsatz. Unterbrechungen durch die auskragenden Elemente wurden mit besonderem Augenmerk auf Elementstöße miteinbezogen. Das ursprünglich geplante mechanisch befestigte Warmdach wurde wegen der Durchdringungen nach statischer Abklärung mit Kiesauflast ausgeführt. Frühzeitige Qualitätskontrollen in der Ausführungsphase (siehe Abbildung 33) sollten das Bewusstsein bei ausführenden Firmen und Handwerkern fördern. Bestätigt wurde dies durch im Rohbauzustand gemessene n_{L50} Werte zwischen $0,45 \text{ h}^{-1}$ und $0,53 \text{ h}^{-1}$ (siehe Tabelle 4). Die Messprotokolle finden Sie im Anhang, Kapitel 8.4.2.

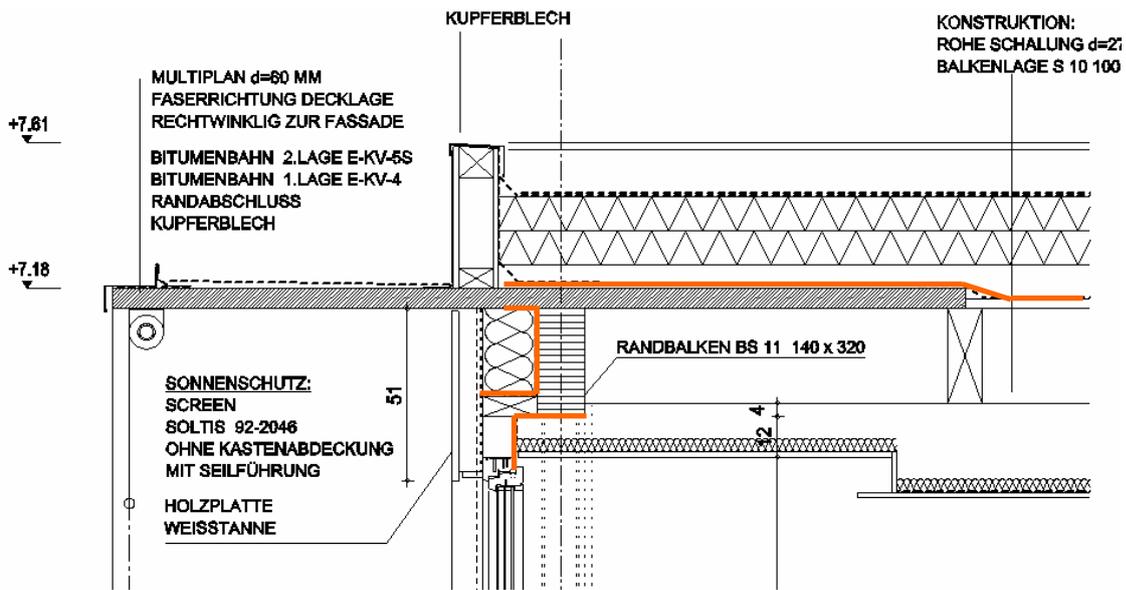


Abbildung 32: Luftdichter Anschluss Obergeschoßdecke



Abbildung 33: Kontrolle der Luftdichtheit am Bau

Haus A	Haus B	Haus C
0,45 h ⁻¹	0,48 h ⁻¹	0,53 h ⁻¹

Tabelle 4: Ergebnisse Luftdichtheitsmessungen im Rohbauzustand (n_{L50}-Werte)

Da es im Zuge der Ausbaurbeiten durch nachfolgende Gewerke (z.B. Elektro-, Heizungs- und Sanitärinstallationen, Trockenbau) zu Beschädigungen oder Durchdringungen der Luftdichtheitsebene kommen kann, sind zur Dokumentation des tatsächlich erreichten Zustandes Blower-door Messungen im fertigen Zustand durchzuführen. Die Ergebnisse liegen derzeit noch nicht vor.

3.4 Bauökologische/-biologische Bauteiloptimierung

3.4.1 Vorgangsweise

Für die ökologische Bauteiloptimierung, die als Grundlage der Detailplanung und ökologischen Ausschreibung dient, wurde das Planungsinstrument „IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog“ [PB 2004] und der „Ökoleitfaden: Bau“ eingesetzt. In Erweiterung zum Bauteilkatalog wurden neben Primärenergieinhalt, Treibhauspotenzial und Versäuerung drei weitere ökologische Kennwerte, Abbau abiotischer Ressourcen, Photosmog und Überdüngung, zur umfassenden Berücksichtigung von Umweltaspekten, berücksichtigt. Die Bauteiloptimierungen (Konstruktions- und Materialwahl) wurden während der Planungsphase auf Basis der Mindestanforderungen (Ortsbild Ludesch: Passivhausstandard, Erhöhung der regionalen Wertschöpfung, Ökologisierung der Region), den ökologischen Kennwerten und den Diskussionsergebnissen des Planungsteams (Bauökologe, Bauphysiker, Fachplaner und Architekt) vorgenommen. Dabei wurde analog der empfohlenen Vorgehensweise des IBO-Passivhaus-Bauteilkataloges vorgegangen:

- Zusammenstellung der Standard-Bauteile
- Ökologische Bewertung der Standard-Bauteile
- Optimierung der Bauteile durch Ausarbeitung verschiedener Varianten und anschließender ökologischer Bewertung dieser Varianten
- Parallel zur ökologischen Bewertung wurden sämtliche Bauteilanschlüsse bauphysikalisch auf Wärmebrückenfreiheit untersucht.
- Auswahl der für dieses Projekt sinnvollsten ökologischen Bauteillösungen unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit und technischen Umsetzbarkeit im Planungsteam
- Freigabe zur Erstellung der Leistungsverzeichnisse

Bei der bauökologischen/-biologischen Optimierung wurde besonderes Augenmerk auf die Langlebigkeit, Wartungsfreundlichkeit, Materialwahl und Entsorgungs-/Recyclingfähigkeit gelegt. Für die Bauteiloptimierung wurden folgende Optimierungskriterien angewandt:

Herstellung/Einbau

- Verwendung nachwachsender Rohstoffe
- Aufwände für die Herstellung des auslieferfertigen Produkts in Form von Primärenergieinhalt an nicht erneuerbaren Ressourcen, Treibhauspotenzial, Abbau abiotischer Ressourcen, Photosmog, Versäuerung, Überdüngung
- Schadstoff-Emissionen aus Baustoffen während Einbau

Nutzung

- Schadstoff-Emissionen aus Baustoffen während Nutzung
- Feuchtesorptionsfähigkeit

Recycling/Beseitigung

- Nutzungsdauer
- Trennbarkeit
- Wiederverwendbarkeit
- Verwertbarkeit und Entsorgung

3.4.2 Bauteilkonstruktionen und Materialwahl

Im Folgenden sind die ökologischen Bewertungen der ursprünglich vorgeschlagenen Bauteile und der ausgearbeiteten Varianten für eine Bauteiloptimierung an repräsentativen Bauteilaufbauten der Außenwände, Innenwände, Bodenaufbauten, Kellerdecke und des Dachs auf Basis eines der wesentlichsten ökologischen Kennwerte, des GWPs (Netto-Treibhauspotenzial = CO₂-Freisetzung (+ Vorzeichen) + CO₂-Bindung (- Vorzeichen)), dargestellt. Die detaillierte ökologische Bewertung ist im Anhang beigefügt (siehe Kapitel 8.1). Ergänzend dazu sind die Diskussionsergebnisse des Planungsteams beschrieben, welche zur Ausführung gelangten, sowie eine Zusammenschau der ökologisch motivierten, umgesetzten Maßnahmen:

3.4.2.1 Außenwände

Tabelle 5: Aufbau Außenwände

Variante 0 (AW01)	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Ausführung
2*GK-Bauplatte	2*GK-Bauplatte	2*GK-Bauplatte	2*Gipsfaserplatte ²	2*Gipsfaserplatte ²	1*GK- Bauplatte mit Holzbeplankung oder 2*GK-Bauplatte ^B
Mineralwolle/ Metallständer	Schafwolle/ Lattung	Schafwolle/ Lattung	Schafwolle/ Lattung	Schafwolle/ Lattung	Schafwolle/ Lattung
Dampfbremse	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0
3-Schichtplatte ^A	wie Variante 0	wie Variante 0	Rohe Schalung 20 mm	wie Variante 0	wie Variante 0
KVH Ständer 60- 80/300 dazw.	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0	Massivholz- ständer 60-80/300 dazw.
Mineralwolle	Hanf	Zellulose- flocken	Zellulose- flocken	Holzspäne (Isowood)	Zelluloseflocken
Rohe Schalung	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0
Lattung/Hinter- lüftung	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0
Vertikalschalung Weißtanne	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0

A Auf Grund technischer Anforderungen (Aussteifung) wurde der konstruktive Teil mit 3-Schichtplatten ausgeführt. In allen anderen Bereichen wurden Weißtannen-Diagonalschalungen anstatt OSB-Platten (Baustandard) realisiert.

B Die Vorsatzschale mit Weißtannen-Holzbeplankung (massiv, sägerau) und 1*GK-Bauplatte wurde mehrheitlich im Projekt umgesetzt. In manchen Büros wurde eine 2-fach Beplankung mit GK-Bauplatten auf Grund von Mieterwünschen ausgeführt.

² Bezugnehmend auf die ökologische Diskussion zw. Gipsfaser- und Gipskartonplatte unterscheiden sich die Ökokennzahlen dieser zwei Bauprodukte nur unwesentlich. Der Hauptunterschied zw. Gipsfaser- und Gipskartonplatte liegt vor allem in der unterschiedlichen Dichte. Die größere Dichte der Gipsfaserplatte beschert ihr zwar etwas schlechtere Ökokennzahlen, jedoch im Gegensatz dazu verschafft ihr dies Vorteile in der Anwendung. Ein weiterer Unterschied ist auch der etwas höhere Trocknungsaufwand im Herstellungsprozess der Gipsfaserplatten. Der wohl bekannteste Unterschied zw. Gipsfaser- und Gipskartonplatte ist die bessere Verwertbarkeit/Recyclierbarkeit der Gipsfaserplatte. Gipsfaserplatten sind direkt in den Produktionsprozess rückführbar. Da sich die Vor- und Nachteile zw. Gipsfaser- und Gipskartonplatte etwa die Waage halten, war für das Planungsteam der nicht unwesentliche Kostenvorteil der Gipskartonbauplatte (siehe Kapitel 4.5.2 Mehrkosten – bauteilspezifisch) maßgebend für den Einsatz von Gipskartonbauplatten. Aus Sicht der ökologischen Variantenbewertung ist neben den technischen Vorteilen vor allem der Vorteil der leichteren Wiederverwertbarkeit der Gipsfaserplatte entscheidend.

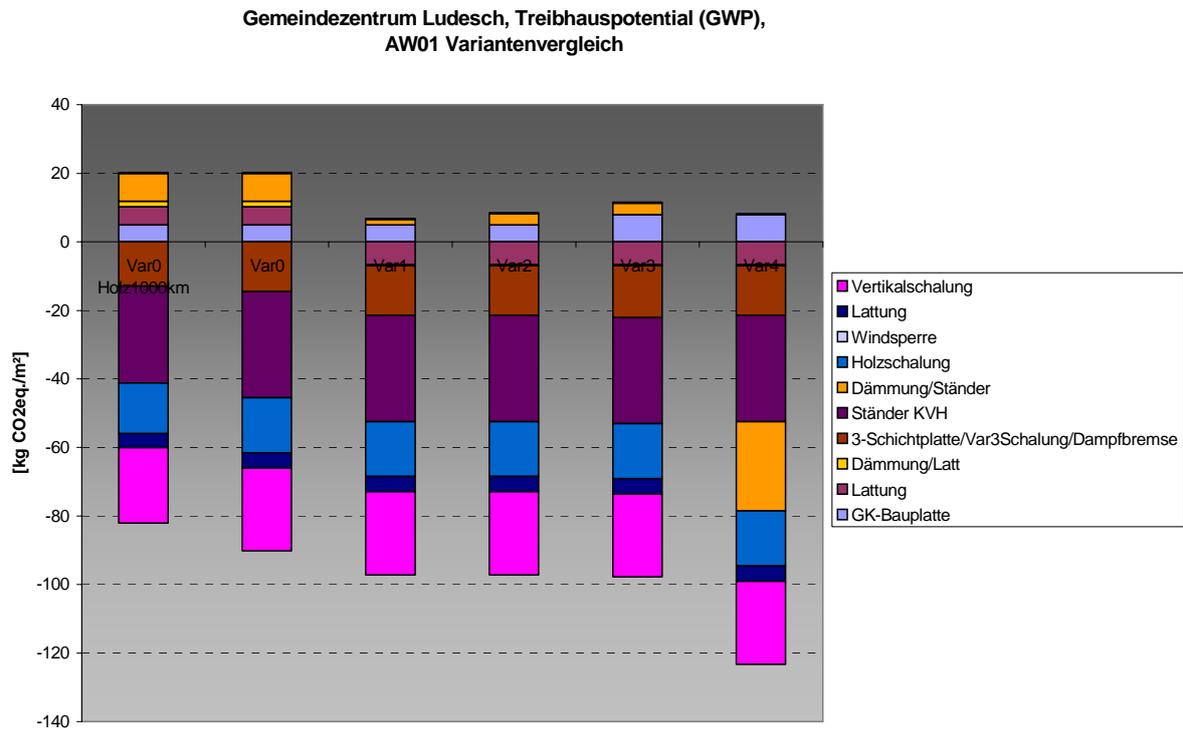


Abbildung 34: Variantenvergleich Außenwände

Variante Var0 Holz1000km entspricht dem Bauteilaufbau der Variante Var0 mit Berücksichtigung der Entfernung des Herstellungsortes in Osteuropa/Tschechien (siehe Kapitel 2.3.3).

Die Ausführung entspricht im Wesentlichen der Variante Var2, die neben einem relativ geringen Treibhauspotential auch sehr gute Ökokennwerte des Primärenergieinhaltes und der Versäuerung aufweist. Damit stellt sie dicht gefolgt von Variante Var3 und Var4 die ökologisch günstigste Variante mit den größten Einsparungspotenzialen dar.

Die Variante Var4 zeigt hier zwar das geringste Treibhauspotential, jedoch bezüglich der anderen Ökokennwerte weist die Variante Var2 bessere Werte auf. Die ausgeführte Variante konnte im Optimierungsprozess durch überwiegenden Einsatz einer Weißtannen-Vorsatzschale gegenüber der Variante Var2 weiter ökologisch optimiert werden.

3.4.2.2 Innenwände

Tabelle 6: Aufbau Innenwände

Variante 0 (IW02)	Variante 1	Ausführung
2*GK-Bauplatte	2*Gipsfaserplatte ²	1*GK- Bauplatte mit Holzbeplankung oder 2*GK-Bauplatte ^B
Mineralwolle zw. Metallständer	Schafwolle zw. Lattung	Schafwolle zw. Lattung ^C
3-Schichtplatte ^A	wie Variante 0	wie Variante 0
Ständer 80/120 dazw. ^A	wie Variante 0	wie Variante 0
Mineralwolle ^A	Hanf	Zelluloseflocken
3-Schichtplatte ^A	wie Variante 0	wie Variante 0
Mineralwolle zw. Metallständer	Schafwolle zw. Lattung	Schafwolle zw. Lattung ^C
2*GK-Bauplatte	2*Gipsfaserplatte	wie Variante 0

- A Auf Grund statischer Anforderungen mussten einige Wände, wie im Archiv, in Büros oder in der Bücherei als tragender konstruktiver Teil ausgeführt werden. Bei den nicht tragenden Wänden wurde Schafwolle zw. Metallständern ausgeführt.
- B Die Vorsatzschale mit Weißtannen-Holzbeplankung (massiv, sägerau) und 1*GK-Bauplatte wurde mehrheitlich im Projekt umgesetzt. In manchen Büros wurde eine 2-fach Beplankung mit GK-Bauplatten auf Grund von Mieterwünschen ausgeführt.
- C Bei nicht tragenden Wänden

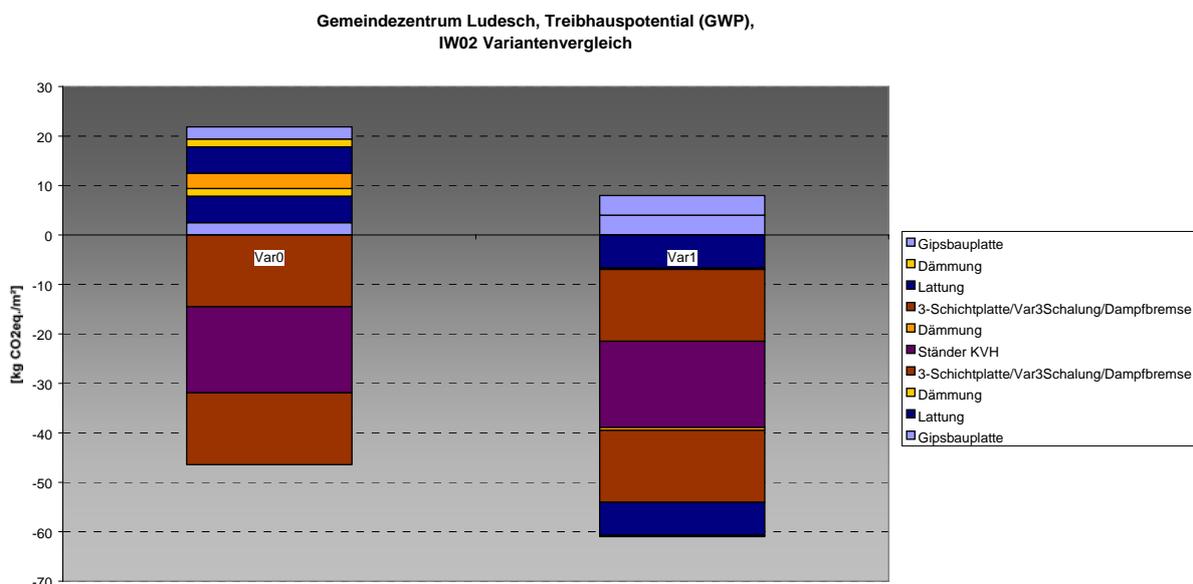


Abbildung 35: Variantenvergleich Innenwände

Die Ausführung entspricht im Wesentlichen der Variante Var1 mit den ökologischen Vorteilen einer Weißtannen-Vorsatzschale. Im Bereich tragender Elemente konnten die ökologisch und wirtschaftlich vorteilhafteren Zelluloseflocken gegenüber einer Hanfdämmung zum Einsatz gelangen, da auch durch Verwendung von Zelluloseflocken die technischen Anforderungen erfüllt werden.

3.4.2.3 Bodenplatte

Tabelle 7: Aufbau Fußboden gegen Erdreich

Variante 0 (Fb02)	Variante 1	Ausführung
Wasserverdünnbare Kunstharz-Versiegelung	Wasserverdünnbare Naturharz-Versiegelung	Naturöl-Versiegelung
Industrieparkett	wie Variante 0	wie Variante 0
Klebstoff Kunstharz	Klebstoff zementär	wie Variante 0
Estrich	wie Variante 0	wie Variante 0
Dampfbremse	Papiertrennlage	wie Variante 0
EPS 25	Poröse Holzfaserplatte	wie Variante 0
Bitumenabdichtung	Entfällt	wie Variante 0
WU-Beton armiert	wie Variante 0	Beton ohne Einharzung
PE-Folie	wie Variante 0	wie Variante 0
XPS-Dämmung	Schaumglas in Polymerbitumen	wie Variante 0
Sauberkeitsschicht (Magerbeton-Trennlage-Rollierung-PP Filtervlies-Erdreich)	entfällt	wie Variante 0

Tabelle 8: Aufbau Bodenplatte Akustikraum

Variante 0 (Fb03)	Variante 1	Ausführung
Wasserverdünnbare Kunstharz-Versiegelung	Wasserverdünnbare Naturharz-Versiegelung	Linoleum
2xSpanplatte	Schiffboden	wie Variante 0
PE-Dampfbremse	Papiertrennlage	wie Variante 0
Dämmung Mineralwolle zw. Polsterhölzer	Dämmung Schafwolle zw. Polsterhölzer	wie Variante 0
Mineralwolle Trittschalldämmung	Holzfaser-Trittschalldämmung	wie Variante 0
Bitumenabdichtung	Entfällt	wie Variante 0
WU-Beton armiert	wie Variante 0	Beton ohne Einharzung
PE-Folie	Entfällt	wie Variante 0
XPS-Dämmung	Schaumglas in Polymerbitumen	wie Variante 0
Sauberkeitsschicht (Magerbeton-Trennlage-Rollierung-PP Filtervlies-Erdreich)	entfällt	wie Variante 0

Gemeindezentrum Ludesch, Treibhauspotential (GWP), Fb02 und Fb03 Variantenvergleich

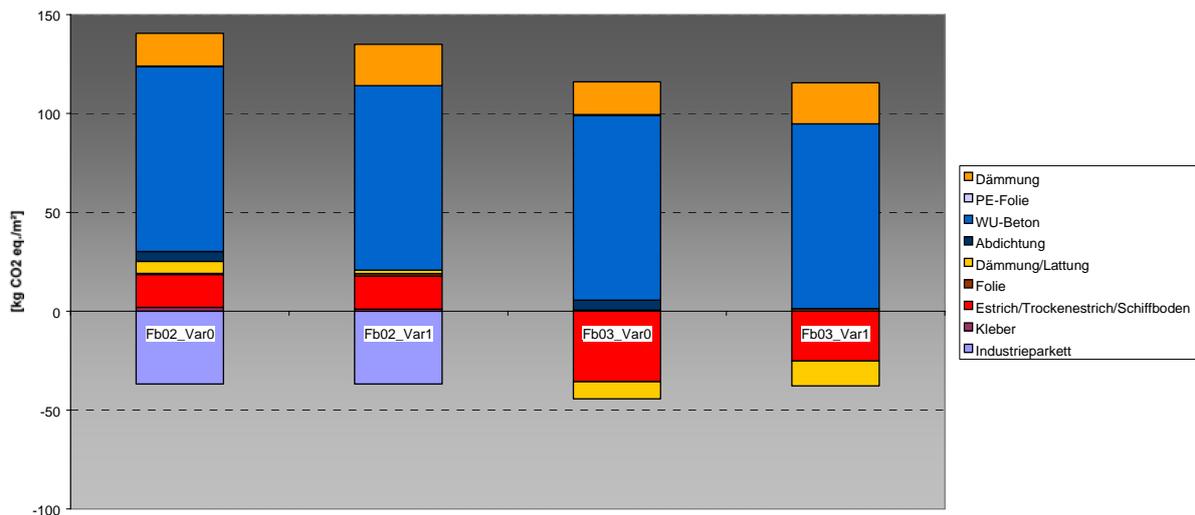


Abbildung 36: Variantenvergleich Bodenplatte

Die ökologischen Kennwerte sind hier vor allem durch den Beton geprägt. Durch die ökologischen Optimierungen können daher nicht so hohe Verbesserungspotenziale an der Gesamtkonstruktion erzielt werden, wie bei den vorhergehenden

Konstruktionen. Dennoch sind je nach Ökokennzahl Verbesserungen von rund 20% beim Primärenergieinhalt und bis zu 51% beim Photosmog (Fb02_Var1) möglich.

Beim Treibhauspotenzial ist der ökologische Unterschied der Varianten eher gering. Bei der Variante Fb03_Var1 liegt das netto Treibhauspotenzial sogar um einige Prozente höher als jenes der Ausgangsvariante. Dies hat seine Ursache an der geringeren Holzmenge (und damit CO₂-Bindung), die durch einen 24 mm Schiffboden anstatt 32 mm Spanplatten eingebracht wird. Aus ökologischer Sicht ist in diesem Fall trotz des etwas schlechteren Netto-Treibhauspotenzials die Materialeinsparung als vorteilhaft zu bewerten.

Auf Grund dieser sehr stark Beton geprägten Ökokennzahlen rückten wirtschaftliche Aspekte im Optimierungsprozess mehr in den Vordergrund. Folglich wurden im Wesentlichen die Varianten 0 (Fb02_Var0 und Fb03_Var0) ausgeführt, da auf der einen Seite technische Anforderungen (Vorgaben des Bauphysikers) eingehalten werden mussten, wie z.B. EPS-Platten und Mineralwollendämmung anstatt Holzfaserplatten und Schafwollendämmung (Feuchterisiko) oder Spanplatten anstatt Schiffsboden (akustische Anforderungen), und auf der anderen Seite wirtschaftliche Aspekte maßgebend waren. Im Bereich der Perimeterdämmung waren die relativ hohen Mehrkosten der Schaumglasschüttung (siehe Kapitel 4.5.2 Mehrkosten – bauteilspezifisch) ausschlaggebend.

3.4.2.4 Kellerdecke

Tabelle 9: Aufbau Kellerdecke unbeheizt

Variante 0 (Fb09)	Variante 1 (unbeheizt)	Ausführung
Wasserverdünnbare Kunstharz-Versiegelung	Wasserverdünnbare Naturharz-Versiegelung	Naturöl-Versiegelung
Industrieparkett	wie Variante 0	wie Variante 0
Klebstoff Kunstharz	Klebstoff zementär	wie Variante 0
Estrich	wie Variante 0	wie Variante 0
Dampfbremse	wie Variante 0	wie Variante 0
Mineralwolle Trittschalldämmung	Holzfaser-Trittschalldämmung	wie Variante 0
EPS 25	Perliteschüttung	wie Variante 0
Stahlbetondecke	wie Variante 0	wie Variante 0

Tabelle 10: Aufbau Kellerdecke beheizt

Variante 0 (Fb09 ^A)	Variante 2 (beheizt)	Ausführung
Wasserverdünnbare Kunstharz-Versiegelung	Wasserverdünnbare Naturharz-Versiegelung	Naturöl-Versiegelung
2xSpanplatte	Schiffboden	Industrieparkett
		Estrich
Dampfbremse	Baupapier	wie Variante 0
Dämmung Mineralwolle zw. Polsterhölzer	Dämmung Schafwolle zw. Polsterhölzer	
Mineralwolle Trittschalldämmung	Holzfaser-Trittschalldämmung	wie Variante 0
EPS 25		Perliteschüttung
Stahlbetondecke	wie Variante 0	wie Variante 0

A Die Optimierung erfolgte anhand des Bauteilaufbaus von Fb09 (EG gegen UG unbeheizt), wobei der beheizte Fußboden im EG gegen UG dem Kellerdeckenaufbau Fb10 (EG gegen UG beheizt) entspricht.

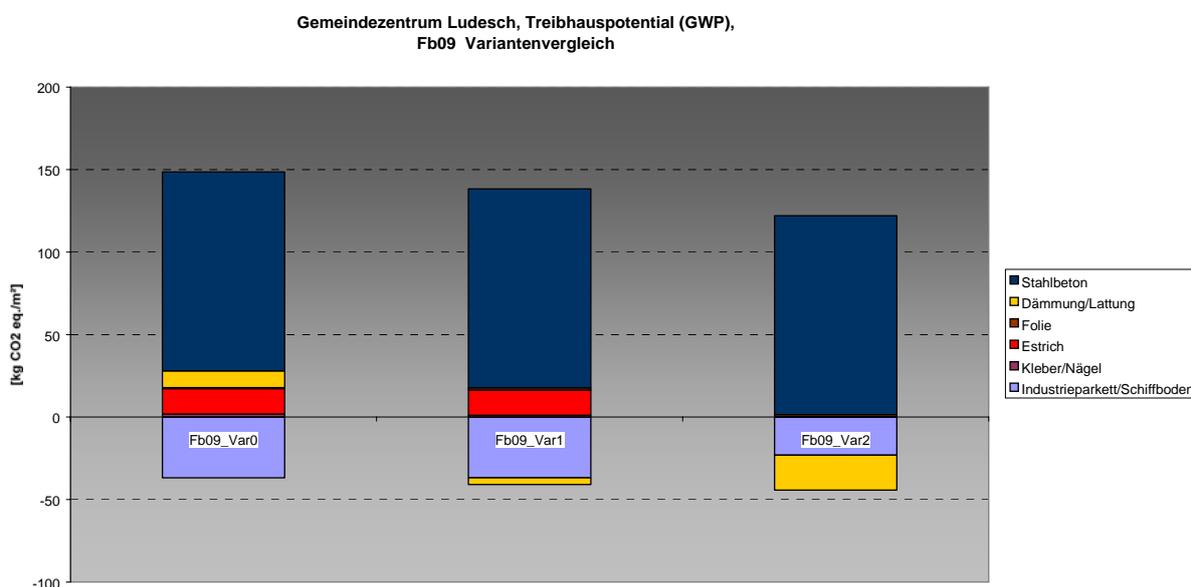


Abbildung 37: Variantenvergleich Kellerdecke

Der ökologische Aufwand zur Herstellung des Bauteils wird vor allem durch den Stahlbeton verursacht. Dadurch ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei den Bodenplatten, bei denen die ökologischen Kennwerte vor allem durch den Beton geprägt sind. Die Umweltbelastungen werden durch Variante Fb09_Var1 (Nassestrich) um durchschnittlich ca. 5-10%, bei Variante Fb09_Var2 (Schiffboden)

um ca. 10-20% verringert. Das dargestellte GWP-Einsparungspotenzial liegt dabei sogar bei rund 13% bei Variante Fb09_Var2 und 30% bei Variante Fb09_Var2. Wie auch bei den Bodenplatten rückte der wirtschaftliche Aspekte im Optimierungsprozess bei den Kellerdecken mehr in den Vordergrund, angesichts der sehr stark Stahlbeton geprägten Ökokennzahlen. Folglich wurde im Wesentlichen die Variante 0 ausgeführt, da einerseits technische und konstruktive Anforderungen eingehalten werden mussten und andererseits wirtschaftliche Aspekte maßgebend waren. Im Bereich des Trittschallschutzes waren die relativ hohen Mehrkosten der Holzfaser-Trittschalldämmung (siehe Kapitel 4.5.2 Mehrkosten – bauteilspezifisch) ausschlaggebend.

3.4.2.5 Zwischengeschossdecke

Tabelle 11: Aufbau Zwischengeschossdecke

Variante 0 (Fb15)	Variante 1	Variante 2	Ausführung
Wasserverdünnbare Kunstharz-Versiegelung	Wasserverdünnbare Naturharz-Versiegelung	wie Variante 0	Naturöl-Versiegelung
Industrieparkett	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0
Klebstoff Kunstharz	Klebstoff zementär	wie Variante 0	wie Variante 0
Estrich	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0
PE-Folie	Papiertrennlage	wie Variante 0	wie Variante 0
Mineralwolle-Trittschalldämmung	Holzfaser-Trittschalldämmung	wie Variante 0	wie Variante 0
Zementgebundene Perliteschüttung	Verdichtete Perliteschüttung	wie Variante 0	wie Variante 0
3-Schichtplatte	wie Variante 0	entfällt	wie Variante 0
Mineralwolle zw. Träger BSH 280mm	Schafwolle	Stahlbetonplatte 300 mm	Schafwolle
3-Schichtplatte	wie Variante 0	entfällt	wie Variante 0
Mineralwolle zwischen Schwingbügel	Schafwolle	entfällt	Schafwolle ^A
GK-Feuerschutzplatte	Gipsfaserplatte ²	entfällt	wie Variante 0
Mineralwolle zwischen Schwingbügel	Schafwolle	wie Variante 0	Schafwolle ^A
Weißtanne	wie Variante 0	wie Variante 0	wie Variante 0

A Im Bereich von Fluchtwegen und öffentlichen Gängen musste aus brandschutztechnischen Auflagen anstatt Schafwolle Mineralwolle in den abgehängten Decken verwendet werden.

Gemeindezentrum Ludesch, Treibhauspotential (GWP),
Fb15 Variantenvergleich

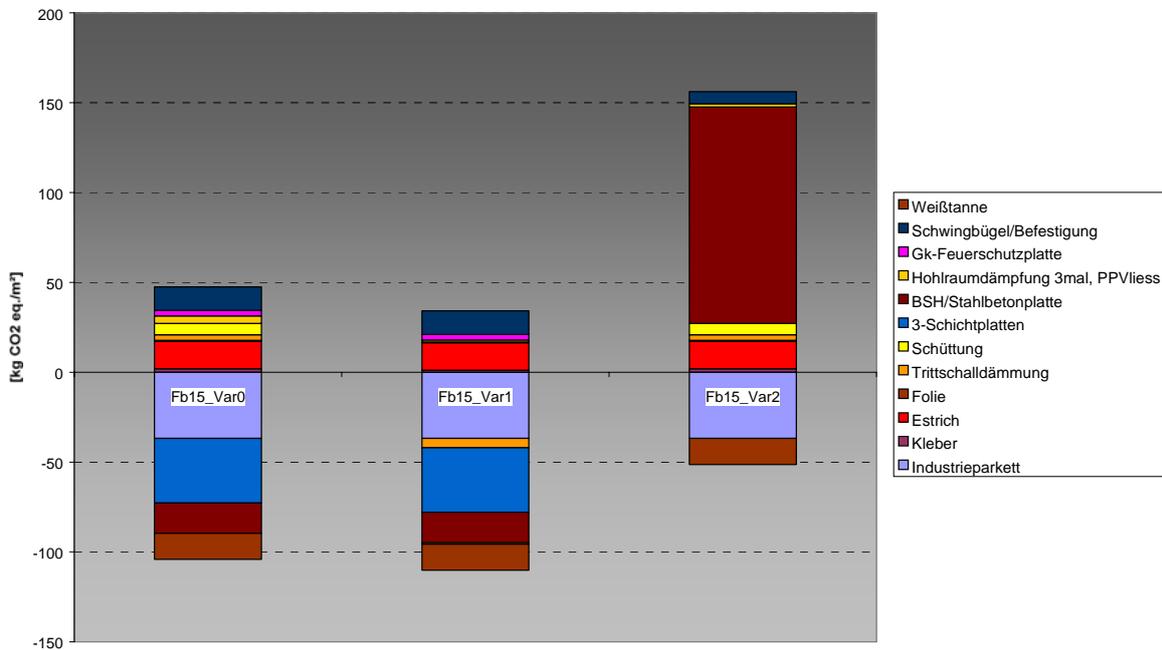


Abbildung 38: Variantenvergleich Zwischengeschossdecke

Die Ausführung ist eine Mischung zwischen der Ausgangsvariante Fb15_Var0 und der ökologisch optimierten Variante Fb15_Var1. Die Variante Fb15_Var2 stellt eine Massivbaukonstruktion dar, deren ökologische Kennwerte vor allem durch die Stahlbetonplatte geprägt sind. Dadurch ergibt sich für die Variante Fb15_Var2 ein ähnliches Bild, wie bei den vorher beschriebenen Bauteilen Bodenplatte, Kellerdecke und Zwischengeschossdecke. Hingegen wurde mit der Ausgangsvariante bereits eine relativ gute ökologische Bauteilkonstruktion vorgeschlagen. Die Reduktion der Umweltbelastungen ist durch die ökologisch optimierte Variante Fb15_Var1 nur noch mit rund 10% möglich, wobei das abgebildete GWP-Einsparungspotenzial mit ca. 30% am höchsten liegt. Auf dieser Basis erfolgte die Auswahl von Bauteilproduktalternativen zur ökologisch empfohlenen Variante Fb15_Var1 vor allem auf Grund technischer (zementgebundene anstatt verdichtete Perlite) Anforderungen und wirtschaftlicher (Mineralwolle- anstatt Weichfaser-Trittschalldämmung, (siehe Kapitel 4.5.2 Mehrkosten – bauteilspezifisch) Gesichtspunkte. Mit der Substitution der Mineralwolldämmung durch Schafwolldämmung wurde das größte Einsparungspotenzial im Bereich der Bauteilprodukte erzielt.

3.4.2.6 Zugang zu den Büros, Balkone

Tabelle 12: Aufbau Balkone

Variante 0 (Fb17)	Variante 1	Ausführung
Lattenrost	wie Variante 0	wie Variante 0
Querlattung	wie Variante 0	wie Variante 0
Punktuell Neoprenlager	wie Variante 0	wie Variante 0
Bitumenabdichtung 2-lagig	PE-Abdichtung verschweißt, darüber PP-Schutzvlies	FPO-Dachabdichtungsbahn (flexibles Polyolefine verschweißt)
Steinwolle-Trittschalldämmung	Holzfaser-Trittschalldämmung	wie Variante 0
EPS25	Perliteschüttung	
		FPO-Unterdachbahn (flexibles Polyolefine, verschweißt)
Aludampfsperre	wie Variante 0	
		3-Schichtplatte
Brettstapeldecke (BS11)	Massivholzplatte Holzdübel	Mineralwolle zw. Träger (Brettstapeldecke BS11)
3-Schichtplatte	wie Variante 0	wie Variante 0
		Alukaschierte Dampfbremse in Bereichen gegen Außenluft
Mineralwolle zwischen Schwingbügel	Schafwolle	Schafwolle zwischen Schwingbügel
GK-Feuerschutzplatte	Gipsfaserplatte ²	wie Variante 0
Mineralwolle zwischen Schwingbügel	Schafwolle	Schafwolle zwischen Schwingbügel
		PP-Vlies
Weißtanne	wie Variante 0	wie Variante 0

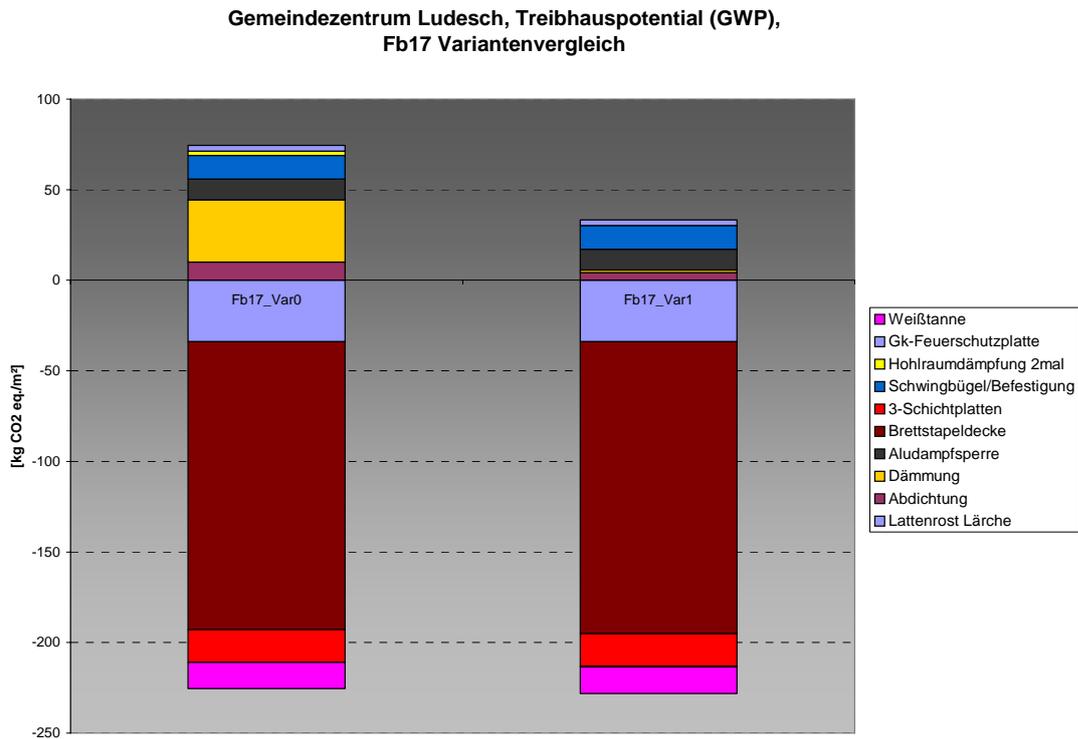


Abbildung 39: Variantenvergleich Balkone

Die Ausführung ist eine Mischung zwischen der Ausgangsvariante Fb17_Var0 und der ökologisch optimierten Variante Fb17_Var1. Wie auch im vorhergehenden Bauteil der Zwischengeschossdecke wurde mit der Ausgangsvariante bereits eine relativ gute ökologische Bauteilkonstruktion vorgeschlagen, wodurch sich hier ein analoges Bild ergibt, jedoch mit einem Reduktionspotenzial der Umweltbelastungen von rund 25 bis 35% und einem GWP-Einsparungspotenzial mit ca. 30%. Neben ökologischen Aspekten war die Bauproduktauswahl für die Ausführungsvariante maßgeblich durch technische Anforderungen bestimmt. Steinwolle anstatt einer Holzfaser-Trittschalldämmung wurde auf Grund der Anforderungen an den technischen Trittschall und Mineralwolle anstatt Zolulosedämmung zwischen den Trägern auf Grund von Verarbeitungsgrenzen der Zoluloseflocken (konnten nicht eingeblasen werden) vom Planungsteam gewählt. Die Auswahl der weiteren Bauprodukte entspricht im Wesentlichen der empfohlenen Variante Fb17_Var1.

3.4.2.7 Dach

Tabelle 13: Aufbau Dach

Variante 0 (Da1)	Variante 1	Ausführung
Bitumenbahn beschiefert	PE-Dichtungsbahn mech. befestigt	Bitumenbahn (2-lagig)
Bitumenbahn (2-lagig)	Holzschalung sägerau	Bitumenbahn (1-lagig) mech. befestigt
Steinwolleplatten in EPS-Gefälledämmung verklebt	Hinterlüftung	wie Variante 0
Aludampfsperre	Dachauflegebahn verschweißt diffusionsoffen	wie Variante 0
	Holz-Streuschalung	
	3-Schicht-Platten auf Balkenlage aufgedoppelt, dazw. Zellulose	
Holzschalung Fichte		wie Variante 0
Balkenlage S10	Balkenlage S10, dazw. Zellulose	Massivholzbalkenlage ^A
	Holzschalung	
	PE-Dampfbremse	
Mineralwolle zwischen Abhängung	Schafwolle zw. Abhängung	Schafwolle zw. Abhängung
PP-Vlies	wie Variante 0	wie Variante 0
Weißtanne	wie Variante 0	wie Variante 0

- A Aus statischen Gründen musste die Vollholzbalkenlage (sägerau) teilweise aus Brettschichtholz bzw. Leimbändern, 3S-Platten und metallischen Deckenaussteifungen ausgeführt werden (Haus C).

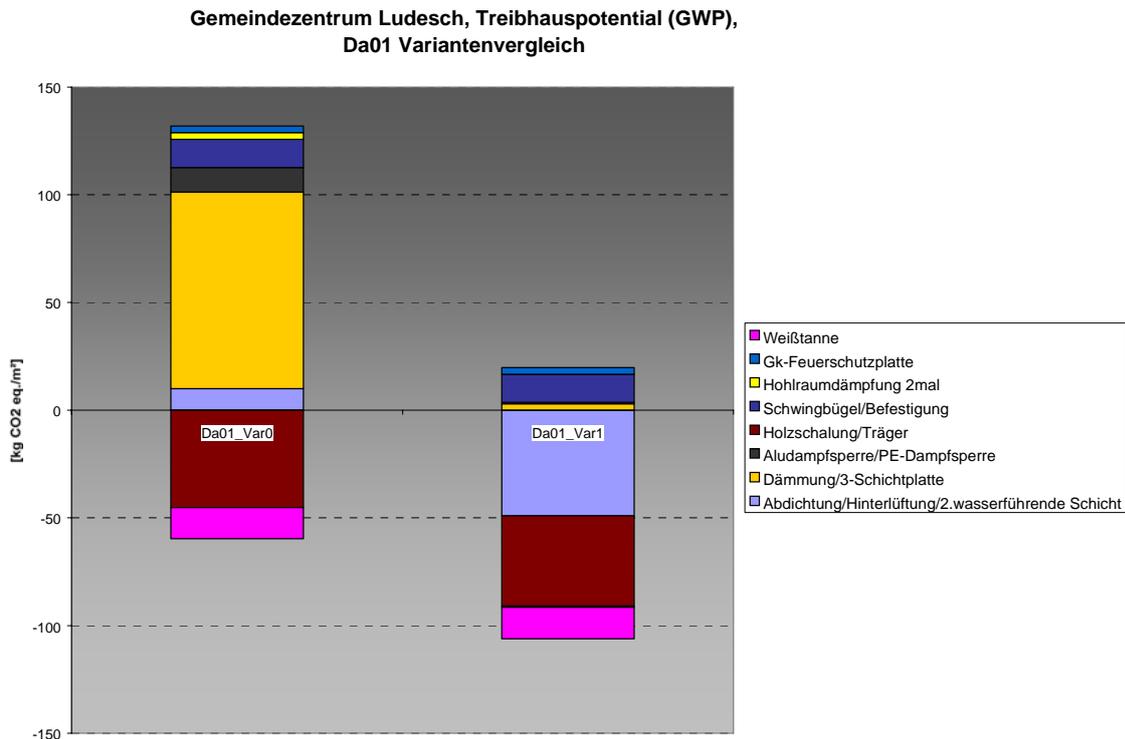


Abbildung 40: Variantenvergleich Dach

Die ökologisch optimierte Empfehlung ist ein hinterlüftetes Flachdach, wodurch eine Reduktion der Umweltbelastungen um ca. 70% bezüglich der Ausgangsvariante möglich ist, mit Ausnahme des Photosmogs, der durch Verwendung einer PE-Abdichtung deutlich erhöht ist. Auf Grund des hohen Einsatzes heimischen und regionalen Holzes liegt das dargestellte GWP-Einsparungspotenzial der Variante Da01_Var1 bezüglich der Ausgangsvariante Da01_Var0 sogar noch wesentlich höher bei rund 220%. Aus Kosten- und architektonischen Gründen entwickelte sich im Optimierungsprozess des Planungsteams als „beste Variante“ ein optimiertes Warmdach, das mit ein paar Abwandlungen dem Aufbau der Ausgangsvariante entspricht. Die ursprünglich angedachte Dachkonstruktion mit Deckenelementen (Multibox) konnte durch eine Vollholzbalkenlage (sägerau) mit Rauhspundschalung ökologisch optimiert werden.

3.4.3 Übersicht ökologisch motivierter Baumaßnahmen

Die folgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der Diskussionsergebnisse des Planungsteams aus der bauökologischen/-biologischen Bauteiloptimierung im Hinblick auf die ökologisch motivierten und umgesetzten Maßnahmen.

Tabelle 14: Übersicht ökologisch motivierter Maßnahmen

Standard	umgesetzte ökologische Alternative
Wandaufbauten	
GK-Bauplatte	Holzbeplankung aus regionaler Weißtanne
OSB-Platten	Weißtannen-Diagonalschalung (regionales Weißtannenvollholz), 3-Schichtplatten
Metalständer	Baulatten (regionales Weißtannenvollholz)
Mineralwolle-Dämmung	Schafwolle-Dämmung, Zelluloseflocken
Böden und Decken	
Kunstharz-Versiegelung	Naturöl-Versiegelung, Linoleum
Spanplatten	Industrieparkett
Mineralwolle	Schafwolle
2-lagige Bitumenabdichtung	Flexible Polyolefine verschweißt
EPS 25 Dämmplatten	Perliteschüttung
Brettschichtholz bzw. Leimbinder	Massivholzbalkenlage (sägerau)
Fenster und Türen	
Holz/Alu	Passivhaustaugliche Holzfenster und -türen aus regionaler Weißtanne
PU-Schaum (Ortschaum)	Stopfwolle (Schafwolle)
Allgemein	
PVC-Baustoffe	Polyolefine-Baustoffe, EPDM, Faserbetonleisten, verzinkte E-Trassen
Verklebte Befestigungen	Mechanische Befestigungen
Chemischer Holzschutz und Beschichtungen	Konstruktiver Holzschutz
Lösemittelhaltige Beschichtungen	Wasserverdünnbare Beschichtungen

3.5 Energiekennzahlen und Gebäudebewertung

3.5.1 Gebäudeenergiekennzahl

3.5.1.1 Gebäudestruktur

Auf Basis des architektonischen Entwurfs des Gesamtkomplexes, resultieren für die Berechnung autarke Gebäudekomplexe, welche mit den Benennungen „Haus A“, „Haus B“ und „Haus C“ definiert sind.

Die einzelnen „Häusern“ sind in sich nur im Kellergeschoss miteinander verbunden, wobei nur für das „Haus B“, beheizte Nutzerräume im Kellergeschoss zugeordnet werden können.

Aus bautechnischer Sicht sind die unbeheizten Lagerräume unter den Häusern A und C, thermischen voneinander getrennt.

Die Ausnahme bildet die verglaste Verbindungsbrücke im Bereich Haus B und Haus C, welche aber über eine Abtrennung mittels Türelement im Bereich Haus A verfügt und sich somit rechnerisch zuordenbar darstellt.

3.5.1.2 Berechnungsverfahren

Aufgrund der Komplexität des vorliegenden Projektes hinsichtlich Nutzung, anlagentechnischer Ausstattung und räumlicher Gliederung, sind für die Berechnung der Energiekennzahl auf Basis der vordefinierten U-Wert-Berechnung der Gebäudehüllenbauteile sinngemäß zwei unterschiedliche Berechnungsverfahren anwendbar.

3.5.1.3 Berechnung mittels PHPP 2005

Als Nachweis des Passivhaus-Standards wurde die Passivhausberechnung des Gemeindezentrums Ludesch mit dem Programm „Passiv-Haus-Projektierungs-Paket“ (PHPP) des Passivhaus- Institutes in Darmstadt durchgeführt.

Wesentlichstes Merkmal der Berechnung mittels dieses Projektierungspakets, stellt die Rückführung auf die Nettonutzfläche als Energiebezugsfläche im Vergleich zu anderen Berechnungsmethoden dar.

Weiters werden die anlagentechnisch, relevanten Daten wie Wirkungsgrade von heizungs-, Lüftungs- und Warmwasserbereitungen detailliert angeführt. Ebenso ist die Eingabe von Personenanzahlen für die Berechnung der internen Abwärmelasten.

Die zusammengefassten Gesamtergebnisse für jedes zuordenbare „Haus“ (A, B, C) sind aus den nachstehend angeführten Auswertungen ersichtlich.

Passivhaus Nachweis



Objekt:	Gemeindezentrum (Haus A)		
Standort und Klima:	Ludesch		Innsbruck
Straße:			
PLZ/Ort:	A- 6713 Ludesch		
Land:	Österreich		
Objekt-Typ:	Büro-Verwaltungsgebäude		
Bauherr(en):	Gemeinde-Immobilien-Verwaltungs GmbH & Co KEG		
Straße:	Raiffeisenstrasse 180		
PLZ/Ort:	6713 Ludesch		
Architekt:	Architekturbüro DI Hermann Kaufmann		
Straße:	Sportplatzweg 5		
PLZ/Ort:	A-6858 Schwarzach		
Haustechnik:	Synergy gmbh		
Straße:	Güttelestrasse 7a		
PLZ/Ort:	A-6850 Dornbirn		
Baujahr:	2005		
Zahl WE:	4		
Umbautes Volumen V_e :	870,0	m ³	
Personenzahl:	5,0		
Innentemperatur:	20,0	°C	
Interne Wärmequellen:	3,5	W/m ²	

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	290,0	m ²	
Verwendet:	Monatsverfahren		PH-Zertifikat: Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	12	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) <input checked="" type="checkbox"/>
Drucktest-Ergebnis:	0,50	h ⁻¹	0,6 h ⁻¹ <input checked="" type="checkbox"/>
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	110	kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a) <input checked="" type="checkbox"/>
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	29	kWh/(m ² a)	
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m ² a)	
Heizlast:	10,7	W/m ²	
Übertemperaturhäufigkeit:	11,2%	über	25 °C

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	278,4	m ²	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	29,7	kWh/(m ² a)	40 kWh/(m ² a) <input checked="" type="checkbox"/>
Anforderung:			Erfüllt?

Wir versichern, dass die hier angegebenen Werte nach dem Verfahren PHPP auf Basis der Kennwerte des Gebäudes ermittelt wurden. Die Berechnungen mit PHPP liegen diesem Antrag bei.

Ausgestellt am:

gezeichnet:

Passivhaus Nachweis



Objekt:	Gemeindezentrum (Haus B)		
Standort und Klima:	Ludesch		Innsbruck
Straße:			
PLZ/Ort:	A- 6713 Ludesch		
Land:	Österreich		
Objekt-Typ:	Büro-Verwaltungsgebäude		
Bauherr(en):	Gemeinde-Immobilien-Verwaltungs GmbH & Co KEG		
Straße:	Raiffeisenstrasse 180		
PLZ/Ort:	6713 Ludesch		
Architekt:	Architekturbüro DI Hermann Kaufmann		
Straße:	Sportplatzweg 5		
PLZ/Ort:	A-6858 Schwarzach		
Haustechnik:	Synergy gmbh		
Straße:	Güttelestrasse 7a		
PLZ/Ort:	A-6850 Dornbirn		
Baujahr:	2005		
Zahl WE:	15		
Umbautes Volumen V_e :	5334,0	m ³	
Personenzahl:	20,0		
Innentemperatur:	20,0	°C	
Interne Wärmequellen:	3,5	W/m ²	

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	1778,1	m ²	
Verwendet:	Monatsverfahren		PH-Zertifikat: Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	8	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) <input checked="" type="checkbox"/>
Drucktest-Ergebnis:	0,50	h ⁻¹	0,6 h ⁻¹ <input checked="" type="checkbox"/>
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	118	kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a) <input checked="" type="checkbox"/>
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	85	kWh/(m ² a)	
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m ² a)	
Heizlast:	7,4	W/m ²	
Übertemperaturhäufigkeit:	28,6%	über	25 °C

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	1706,9	m ²	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	88,2	kWh/(m ² a)	40 kWh/(m ² a) <input type="checkbox"/>
Anforderung:			Erfüllt?

Wir versichern, dass die hier angegebenen Werte nach dem Verfahren PHPP auf Basis der Kennwerte des Gebäudes ermittelt wurden. Die Berechnungen mit PHPP liegen diesem Antrag bei.

Ausgestellt am:

gezeichnet:

Passivhaus Nachweis



Objekt:	Gemeindezentrum (Haus C)		
Standort und Klima:	Ludesch		Innsbruck
Straße:			
PLZ/Ort:	A- 6713 Ludesch		
Land:	Österreich		
Objekt-Typ:	Büro-Verwaltungsgebäude		
Bauherr(en):	Gemeinde-Immobilien-Verwaltungs GmbH & Co KEG		
Straße:	Raiffeisenstrasse 180		
PLZ/Ort:	6713 Ludesch		
Architekt:	Architekturbüro DI Hermann Kaufmann		
Straße:	Sportplatzweg 5		
PLZ/Ort:	A-6858 Schwarzach		
Haustechnik:	Synergy gmbh		
Straße:	Güttelestrasse 7a		
PLZ/Ort:	A-6850 Dornbirn		
Baujahr:	2005		
Zahl WE:	10		
Umbautes Volumen V_e :	2538,0	m ³	
Personenzahl:	8,0		
Innentemperatur:	20,0	°C	
Interne Wärmequellen:	3,5	W/m ²	

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	846,1	m ²	
Verwendet:	Jahresverfahren		PH-Zertifikat: Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	11	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) ✓
Drucktest-Ergebnis:	0,50	h ⁻¹	0,6 h ⁻¹ ✓
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	62	kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a) ✓
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	27	kWh/(m ² a)	
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m ² a)	
Heizlast:	10,1	W/m ²	
Übertemperaturhäufigkeit:	0,0%	über	25 °C

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	812,2	m ²	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	27,9	kWh/(m ² a)	40 kWh/(m ² a) ✓
Anforderung:			Erfüllt?

Wir versichern, dass die hier angegebenen Werte nach dem Verfahren PHPP auf Basis der Kennwerte des Gebäudes ermittelt wurden. Die Berechnungen mit PHPP liegen diesem Antrag bei.

Ausgestellt am:

gezeichnet:

Bei der Auswertung zu beachten ist bei diesem Bauvorhaben, der etwas verfälschte Primärenergie-Kennwert für „WW, Heizung und Hilfsstrom“ bei Haus B. Dieser resultiert daraus, dass bei der Berechnung der Standort der Anlagenteile in der gemeinsamen Technikzentrale im Haus B zugrunde gelegt wurde – sich aber die Hilfsstromwerte eigentlich auf die Häuser A und C aufzugliedern sind.

Größte Problematik beim Berechnungsverfahren nach PHPP ist die fehlende Möglichkeit zur Eingabe komplexer Anlagentechnik mit definierten Nutzungszeiten. Gerade die Regelung von technischen Anlagen hinsichtlich Leistung, Nutzungszeit und Intervallen, ermöglicht es den Primärenergieverbrauch eines Gebäudes deutlich zu senken.

Aus diesem Grund, wurde die PHPP-Berechnung für den vergleichbaren Nachweis der Anlagen mit anderen Gebäuden erstellt, für die Projektierung der Gesamtanlage aber auf die detaillierte und dynamische Simulation mittels TRNSYS zurückgegriffen.

3.5.1.4 Berechnung mittels TRNSYS

Mittels eines Mehrzonenmodells wurde der gesamte Gebäudekomplex unter denselben Grundlagen wie bei der PHPP-Berechnung dynamisch simuliert, um die Energiekennzahl vergleichbar zu ermitteln.

Der Vergleich zeigt keine signifikanten Abweichungen der Ergebnisse für die „Energiekennzahl“ der jeweiligen Häuser:

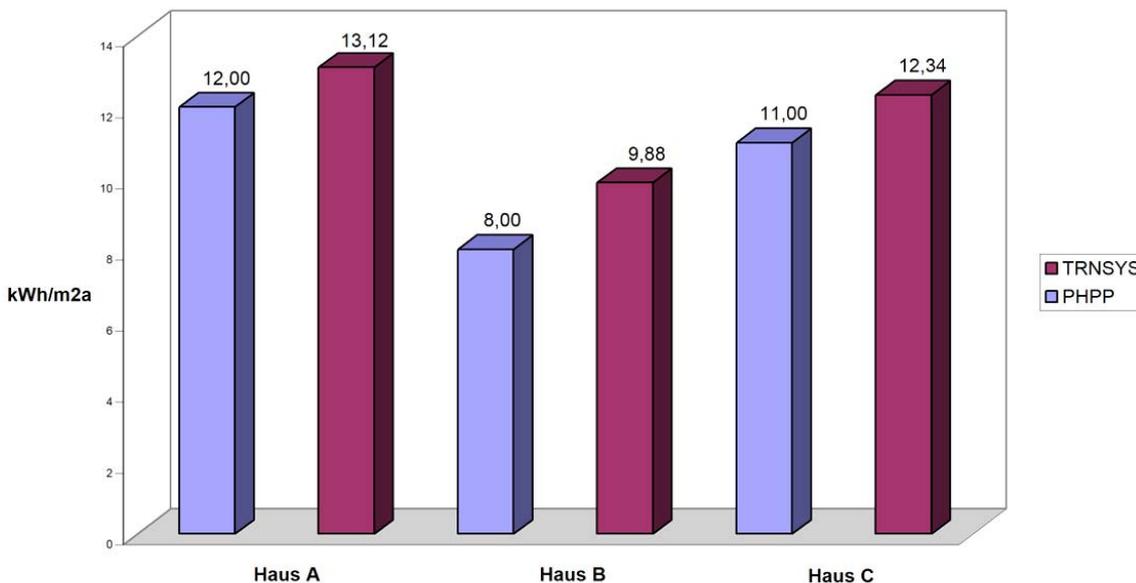


Abbildung 41: Vergleich der Energiekennzahl PHPP-TRNSYS

Die zuvor bereits beschriebene Problematik der PHPP-Berechnung hinsichtlich Berücksichtigung von komplexer Anlagentechnik, macht sich besonders bei der Auswertung des „Primärenergiekennwertes für WW, Heizung und Hilfsstrom“ bemerkbar.

Hier sind deutliche Unterschiede zwischen den Berechnungsverfahren aus nachstehender Grafik zu erkennen.

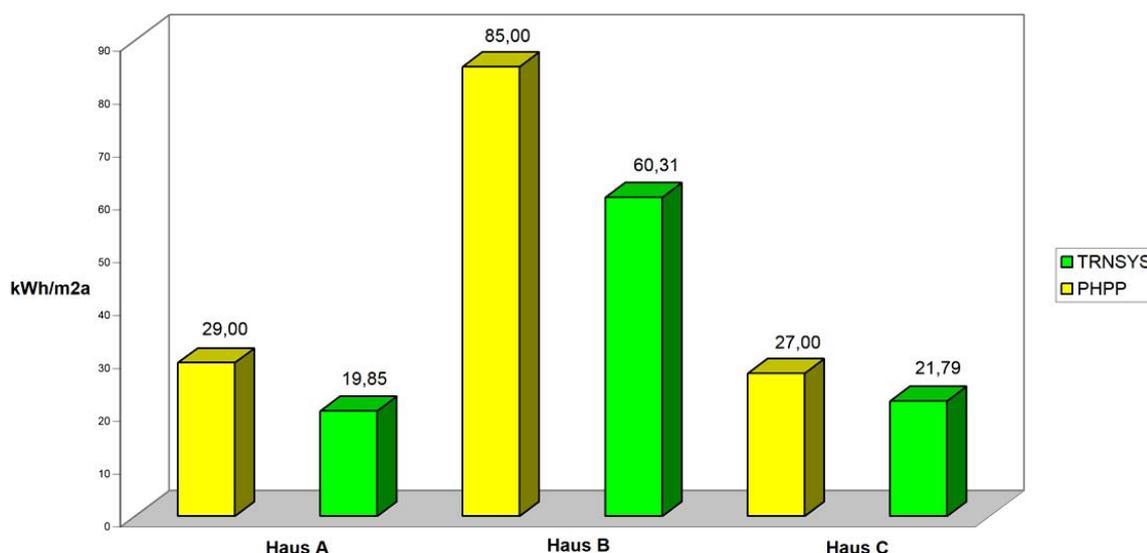


Abbildung 42: Vergleich der Primärenergiekennzahl PHPP-TRNSYS

Diese Unterschiede resultieren aus der Möglichkeit mit TRNSYS auch die Anlagentechnik mit entsprechenden Regelparametern dynamisch bei der Gesamtsimulation zu berücksichtigen.

Der Primärenergiekennwert stellt schlussendlich für den Betreiber der Anlage, den wichtigsten Wert dar, da dieser mittels geeigneter Zählereinrichtungen für Wasser, Strom, Wärme, etc. mit Gruppeneinteilungen durch eine zukünftige Energiebuchhaltung, die Betriebskosten definiert. Durch die Auswertung der im laufenden Betrieb erhaltenen Verbrauchswerte, ist eine Weiteroptimierung der Gesamtanlage und eine Analyse des Nutzerverhaltens möglich.

Ein starker Einflussfaktor stellt dabei die Nutzung der jeweiligen Bereiche dar, welcher im Vorfeld nur durch Annahmen theoretisch in die Berechnungen bzw. Simulationen einfließen kann. Beispielsweise sei hier die Betriebszeiten inkl. der Vorbereitungszeiten für das Cafe/Restaurant des Gebäudes oder Gemeindeveranstaltung im Bereich Veranstaltungsaal-Foyer-Bibliothek genannt.

Mehrere Workshops mit dem Bauherrn und Nutzer haben dazu beigetragen, zumindest grobe Anhaltswerte für die wöchentlichen Nutzungszeiten auch außerhalb der normalen Geschäftszeiten zu erhalten. Trotzdem ist mit einer mehr oder minder starken Abweichung der Primärenergiebedarfszahlen abhängig von den Betriebsstunden einzelner Nutzungsbereiche und Anlagen zu rechnen.

3.5.1.5 Besonderheit öffentlicher Gebäude

Das PHPP-Berechnungsmodell wurde für den Wohnbau entwickelt und ist für öffentliche Gebäude aufgrund unterschiedlicher Nutzungsanforderungen nur bedingt anzuwenden. Bislang sind allerdings in Österreich keine angepassten stationären Berechnungsmodelle verfügbar.

Übliche Nachweisberechnungen gehen von einem Frischluftwechsel zwischen 0,5 und 0,6 h⁻¹ aus, welcher zur Beheizung ausreichen muss. Für öffentliche Gebäude sind aus hygienischen Anforderungen höhere Luftwechsel notwendig (z.B. bei Versammlungsräumen). Der üblicherweise berechnete Primärenergiebedarf entspricht damit nicht dem tatsächlichen Bedarf.

3.5.2 Primärenergiebedarf

Der gemäß PHPP berechnete Primärenergiebedarf (ohne Haushaltsstrom) mit der sehr komplexen Anlagentechnik ist im Vergleich zu anderen realisierten Projekten sehr gering.

Zur Veranschaulichung wird ein Gebäude mit derselben Anlagentechnik wie das projektierte Passivhaus mit U-Werten gemäß den derzeitigen Standard der Vorarlberger Bautechnikverordnung verglichen.

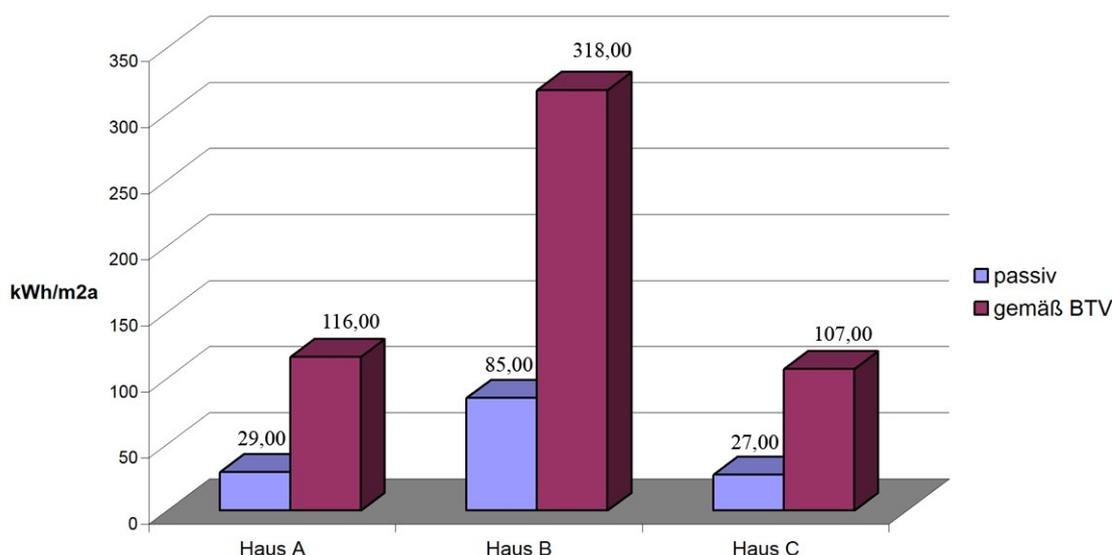


Abbildung 43: Vergleich der Primärenergiekennzahl Passivhausbauweise/Vorarlberger Bautechnikverordnung

Es ergeben sich Einsparungen im Primärenergieverbrauch zwischen 70 und 80%, welche sich für den Nutzer zukünftig mit deutlich geringeren Betriebskosten bemerkbar machen werden.

3.5.3 Kühlenergiebedarf

Die Anlagendimensionierungen gem. VDI ergibt eine erforderliche Kühllast von 42 kW für alle drei Häuser.

Dabei berücksichtigt sind interne Abwärmelasten von Geräten und Personen sowie die äußeren Lasten bei aktiviertem Sonnenschutz.

Durch das dynamische Simulationsverfahren wurde der Kühlenergieverbrauch für jeden Gebäudekomplex unter den oben genannten Randbedingungen der Lasteinträge bzw. Lasterträge ermittelt, welcher aus nachstehender Grafik zu entnehmen ist.

Es ergibt sich ein Gesamtenergieaufwand von 21.067 kWh/a, um eine maximale Raumtemperatur von 24 °C bei einer Außentemperatur von +32 °C zu erreichen.

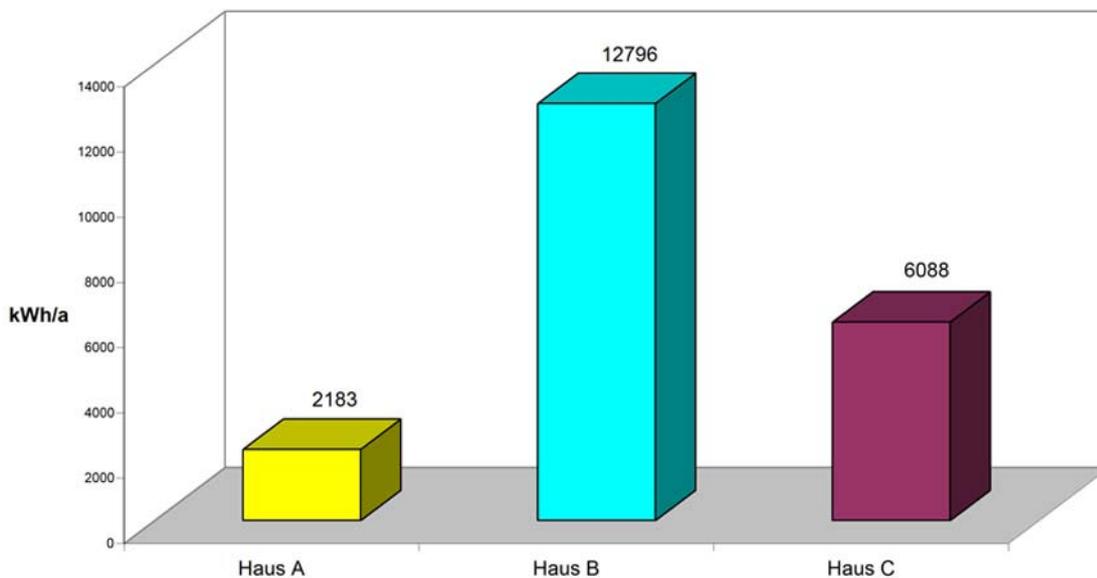


Abbildung 44: Kühlenergiebedarf pro Jahr

Für die Berechnung wurde eine durchschnittliche Personen- und Gerätebelegung der Räume angenommen.

In der Abbildung 45 wird die flächenspezifische Kühlenergie dargestellt. Aufgrund der unterschiedlichen Orientierung der Gebäude ergeben sich markante Unterschiede.

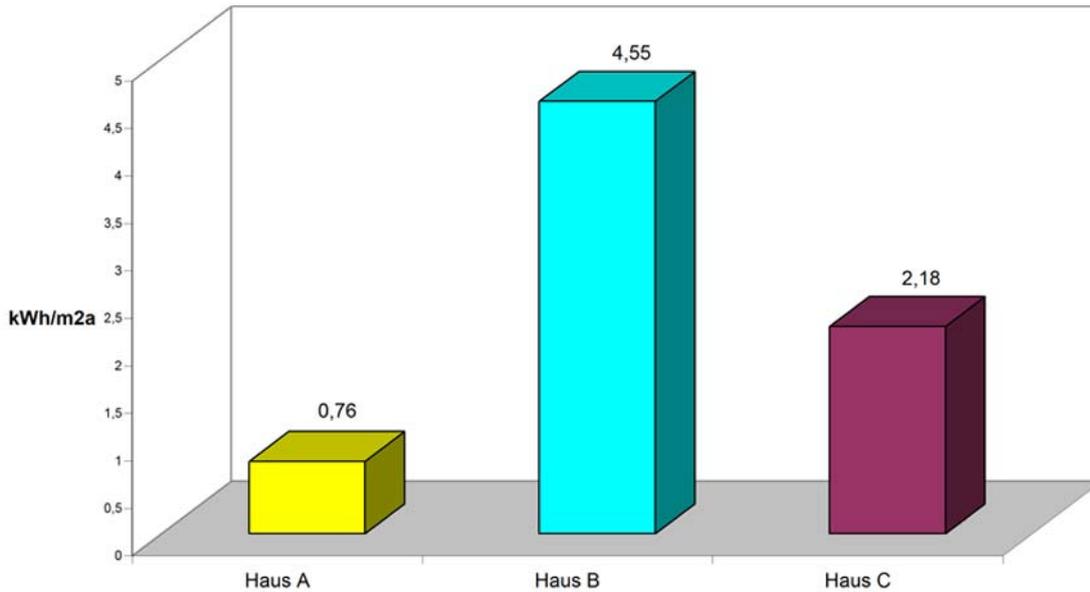


Abbildung 45: Flächenspezifischer Kühlenergiebedarf

Der Sonnenschutz wurde in Form von vorgehängten Screens mit hinterlüftetem Abstand zur eigentlichen Fassade ausgeführt. Diese Screens erlauben trotz Verschattung eine Blickdurchlässigkeit aus dem Innenraum. Die großflächigeren Verglasungen des Eingangsbereiches und Cafes sind gegen Norden ausgerichtet – dies erhöht zwar einerseits den Heizenergiebedarf, jedoch ergeben sich andererseits geringe Kühllasten und eine gute Tageslichtnutzung.

3.5.4 Primärenergieinhalt, Treibhauspotenzial und Versäuerung

In den nachstehenden Tabellen sind die Ökokennzahlen $PEI_{n.e.}$ (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar), GWP (Treibhauspotenzial) und AP (Versäuerung) für die jeweiligen Häuser A, B und C des Gemeindezentrums Ludesch dargestellt. Die ökologischen Kenndaten für die Berechnung der Ökokennzahlen werden vom Österreichischen Institut für Baubiologie und -ökologie (IBO) bereitgestellt und sind hier aus Gründen der Vergleichbarkeit in Bezug auf die beheizte Bruttogeschossfläche (BGF) ohne Keller dargestellt.

Tabelle 15: Ökokenndaten GMZ Ludesch – Haus A
OI3 - Klassifizierung
GMZ-Ludesch--Haus A

Standort: Ludesch		V_B	937,20 m ³	l_c	1,39 m	
		A_B	674,73 m ²	U_m	0,24 W/m ² K	
		BGF	312,40 m ³	KOF	830,91 m ²	
Bauteile	Fläche	PEI	GWP	AP		
	A	[MJ]	[kg CO2]	[kg SO2]		
	[m ²]					
AW03	AW01-Außenwand EG-OG-tragend	76,34	0,109	20.524,7	-1.317,4	8,6
AW04	AW02-Außenwand EG/OG n. hinterl	30,61	0,109	8.229,8	-528,2	3,4
AW05	AW03-Außenwand EG/OG Brüstung E	136,14	0,107	75.549,1	-14.567,1	32,5
AW08	AW05-Außenwand EG/OG -F90 hinte	31,54	0,103	29.897,7	-2.390,0	10,5
FD03	DA01-Dach hinterlüftet OG m.Ak	156,20	0,100	54.970,8	-4.404,2	22,0
EB08	FB09-Fußboden EG beheizt geg.	156,20	0,301	145.821,3	15.638,3	66,3
ZD01	FB10-Fußboden EG beheizt geg. UG beheizt	156,20		133.574,6	17.072,2	65,5
FE/TÜ	Fenster und Türen	87,70		50.110,3	870,1	37,3
Summe				518.678	10.374	246
		PEI (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar)	[MJ/m² KOF]	624,23		
		Ökoindikator PEI	OI PEI Punkte	12,42		
		GWP (Global Warming Potential)	[kg CO2/m² KOF]	12,48		
		Ökoindikator GWP	OI GWP Punkte	31,24		
		AP (Versäuerung)	[kg SO2/m² KOF]	0,30		
		Ökoindikator AP	OI AP Punkte	34,46		
		OI3-BGF (Ökoindikator)	OI3- BGF Punkte	69,27		
		OI3-BGF = (OI PEI + OI GWP + OI AP) / 3 * KOF / BGF				

Hinweis: Die OI3-BGF-Punkte werden für die Wohnbauförderung noch umgerechnet!

Tabelle 16: Ökokenndaten GMZ Ludesch – Haus B
OI3 - Klassifizierung
GMZ-Ludesch--Haus B

Standort: Ludesch		V_B	6.001,68 m ³	l_c	2,10 m	
		A_B	2.860,81 m ²	U_m	0,20 W/m ² K	
		BGF	2.000,56 m ³	KOF	3.951,14 m ²	
Bauteile	Fläche	PEI	GWP	AP		
	A	[MJ]	[kg CO2]	[kg SO2]		
	[m ²]					
AW01	AWU02-Wand gege. Erdreich-unbe	62,12	0,303	50.068,7	6.012,7	21,3
AW03	AW01-Außenwand EG-OG-tragend	67,29	0,109	19.747,7	-1.210,8	7,4
AW04	AW02-Außenwand EG/OG n. hinterl	141,01	0,109	41.171,7	-2.396,4	15,9
AW05	AW03-Außenwand EG/OG Brüstung E	152,92	0,107	93.014,7	-16.249,7	37,1
AW08	AW05-Außenwand EG/OG -F90 hinte	98,09	0,103	99.035,3	-7.337,9	33,2
AW09	AW08-Außenwand EG/OG tragend	29,77	0,103	14.661,0	-2.313,1	6,0
FD02	FB14b-Decke UG beheizt geg. au	160,20	0,290	139.703,5	15.539,1	56,8
FD03	DA01-Dach hinterlüftet OG m.Ak	586,16	0,085	336.447,3	-11.635,3	106,2
EB01	FB01-Fußboden UG geg. Erdreich	242,08	0,361	153.101,1	23.015,4	75,1
EB02	FB02-Fußboden UG geg. Erdreich	586,16	0,173	607.245,3	52.800,6	242,2
EW01	AWU01 Wand geg. Erdreich-behei	403,03	0,174	259.914,0	34.211,4	118,0
ZD01	FB10-Fußboden EG beheizt geg. UG beheizt	586,16		453.659,1	55.727,7	224,7
ZD04	FB15-Fußboden OG/EG	586,16		264.138,4	-17.527,5	102,7
FE/TÜ	Fenster und Türen	331,98		193.763,8	3.412,6	145,4
Summe				2.725.672	132.049	1.192
PEI (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar)			[MJ/m² KOF]	677,16		
Ökoindikator PEI			OI PEI Punkte	17,72		
GWP (Global Warming Potential)			[kg CO2/m² KOF]	32,75		
Ökoindikator GWP			OI GWP Punkte	41,37		
AP (Versäuerung)			[kg SO2/m² KOF]	0,30		
Ökoindikator AP			OI AP Punkte	34,37		
OI3-BGF (Ökoindikator)			OI3- BGF Punkte	61,52		
OI3-BGF = (OI PEI + OI GWP + OI AP) / 3 * KOF / BGF						

Hinweis: Die OI3-BGF-Punkte werden für die Wohnbauförderung noch umgerechnet!

Tabelle 17: Ökokenndaten GMZ Ludesch – Haus C
OI3 - Klassifizierung
GMZ-Ludesch--Haus C

Standort: Ludesch		V_B	2.016,00 m ³	l_c	2,34 m	
		A_B	863,14 m ²	U_m	0,31 W/m ² K	
		BGF	672,00 m ³	KOF	1.199,07 m ²	
Bauteile	Fläche	PEI	GWP	AP		
	A	[MJ]	[kg CO2]	[kg SO2]		
	[m ²]					
AW01	AWU02-Wand gege. Erdreich-unbe	-4,69	0,355	-2.585,0	-267,0	-1,3
AW03	AW01-Außenwand EG-OG-tragend	1,76	0,109	696,1	-21,4	0,3
AW05	AW03-Außenwand EG/OG Brüstung E	88,40	0,107	62.928,1	-8.960,8	24,6
AW06	AW04-Außenwand EG/OG -tragend	54,87	0,107	39.059,5	-5.562,0	15,3
AW09	AW08-Außenwand EG/OG tragend	147,54	0,103	87.931,4	-10.749,1	34,8
FD03	DA01-Dach hinterlüftet OG m.Ak	336,00	0,098	262.967,2	-8.220,9	71,9
ZD01	FB10-Fußboden EG beheizt geg. UG beheizt	672,00		571.483,4	73.636,1	280,3
FE/TÜ	Fenster und Türen	239,26		139.930,7	2.519,7	104,5
Summe				1.162.411	42.374	530
PEI (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar)		[MJ/m ² KOF]		731,13		
Ökoindikator PEI		OI PEI Punkte		23,11		
GWP (Global Warming Potential)		[kg CO2/m ² KOF]		4,63		
Ökoindikator GWP		OI GWP Punkte		27,32		
AP (Versäuerung)		[kg SO2/m ² KOF]		0,33		
Ökoindikator AP		OI AP Punkte		46,18		
OI3-BGF (Ökoindikator)		OI3- BGF Punkte		57,46		
OI3-BGF = (OI PEI + OI GWP + OI AP) / 3 * KOF / BGF						

Hinweis: Die OI3-BGF-Punkte werden für die Wohnbauförderung noch umgerechnet!

Um eine Vergleichbarkeit der Ökokennzahlen zu erreichen, werden diese anstatt auf die Konstruktionsoberfläche (KOF) auf die beheizte Bruttogeschossfläche (BGF) ohne Keller bezogen. Wird der Primärenergieinhalt (verbaute Energie) in Relation zum Heizwärmebedarf gesetzt, muss zusätzlich für den Primärenergieinhalt $PEI_{n.e.}$ der Bilanzierungszeitraum, die Gebäudelebensdauer, eingerechnet werden. Die Gebäudelebensdauer³ wird mit 80 Jahren berücksichtigt.

Daraus ergibt sich ein $PEI_{n.e.}$ (verbaute Energie) von 5,4 kWh/m²aBGF für das Gemeindezentrum Ludesch (ohne Keller). Berücksichtigt man zusätzlich das Kellergeschoss ergibt sich ein $PEI_{n.e.}$ von etwa 11 kWh/m²aBGF.

Betrachten wir das eingangs formulierte Ziel, den Primärenergieinhalt (verbaute Energie) herkömmlicher Passivhäuser von 29 kWh/m²aBGF zu halbieren, wurde dieses Ziel beim Gemeindezentrum Ludesch übererfüllt.

Die nachstehende Graphik zeigt das Ergebnis der bauökologischen/-biologischen Bauteiloptimierung (siehe Kapitel 4.3) auf der Berechnungsbasis des nachstehenden Gebäudeausweises im Hinblick auf Heizwärmebedarf und verbauter Energie im Vergleich zu herkömmlichen Passivhäusern und Standardneubauten in der Verwaltung⁴. Die Graphik zeigt sehr anschaulich, dass trotz energieeffizienter Bauweise, die zusätzliche Wärmedämmmaßnahmen erfordert und dadurch eine Zunahme der verbauten Energie erwarten lässt (vgl. verbaute Energie herkömmlicher Passivhäuser), eine Reduzierung der verbauten Energie möglich ist. Dieses Ergebnis zeigt sehr anschaulich das bauökologische Verbesserungspotenzial als Erfolg der bauökologischen Bauteiloptimierung. Ähnliche Erfolge zeigen das Treibhauspotenzial (GWP) und die Versäuerung (AP).

³ Ein Gebäude wird linear über einen Zeitraum von 80 Jahren auf 25% des Ausgangswertes (ökologischer Sockelbetrag) abgeschrieben.

⁴ Referenzgebäude: Gleiche Geometrie und Dämmstandard wie das ausgeführte Gebäude aber mit folgenden Baustoffen und Konstruktionen: Massivbau mit Außenwänden aus Stahlbeton mit EPS, Decken und Zwischendecken aus Stahlbeton, Unterste Geschossdecke aus Stahlbeton mit XPS, Dach aus Stahlbeton mit EPS und Fensterrahmen aus PVC [ÖKI].

Ökostufe 1: Durchschnittskennndaten von beispielhaften Wohnanlagen gemäß der Vorarlberger Wohnbauförderung 2004, Ökostufe 1, berechnet vom Büro Spektrum GmbH.

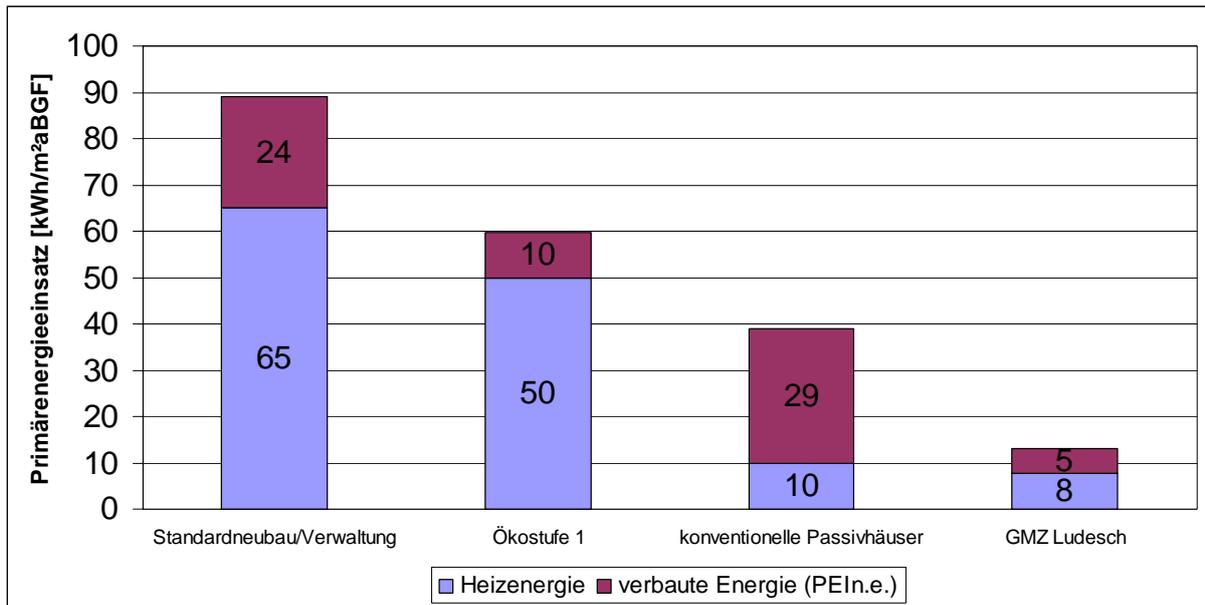


Abbildung 46: Ökokennzahlen – Primärenergiebedarf GMZ Ludesch (Haus A, B und C – ohne Keller) im Vergleich

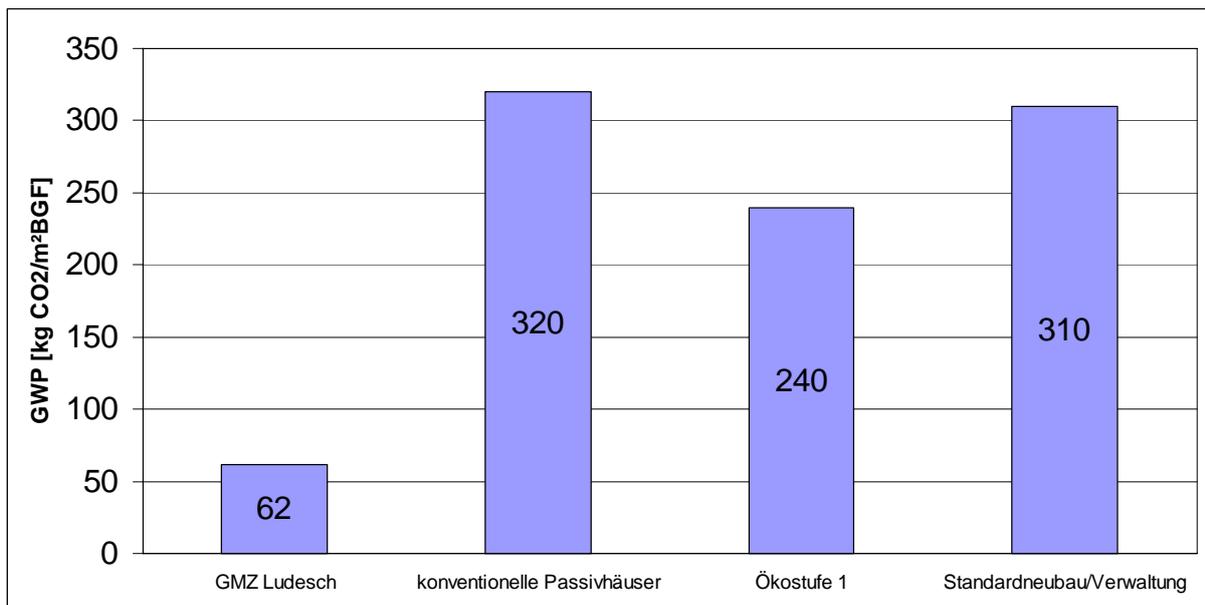


Abbildung 47: Ökokennzahlen – Treibhauspotenzial GMZ Ludesch (Haus A, B und C) im Vergleich

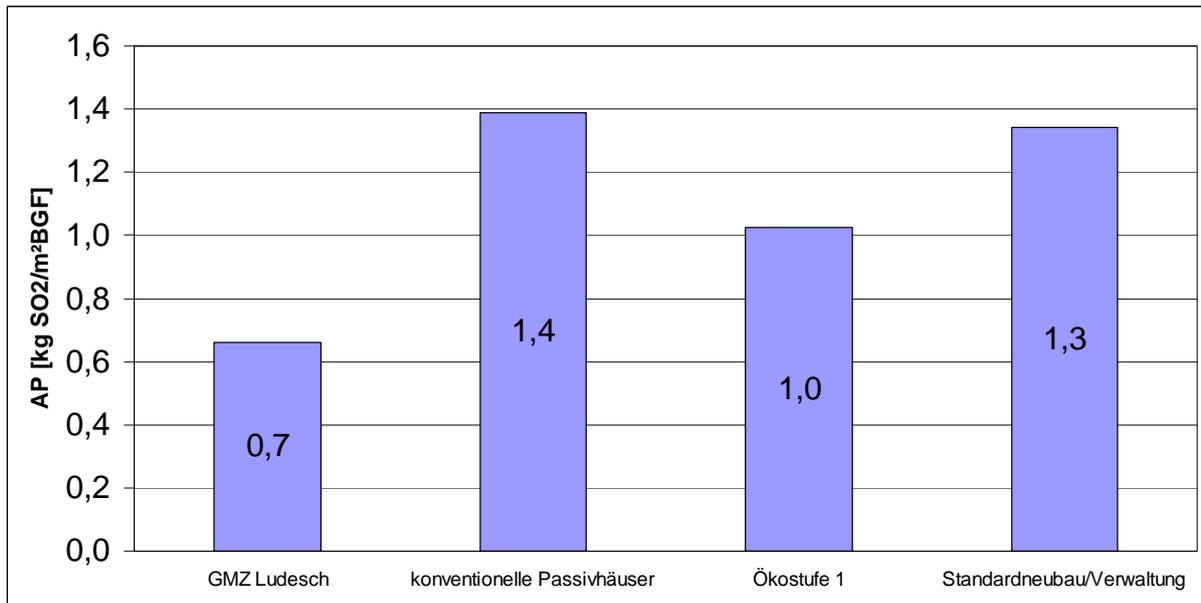


Abbildung 48: Ökokennzahlen - Versäuerung GMZ Ludesch (Haus A, B und C) im Vergleich

3.5.5 OI3-Indikator

Bei der OI3-Bewertung werden die Baustoffe bzw. Baukonstruktionen stufenkumuliert bis Zeitpunkt „Produkt ab Werk“ bilanziert. Es werden somit alle vorgelagerten Prozesse bis zum auslieferfertigen Produkt berücksichtigt.

Der Ökoindex 3 beurteilt die ökologische Materialqualität im Hinblick auf

- Primärenergieinhalt (PEI_{ne}) – Herstellungsenergie nicht erneuerbarer Primärenergie (verbaute Energie)
- Treibhauspotenzial (GWP) – Globale Erwärmung durch Treibhausgase
- Versäuerungspotenzial (AP) – Regional wirksam auf Böden, Wald, Gewässer, etc.

Die Öko-Kennzahlen werden jeweils zu 1/3 gewichtet (quantitative Bewertung) und auf einen Wertebereich von 0 bis 100 Punkte abgebildet. Je niedriger der Wert, desto weniger belastet das Gebäude die Umwelt. Für Werte des PEI_{ne} ≤ 500 MJ/m², GWP ≤ -50 CO₂eq/m² und AP ≤ 0,21 SO₂eq/m² werden 0 Punkte vergeben, für Werte des PEI_{ne} ≥ 1.500 MJ/m², GWP ≥ 150 CO₂eq/m² und AP ≥ 0,46 SO₂eq/m² werden die max. 100 Punkte vergeben.

Der Ökoindex 3 ist im Gebäudeausweis der Vorarlberger Wohnbauförderung integraler Bestandteil. Im Gebäudeausweis (siehe Kapitel 3.5.6) wird mit einer linearen Funktion dieser Wertebereich auf 0 bis 25 Punkte umgerechnet, wobei hier der höchste Wert, die geringste Umweltbelastung darstellt.

Der OI3-Indikator wird wie auch der HWB (Heizwärmebedarf) im Energieausweis auf die Bruttogeschossfläche⁵ bezogen, wobei auch die Zwischengeschossdecken berücksichtigt werden. Das Bewertungsverfahren ist im OI3-Leitfaden des Österreichischen Instituts für Baubiologie und Bauökologie in Wien (IBO, www.ibo.at) detailliert beschrieben.

Zur verständlicheren Darstellung der Ökokennzahlen sind nachstehend die OI3-BGF Punkte auf die OI3-Bewertung (0 – 100 Punkte)⁶ für das Gemeindezentrum Ludesch dargestellt:

Gemeindezentrum Ludesch	OI3-Indikator = 30,65 Punkte
Haus A	OI3-Indikator = 26,04 Punkte
Haus B	OI3-Indikator = 31,15 Punkte
Haus C	OI3-Indikator = 32,20 Punkte

Betrachten wir das Ziel, den ökologischen Herstellungsaufwand (spezifisches Treibhauspotenzial, Primärenergieinhalt, Versäuerung) zumindest auf die Hälfte gegenüber nicht optimierten Gebäuden zu senken und vergleichen damit den OI3-Indikator mit konventionellen Gebäuden⁷, die einen OI3-Indikator von mehr als 90 - 100 aufweisen, wurde eine Reduktion von bis zu ca. 70 % erreicht.

Würden z.B. die ökologisch vorteilhaftesten Bauteilvorschläge der Innen- oder Außenwände mit dem OI3-Indikator bewertet, wären 0 Punkte erreicht. In den erzielten Punkten zeigt sich daher vor allem der Einfluss der Stahlbetonteile der Fundamentplatten bzw. des betonierten Kellers. Im Gegensatz zum Herstellungsaufwand von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen sind die Zement- und Stahlherstellungsprozesse sehr energieintensiv mit einer Reihe an Nebenprodukten (Abgase, Abwässer, Abfälle, etc). Der relativ niedrige OI3-Indikator zeigt auf der einen Seite einen relativ sparsamen Einsatz von Betonbauteilen und natürlich auf der anderen Seite die optimierten Ergebnisse aus dem Planungsteam (siehe Kapitel 4.3 Bauökologische/-biologische Bauteiloptimierung).

⁵ Berechnung der Energiekennzahl nach OIB (Österreichisches Institut für Bautechnik, <http://www.oib.or.at>)

⁶ OI3-Bewertung (0–100 Punkte) = (OI PEI + OI GWP + OI AP)/3 bzw. OI3-BGF Punkte x (BGF/KOF)
BGF – Bruttogeschossfläche
KOF – Konstruktionsoberfläche

⁷ Referenzgebäude: Gleiche Geometrie und Dämmstandard wie das ausgeführte Gebäude aber mit folgenden Baustoffen und Konstruktionen: Massivbau mit Außenwänden aus Stahlbeton mit EPS, Decken und Zwischendecken aus Stahlbeton, Unterste Geschossdecke aus Stahlbeton mit XPS, Dach aus Stahlbeton mit EPS und Fensterrahmen aus PVC [ÖKI].

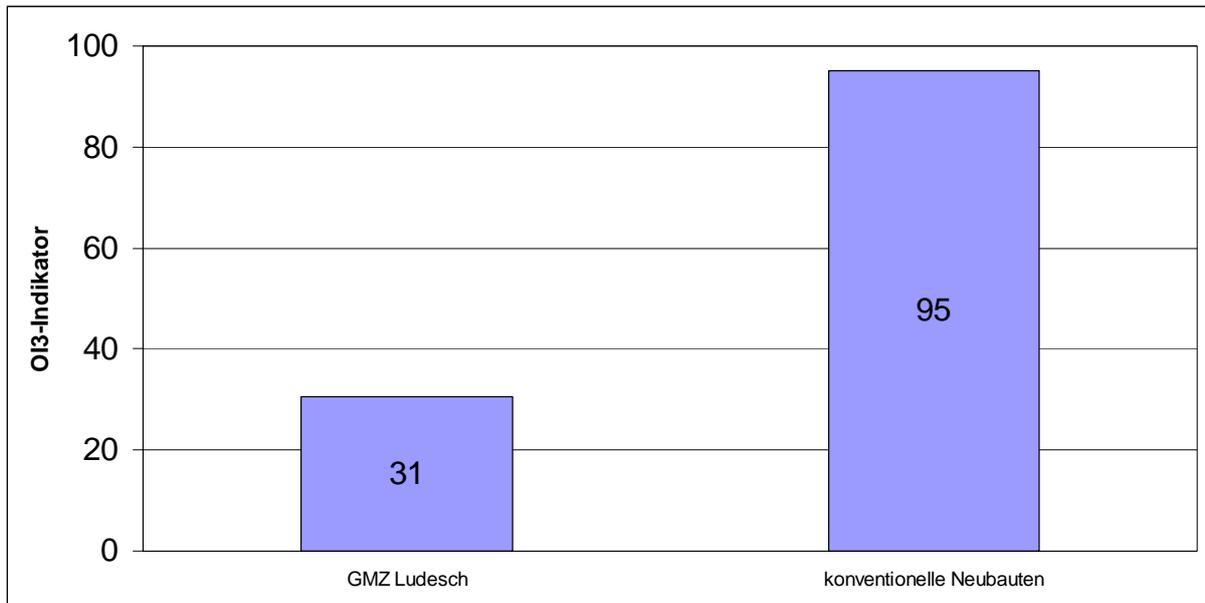


Abbildung 49: OI3-Indikator GMZ Ludesch (Haus A, B und C) im Vergleich mit Standardneubauten

3.5.6 Gebäudeausweis

In Vorarlberg wird anhand des Gebäudeausweises der Vorarlberger Wohnbauförderung die ökologische Qualität eines Gebäudes bewertet. Der Energieausweis⁸ sowie eine ökologische Beurteilung der Materialien⁹ (siehe Kapitel 3.5.5 OI3-Indikator) ist Teil des Gebäudeausweises.

Der ökologische Gebäudeausweis ist „auf 5 Säulen“ mit 50 Maßnahmen (siehe nachstehende Abbildungen) von der Planung bis zur Umsetzung aufgebaut.

⁸ Die Ausstellung des Energieausweises ist durch die Gebäude-Richtlinie der europäischen Union geregelt und in der Wohnbauförderung des Landes Vorarlberg verankert.

⁹ Die Öko-Kennzahlen der ökologischen Beurteilung werden jeweils zu 1/3 gewichtet (quantitative Bewertung) und auf einen Wertebereich von 0 bis 100 Punkte abgebildet. Je niedriger der Wert, desto weniger belastet das Gebäude die Umwelt. Im Gebäudeausweis wird mit einer linearen Funktion dieser Wertebereich auf 0 bis 25 Punkte umgerechnet, wobei hier der höchste Wert, die geringste Umweltbelastung darstellt.

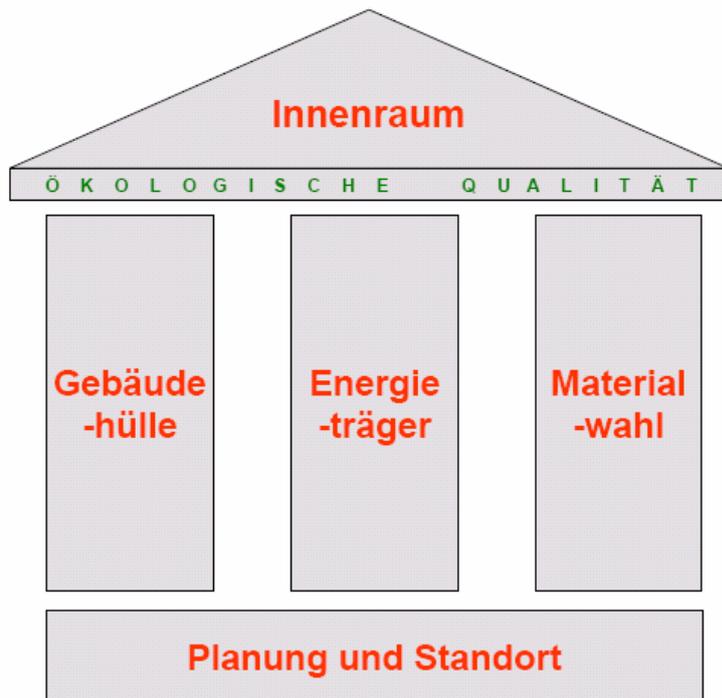


Abbildung 50: Themenschwerpunkte der Vfbg. Wohnbauförderung

Detailliertere Informationen über den Gebäudepass sind per Internet beim Land Vorarlberg, Abteilung III d – Wohnbauförderung (<http://www.vorarlberg.at>) oder beim Energieinstitut Vorarlberg (<http://www.energieinstitut.at>) unter „Ökologischer Gebäudeausweis“ abrufbar.

Um eine Vergleichbarkeit des Mehrzweckgebäudes (Gemeindeamt, Café, MZR, Bücherei, Spielgruppe, Geschäfte, Büros und Vereinsräumlichkeiten) „Gemeindezentrums Ludesch“ mit anderen Vorarlberger Wohnbauten bzw. um eine Anpassung an den Gebäudeausweis der Vorarlberger Wohnbauförderung herzustellen, wurde der Heizwärmebedarf (Energiekennwert Heizwärme) der PHPP-Berechnung (siehe Kapitel 3.5.1.3), der sich auf die beheizte Nettogeschossfläche bezieht, auf die Bruttogeschossfläche umgerechnet. Daraus ergibt sich ein vergleichbarer Heizwärmebedarf für den Gebäudeausweis von rund 8 kWh/m²aBGF. Mit diesem Heizwärmebedarf, den OI3-Punkten (siehe Kapitel 3.5.5) und den umgesetzten Maßnahmen werden mit der Vorarlberger Wohnbauförderung 2006 294 von 300 Ökopunkten erzielt.

Dieses Ergebnis zeigt wiederum, dass das projektierte Gemeindezentrum Ludesch im Gesamten eine sehr gute ökologische Qualität aufweist. Objekte, die über 150 Punkte erreichen, entsprechen der höchsten Ökoförderstufe (Ökostufe 2).

Knapp 10 % der geförderten Wohnbauten erreichten im Jahr 2005 dieses Ziel. Aus dem nachstehenden ökologischen Maßnahmenkatalog sind die noch letzten zwei möglichen „i“- (Öko)Punkte ersichtlich. Diese Maßnahmen konnten auf Grund der Gebäudestruktur und –konzeptes (Regenwassernutzung oder Dachbegrünung, siehe Kapitel 4.3.9 Abdichtungen), fehlender technischer Alternativen (PVC-freie Fenster, Türen, Rolläden - Sonnenschutz, siehe Kapitel 4.4.1 Angebotsprüfung) oder erst

angedachter Aktivitäten in naher Zukunft (Beteiligung an Car-Sharing-Modell – Autoteilen) noch nicht umgesetzt werden.

Abbildung 51: VWBF-Maßnahmenkatalog A-C f. Gemeindezentrum Ludesch (Haus A, B und C)

ÖKOLOGISCHER MASSNAHMENKATALOG A - C ZUR WBF 2006

A Planung - Berhaglichkeit und Funktionalität			12
1	Planung durch befugten Gebäudeplaner	4	x 4
2	Planung durch befugten Haustechnikplaner	2	x 2
3	Vermeidung sommerlicher Überwärmung	2	x 2
4	Vermeidung von Wärmebrücken	2	x 2
5	Luftdichte Gebäudehülle (Luftdichtigkeitsmessung)	2	x 2
A Standort - Flächen- und Grundbedarf			10
6	Nach- und Ortskernverdichtung, Umnutzung bestehender Bausubstanz	2	x 2
7	Qualität der Infrastruktur (Nähe zu Schule, KiGa, ÖPNV,...)	2	x 2
8	Fahrradabstellplatz - überdacht, absperrbar, einfach zugänglich (TG 3 Pkt.)	6	x 6
9	Beteiligung an Car-Sharing-Modell - Autoteilen	2	-
B Energie - Heizwärmebedarf			100
1	Heizwärmebedarf - Ökopunkte lt. Tabelle 2	0-100	100
C Haustechnik - Energieversorgung			25
1	Fossile Energieträger (Öl, Gas) mit Brennwertechnologie, keine Kohle- und Stromwiderstandsheizung	Muss Ö1+2	x 0
2	Reduktion lokaler Luftschadstoffe	3	x 3
3	Wärmepumpe monovalent als Zentralheizung	15	-
4	Biomasseheizung oder Anschluss an Biomasse-Nahwärme, Abwärmenutzung	22	x 22
C Haustechnik - Wärmeverteilung, Warmwasserbereitung			50
5	Niedertemperaturverteilssystem	5	x 5
6a	Warmwasserspeicher optimiert 15 cm Dämmung	4	x 4
6b	Verteilssystem optimiert	4	x 4
7	Warmwasserbereitung mit Zentralheizung im Winter	2	x 2
8	Solare Warmwasserbereitung	16	x 16
9	Solare Heizungseinbindung	4	x 4
10	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung	15	x 15
C Haustechnik - Wasser und elektrische Energie			6
11	Bodenversiegelung max 5 m ² je Wohneinheit	1	x 1
12	Entwässerung von Niederschlagswasser - Flächenversickerung, Sickerschächte	2	x 2
13	Regenwassernutzung oder Dachbegrünung	2	-
14	Haushaltsgeräte Energieklasse A (min. 2 Stk.)	1	x 1
15	Energiesparende Beleuchtung im Außenbereich und Erschließungszonen	2	x 2

Abbildung 52: VWBF-Maßnahmenkatalog D-E f. Gemeindezentrum Ludesch (Haus A, B und C)

ÖKOLOGISCHER MASSNAHMENKATALOG D - E ZUR WBF 2006

D Materialwahl - Ökologische Bewertung			38	
1	HFKW- hältige Wärmedämmstoffe für Gebäude, Haustechnik (inkl. Montageschaum)	Muss WBF	x	-
2	Rückbau von HF(C)KW- hältigen Wärmedämmstoffen - inkl. sachgerechter Entsorgung	2	x	2
3	PVC-freie Fenster, Türen, Rolläden	6	x	6
4	PVC-freie Kellerfenster, Türen, Lichtschächte	3	x	3
5	PVC- und halogenfreie Elektroinstallationen (Teilausführung 3 Pkt.)	6	x	6
6	PVC-freie Abwasserrohre und Wanddurchführungen im Erdreich	4	x	4
7	PVC-freie Wasser-, Abwasser-, Zu- und Abluftrohren im Gebäude	Muss Ö1+2	x	0
8	PVC-freie Abdichtungsbahnen	Muss Ö1+2	x	0
9	PVC-freie Fußböden, Randleisten und Tapeten	Muss Ö1+2	x	0
10	PU-freie Wärmedämmplatten	2	x	2
11	Wärmedämmung der Anschlussfugen mit Stopfmaterialien, Dichtungsbändern	3	x	3
12	Verputz mit max. 6% Kunststoffanteil, Kleber zementgebunden	2	x	2
13	Fassadenanstriche lösemittel- und biozidfrei	2	x	2
14	Bitumenvoranstriche lösemittelfrei	3	x	3
15	Holz aus der Region	5	x	5
16	Holz aus Primärwald nur zertifiziert zulässig (Tropen, Nord- und Südamerika, Asien, Afrika)	Muss Ö1+2	x	-
D Materialwahl - Ökoindex 3				20
17	Ökologische Beurteilung der Materialien	1-22		20
D Materialwahl - Lebensdauer und Wartung				23
18	Barrierefreies Bauen	15	x	15
19	Teilbarkeit der Wohnung	4	x	4
20	Witterungsbeständigkeit von Fassade und Fenster	3	x	3
21	Haustechnische Installationen leicht zugänglich	1	x	1
E Innenraum - Emissionsfrei				10
1	Verlegewerkstoffe emissionsfrei	2	x	2
2	Fußboden-Oberflächenbehandlung max. 8% Lösemittel, aromatenfrei	2	x	2
3	Wand- und Deckenanstriche, Tapetenkleber lösemittel, biozid- und weichmacherfrei	2	x	2
4	Metall- und Holzanstriche max. 5% Lösemittel, aromatenfrei	2	x	2
5	Elektrobiologische Hausinstallation	2	x	2
Ökologische Gebäudequalität				294
Ökopunkte Gesamt				300

3.6 Ausschreibung und Angebotsprüfung

3.6.1 „Ökologische“ Ausschreibung

Als Grundlage der Detailplanung zur ökologischen Bauteiloptimierung und ökologischen Ausschreibung dienten die Planungsinstrumente „IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog“ [PB 2004] und „Ökoleitfaden: Bau“ [ÖLB 2000]. Diese Planungsinstrumente ermöglichten bereits in der Entwicklungsphase allfällige Schwachstellen und Unzulänglichkeiten zu vermeiden und eine gezielte Optimierung durchzuführen.

Bei der Erstellung des Leistungsverzeichnisses bzw. der Ausschreibung wurden die ökologischen Kriterien „Verzicht auf gefährliche und/oder ökologisch bedenkliche

Stoffe“ aus dem „Ökoleitfaden: Bau“ als Verzichtskriterien übernommen. Neben diesen Kriterien wurden ergänzend zusätzliche Kriterien zu verschiedenen Produkten entsprechend den Ergebnissen der Bauteiloptimierungen und nach Empfehlungen des „Ökoleitfaden: Bau“ festgelegt („Ökologische Kriterien zur Materialauswahl“). (siehe Anhang 8.2 Ausschreibungstexte - „Ökologische Ausschreibungsergänzungen am Beispiel Holzfenster“)

Die für den Nachweis der Konformität mit den Ausschreibungskriterien beizubringenden Unterlagen wurden in den Ausschreibungskriterien angeführt. Die Bieter wurden aufgefordert, eine Produkt-Deklarationsliste inkl. der geforderten Nachweise wie Herstellerdeklaration oder Sicherheitsdatenblätter aller verwendeten Produkte binnen 14 Tage ab Auftragserteilung vorzulegen.

Das IBO führte in weiterer Folge die ökologische Prüfung hinsichtlich der Ausschreibungskonformität der angebotenen Produkte anhand der bereitgestellten Herstellernachweise (Sicherheitsdatenblätter, Produktbeschreibungen, Zertifikate zur Herkunft, spezielle Prüfnachweise wie z.B. Radioaktivität, Verpackungsmaterial und Umweltzeichen) durch. Durch die bereits in der Entwicklungsphase optimierte Gebäudeplanung und in Folge sehr detaillierter Ausschreibung konnte die Beurteilung der Angebote nach dem Billigstbieterprinzip erfolgen.

3.6.2 Doppelte Ausschreibung

Ein wichtiges Projekt-Ziel war es, sämtliche ökologischen Produkte kostenmäßig den üblicherweise verwendeten, konventionellen Produkten gegenüberzustellen, um damit die Mehrkosten der ökologischen Material-Variante (siehe Kapitel 4.5) so genau und umfassend wie möglich darzustellen.

Im Zuge dieses Projektes wurden zur Erfassung eines Kostenvergleiches für die ökologische Bauweise bzw. Materialwahl neben den geforderten ökologischen Produkten auch so genannte Standard-Produkte ausgeschrieben. Die vollständige Ausschreibung ist im Anhang unter Kapitel 8.2 beigefügt.

3.6.3 Qualitätssicherung Angebotsprüfung

Die Lieferanten/Dienstleister waren verpflichtet, nach Auftragsvergabe die angebotenen Produkte zu deklarieren. Die für den Nachweis der Konformität mit den Ausschreibungskriterien beizubringenden Unterlagen waren in den Ausschreibungsunterlagen angeführt. Zu jeder Zubereitung bzw. Chemikalie war mindestens das Sicherheitsdatenblatt beizulegen. Weitere ökologische Materialprüfungen erfolgten anhand der Produktbeschreibungen, Herstellerdeklarationen, speziellen Prüfnachweisen laut Ausschreibung (z.B. Radioaktivität, Verpackungsmaterial) und Umweltzeichenrichtlinien. Die vom Lieferanten/Dienstleister angebotene Produkt-Palette wurde in Form von „Produkt-Deklarationslisten“ erfasst, mit den Kriterien des Leistungsverzeichnisses gegengeprüft, beurteilt und genehmigt bzw. abgelehnt und Alternativen für Substitutionsprodukte empfohlen.

3.6.3.1 Produkt-Deklarationsliste

Die Produkt-Deklarationsliste diente v.a. der ökologischen Qualitätssicherung. Neben der ökologischen Angebotsprüfung hinsichtlich der Ausschreibungskonformität der angebotenen Produkte wurde die Produkt-Deklarationsliste für die Qualitätssicherung

vor Ort eingesetzt. Auf der Baustelle durften nur die in der Liste angeführten und freigegebenen Bauprodukte gelagert und verwendet werden und es waren ausschließlich Originalgebände auf der Baustelle zulässig. Dadurch konnte eine Überprüfung der Bauprodukte auf der Baustelle relativ einfach erfolgen.

- Von jedem ausführenden Unternehmen war eine Produkt-Deklarationsliste auszufüllen.
- Auf jeder beigelegten Unterlage war das ausführende Unternehmen, das Gewerk und die Produktnummer einzutragen. Alle Unterlagen waren ausschließlich gemeinsam mit der Produkt-Deklarationsliste zu übergeben.
- Bei Produkten, die aus mehreren Komponenten bestanden, die einzelne Nachweise erforderten, waren auch alle Komponenten in Unterpunkten in der Produkt-Deklarationsliste anzuführen.
- Für Substitutionsprodukte war in der Produkt-Deklarationsliste eine zusätzliche Zeile unter dem zu ersetzenden Produkt mit der Produktnummer dieses Produktes + „a“ einzufügen und analog auszufüllen. Die Unterlagen für Substitutionsprodukte waren ausschließlich gemeinsam mit dem Datenblatt zu übergeben.

Nachstehend ist eine Produkt-Deklarationsliste am Beispiel des Gewerks „Trockenbau“ dargestellt:

Tabelle 18: Produkt-Deklarationsliste „Trockenbau“

Nr.	Freig	Bemerkung	Baustoff	Lieferant/Ort	Hersteller/Ort	Artikelbez.	Unterlagen
1	JA		Wand- u. Deckendämmung	Isolena/Waizenkirchen	Isolena/Waizenkirchen	Schafwolle	Deklaration Fa. Isolena v. 12.08.04
2	JA	siehe 1	Mottenschutzmittel	Schenke/Pöttmes	Schenke/Pöttmes	Mitin FF	Beurteilung Fr. Mtlz v. 12.06.03
3	JA	siehe 1	Rohwolle	Schenke/Pöttmes	Schenke/Pöttmes	Typ 11	Prüfbericht Umweltinstitut Köln v. 23.07.04
4	JA		Wand- u. Deckenbeplankungen	Rigips / Bad Aussee	Rigips / Bad Aussee	GK-Platten	Übereinstimmungserklärung UA v. 05.04.04
5	JA		Eckschutz	Protektorwerk / Wien	Protektorwerk / Gagg	Protektorschiene	Produktbeschreibung
6	JA		PU-Schaum	Büka-Chemie / Bruck	Büka-Chemie / Schw	BUKA Acryl A	Produktinformation, Sicherheitsdatenblatt
7	JA		Brandschutz-Abschottung	Promat/Wien	Promat/Dänemark	Promafom C	Techn. Merkblatt, Sicherheitsdatenblatt
8	NEIN	auf Bleieinlage sollte generell verzichtet aufgrund der geringen Einsatzmengen keine weiteren Nachweise erforderlich	Wandbeplankung-Schallschutz	Baustoff Metall	Rigips	GK-Platten-bleikaschiert	
8a	JA		Schallschutzfolie			Dinaphon M 4001 und 4021/05	Sia-Deklarationsblatt, Email "lösemittelfreier Kleber"
9	JA		Brandschutzkitt	Promat/Wien	Promat/Dänemark	Promaseal	Techn. Merkblatt, Sicherheitsdatenblatt
9a	JA	keine Gefahrstoffe enthalten	Brandschutzkitt	Promat/Wien	Promat/Dänemark	Promastop-Systemkit	Sicherheitsdatenblatt
10	JA		PVAc-Kleber	Fuller/Wels	Fuller/Nienburg	Rakoll GXL 4 plus	Techn. Merkblatt, Sicherheitsdatenblatt

3.7 Qualitätssicherung: Baustellen-Controlling

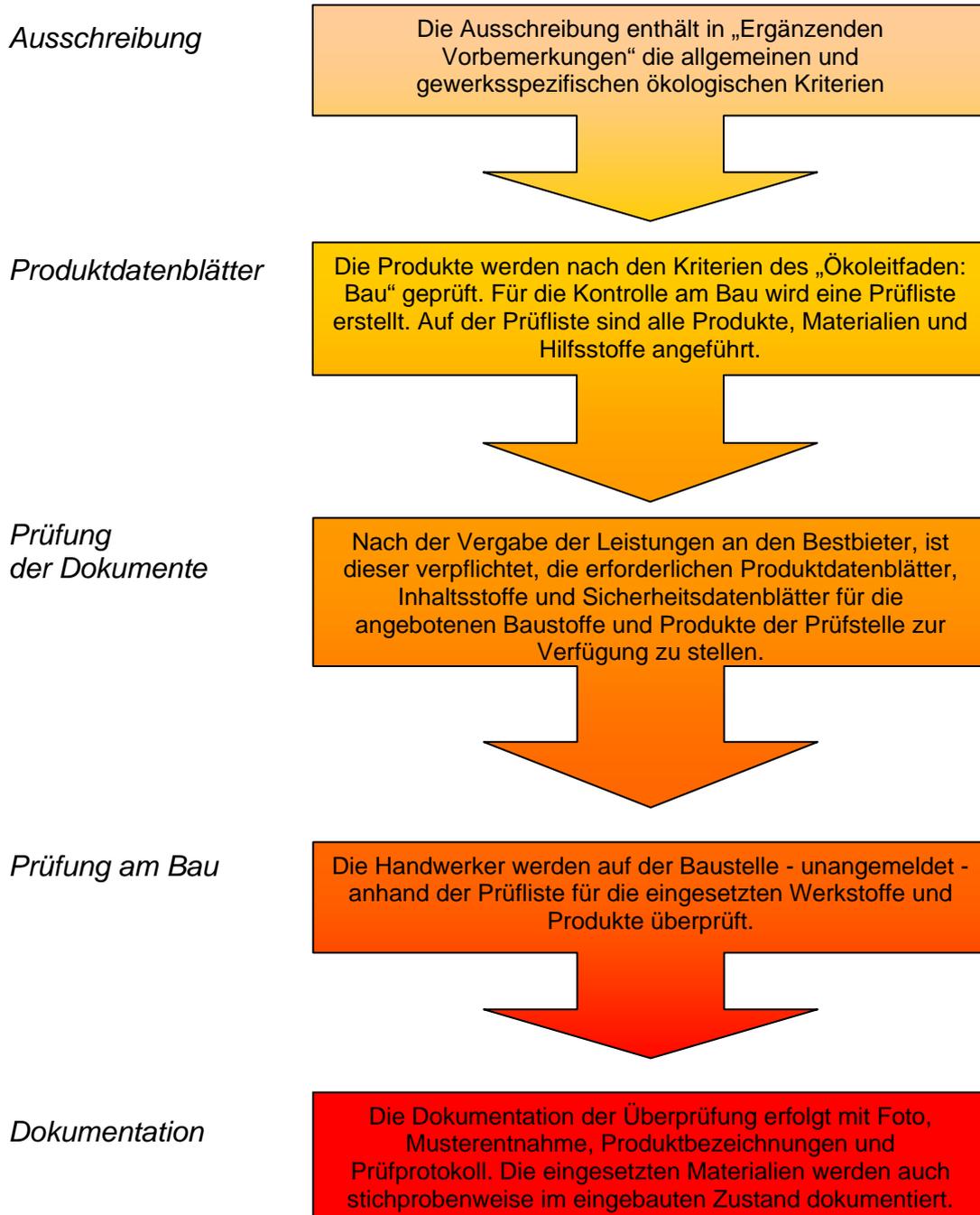
3.7.1 Aufgabenstellung

Beim gegenständlichen Projekt wurden von Anfang an sehr hohe Maßstäbe an die Bauökologie gestellt. Um sicherzustellen, dass die Auftragnehmer auch die richtigen, d.h. freigegebenen Baustoffe, auf der Baustelle einsetzen, wurde für die gesamte Bauzeit ein bauökologisches Controlling installiert.

Leider werden die Handwerker auf der Baustelle oft von ihren Vorgesetzten über notwendige bauökologische Fakten und Besonderheiten nicht bzw. zu wenig informiert.

Eine wichtige Erfahrung des bauökologischen Controllings war es, die Probleme der Handwerker bei der Verarbeitung ökologischer Materialien kennenzulernen und diese Erfahrungen bei künftigen Projekten nutzen zu können.

In der nachstehenden Grafik ist der Ablauf des gesamten Produkt-Prüfweges dargestellt.



3.7.1.1 Prüftätigkeit

Basis für die Produktprüfung auf der Baustelle war die Prüfliste mit den „freigegeben“ Produkten. Die Prüfliste enthält die genaue Bezeichnung des Produktes, Firmenname, Artikelbezeichnung (siehe Tabelle 22: Differenzierte Produkt-Deklarationsliste), etc.

Ein wichtiges Hilfsmittel zur Produktidentifizierung auf der Baustelle ist die Digitalkamera. Dokumentiert wird damit der Prüfgegenstand mit genauer Produkt-Bezeichnung, Uhrzeit und Datum.

Musterentnahmen sind nur begrenzt möglich und in eher seltenen Fällen notwendig, nämlich nur dann, wenn Materialanalysen für die Beurteilung der Baustoffe erforderlich sind.

Für die Qualitätssicherung auf der Baustelle wurde ein Prüfprotokoll verwendet. Die erfolgte Prüfung wurde durch die Mitarbeiter auf der Baustelle mit ihrer Unterschrift bestätigt. Da es für Handwerker ungewohnt ist, derartige Dokumente zu bestätigen, war diese Vorgangsweise nur beschränkt tauglich. Viele Arbeiter sind mehrere Monate auf der Baustelle und sind nicht bereit, ständig Kontrollen über sich ergehen zu lassen und Bestätigungen darüber auszustellen.

3.7.1.2 Vorgangsweise bei Nichteinhalten der Vorgaben

Wichtig bei der Qualitätskontrolle auf der Baustelle ist die konsequente Rückendeckung des Qualitätssicherers durch den Bauherrn bzw. Bürgermeister. Bei Nichteinhaltung der Vorgaben gemäß Prüfliste wurde generell auf die Vereinbarungen in der Ausschreibung bestanden. Es gab während der gesamten Bauzeit einmal die Situation, dass größere Mengen Dämmmaterialien verarbeitet wurden, die nicht auf der Freigabeliste waren. Als Konsequenz daraus mussten die gesamten Dämmschalen entfernt und mit dem richtigen Dämmmaterial verkleidet werden.

Bei Arbeitszeiten außerhalb der normalen Arbeitszeit kam es vereinzelt vor, dass Firmen mit nicht freigegebenen Nebenprodukten gearbeitet haben (Silikon, Farben, Kleber, etc.).

3.7.2 Gewerksbezogene Besonderheiten

Die beauftragten Firmen wurden über die Vorgehensweise beim Baucontrolling aufgeklärt (Firmenchefs, Bauleiter). Die Mitarbeiter am Bau sind in der Regel wenig informiert. Die Befürchtung, dass wichtige Informationen an die Mitarbeiter nicht weiter gegeben werden, hat sich in der Praxis bestätigt.

Zur Sicherstellung eines hohen bauökologischen Standards ist es aber unumgänglich, Handwerker auch auf der Baustelle über die Notwendigkeiten bauökologischer Maßnahmen zu informieren.

3.7.2.1 Baumeister

Die Schwerpunkte bei den Baumeisterarbeiten im Kellergeschoss beziehen sich auf den Fußboden zum Erdreich (XPS-A), Außenwanddämmung (XPS-A), PU-Schaum, PVC freie Unterlagsleisten, Betonkleber für die Befestigung der XPS-A Dämmung, Abwasseranlage PVC-frei und Elektrorohre (PVC-frei).



3.7.2.2 Zimmermannsarbeiten

Die Kontrolle der Holzbauarbeiten erfolgt bereits in der Zimmerei.

- Eingangskontrolle der Holzlieferung
- Fertigung der Holzwände
- Einbringen der Dämmung (Einblasen der Zellulosefaser)
- Einbringen der Schafwolle

Bei der Montage der fertigen Holzbaulemente auf der Baustelle ist daher kein großer Kontrollaufwand mehr notwendig. Bei der Montage werden nur Betonanker, Schrauben und Klebebänder verwendet.



3.7.2.3 Fensterbau

Bei den Passivhausfenstern wurde dieselbe Vorgangsweise gewählt. Die Arbeitsvorgänge und der Werkstoffeinsatz können nur im Werk optimal überprüft werden.

Auf der Baustelle beschränkt sich die Kontrolle der Materialien auf Metallbefestigungen, Silikon für die Verglasung, Schafwolle statt PU-Schaum, u.a.



3.7.2.4 Verputzer

Im Gemeindezentrum gibt es wenig Flächen, die verputzt werden mussten. Die Prüfliste enthielt daher nur wenige Produkte. Die Kontrolle war hier sehr einfach und nicht aufwändig.

3.7.2.5 Maler

Dagegen enthielt die Prüfliste des Malers viele Produkte, die nicht zugelassen werden konnten.

Die Maler waren ca. 3 Monate auf der Baustelle. Die Mannschaft wurde hier öfters gewechselt, daher war es notwendig öfters zu kontrollieren. Bei Kontrollen wurde festgestellt, dass Produkte verwendet wurden, die nicht auf der Prüfliste waren. Bei Recherchen stellte sich heraus, dass nur die verwendeten Behälter eine falsche Firmen- und Produktbezeichnung hatten. In der Firma werden die Farben idR in einem großen Container gelagert. Die Arbeiter auf der Baustelle füllen die Farbe in der Firma auf kleinere Behälter um.



3.7.2.6 Estrichleger

Der Estrichleger benötigte 6 Rohstoffe für die Herstellung des Zementestrichs, der größte Anteil dabei ist Sand und chromatarmer Zement.



3.7.2.7 Schlosser

Die Kontrolle der Schlosserarbeiten auf der Baustelle beschränkte sich auf die Montage der vorgefertigten Bauteile. Bis auf Schwerlastanker, Schrauben und wenigen Schweißelektroden braucht der Schlosser nur wenige Materialien. Die lackierten Bauteile wurden mit derselben Farbe ausgebessert, mit der die Stahlkonstruktion beschichtet wurde.



3.7.2.8 Spengler

Die kritische Arbeit des Spenglers war die Aufbringung der Bitumenbahnen im Fußbodenbereich vom Kellergeschoss. Der Voranstrich (Bitumenemulsion) ist lösemittelfrei. Bei tiefen Außentemperaturen ($< 5^{\circ}\text{C}$) können lösemittelfreie Voranstriche nicht mehr angewendet werden. Die Verwendung ökologischer Materialien bedeutet hier auch die Notwendigkeit der Abstimmung des Bauablaufes und vorausschauende Terminplanung.



3.7.2.9 Heizung/Sanitär

Für den Installateur gab es zwei wichtige Produkte, die aus ökologischer Sicht relevant sind, der PU-Schaum und der Kleber für die Dämmschalen (PP-Schaum). Die wasserführenden Rohre im Gebäude sind alle aus Edelstahl V4A. Die kleineren Dimensionen wurden gepresst und die großen geschweißt. Die Sanitärleitungen wurden mit Geberit ausgeführt und waren daher leicht zu kontrollieren. Die Prüfliste war zu Beginn umfangreich, es waren alle Sanitäreinrichtungen aufgelistet, Spiegel WC, Waschbecken, Rollenhalter, Armaturen u.s.w.

Der Installateur verwendete viele Kleinteile wie Dübel, Dichtungen, Verschraubungen aller Art etc., die zum Teil auch Kunststoffe enthielten. Es war nicht möglich, solche Kleinteile auf PVC-Freiheit zu prüfen.



3.7.2.10 Lüftung

Die Lüftungsanlage mit den Verteilleitungen ist aus verzinktem Stahlblech gebaut. Die Kontrolle beschränkte sich hier auf die Klebebänder (Abdichtung der Kanalrohre), Dispersionskleber (Aufkleben der Steinwolle auf den Blechkanal), Zinkspray (Ausbessern Blechkanal) und Vorlegeband (Luftdichtung bei der Flanschverbindung). Die Silikonpressen waren mit nicht freigegebener Silikontube bestückt. Die Handwerker erklärten, dass das Silikon noch von der vorangegangenen Baustelle stammt. Es ist schwierig, nachzuprüfen, wieviel davon verarbeitet wurde und wie solche Situationen in Zukunft vermieden werden können.



3.7.2.11 Elektroarbeiten

Eine große Herausforderung war die Überprüfung der PVC-freien Produkte im Elektrobereich. Das gesamte Installationsmaterial sollte PVC-frei sein. Bei Beginn der Baumeisterarbeiten (Einlegen der Panzerschläuche) war die Kontrolle noch einfach und übersichtlich. Beim Einziehen und Verlegen der Kabel begann die Kontrolle aufwändig zu werden. Die Überprüfung der Kabel und Drähte auf Basis der Produktbezeichnungen und die Vielzahl verschiedener Kabeltypen nahm viel Zeit in Anspruch und erforderte auch große Detailkenntnisse.

Die Kontrolle der vorgefertigten Elektroschränke war auf der Baustelle nicht mehr möglich, da die Kennzeichnung der Drähte nur auf der Verpackung erkenntlich ist und nicht auf dem verarbeiteten Draht. Auf der Prüfliste sind von insgesamt 21 Produkten alle freigegeben worden. Der Vorarbeiter war sehr bemüht, die Kontrolle zu unterstützen. Auch die vorbildliche Lagerhaltung auf der Baustelle hat die Kontrolle erleichtert.



3.7.2.12 Tischler - Wand und Deckenverkleidung

Die Hauptprodukte des Tischlers waren Weißtannenholz, schwarzes Vlies (Akustik- und Schutzvlies), Schrauben und Schafwolle. Der Leim wurde in großen Gebinden auf die Baustelle angeliefert und dort in kleine Behältnisse umgefüllt. Es wurden vorwiegend Edelstahlschrauben verwendet. Die Schafwolle wurde in Kunststoffsäcken angeliefert und hatte eine übersichtliche Produktbezeichnung, was die Kontrolle wesentlich erleichterte.



3.7.2.13 Trockenbau

Im Trockenbaubereich sind 5 Produkte eingebaut wurden: Gipskartonplatten, verzinkte Blechprofile, Holzständer, Schafwolle und PU-Schaum. Die Arbeiter waren 11 Monate auf der Baustelle und wurden neben dem Elektriker und Tischler (Innenausbau) am häufigsten kontrolliert; sie haben z.B. die meisten PU-Schaumdosen verarbeitet.



3.7.2.14 Bodenleger

Im neuen Gemeindezentrum sind die meisten Fußböden in Eiche-Parkett geklebt ausgeführt; für die Verklebung auf dem Estrich wurden große Mengen an Kleber benötigt. Im Haus C/OG1 sind die ersten Räume ohne einen Zusatz verklebt worden. Durch die Unebenheiten des Estrichs und die Parkettstärke (22 mm) wurde ein Zusatz in den Kleber gegeben, damit die Hölzer mit dem Estrich gut verbunden sind. Die Anlieferung der Hölzer und Kleber erfolgte auf Paletten. Für die Kontrolle waren 3 Produkte relevant: Kleber, Kleberzusatz, Fugenmaterial.



3.7.2.15 Fliesenleger

Der Fliesenleger verarbeitete Fliesen, Natursteinplatten, Fliesenkleber, Fugenmasse und Silikone. Die Silikonarbeiten wurden an eine Firma vergeben, die sich auf die Verarbeitung von Silikon spezialisiert hat. Diese Arbeiten wurden meistens zu Tagesrandzeiten ausgeführt, was die Kontrolle erschwerte.



3.7.2.16 Glasbau

Der Glasbauer verwendet Glas, Aluminiumabdeckprofile mit EPDM Mehrfachlippen, Edelstahlschrauben und Silikon. Die Silikonarbeiten wurden 3 Wochen nach der Montage der Gläser wiederum durch andere Handwerker ausgeführt. Diese kamen von einer anderen Baustelle und hatten mangels Information über die speziellen Anforderungen auf dieser Baustelle falsches Silikonmaterial dabei; die Arbeiten wurden daraufhin abgebrochen und nach 4 Tagen mit dem freigegebenen Silikon ausgeführt.



3.7.3 Kontrollaufwand

Der Zeitaufwand für die Produktkontrolle vor Ort war in Abhängigkeit von der Projektgröße und von der Qualität der vorbereiteten Prüfliste pro Woche mit 2-5 Stunden kalkuliert. Die Besuche auf der Baustelle waren generell nicht angemeldet. Denjenigen Firmen, die das erste Mal auf der Baustelle arbeiteten, wurde die Vorgangsweise der Kontrolle erklärt. Diese Information soll eine Unterstützung für die Unternehmen sein, um Fehler im Vorhinein zu vermeiden.

3.7.3.1 Dokumentation

Für die Dokumentation der Kontrolltätigkeit auf der Baustelle wurde ein eigenes Prüfblatt konzipiert. Zusätzlich ist die Prüfliste ein ideales Instrument, um gemeinsam mit den Handwerkern auf der Baustelle die Produkte zu kontrollieren, damit sie sicher sind, die richtigen Produkte zu verarbeiten.

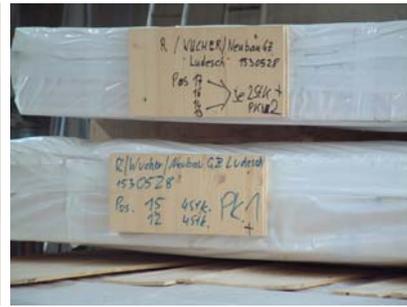
Eine Digitalkamera ist das beste Werkzeug, um die Produkte bildlich festzuhalten. Etiketten und Produktbezeichnungen sind somit einfach und schnell zu erfassen. Die Digitalkamera hat den zusätzlichen Effekt, dass die Arbeiter die Kontrolle sehr ernst nehmen, da sie bei Anlieferung, Lagerung, Verarbeitung oder im eingebauten Zustand eine lückenlose Dokumentation gewährleisten kann.



Varilair



Schadstoffmessung



Materialkennzeichnung (MK)



Qualitätssicherung



QS Wandaufbau



keine Kennzeichnung

3.8 Gebäudeevaluierung

3.8.1 Raumluftmessung

Während sowohl die Außenluft (Luftreinhaltegesetz) als auch die Luft am Arbeitsplatz (ArbeitnehmerInnenschutzgesetz) dezidierte Schutzgüter der Gesetzgebung sind, sind entsprechende Regelwerke für Schadstoffe in der Luft von Innenräumen¹⁰ in Österreich nicht vorhanden. Daher erfolgt die Beurteilung der Schadstoffe in der Raumlufte anhand von Richtwerten wie beispielsweise von der International Agency for Research on Cancer (IARC) für Formaldehyd und vom Arbeitskreis Innenraumlufte am Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Akademie der Wissenschaften für flüchtige organische Verbindungen (VOCs) herausgegeben. Der detaillierte Untersuchungsbericht ist im Anhang beigefügt (siehe Anhang Kapitel 8.3 Raumlufte - Untersuchungsbericht).

3.8.1.1 Formaldehyd

Im untersuchten Kursraum „Fossa“ lag nach der ersten Formaldehyduntersuchung die gemessene Raumluftekonzentration von 0,045 ppm in einem unauffälligen Bereich, verglichen mit durchschnittlich in Innenräumen anzutreffenden Werten von ca. 0,05 bis 0,12 ppm. Der Messwert lag sowohl unter der Grenzwertempfehlung des

¹⁰ Innenräume: definiert in Anlehnung an die Richtlinie VDI 4300 Blatt 1; dies beinhaltet auch Räume an Arbeitsplätzen, die nicht im Hinblick auf den interessierenden Luftschadstoff arbeitnehmerschutzrechtlichen Bestimmungen unterliegen.

Österreichischen Produktsicherheitsbeirates (ÖPSB) von 0,1 ppm, die als Grenze gesundheitsschädigender Wirkung angesehen wird, als auch unter dem WHO-Richtwert von 0,083 ppm, einer Konzentration, bei deren Überschreitung laut WHO zu Besorgnis Anlass besteht. Um besonders empfindliche Gruppen vor schädlichen Einflüssen zu schützen, empfiehlt die Österreichische Akademie der Wissenschaften (ÖAW) die Einhaltung der Immissionsgrenzkonzentration von 0,04 ppm. Aufgrund neuerer Modelle wird angenommen, dass auch Krebserkrankungen bei Langzeiteinwirkung vermieden werden.

Im Zeitraum der Probenahme der ersten Formaldehyduntersuchung lagen eine relativ niedrige Raumlufttemperatur und eine geringe relative Luftfeuchtigkeit vor. Um erhöhte Formaldehydkonzentrationen auch unter normalen Nutzerbedingungen auszuschließen, wurde eine weitere Formaldehydmessung unter üblichen Raumtemperaturen (20-24 °C) durchgeführt.

Die gemessene Raumluftkonzentration der zweiten Formaldehyduntersuchung von 0,04 ppm (Formaldehyd korr. von 0,038 ppm¹¹) lag erneut in einem unauffälligen Bereich, wobei „unter normalen Nutzerbedingungen“ die Immissionsgrenzkonzentration der Österreichischen Akademie der Wissenschaften von 0,04 ppm, um besonders empfindliche Gruppen vor schädlichen Einflüssen zu schützen, eingehalten wurde.

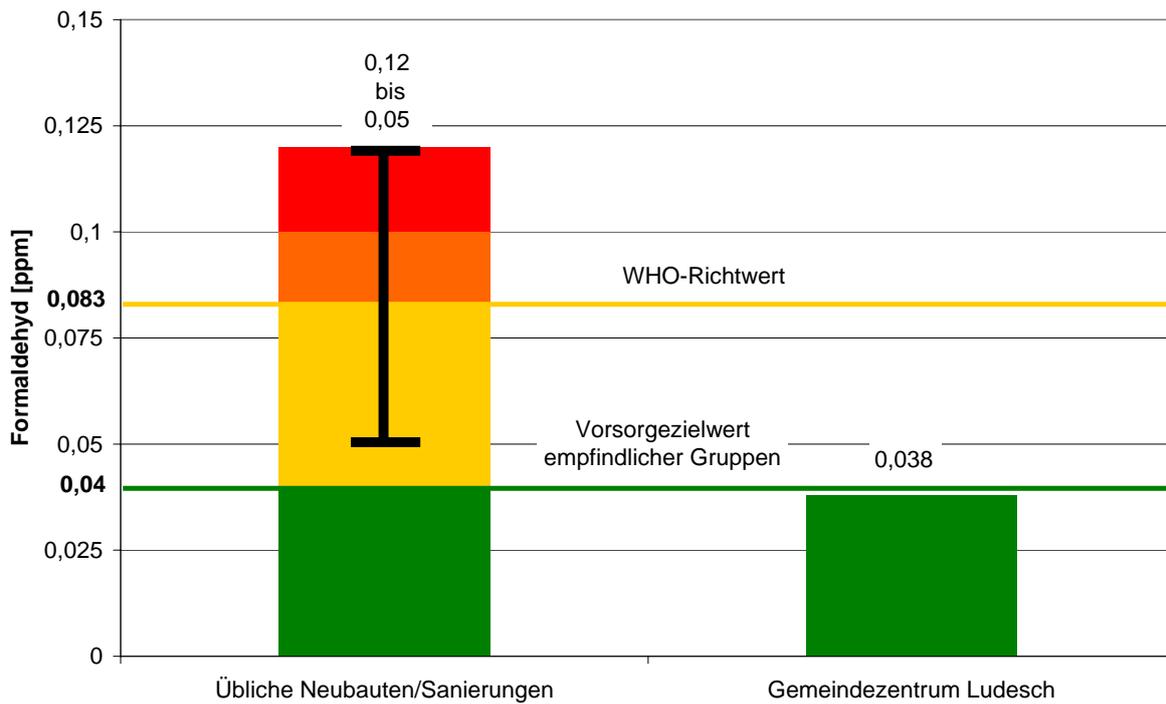


Abbildung 53: Formaldehydraumluftkonzentration im Kursraum „Fossa“

¹¹ Formaldehyd (korr.): Konzentration mittels Andersen-Formel rechnerisch umgelegt auf 23°C, 45 % rel. Luftfeuchte, Ergebnis dient nur zur Orientierung.

3.8.1.2 Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

In der Luft des untersuchten Kursraums „Fossa“ wurden mit einem Gesamt VOC von 60 µg/m³ für Innenräume typische flüchtige organische Verbindungen (VOC) in nicht auffälligen Konzentrationen nachgewiesen, verglichen mit durchschnittlich in Innenräumen anzutreffenden Werten von rund 1.000 – 3.000 µg/m³.

Die in Österreich gültigen wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerte (WIR) für Tetrachlorethen und Styrol, sowie der Richtwertevorschlag für Toluol wurden unterschritten.

Tabelle 19: Flüchtige organische Verbindungen

Substanz	WIR- wirkungsbezogener Innenraumrichtwert	Kursraum „Fossa“
Tetrachlorethen [µg/m ³]	250	n.b.
Styrol [µg/m ³]	10	n.b.
Toluol [µg/m ³]	75	4

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

Die festgestellte Gesamtkonzentration flüchtiger organischer Verbindungen ist nach dem österreichischen Schema zur Bewertung der VOC-Summenkonzentrationen gemäß der österreichischen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft¹² als niedrig einzustufen¹³. Der Summenwert von < 60 µg/m³ lag im empfohlenen Zielbereich¹⁴ von bis zu etwa 300 µg/m³, wobei dieser Zielbereich als langfristig anzustrebender, hygienischer Vorsorgebereich zu verstehen ist.

¹² BMLFUW (2004): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau- Weiße Reihe (Loseblattsammlung), aktuelle Ausgabe

¹³ In der österreichischen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft werden Orientierungswerte vorgeschlagen. Konzentrationen im Bereich unter etwa 250 µg/m³ sind als niedrig zu bezeichnen. Konzentrationen zwischen etwa 250 und 500 µg/m³ sind durchschnittlich. Der geringfügig erhöhte Bereich liegt zwischen etwa 500 und 1.000 µg/m³. Konzentrationen zwischen etwa 1.000 und 3.000 µg/m³ sind als deutlich erhöht zu bezeichnen. Summenkonzentrationen an VOC über etwa 3.000 µg/m³ werden als stark erhöht bewertet. Mit steigender Konzentration nimmt auch die Wahrscheinlichkeit zu, dass sich spezifische Quellen an VOC in den jeweiligen Innenräumen befinden. Diese Werte haben keinen toxikologischen Hintergrund, sondern spiegeln die in der Praxis auftretenden Konzentrationsbereiche wider.

¹⁴ Schleibinger H et al. (2002): Ziel- und Richtwerte zur Bewertung der VOC-Konzentrationen in der Innenraumluft – ein Diskussionsbeitrag, Umweltmedizin in Forschung und Praxis 7 (3): 139-147

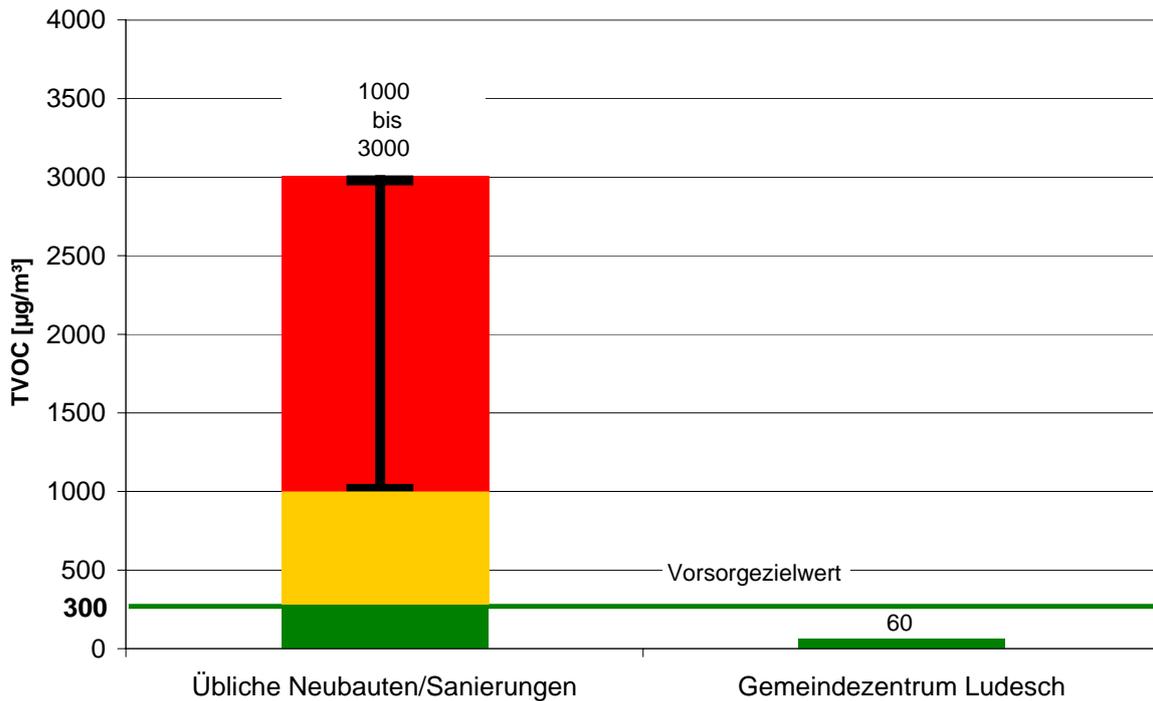


Abbildung 54: Flüchtige organische Verbindungen (Gesamt VOC) im Kursraum „Fossa“

3.8.2 Blower Door Messung

Zwischenergebnisse zur Luftdichtheitsmessung des Gebäudes im Rohbau finden Sie im Anhang, Kapitel 8.4.2. Endergebnisse liegen derzeit noch keine vor.

3.9 Öffentlichkeitsarbeit

Vor Baubeginn wurde das Projekt den Gemeindebürgern im Rahmen einer öffentlichen Veranstaltung in Verbindung mit einer Ausstellung zum Thema „Ökologisches Bauen“ vorgestellt. Aufgrund des Pilotcharakters des Projektes wird dieses über das Programm „Haus der Zukunft“ des Bundesministeriums für Wirtschaft, Information und Technologie (bmvit) gefördert. Nach Fertigstellung des Gemeindezentrums werden Veranstaltungen zum Thema „Haus der Zukunft“ in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern, dem bmvit, dem Energieinstitut, der Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie und weiteren Fachinstitutionen durchgeführt, um die Ergebnisse sowohl auf Gemeinde- als auch Landesebene- und gegebenenfalls Bundesebene entsprechend zu präsentieren und zu verbreiten.

Das Pilotprojekt wird im Rahmen des Programms „Haus der Zukunft“ umfassend dokumentiert. Ziel ist die Verwendbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse für andere Bauträger.

Allein während der Bauphase haben bisher ca. 40 Fachexkursionen (über 1.600 Personen) das neue Gemeindezentrum Ludesch besucht.

4 Ergebnisse

4.1 IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog und Ökoleitfaden: Bau

Die Planungsinstrumente „IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog“ und „Ökoleitfaden: Bau“ haben sich zur Umsetzung und Optimierung ökologischer Aspekte in den Bauphasen Konzeption, Planung, Ausschreibung und Vergabe als handliche und für die Praxis zweckmäßige Instrumente bewährt. Dies spiegelt sich in den durchgeführten Bauteiloptimierungen bis hin zu der detaillierten Ausschreibung wider, welche eine einfache Vergabe an den Billigstbieter und eine ökologische Überprüfung der angebotenen Produkte ermöglichte. Die detaillierte ökologische Ausschreibung bzw. die Produktdeklarationsliste freigegebener Produkte ermöglichte in Folge eine entsprechende Qualitätssicherung vor Ort (Baustellenkontrolle) durchzuführen, die für das erfolgreiche Umsetzen des Projektes „Gemeindezentrum Ludesch“ sehr wesentlich war. Bei den Überprüfungen vor Ort wurde bis auf wenige Materialverfehlungen (Dämmmaterialien für Installationsrohre und allgemein fehlende Produktkennzeichnungen) die Konformität mit der Ausschreibung festgestellt.

Dass sich die Instrumente sehr gut bewährt haben, lässt sich auch an weiteren Ergebnissen erkennen. Im Vergleich zu typischen Bauweisen konnten die Umweltbelastungen beim Neubau Gemeindezentrum Ludesch deutlich reduziert werden. Der Herstellungsaufwand (verbaute Energie (PEI_{n.e.}), Treibhauspotenzial (GWP), Versäuerung (AP)) konnte um ca. -70% reduziert werden. Hinsichtlich wohnraumtypischer Schadstoffe konnte eine Reduktion der flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs) um weit mehr als 90% im Vergleich mit konventionellen Bauweisen erzielt werden.

Ein wichtiger Indikator für das optimale Zusammenwirken dieser beider Instrumente durch das Planungsteam sind die relativ geringen Mehrkosten für die ökologische Materialwahl von ca. 1,9 % (siehe Kapitel 4.5 Mehrkosten „Ökologische Materialwahl“).

Auf Basis der Erfahrungen u.a. bei der Begleitung des HDZ-Projektes „Neubau Gemeindezentrum Ludesch“ erarbeitete der Umweltverband Vorarlberg im Rahmen der kommunalen Einkaufsplattform „ÖkoBeschaffungsService Vorarlberg“ (ÖBS) das modular aufgebaute Servicepaket „Nachhaltig:Bauen in der Gemeinde“, das allen Gemeinden Vorarlbergs angeboten wird. Dadurch sollen die Ideen und Erfahrungen, die u.a. bei der Begleitung des Gemeindezentrums Ludesch gemacht wurden, in anderen Gemeinden Vorarlbergs verbreitet werden.

Das umfassende Dienstleistungspaket, das mit externen Partnern angeboten wird, reicht von einem Impulsgespräch für die Entscheidungsträger, über Unterstützungen in der Vorplanung (Architekturwettbewerb), der Planungs- und Ausschreibungsphase bis hin zur Begleitung der Bauausführung (Qualitätssicherung vor Ort).

Weitergehende Informationen zum o.g. Beratungspaket „Nachhaltig: Bauen in der Gemeinde“ finden Sie auf der Homepage des Umweltverbandes Vorarlberg (<http://www.umweltverband.at> -> Beschaffung -> Servicepaket) und im Anhang (Kapitel 8.6 Servicepaket „Nachhaltig: Bauen“).

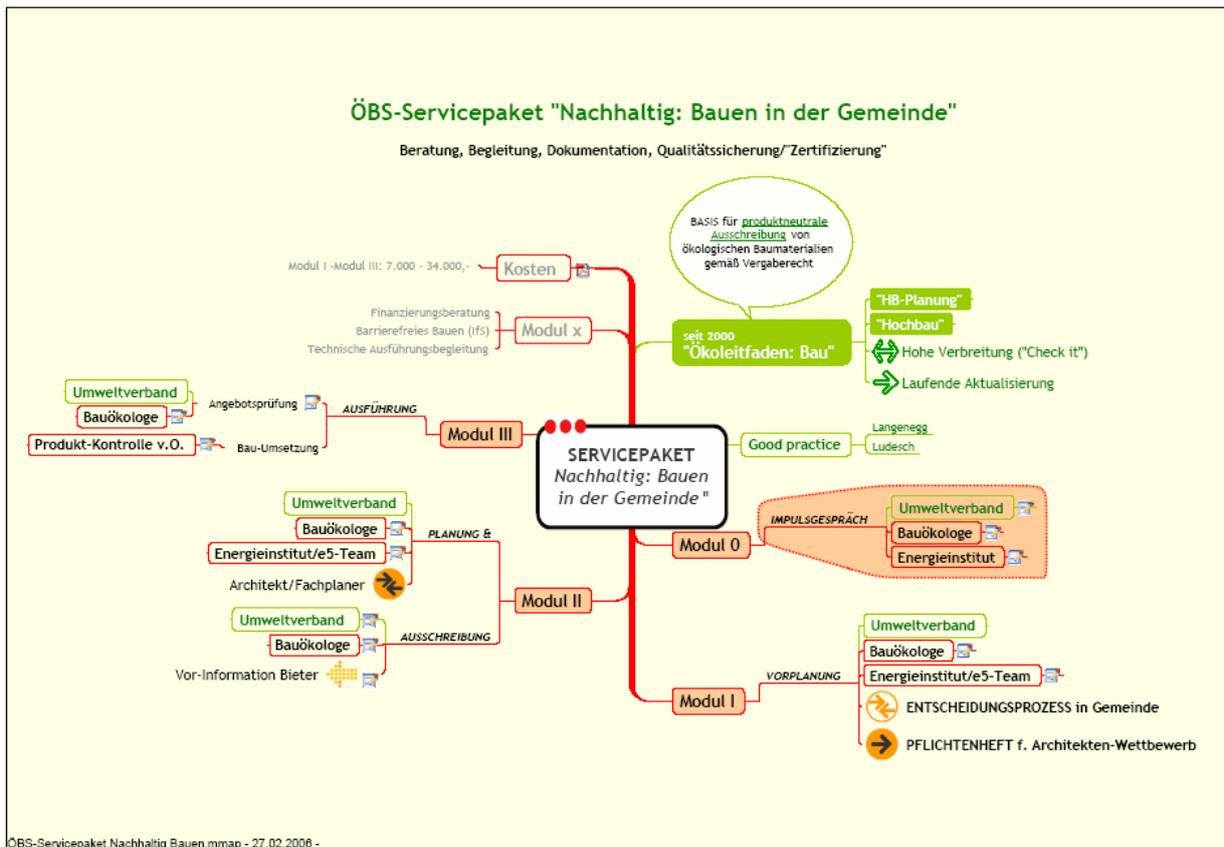


Abbildung 55: Modulare Übersicht des Servicepaketes „Nachhaltig: Bauen in der Gemeinde“

4.2 Ökologischer Holzbau

4.2.1 Baubiologie/-ökologie

Ausgehend von den zu berücksichtigenden Vorgaben aus der Ortsbildentwicklung „Gemeinde Ludesch“ (Passivhausstandard, Erhöhung der regionalen Wertschöpfung, Ökologisierung der Region) konnten aus dem Prozess der bauökologischen/-biologischen Bauteiloptimierung (siehe Kapitel 3.4 Bauökologische/-biologische Bauteiloptimierung) die Zielsetzungen des „Ökologischen Holzbaues“ durch folgende Maßnahmen realisiert werden:

- „holzgerechte Projektkoordination und –planung“ für die Verwendung regionaler Holzressourcen (Weißtanne)
- Weißtanne aus heimischen/regionalen Wäldern (Konstruktionsholz, Außenfassade, Innenbepunktungen): Für die Verwendung von Weißtannenholz spricht die hohe regionale Verfügbarkeit (Agrargemeinschaft Ludesch) neben ihrer waldbauwirtschaftlichen Funktion als waldbaulicher und ökologischer Stabilisator¹⁵. Mit einem Anteil am Gesamtbestand von über 25 %

¹⁵ Hervorzuheben sind ihre besondere Schattenverträglichkeit und ihr tiefer Bodenaufschluss.

befindet sich Vorarlberg sogar im Hauptverbreitungsgebiet der Weißtanne in Europa.

- konstruktiver Holzschutz: Vermeidung chemischer Holzschutz, keine Holzanstriche
- Einsatz von Massivholzbalkenlagen (sägerau) anstatt Brettschichtholz bzw. Leimbinder oder Multibox
- Weißtanne-Diagonalschalung anstatt OSB-Platten; wo erforderlich, Einsatz emissionsarmer Holzwerkstoffe (EC 1: Brettschichtholz bzw. Leimbinder und 3-Schichtplatten auf Grund statischer und Spanplatten wegen akustischer Anforderungen z.B. Musikproberaum)
- Innenwände mit Weißtanne-Holzbeplankung: sägerau und unbehandelt
- Holztüren aus Weißtanne: sägerau oder geschliffen, unbehandelt
- Inneneinrichtungen aus Weißtanne (Gemeindeamt, Bücherei und Spielgruppe): gebürstet, unbehandelt
- Holzfußböden (Industrieparkett): behandelt mit Naturölen, sehr emissionsarm (EC 1)
- Holzleichtbaukonstruktionen: mechanisch verbunden für einen möglichen Rückbau

Mit dem Demonstrationsprojekt „Neubau Gemeindezentrum Ludesch“ konnten die Zielsetzungen des „Ökologischen Holzbaues“ (siehe Kapitel 2.3 Ökologischer Holzbau) weitestgehend realisiert werden. Im Bereich der Statik (Bauteilformen und Spannweiten) sind der „Massivholzbauweise“ im Vergleich zu Brettschichtholz- bzw. Leimbinderkonstruktionen früher die Grenzen gesetzt. In diesem Projekt wurde ein Optimum zwischen den Anforderungen des Bauherrn, Architekten, Bauphysikers, Fachplaner und dem ökologischen Holzbau gefunden. Für den Einsatz regionalen Holzes ist die „holzgerechte Projektkoordination und –planung“ gefordert, um eine Vernetzung und Kooperation der Schnittstellen zwischen den Unternehmen in der Wertschöpfungskette, beginnend vom Forst über Säge, Zimmerei, Schreinerei, Architekt bis zum Bauherrn sowie eine zeitgerechte Holzernte und Verarbeitung sicherzustellen. Diese regionale Vernetzung ist auf Grund des „standardisierten internationalen Holzhandels“ in den meisten Fällen nicht mehr gegeben. Die Reduktion der Holztransportwege gehört allerdings zu den größten ökologischen Potenzialen beim „Ökologischen Holzbau“.

Wie bei Baustoffen im Allgemeinen Verarbeitungseigenschaften berücksichtigt werden müssen, so sind auch bei der Verarbeitung von Massivhölzern deren spezielle Eigenschaften (Holzart, Ernte, Trocknung, Schnitt, Schwund, Verzug, natürliche Oberflächenbehandlung) zur Erreichung der gewünschten Qualitäten zu berücksichtigen. In diesem Bereich stellten wir oftmals ein Informationsdefizit fest. Hier besteht bei den meisten ausführenden Handwerksbetrieben noch Handlungsbedarf (siehe Kapitel 5 Optimierungspotenziale und Schlussfolgerungen).

4.2.2 Architektur

Mit der Minimierung der gestaltungsprägenden Baustoffe wurde eine durchgängige Materialsprache gefunden. Mit der universellen Anwendungsmöglichkeit von Holz konnte dies auch überzeugend erreicht werden.

So sind Außenhaut als auch die Innenwände mit sägerauen senkrechten astarmen Weißtannebrettern belegt. Die Decken und Möbel sind ebenfalls aus demselben Material, wobei die Oberfläche der Decken gehobelt und die der Möbel gebürstet ausgeführt wurden.

Dieses Spiel der Oberflächen erzeugt Lebendigkeit ohne die Materialruhe zu stören. Der dunkle geölte Eichenboden sowie die dunkelgrauen Wandflächen, Möbelteile und Geländer bilden den Kontrast zu den Wand- und Deckenverkleidungen aus Weißtanne.

Um im Außenbereich die maßhaltigen Bauteile wie Fenster und Türen zu schützen, wurde besonderes Augenmerk auf einen konsequenter und konstruktiver Holzschutz gelegt. So schützen horizontale 1m tiefe Vordächer in der Deckenebene die darunter liegenden Fenster und Türen. Gleichermäßen werden durch die Platzüberdachung die Fassaden zum Hof geschützt.

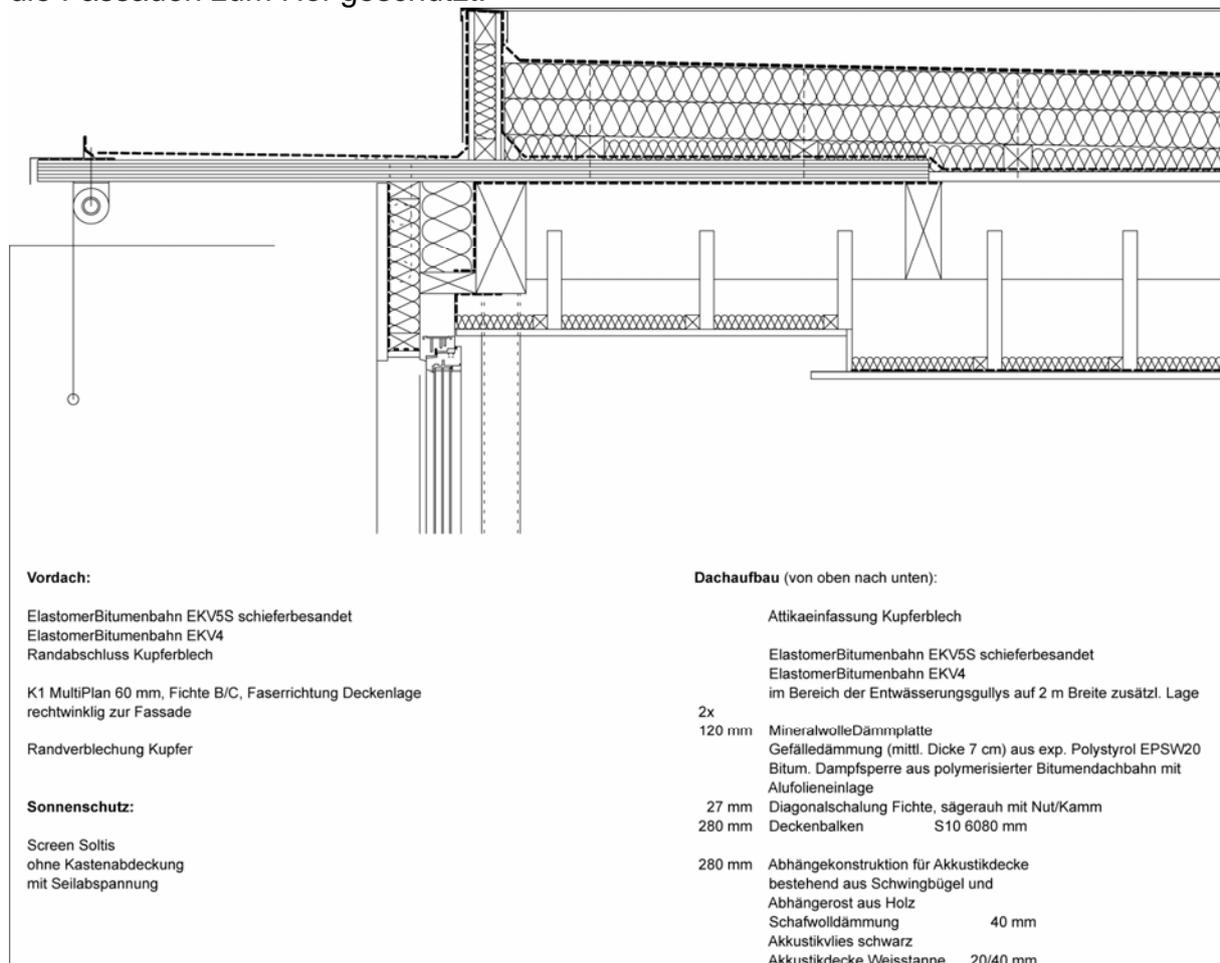
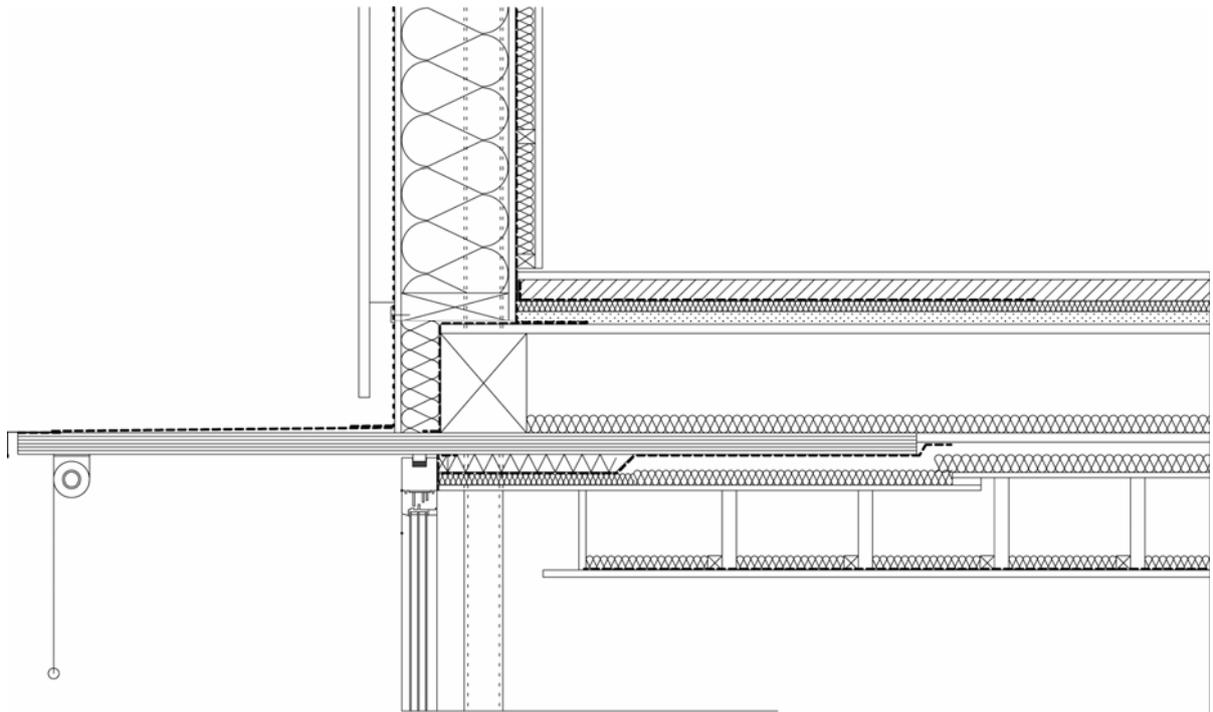


Abbildung 56: Oberste Geschossdecke



Sonnenschutz:

Screen Soltis
ohne Kastenabdeckung
mit Seilabspannung

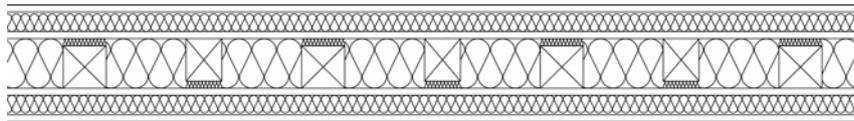
Wandaufbau (von innen nach außen):

20 mm	Massivholzverkleidung: Weisstanne
12,5 mm	GKBauplatte
42,5 mm	Horizontallattung (Installationsebene)
	Dämmung: Schafwolle 40 mm
	Dampfbremse
19 mm	3SPlatte (E0), Fichte
300 mm	Ständerkonstruktion: S10 6080 mm
	Ober und Untergurt: S10 ...
	dazwischen Wärmedämmung 300 mm
18 mm	rohe Holzschalung, Fichte
	Windpapier
70 mm	Hinterlüftungslattung
20 mm	Vertikallattung: Weisstanne sägerauh

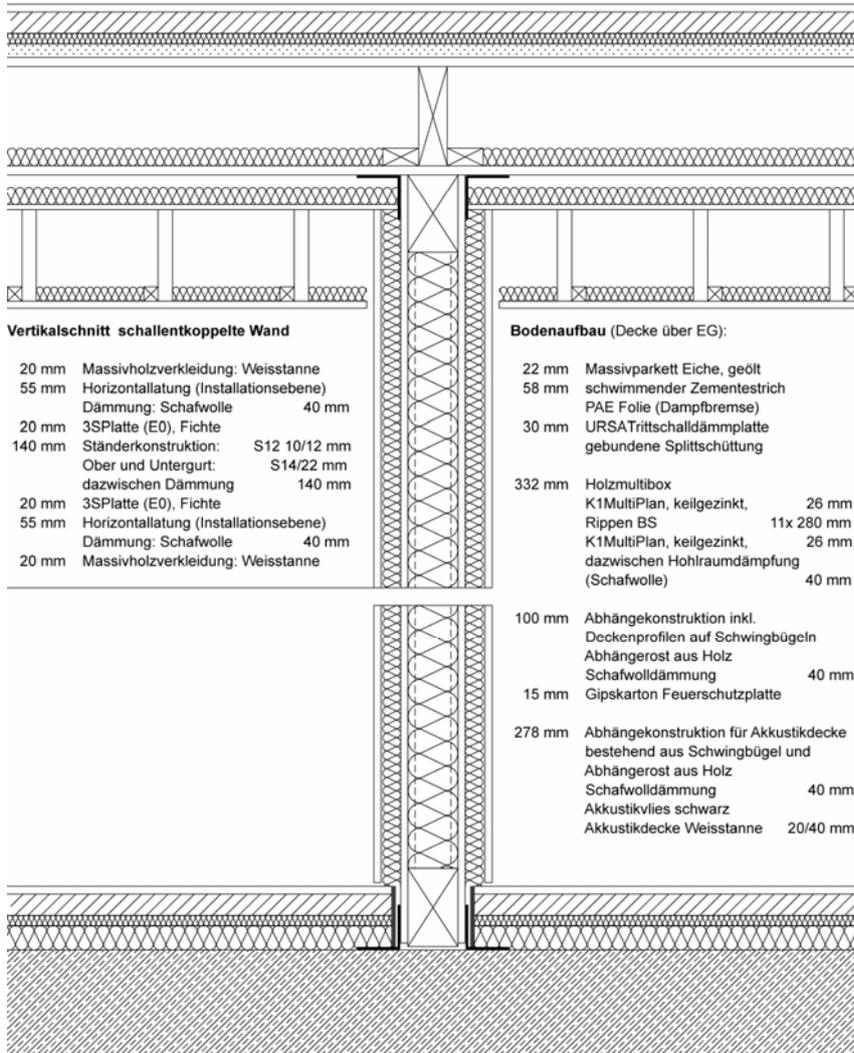
Bodenaufbau (Decke über EG):

22 mm	Massivparkett Eiche, geölt
58 mm	schwimmender Zementestrich
	PAE Folie (Dampfbremse)
30 mm	URSATrittschalldämmplatte
	gebundene Splittschüttung
332 mm	Holzmultibox
	K1MultiPlan, keilgezinkt, 26 mm
	Rippen BS 11x 280 mm
	K1MultiPlan, keilgezinkt, 26 mm
	dazwischen Hohlraumdämmung
	(Schafwolle) 40 mm
100 mm	Abhängekonstruktion inkl.
	Deckenprofilen auf Schwingbügeln
	Abhängerost aus Holz
	Schafwollämmung 40 mm
15 mm	Gipskarton Feuerschutzplatte
278 mm	Abhängekonstruktion für Akustikdecke
	bestehend aus Schwingbügel und
	Abhängerost aus Holz
	Schafwollämmung 40 mm
	Akkustikvlies schwarz
	Akkustikdecke Weisstanne 20/40 mm

Abbildung 57: Zwischengeschossdecke



Horizontalschnitt schallentkoppelte Wand



Vertikalschnitt schallentkoppelte Wand

- 20 mm Massivholzverkleidung: Weisstanne
- 55 mm Horizontallattung (Installationsebene)
- Dämmung: Schafwolle 40 mm
- 20 mm 3SPlatte (E0), Fichte
- 140 mm Ständerkonstruktion: S12 10/12 mm
- Ober und Untergurt: S14/22 mm
- dazwischen Dämmung 140 mm
- 20 mm 3SPlatte (E0), Fichte
- 55 mm Horizontallattung (Installationsebene)
- Dämmung: Schafwolle 40 mm
- 20 mm Massivholzverkleidung: Weisstanne

Bodenaufbau (Decke über EG):

- 22 mm Massivparkett Eiche, geölt
- 58 mm schwimmender Zementestrich
- PAE Folie (Dampfbremse)
- 30 mm URSA Trittschalldämmplatte gebundene Splittschüttung
- 332 mm Holzmultibox
 - K1MultiPlan, keilgezinkt, 26 mm
 - Rippen BS 11x 280 mm
 - K1MultiPlan, keilgezinkt, 26 mm
 - dazwischen Hohlraumdämmung (Schafwolle) 40 mm
- 100 mm Abhängekonstruktion inkl. Deckenprofilen auf Schwingbügeln
- Abhängerost aus Holz
- Schafwolldämmung 40 mm
- Gipskarton Feuerschutzplatte
- 278 mm Abhängekonstruktion für Akustikdecke bestehend aus Schwingbügel und Abhängerost aus Holz
- Schafwolldämmung 40 mm
- Akustikvlies schwarz
- Akustikdecke Weisstanne 20/40 mm

Vertikalschnitt schallentkoppelte Wand

Abbildung 58: Bürotrennwand EG Haus A

4.3 Bauökologische/-biologische Bauteiloptimierung

Im Prozess der bauökologischen/-biologischen Bauteiloptimierung wurden aus dem Planungsteam heraus wesentliche Produktverbesserungen gefunden und Produktentwicklungen induziert:

4.3.1 Baumeister

- Für die Fugendichtbänder in PVC für überwachten WU-Beton (Zementol) konnten Alternativen auf EPDM-Basis eruiert werden. Aufgrund haftungstechnischer Fragen konnten die PVC-Fugenbänder jedoch nicht mehr ersetzt werden.
- Die ursprünglich in PVC angebotenen Drunterleisten konnten durch technisch gleichwertige Faserbetonleisten ersetzt werden.
- Zu der als umweltgefährlich (N) eingestuften Rostschutzbeschichtung für die Bewehrung konnte vom selben Lieferanten eine Alternative auf Basis von Naturharzen angeboten werden.
- Das als gesundheitsschädlich (R 65) eingestufte Silikon konnte durch ein nicht gesundheitsschädlich eingestuftes Produkt ersetzt werden.
- Für die Schachtböden aus GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) und Polypropylen konnten PVC-freie Muffen gefunden werden.
- Auf die Anwendung eines Markierungsprays mit hohem Lösemittelgehalt konnte verzichtet werden.
- Die ursprünglich vorgesehene Einharzung des Betons mit gesundheitsgefährdenden, hoch lösemittelhaltigen Produkten konnte ersatzlos gestrichen werden, da die technische Anforderung der Dichtheit gegenüber drückendem Wasser nicht erforderlich war.

4.3.2 Zimmerer

- Vom Zimmerer wurden Leimbinder und eine OSB-Schalung angeboten (Baustandard). Als Ersatz wurde mehrheitlich eine Vollholzbalkenkonstruktion mit Vollholzschalung ausgeführt (siehe Kapitel 2.3 Ökologischer Holzbau).
- Für die angebotene Mineralwollisolierung wurde alternativ im Bereich der Vorsatzschalung Schafwolle und für die Außenisolierung Zellulosefaserflocken eingesetzt.

4.3.3 Heizung / Sanitär

- Bei der gesamten Verrohrung konnten anstatt konventioneller Kunststoffrohre (PVC) halogenfreie PE- und PP-Rohre eingesetzt werden.
- Kupferrohre wurden durch Edelstahlrohre ersetzt.
- Auf Grund der Niedertemperaturheizung (Passivhausstandard) konnte ein Latentwärmespeicher mit Paraffin als Speichermedium eingesetzt werden. Damit lassen sich sehr viel höhere Speicherdichten erzielen als mit herkömmlichen Wasserspeichern.
- Durch eine Grundwasserkühlung wurde eine „passive Kühlung“ realisiert.

4.3.4 Elektro

- Sämtliche E-Verkabelung konnten PVC- und halogenfrei ausgeführt werden.
- Anstatt PVC-Kabeltrassen wurden verzinkte Trassen verwendet.
- Bei der Planung der „Elektrobiologischen Hausinstallation“ wurden kurze Leitungslängen und eine strukturierte Verlegung berücksichtigt, sowie geerdete E-Dosen und anstatt Funktelefonen oder WLAN-Netzwerken

(kabellose Local Area Networks, „Funk- LAN s“) Telefon- und Netzwirkabel verlegt.

4.3.5 Maler

- Die Brandschutzbeschichtung für Stahl (Endanstrich) machte zunächst Probleme. Es wurden Produkte angeboten, die gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken und bei längerem Hautkontakt waren und bis zu 33 % Lösemittel und aromatische Lösemittel sowie eine Reihe weiterer problematischer Inhaltsstoffe enthalten. Als Alternative konnte eine wasserverdünnbare Beschichtung gefunden werden, die keine aromatischen Lösemittel und keine gesundheitsschädlichen Inhaltsstoffe enthält.
- Für Bauteile mit Beanspruchungsklasse wasch- oder wischfest wurden anstatt Kunstharzdispersionen ökologischere Alternativen wie Silikat-, Leim-, Kalklehm- und Sumpfkalkfarben empfohlen. Da das Gebäude hauptsächlich mit unbehandelten Holzoberflächen ausgeführt wurde, konnten Anstriche weitestgehend eingespart werden.

4.3.6 Estrichleger

- Vom Estrichleger wurde eine Beschichtung, die 25-50 % Xylol, 10-25 % Ethylbenzol und insgesamt 65 % Lösemittel enthält, angeboten. Alternativ wurden konstruktive Varianten zur Sicherstellung der Wasserdichtigkeit vorgeschlagen und umgesetzt.

4.3.7 Fensterbauer

- Vom Fensterbauer wurde zunächst ein lösemittelhaltiges Holzschutzmittel angeboten, für den zudem kein Zulassungsnachweis vorlag. Die Alternative war ein auf Wasser basierendes System mit Lösemittel <10 % und einem Anteil an gesundheitsschädlichen Stoffen (Xn) unter 1M %.
- Der zunächst vorgesehene, noch dazu HFKW-hältige Fensterschaum konnte mit äußerst geringen Mehrkosten (ca. € 890.- gesamt) durch Schaf-Stopfwohle ersetzt werden.
- In der Dachverglasung konnte an Stelle von gesundheitsgefährdenden Silikondichtmassen, die aromatische Lösungsmittel enthalten, eine Silikondichtmasse auf Alkoxybasis eingesetzt werden.

4.3.8 Fliesenleger

- Anstatt einer Flüssigfolie/-beschichtung konnte alternativ eine konstruktive Lösung gefunden und realisiert werden.

4.3.9 Abdichtungen

- Aufgrund der statischen Rahmenbedingungen ist eine mechanische Beschwerung (mit Kies) der Dachhaut nicht durchführbar. Es wurde daher vom Planer eine geklebte Dachhaut vorgeschlagen. Hier hat sich die Problematik ergeben, dass das vom Spengler angebotene System nicht HFKW-frei war. Durch Änderung der Warmdachkonstruktion, das mit ein paar Abwandlungen im Wesentlichen dem Aufbau der Ausgangsvariante

entspricht, konnte auf eine verklebte Dachhaut verzichtet werden. Die Abdichtung der Dachhaut erfolgte mit einer 3-lagigen Bitumenabdichtung, wobei die ersten zwei Lagen mit der untersten mechanisch befestigten Bitumenlage vollflächig verflämmt wurden.

4.3.10 Natursteinleger

- Vom Bodenleger wurde eine Imprägnierung mit hohem Lösungsmittelgehalt angeboten. Alternativ wurde eine Behandlung der Oberflächen mit Seife (Schmierseife) vorgeschlagen. Obwohl die Tauglichkeit der empfohlenen Imprägnierung vom Hersteller durch Referenzprojekte nachgewiesen wurde, wurde auf Grund eingeschränkter Gewährleistungsgarantien des Bodenlegers (fehlende Produkterfahrungen, Haftungsrisiko) die Empfehlung nicht realisiert.

4.3.11 Stahlbau

- Für die Beschichtung von Stahlteilen wurden stark lösemittelhaltige, umwelt- und gesundheitsgefährdende Produkte angeboten. Als Alternativen konnten dafür eine wasserverdünnbare Grundierung und eine Ökoleitfaden-konforme Deckbeschichtung vorgeschlagen werden.

4.4 Ausschreibung und Angebotsprüfung

4.4.1 Angebotsprüfung

Die bisherigen Erfahrungen im Projekt Ludesch haben gezeigt, dass eine sorgfältige Prüfung der angebotenen Produkte hinsichtlich der ökologischen Ausschreibungskonformität für die Erreichung der ökologischen Qualität des Bauprojektes sehr entscheidend ist, wie auch die Berücksichtigung der ökologischen Angebotsprüfung im Projektzeitplan. Ein wesentliches Instrument dieser Prüfung ist die Produkt-Deklarationsliste, um die baubiologischen und -ökologischen Anforderungen auch umzusetzen. Die ökologische Konformitätsprüfung der angebotenen Produkte kann aus unserer Sicht zum derzeitigen Zeitpunkt nur durch Baubiologie-/Bauökologie-Experten/Expertinnen durchgeführt werden, da es auch für den engagierten Laien zu komplex ist, die beigebrachten Unterlagen auf Ausschreibungskonformität zu prüfen.

Die Angebotsprüfung umfasste 364 Produkte auf 30 verschiedene Gewerke verteilt.

Tabelle 20: Angebotsprüfung-Ergebnis

Gewerk	Anzahl Produkte	Zugelassen	Abgelehnt	nicht beurteilt (mangelnde Unterlagen)
Baumeister	44	59%	18%	23%
HeizSan	31	71%	26%	3%
Lüftung	12	42%	58%	0%
Portalschlosser	8	63%	0%	38%
Zargen	1	100%	0%	0%
Schlosser	5	100%	0%	0%
Zimmerer	41	63%	29%	7%
Fensterbau	20	70%	10%	20%
Spengler	21	76%	14%	10%
Maler	12	58%	42%	0%
Elektro	21	95%	0%	5%
Estrichleger	9	67%	11%	22%
Verputzer	12	75%	8%	17%
Holzfussboden	6	100%	0%	0%
Trockenbau	12	92%	8%	0%
Fliesenleger	17	94%	6%	0%
Natursteinleger	6	83%	17%	0%
Glasbau	6	100%	0%	0%
Dachverglasung	6	67%	33%	0%
Mobile Trennwand	14	71%	0%	29%
Wand- u. Deckenverkleidungen	20	60%	10%	30%
Sonnenschutz	1	100%	0%	0%
Holztreppe	3	33%	33%	33%
Stahlbau	5	60%	40%	0%
Innentüren	15	27%	33%	40%
Linoleum	5	100%	0%	0%
Aufzug	1	100%	0%	0%
Aussenanlage	2	100%	0%	0%
Blitzschutz	3	100%	0%	0%
Möbel (Tische, Stühle,...)	5	100%	0%	0%
Total	364	71%	17%	12%

Obwohl eine sehr detaillierte und klare Ausschreibung erfolgte, mussten dennoch rund 17 % (62 Bauprodukte) abgelehnt werden. Auch trotz einer konsequenten Kontrolle und Beanspruchung von Bauprodukten wurden für rund 12 % die geforderten Nachweise nicht erbracht. Eine ökologische Überprüfung der Ausschreibungskonformität dieser Produkte konnte daher nur auf Basis von Produktbeschreibungen, technischen Zulassungen und Erfahrungswerten erfolgen. Sehr auffallend mit 40 % und 38 % sind hier die Gewerke „Innentüren“ und „Portalschlosser“. Bei diesen angebotenen Produkten mit fehlenden Nachweisen handelt es sich vorwiegend um Türrohlinge, Spanplatten, Montageschaum, Kleber und Beschichtungen. Nachweise oder Herstellerbestätigungen wie Sicherheitsdatenblätter, HFKW-Freiheit, Holzherkunftsdeklaration oder auch Emissionsprüfberichte (Formaldehyd) wurden nicht nachgereicht.

Interessant ist auch, die Gründe genauer zu betrachten, die zu einer Ablehnung von Produkten geführt haben, welche in der nachstehenden Graphik dargestellt sind.

Ausschlussverifizierung

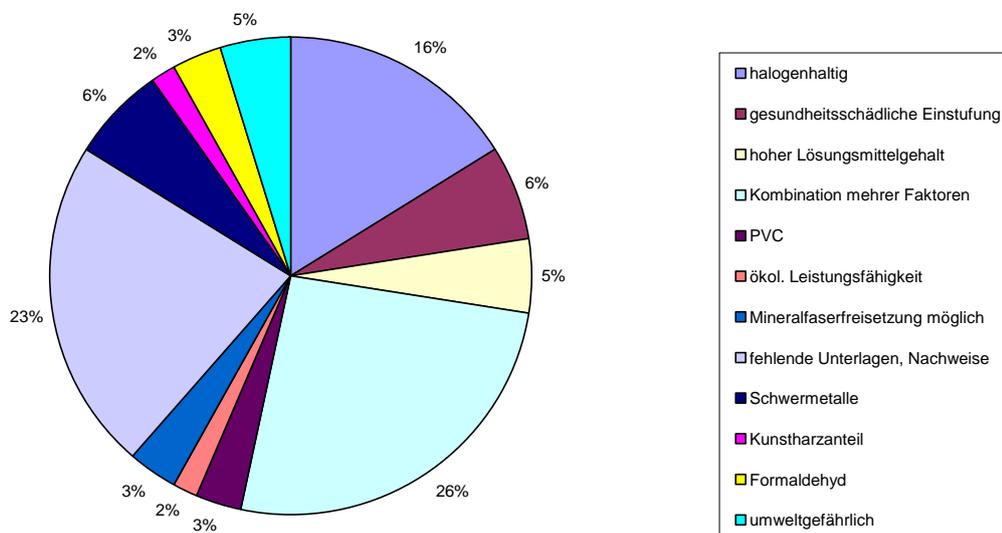


Abbildung 59: Angebotsprüfung-Ausschlussgründe

Die Graphik zeigt sehr anschaulich, dass die am meisten aufgetretenen Ausschlussgründe durch eine Kombination mehrerer Faktoren (z.B. halogen- und PVC, mit Schwermetallen belastet, etc.), fehlenden Nachweisen und halogenhaltigen Produkten verursacht wurden. Alleine ca. 65 % der Ausschlüsse kann ihnen zugeordnet werden.

Mit der qualifizierten und konsequenten ökologischen Konformitätsüberprüfung der Angebote ist es gelungen, einen beträchtlichen Anteil an gesundheitsschädlichen und umweltgefährdenden Produkten, die bei „normalen“ Bauvorhaben ohne Bedenken eingesetzt werden, herauszufiltern und dafür entsprechende ökologischere Alternativen einzusetzen.

Lediglich in den Gewerken Lüftung, Maler (Brandschutzbeschichtung) und Sonnenschutz konnten im Umfang dieses Projektes für ein paar Produkte noch keine Alternativen gefunden werden. Der Lüftungsanlagenbauer benötigte für die Errichtung seiner Anlage einen gesundheitsschädlichen Zinkspray, ein PUR-Polymer, einen Silikon und einen Klebstoff für die in weiteren Projekten noch Alternativen gefunden werden sollten. Eine ähnliche Situation hat sich im Bereich des Brandschutzes ergeben, wo für die Brandschutzgrundierung von Stahlstützen noch keine ökologische Produktalternative gefunden werden konnte. Eine mögliche Alternative wäre ein konstruktiver Brandschutz (Verkleidungen, Stahlstützen mit Beton verfüllt), der jedoch bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen ist. Für den Sonnenschutz mit einer PVC-Beschichtung konnte eine Alternative mit Alu-bedampften Jalousien gefunden werden, die jedoch auf Grund zu erwartender technischer Probleme (auf Grund der Beschichtung und des leichteren Gewichts

Neigung zu Faltenbildung, was in Folge Problem beim Aufwickeln verursacht) nicht verwendet wurde.

Betrachten wir die Anzahl der Produkte von Gewerken, wurden überraschenderweise im Gewerk „Baumeister“ mit 44 am meisten Produkte geprüft. Es ist sehr verblüffend festzustellen, dass „Betonieren“ neben „Zement, grobem und feinem Zuschlag und Wasser“ mit noch relativ vielen zusätzlichen Produkten in Verbindung steht. So benötigt der Baumeister zum „Betonieren“ Produkte wie verschiedene Betone und Mörtel, Betonfertigteile (Schächte, Rohre) Imprägnierungsmittel, Beschichtungen, Drunterleisten, Rostschutzbewehrungen, Vliese, Baustähle, Isolierungen, Hilfsstoffe (Ortsschäume, Silikone, etc.), Abdichtungen. Die Aufzählung macht ersichtlich, dass die Produktpalette vom Beton über Isolierungen bis zu Abdichtungen reicht.

Im Gewerk „Zimmerer“ erhalten wir ein ähnliches Bild mit 41 Produkten. Hier reicht die Produktpalette von den eingesetzten Hölzern (Massivhölzer, KVH, BSH, Holzwerkstoffe und -platten, etc.) über Befestigungselemente, Leime und Isolierungen bis zu Abdichtungen.

Sehr positiv hervorzuheben ist, dass bei rund $\frac{1}{3}$ der Gewerke die ökologische Ausschreibungskonformität und bei über der Hälfte der Gewerke spätestens nach Beeinspruchung der Produkte für die Substitutionsprodukte für alle Produkte im Gewerk die Einhaltung der ökologischen Ausschreibungskriterien bestätigt werden konnte.

Wünschenswert wäre eine Internet basierende Datenbank mit Ökoprodukten gemäß „Ökoleitfaden:Bau“ oder sogar eine darüber hinausgehende Volldeklaration, die den Aufwand einer Prüfung der Angebote und Kontrollen auf der Baustelle wesentlich reduzieren könnte. Ebenso hilfreich wären EDV-gestützte Planungs- und Ausschreibungsinstrumente.

Hilfestellung kann hier in absehbarer Zeit das Projekt „IXBAU“ oder das laufende EU Interreg III A- Projekt „Ökologisch Bauen und Beschaffen in der Bodensee-Region“ leisten.

IXBAU ist ein von IBO und BauXund im Auftrag der Stadt Wien (Ökokauf) und dem ÖkobauCluster NÖ durchgeführtes Internet-Datenbankprojekt. Derzeit werden Produktdaten für die Gewerke Bodenleger und Schwarzdecker erhoben. Mit der Datenbank kann der zukünftige Nutzer einfach ökologische Informationen für die angebotenen Produkte abholen, wenn die Ausschreibungskriterien auf die Datenbankkriterien abgestimmt sind.

Im Rahmen des Interreg IIIA Projekts wird aufbauend auf dem Planungsinstrument Ökoleitfaden: Bau, der Online Bauprodukt- und Bauteilbewertungsdatenbank ÖBOX und unter Berücksichtigung weiterer Erfahrungen von Instrumenten zur umweltfreundlichen Beschaffung in der Bodenseeregion ein „Ökologisch Bauen und Beschaffen (ÖBB)-Kriterienkatalog mit ökologischen Ausschreibungsergänzungstexten entwickelt. Durch eine Adaptierung und Aktualisierung dieser Instrumente sollte der Prozess-Aufwand für ökologisches Bauen und Beschaffen durch die Entwicklung eines einheitlichen Werkzeuges optimiert werden. Das Projekt ist bis Dezember 2007 anberaumt.

4.5 Mehrkosten ökologische Materialwahl

4.5.1 Mehrkosten Gesamtzusammenstellung

KOSTENBEZEICHNUNG	Mehrleistungen f. ökolog. Materialwahl	Mehrkosten Technik	Forschung Planungsaufwand
1 AUFSCHLIESSUNG			
Stromkosten VKW für Brunnenbohrung		208,87	
SUMME 1 AUFSCHLIESSUNG		208,87	
2 BAUWERK-ROHBAU			
Konstr. Zimmermannsarbeiten			
3S-Platte statt OSB-Platte	6.506,60		
Hanf statt Mineralwolle	3.447,05		
Zusatzaufwand f. Holzrocknung	844,20		
Zusatzaufwand Holzsortierung I	2.251,74		
Zusatzaufwand Holzsortierung II	2.909,85		
Zellulose statt Steinwolle	723,80		
Schafwolle statt Hanf	868,76		
Holzlieferung - Mehrkosten Holz markfrei	7.298,28		
SUMME 2 BAUWERK-ROHBAU	24.878,28		
3 BAUWERK-TECHNIK			
Heizungsanlagen			
Verrohrung Edelstahl	2.976,67		
Erhöhung Isolationsstärke Rohre	860,88		
Latentwärmespeicher		10.052,38	
UWP aufgrund 4 Lüftungsgeräten		7.662,08	
Bohrlochpumpe f. GW-Brunnen		3.223,42	
Solaranl. f. Brauchw, Vorwärmung L		6.042,28	
Brunnenbohrung		27.325,60	
Klima- und Lüftungsanlagen			
Heizregister + Filterbox		7.058,70	
eig. Lüftungsger. f. Bibl, Foyer, MZR		43.761,81	
Sanitäranlagen			
Verrohrung Edelstahl	3.325,92		
Erhöhung Isolationsstärke Rohre	1.009,68		
Schwachstromanlagen			
Kabel f. Energie- u. Nachrichtent.	3.990,00		
Isolierte Leitungen	6.390,00		
Rohr- u. Tragsysteme	19.870,00		

Gebäudeleittechnik			
MSRL mehrere Lüftunggeräte		19.044,00	
Visualisierung / Energiebuchhaltung		8.638,98	
Koppelung EIB-Bus		14.441,61	
MSRL f. Solaranlage		2.263,98	
SUMME 3 BAUWERK-TECHNIK	38.423,15	149.514,84	
4 BAUWERK-AUSBAU			
Tischlerarbeiten			
Wand- u. Deckenverkleidungen - Schafwolle statt Mineralwolle	4.026,46		
Mobile Trennwände - Aufzählung Massivholzschalung	2.943,60		
Trockenbau - Schafwolle statt Mineralwolle	18.000,00		
Holzfenster - Fenster m. Schafwolle stopfen	888,16		
SUMME 4 BAUWERK-AUSBAU	25.858,22		
6 AUSSENANLAGEN			
Vorplatzüberdachung - PV-Anlage		210.535,68	
SUMME 6 AUSSENANLAGEN		210.535,68	
7 HONORARE			
Architekt - HdZ-Zusatzleistung			49.000,00
Geotechniker-Gutachten Grundwassernutzung			5.466,30
HSL-Ingenieur - HdZ-Zusatzleistung			12.000,75
Baubiolog. Beratung - HdZ-Zusatzleistung			19.440,00
Baubiolog. Beratung - Formaldehyduntersuchung			596,00
Projektleitung HdZ			20.000,00
Öffentlichkeitsarbeit			20.173,00
Qualitätssicherung am Bau			14.820,00
SUMME 7 HONORARE			141.496,05
Mehrkosten f. ökolog Materialwahl	89.159,65		
Mehrkosten - Technik		360.259,39	
Forschung/Koordination/Planungsaufwand HdZ			141.496,05
MEHRKOSTEN GESAMT netto		590.915,09	

Tabelle 21: Mehrkosten ökologische Materialwahl

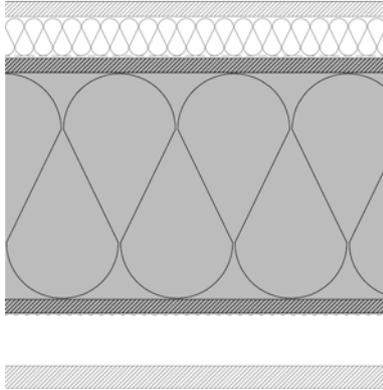
4.5.2 Mehrkosten – bauteilspezifisch

In den nachfolgenden Tabellen werden die verschiedenen Bauteil-Aufbauten anhand Ihrer Einheitspreise gegenübergestellt.

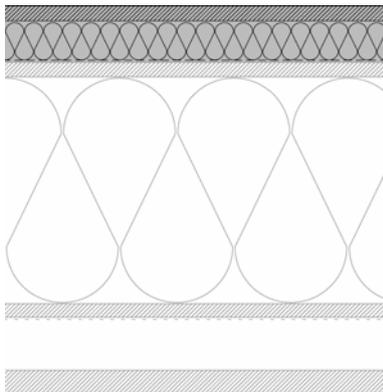
Die Preisangabe „Differenz zu Standard“ stellt den Mehr- bzw. Minderpreis zwischen Standard-Aufbau und ökologischer Variante – gerechnet über die Gesamtfläche – des Bauteiles dar.

zusätzlich ausgeschriebene Variante

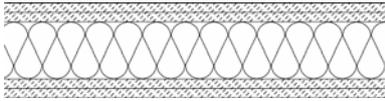
ausgeführte Variante



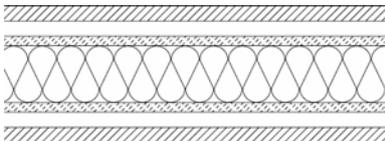
Außenwand – konstruktiver Teil			
	Aufbau (von innen nach außen)	Preis/m ²	Differenz zu Standard
Standard	19 mm OSB 30 cm Steinwolle 18 mm rohe Schalung	112,03 €	
ökologische Variante 1	19 mm OSB 30 cm Zellulosedämmung 18 mm rohe Schalung	112,81 €	
ökologische Variante 2 -	19 mm 3-Schicht-Platte 30 cm Zellulosedämmung 18 mm rohe Schalung	117,95 €	+ 4.645,62 €



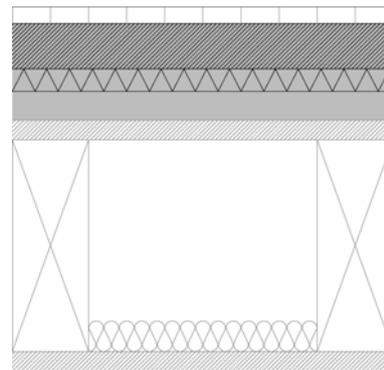
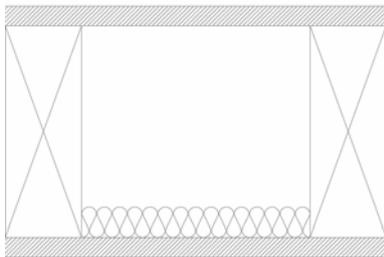
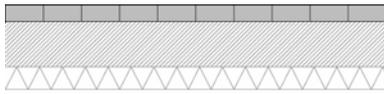
Außenwand – Wandverkleidung			
	Aufbau (von innen nach außen)	Preis/m ²	Differenz zu Standard
Standard 1	2x12,5 mm GK-Bauplatte 5cm Metallständer Mineralwolle	34,20 €	
ökologische Variante 1 -	2x12,5 mm Gipskarton- Bauplatte 5 cm Lattung Schafwolle	40,13 €	+ 1.046,- €
Standard 2	20 mm Weißtanne furniert 12,5mm GK-Bauplatte 5 cm Metallständer Mineralwolle	63,40 €	
ökologische Variante 2 -	20 mm Weißtanne massiv sägerau 12,5mm GK-Bauplatte 5 cm Lattung Schafwolle	56,00 €	- 3.414,- €



Innenwand – Oberfläche gestrichen			
	Material	Preis/m ²	Differenz zu Standard
Standard	7,5 cm Metallständer Mineralwolle beidseitig: 2x12,5mm GK-Platte	52,10 €	
ökologische Variante 1	7,5 cm Metallständer Flachs/Hanf beidseitig: 2x12,5mm GK-Platte	61,76 €	
ökologische Variante 2	7,5 cm Metallständer Schafwolle beidseitig: 2x12,5 mm GK-Platte	58,03 €	+ 2.063,64 €

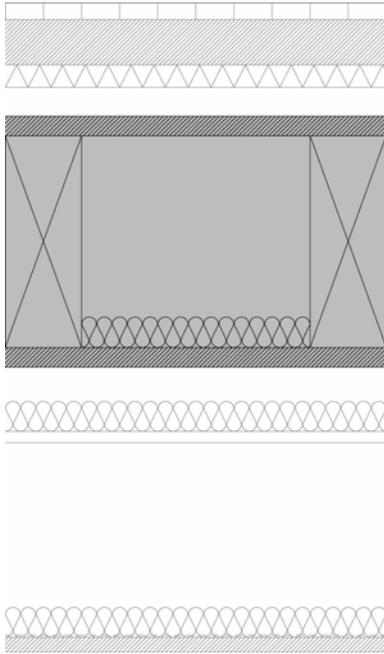


Innenwand - Holzoberfläche			
	Material	Preis/m ²	Differenz zu Variante 1
ökologische Variante 1	7,5 cm Metallständer Flachs/Hanf beidseitig: 12,5 mm GK-Platte 20 mm Lattung 20 mm Spanplatte furniert	105,06 €	
ökologische Variante 2	7,5 cm Metallständer Schafwolle beidseitig: 12,5 mm GK-Platte 20 mm Lattung 20 mm Weißtanne massiv sägerau	93,93 €	- 2.804,76 €



Zwischendecke - Bodenbelag			
	Material	Preis/m ²	Differenz zu Standard
Standard	22 mm Industrieparkett, grundieren 2x versiegeln	10,50 €	
ökologische Variante	22 mm Industrieparkett, ölen	9,00 €	- 3.075,- €

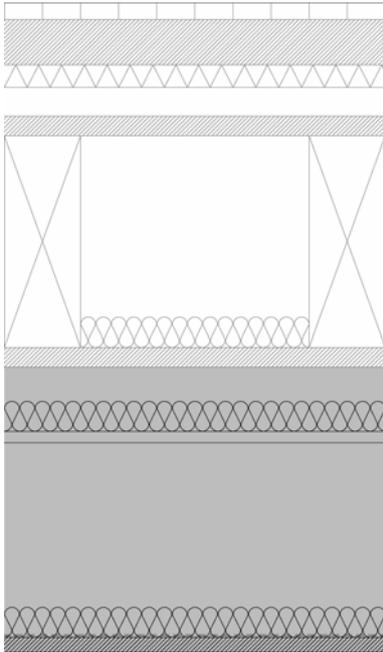
Zwischendecke – Trittschall			
	Material	Preis/m ²	Differenz zu Standard
Standard	58 mm Estrich 30 mm Mineralwollplatte 40 mm gebundene Splittschüttung	5,03 €	
ökologische Variante	58 mm Estrich 30 mm Holzfasерplatte 40 mm gebundene Splittschüttung	8,70 €	+ 6.973,- €



Zwischendecke - Hohlkastenelement			
	Material	Preis/m ²	Differenz zu Standard
Standard	26 mm 3-Schicht-Platte 280 mm Rippen 50 mm Mineralwolle 26 mm 3-Schicht-Platte	114,60 €	
ökologische Variante 1	26 mm 3-Schicht-Platte 280 mm Rippen 50 mm Hanf 26 mm 3-Schicht-Platte	118,20 €	
ökologische Variante 2	26 mm 3-Schicht-Platte 280 mm Rippen 50 mm Schafwolle 26 mm 3-Schicht-Platte	117,70 €	+ 3.410,- €



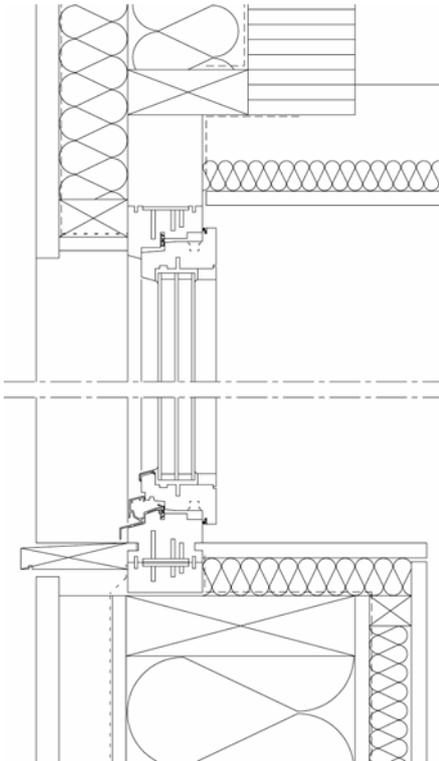
Abbildung 60: Vorfertigung Hohlkastenelement



Zwischendecke – Abhängung			
	Material	Preis/m ²	Differenz zu Standard
Standard	100 mm Abhängkonstruktion incl. Deckenprofil auf Schwingbügel 40 mm Mineralwolle als Dämmung 15 mm GK-Feuerschutzpl. 270 mm Abhängkonstruktion incl. 40 mm Mineralwolle und Akustikdecke Weißtanne	4,60 €	
ökologische Variante	100 mm Abhängkonstruktion incl. Deckenprofil auf Schwingbügel 40 mm Schafwolle als Dämmung 15 mm GK-Feuerschutzpl. 270 mm Abhängkonstruktion incl. 40 mm Schafwolle und Akustikdecke Weißtanelatten	7,70 €	+ 4.216,- €

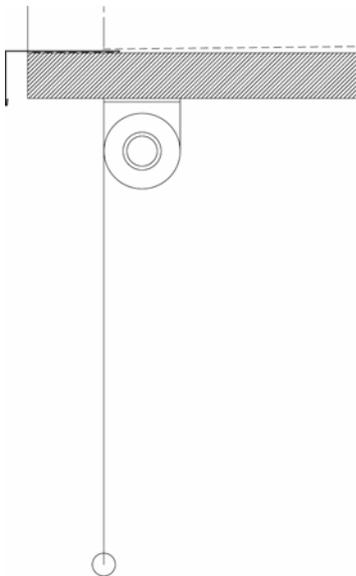


Abbildung 61: Fensterverfugung mit Schafwolle



Fenster - Fensterfuge			
	Material	Preis/lfm	Differenz zu Standard
Standard	PU- Schaum	0,65 €	
ökologische Variante	Schafwoll-Dämmzopf	1,77 €	+ 560,- €

Fenster – Fensterbank außen			
	Material	Preis/lfm	
Standard	Alu natur	16,78 €	
ökologische Variante 1	Eiche massiv Ausladung 12cm	29,77 €	
ökologische Variante 2	Weißtanne massiv Ausladung 12cm	23,82 €	



Sonnenschutz - Außenscreen			
	Material	Preis/m ²	Differenz zu Standard
Standard	PVC- beschichtet	52,66 €	
ökologische Variante	Unbeschichtet, alubedampft	70,03 €	+ 9.000,- €

Dränrohre			
	Standard	ökologische Variante	
Material	PVC	PE	
	Preis/lfm	Preis/lfm	Differenz zu Standard
Dränrohr DN 125	5,96 €	5,07 €	- 195,80 €
	Preis/Stk	Preis/Stk	Differenz zu Standard
Verbindungs- muffe DN125	16,68 €	10,02 €	- 79,92 €
Abzweiger DN 125	28,02 €	21,36 €	

Kanalrohre			
	Standard	ökologische Variante	
Material	PVC	Kunststoff (PP)	
	Preis/lfm	Preis/lfm	Differenz zu Standard
Kanalrohr DN 100	27,74 €	12,44 €	- 4.114,50 €
Kanalrohr DN 150	35,43 €	18,27 €	
Kanalrohr DN 200	55,90 €	29,43 €	
	Preis/Stk	Preis/Stk	Differenz zu Standard
AZ Bogen 45° DN 100	14,98 €	16,95 €	+ 828,02 €
AZ Bogen 45° DN 150	16,97 €	24,06 €	
AZ Bogen 45° DN 200	22,22 €	46,62 €	
AZ Bogen 87,5° DN 100	15,44 €	17,33 €	
AZ Bogen 87,5° DN 150	19,02 €	27,46 €	
AZ Bogen 87,5° DN 200	29,37 €	55,51 €	
AZ Abzweiger DN100/100	16,88 €	20,31 €	
AZ Abzweiger DN 150/150	21,66 €	43,86 €	
AZ Abzweiger DN 200/200	32,78 €	67,79 €	
AZ Übergang DN 150	17,94 €	22,73 €	
AZ Übergang DN 200	20,04 €	51,01 €	
AZ Futterstück DN 100	35,51 €	35,51 €	
AZ Futterstück DN 150	47,87 €	47,87 €	
AZ Futterstück DN 200	56,33 €	69,65 €	

Elektroinstallation			
	Standard	ökologische Variante	
Material	PVC	Halogen- und PVC frei	
	Preis	Preis	Differenz zu Standard
Kabel für Energie- und Nachrichtentechnik	12.332,15 €	16.322,15 €	+ 30.250,- €
Isolierte Leitungen	11.578,20 €	17.968,20 €	
Rohr- und Tragsysteme	35.086,24 €	54.956,24 €	

4.6 Baustellen-Controlling

Obwohl die Unternehmen (Firmenchefs, Bauleiter) über Hintergrund und Vorgehensweise des Baucontrollings aufgeklärt worden sind, werden die Mitarbeiter/Handwerker am Bau in der Regel firmenintern wenig über die ökologischen Besonderheiten aufgeklärt. Die Befürchtung, dass wichtige Informationen an die Mitarbeiter nicht weiter gegeben werden, hat sich bestätigt. Für die Mitarbeiter am Bau ist es ungewöhnlich, dass auf der Baustelle die mitgebrachten Baumaterialien von einer eigens dafür engagierten Person nachkontrolliert werden.

Die Baumaterialien werden mit dem Vorarbeiter auf der Baustelle oder in der Werkstätte anhand der Prüfliste begutachtet.

Das Wissen über Sicherheitsdatenblätter, Inhaltsstoffe und Gefährdungsklassen der verwendeten Baumaterialien fehlt faktisch gänzlich.

Die inhaltliche Zusammensetzung der eingesetzten Produkte war und ist de facto kein Thema am Bau. Die Arbeiter gehen davon aus, dass sich die Werkstoffe in der Zusammensetzung nur in Details unterscheiden. Preis und Verarbeitungsunterschiede sind die einzigen Kriterien, die für sie in der Praxis – weil sichtbar - relevant sind.

Der Einsatz alternativer, wenig bekannter Baustoffe führt in der Regel zu angeregten Diskussionen während der Kontrolle mit den Handwerkern.

Manchen Arbeitern wurde dabei erst klar, warum z.B. Schutzmassnahmen, die nach den Verarbeitungsrichtlinien vorgeschrieben werden (Schutzhandschuhe, Schutzbrille, lange Schutzbekleidung, Belüftung der Räume, u.s.w.), auch anzuwenden sind.

Aufgrund des allgemeinen bauökologischen Informationsdefizits und der Unsicherheiten der Unternehmer hat die Gemeinde zu einem Informationsabend für alle Handwerker, die einen Auftrag erhalten haben, eingeladen. Beim Infoabend

informierten der Architekt, der Bauökologe und der Umweltverband über die Sinnhaftigkeit und über Hintergründe der ökologischen Kriterien und wie diese von Bietern eingehalten werden können. Die Veranstaltung wurde von den Handwerkern sehr gut angenommen und es wurden eine Reihe von Optimierungspotenzialen für künftige Ausschreibungen (z.B. Begleitblatt zu den Umweltkriterien in Farbe, besondere Hinweise zu den ökologischen Mindest-Kriterien, Kurzfassung der Kriterien, etc.) identifiziert. Der Infoabend führte zu grundsätzlich mehr Verständnis der Handwerker im Umgang mit ökologischen Kriterien und Produktalternativen am Bau.

Für eine funktionierende Qualitätssicherung am Bau ist die ständige Information, Aufklärung und Feedback zwischen Planer, Unternehmen und Handwerkern unverzichtbar. Für eine effiziente Umsetzung ist eine eigens qualifizierte Person zu empfehlen.

Im Allgemeinen besteht beim Bauleiter ein Interessenskonflikt hinsichtlich Einhaltung der Bauzeit einerseits und Durchsetzung von ökologischen Anforderungen und Pönalmaßnahmen andererseits.

Der Handwerker-Infoabend in Ludesch war neben regelmäßigen Jours fixes und vielen Vieraugen-Gesprächen ein wichtiger Impuls.

4.7 Interviews mit Handwerkern

Mit insgesamt 9 Handwerkern, die bei unterschiedlichen Gewerken bei der Errichtung des Gemeindezentrum Ludesch beteiligt waren, und dem Bauleiter wurden Interviews in Zusammenhang mit Erfahrungen bezüglich der ökologischen Materialwahl durchgeführt.

Ziel der Interviews war es, die Erfahrungen und Eindrücke der „betroffenen“ Handwerker im Umgang mit ökologischen Produkten zu erfragen und in weiterer Folge Optimierungen für weitere Projekte abzuleiten.

Folgende Fragen wurden den Handwerkern gestellt:

1. Wie war die Information der Firma, über bauökologische Maßnahmen (Produkte) beim Gemeindezentrum in Ludesch? War die Info bei der Anwendung von neuen Produkten hilfreich und ausreichend?
2. Welche ökologischen Produkte im Vergleich zu anderen Projekten verwendest du? Worauf achtest Du dabei besonders?
3. Verarbeitung von ökologischen Materialalternativen (positive bzw. negative Auswirkungen)
 - gibt es Verarbeitungsprobleme (allgemein)?
 - Probleme bei der Lagerung/ Logistik auf der Baustelle (z.B. falsche Materiallieferung an die Baustelle durch den Lieferanten)
 - Temperatur beim Verarbeiten
 - gesundheitliche Probleme
 - aufwändigeres Arbeiten (z.B. mehr Zeitaufwand bei der Verarbeitung als geplant)

- sind dir gewisse Dinge bei der Verarbeitung (Anwendung) aufgefallen die du dir nicht erklären kannst?
 - gibt es Vereinfachungen/ Probleme bei der Entsorgung von Resten/ Verschnitten etc.?
4. Allgemeine Fragen
- kennst du die Sicherheitsdatenblätter (allgemein)?
 - kennst du die R- und S- Sätze (allgemein)?
 - hast du dich über ökologisches Bauen informiert?
 - hast du die Verarbeitungs- und Sicherheitshinweise der ökologischen Produkte gelesen?
 - weißt du warum die Gemeinde das macht?
 - kennst du Schadstoffe die auf der Baustelle nicht erwünscht sind?
 - hattest du schon Vorteile auf anderen Baustellen weil du hier arbeitest?
 - ist ökologisches Bauen in deinem Bekanntenkreis ein Thema, wurdest du auf das schon angesprochen?
 - würdest du die Produkte, die hier verwendet werden, weiterempfehlen?
 - Glaubst du, dass die verwendeten Produkte teurer sind als herkömmliche? Wenn ja wie viel?
5. Persönliche Beurteilung: Wie beurteilst du die bauökologischen Maßnahmen wie sie im Gemeindezentrum Ludesch getroffen wurden (sinnvoll, übertrieben, vorteilhaft etc.)?

Interviewt wurden:

Hr. Alwin Studer, Fa. Lippuner, Lüftungstechnik
Hr. Schnell Eugen, Fa. Bad 2000, Fliesenlegerarbeiten
Hr. Johannes Wucher, Fa. Wucher Holzbau, Zimmermeisterarbeiten
Hr. Martin Burtscher, Fa. Wucher Holzbau, Zimmermeisterarbeiten
Hr. Klaus Steurer, Fa. Rein, Elektroinstallationen
Fr. Birgit Schnetzer, Fa. Malerei Bitschnau, Malerarbeiten
Hr. Bernd Hammerer, Fa. Tischlerei Matt, Tischlerarbeiten
Hr. Michael Hartmann, Fa. Hartmann, Fensterbau
Hr. Andreas Vorien, Fa. Jäger Bau, Baumeister
Hr. Peter Salzgeber, Fa. Büro Albrecht, Bauleitung

Häufige Antworten waren (alle Antworten im Detail siehe Anhang):

Ad Frage 1:

Die innerbetriebliche Information für die ausführenden Handwerkern war teilweise speziell in der Anfangsphase spärlich, da die Projektverantwortlichen in den Unternehmen, die auch die Ausschreibungen mehr oder weniger gewissenhaft bearbeitet und gelesen haben, die entsprechenden Unterlagen und Anweisungen oft nicht an ihre Mitarbeiter weitergegeben haben.

Mit Fortlauf der Arbeiten wurde die nötige Information allerdings größtenteils auch an die ausführenden Handwerker weitergegeben.

Eine wichtige Hilfestellung war der Handwerkerinfoabend, bei dem vielen Handwerkern Hintergründe zur ökologischen Materialwahl vermittelt wurden.

Eine wichtige Rolle spielte hier auch die Qualitätssicherung vor Ort durch Gebhard Bertsch. Neben der Kontrollfunktion wurde auch sehr viel Bewusstseinsbildung im Umgang mit ökologischen Produkten betrieben.

Ad Frage 2:

Hier wurden lösemittel- und formaldehydfreie Kleber, PVC-freie Produkte, PU-Schaum ohne HFKW bzw. gar kein Schaum, Schafwolle, umweltfreundliche Leime, Acryl- statt Kunstharzlacke, Vollholz statt Spanplatte, heimische Weißtanne, Ausdämmung mit Schafwolle statt PU-Schaum, umweltfreundliche Imprägnierungsmittel, umweltfreundliches Schalöl, umweltfreundliche Verpackungen und Faserzement statt Kunststoff genannt.

Ad Frage 3:

Tw. musste aufgrund der ökologischen Materialwahl ein allerdings geringfügiger Mehraufwand für die Verarbeitung in Kauf genommen werden (z.B. Kleber mit längerer Aushärtezeit, Fenster stopfen statt schäumen, aufwändigere Malerarbeiten, Einziehen der PVC-freien Elektrokabel in die PVC-freien Elektroschläuche). Positiv bemerkten fast alle Handwerker, dass weniger Emissionen bei der Verarbeitung spürbar waren (z.B. Farben, Kleber und Imprägnierungen) bzw. das Material angenehmer und gesünder zu verarbeiten ist (z.B. Schafwolle statt Mineralwolle). Tw. war eine Eingewöhnungsphase mit den neuen Materialien notwendig, mit Fortlauf der Arbeiten funktionierte die Verarbeitung immer besser.

Ad Frage 4:

Den wenigsten Handwerkern sind die Sicherheits- und Verarbeitungshinweise der verwendeten Produkte bekannt. Infos zur Verarbeitung wurden beim Handwerker-Infoabend vermittelt.

Auch nur teilweise bekannt ist, welche Produkte über das eigene Gewerk hinaus auf der Baustelle nicht erwünscht waren. Den meisten waren anfangs auch nicht die Beweggründe der Gemeinde für ein ökologisches Gemeindezentrum bekannt. Einige Betriebe - speziell Ökoprot-Betriebe - sehen v.a. in der Zukunft auch durchaus Wettbewerbsvorteile bei anderen Baustellen.

Größtenteils können die verwendeten ökologischen Produkte von den Handwerkern auch anderen Kunden weiterempfohlen werden.

Die Mehrkosten für die Substitution von konventionellen Produkten durch ökologische Alternativen wurden durchwegs zu hoch geschätzt. Die Angaben variierten von 3%- 40% der Baukosten.

Ad Frage 5:

Bemerkenswert ist die durchwegs positive Gesamtbeurteilung:

Faktisch alle Handwerker beurteilen die ökologischen Maßnahmen trotz punktueller Probleme und Mehraufwände als sehr positiv.

Für künftige Projekte scheint es wichtig, dass unmittelbar nach Auftragserteilung eine Information für Handwerker stattfindet, in der auf die Besonderheiten der umweltverträglichen Materialien hingewiesen wird. Wichtig ist auch, dass die Informationen über die Verarbeitung der Produkte innerbetrieblich bis zu den ausführenden Handwerkern weitergegeben werden. Eine begleitende Kommunikation

und Bewusstseinsbildung über die Beweggründe des Auftraggebers auf der Baustelle erscheint ebenfalls als sehr wichtig (Details siehe Anhang Kapitel 8.5).

5 Optimierungspotenziale und Schlussfolgerungen

5.1 IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog und Ökoleitfaden: Bau

5.1.1 IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog

Der IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog gibt eine Beschreibung ökologischer Eigenschaften von Bauteilen auf Basis gewählter Indikatoren (i.W. Ökologische Kennwerte für die Herstellung und die Entsorgung, qualitative Beschreibung über den Lebenszyklus). Er bietet daher eine sehr gute Grundlage für die Optimierung von Bauteilaufbauten in der Planung wie dies auch am Beispiel des „Gemeindezentrum Ludesch“ nachgewiesen werden konnte. Aus dieser Projektanwendung wurden weitere Entwicklungspotenziale des IBO-Passivhaus-Bauteilkataloges erkennbar, die eine Optimierung von Bauteilaufbauten zusätzlich erleichtern/detaillieren würden:

- Produktspezifische Kennwerte: Die ökologischen Eigenschaften sind im Bauteilkatalog auf Basis durchschnittlicher Kenndaten von Bauprodukten und Bauteilen beschrieben. Es bestehen jedoch z.T. erhebliche Produktunterschiede in Zusammensetzung, Herstellungsprozess, etc.
- Ökologische Kennwerte für den Transport: Die ökologischen Kennwerte im Bauteilkatalog gelten für den ökologischen Herstellungsaufwand. Projektspezifisch sollten zusätzliche Auswahlkriterien zur Minimierung der Umweltbelastungen durch Transporte zur Verfügung gestellt werden.
- Berücksichtigung der Entsorgung des gesamten Gebäudes: Im Gebäude sollte das ökologische Zusammenspiel von den Konstruktionen untereinander beachtet werden. So ist z.B. die gute Entsorgbarkeit vor allem eine Eigenschaft des gesamten Gebäudes, die nicht nur auf Bauteilebene bewertet werden kann.
- Bauteilkatalog als Internet-Datenpool, der laufend aktualisiert und laufend mit neuen Bauteilen ergänzt werden kann.

5.1.2 Ökoleitfaden: Bau

Empfehlenswert wäre es, den Kriterienpool des „Ökoleitfaden: Bau“ zur Berücksichtigung umfassender Umweltaspekte zu erweitern, zu aktualisieren und mit Planungsinstrumenten zur Projektoptimierung zu ergänzen wie z.B. durch:

- Produktspezifische Kriterien für Herstellung und Transport, da z.T. erhebliche Produktunterschiede im Herstellungsprozess bestehen und zur Minimierung der Umweltbelastungen durch Transporte
- Weitere Differenzierung des Pools an Bauprodukten
- Zuordnung der Bauprodukte zu Leistungsgruppen/Gewerke (LB-Hochbau)
- Online Bauprodukt- und Bauteildatenbank mit Auswahlkriterien nach Ökoleitfaden: Bau

- Planungsinstrumente mit EDV-gestützten Programmen für die Optimierung von der Entwurfs-, Detail- und Ausführungsplanung über Ausschreibung bis zur Realisierung

5.2 Angebotsprüfung

Ein Optimierungspotenzial besteht in einer von Anfang an durchzuführenden differenzierteren Formalisierung der Produkterhebung:

- Jeder Lieferant sollte konsequent vom Anfang bis zum Ende die vorgegebene Produkt-Deklarationsliste vollständig ausfüllen. Dies gilt vor allem auch dann, wenn Unterlagen nachgebracht werden und/oder Alternativprodukte eingereicht/angeboten werden (detaillierte Vorgehensweise siehe nächster Punkt).
- Die Produkt-Deklarationsliste sollte um die beiden Spalten „Einsatzzweck/-ort“ und „Einsatzmenge“ ergänzt werden, da diese beiden Faktoren auch wesentlichen Einfluss auf die ökologische Einstufung haben.

Eine solche differenziertere Produkt-Deklarationsliste könnte wie folgt aussehen:

Tabelle 22: Differenzierte Produkt-Deklarationsliste

Projekt:
Auftraggeber:
Gewerk:

markierte Felder vom Auftragnehmer auszufüllen

Ausführendes Unternehmen: _____
Adresse: _____
Datum des geplanten Einbaus: _____



IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie
Alserbachstraße 5/8
A-1090 Wien
Tel: +43(0)1 319 20 05
Fax: +43(0)1 319 20 05-50
Email: ibo@ibo.at
Homepage: <http://www.ibo.at>

Nr.	Produktbezeichnung	Beschreibung	Produkt-Deklarationsliste vom Auftragnehmer vollständig auszufüllen:					Angebotsprüfung				
			Hersteller	Lieferant	Einsatzzweck/-ort	Einsatzmenge	Verpackung	Belegte Unterlagen (Datum)	Prüfer	Datum	Freigabe	Bemerkung
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Abkürzungen
i.A. keine Angaben
n.r. nicht relevant

5.3 Projektkoordination

5.3.1 Qualitätssicherung - Ablaufoptimierung

Für weitere derartige Projekte wäre es zielführend, im Umgang mit nicht freigegebenen Produkten eine klare Zuteilung der Verantwortlichkeiten für die Wartung und Aktualisierung der Produkt-Deklarationsliste festzulegen. Folgende Vorgehensweise wird empfohlen:

- spätestens 14 Tage vor Arbeitsbeginn sollte die vollständige Produkt-Deklarationsliste aller für die Bauausführung benötigten Bauprodukte mit den für jedes Produkt geforderten Nachweisen gemäß Ausschreibung vom Auftragnehmer beigebracht werden; Zuständigkeit: ArchitektIn bzw. ProjektkoordinatorIn, der die Liste auch wartet und aktualisiert

- Durchführung der ökologischen Angebotsprüfung; Zuständigkeit: Bauökologe/-biologe
- Setzung einer Nachreichfrist (2-3 Wochen) für Substitutionsprodukte bei nicht ausschreibungskonformen Produkten; Zuständigkeit: ArchitektIn bzw. ProjektkoordinatorIn
- Durchführung der ökologischen Angebotsprüfung der Substitutionsprodukte; Zuständigkeit: Bauökologe/-biologe
- Setzung einer Nachreichfrist von max. 1 Woche; Zuständigkeit: ArchitektIn bzw. ProjektkoordinatorIn
- Durchführung der ökologischen Angebotsprüfung der Substitutionsprodukte; Zuständigkeit: Bauökologe/-biologe
- Geprüfte und vollständige Produkt-Deklarationsliste wird dem Bauleiter bzw. Bauökologen zur Qualitätssicherung am Bau übergeben. Auf der Baustelle dürfen nur die in der Liste angeführten und freigegebenen Bauprodukte gelagert werden. Es sind ausschließlich Originalgebände auf der Baustelle zulässig. Zuständigkeit: BauökologIn vor Ort

5.3.2 „Holzgerechte Projektplanung“

Die Verwendung von heimischem Holz (i.W. Weisstanne) stellte vor allem in Bezug auf die geforderte Holzqualität ein Problem dar (Menge, Markfreiheit, keine Baumkanten, Holzfeuchte und Geradwüchsigkeit).

Dieses Problem ist darauf zurückzuführen, dass bei der Ausschreibung zur Holzlieferung nur die statischen Qualitätsanforderungen genau definiert waren.

Für die Ausschreibung der Zimmermannsarbeiten wurden ergänzende Holzqualitäten definiert, die nicht umgehend dem Waldbesitzer und dem Sägewerk zur Kenntnis gebracht wurden. Weiters mangelte es nach Beauftragung der Zimmermannsarbeiten zum Teil an der notwendigen Kommunikation zwischen Zimmermann, Sägewerk und Waldbesitzer. Alles in allem gibt es in der Wertschöpfungskette „Heimisches Holz“ einiges zu optimieren nicht nur im organisatorischen Bereich, sondern auch im fachlichen Bereich auf allen Stufen der Verarbeitung und nicht zuletzt in der gesamten Projektplanung, die eine holzgerechte sein muss, wenn heimisches Holz gegenüber Massensortimenten aus der Holzindustrie konkurrenzfähig werden will.

5.4 Stärkung der Regionalität

Stärken von Unternehmen durch Unterstützung bei der Einführung innovativer Produkte. Aus Erfahrung der Bauteiloptimierung sollten Unternehmen beim erstmaligen Einsatz von innovativen Produkten von Haftungsrisiken ausgenommen bzw. diese gesondert vereinbart werden, da ansonsten ein innovatives Produkt oft nicht eingesetzt wird. Der Konflikt entsteht in dem das Unternehmen aus Erfahrungsmängeln keine Garantieleistung geben kann, der Bauherr diese aber verlangt. Ziel sollte die Minimierung beider Risiken beim Einsatz innovativer Produkte sein

6 Resümee

Mit dem Projekt „Gemeindezentrum Ludesch“ konnten für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert werden.

Im Speziellen wurde mit dem „Ökologischen Holzbau - Gemeindezentrum Ludesch“ der Anspruch, der sich aus der Leitidee nachhaltigen Bauens ableitet, dass Gebäude und die eingesetzten Baukomponenten gegenwärtigen Bedürfnissen (Ansprüche an die Nutzung) optimal entsprechen sollten, ohne künftigen Generationen eine Nachnutzung aufzuzwingen oder Entsorgungsprobleme zu hinterlassen, praxisnah umgesetzt. Die Vorteile dieses Projektes liegen dabei nicht nur in funktionellen und ökologischen Aspekten, sondern auch in der Stärkung regionaler Wirtschaftsstrukturen. Es konnten durch intelligenten Einsatz ökologischer Materialien Synergien zwischen optimaler Funktionalität und der Vermeidung von Umwelt- und Entsorgungsproblemen (Förderung innovativer Produkte und des ökologischen und wohngesunden Bauens) realisiert werden. Das Ergebnis ist ein Gebäudekonzept nach dem Stand der Technik und die Erkenntnis, dass das Bauvorhaben mit Mehrkosten für die ökologische Materialwahl von nur ca. 1,9 % umgesetzt werden konnte. Das überaus erfreuliche Echo dieses Projektes hat die Gemeinde Ludesch auf ihrem Weg zu einer nachhaltigen Gemeinde bestätigt, und es ist bereits geplant, auch ihr nächstes Projekt „Erweiterung des IAP-Sozialzentrums (Integrierte Altenpflege Ludesch)“ getreu dem „Ökoleitfaden: Bau“ zu realisieren.

Das Projekt zeigt aus heutiger Sicht, dass trotz der noch weitgehend sozialisierten Umweltkosten¹⁶ sich unter Zuhilfenahme vorhandener praxiserprobter Planungsinstrumente (z.B. Ökoleitfaden: Bau, IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog, div. Datenbanken, u.a.) ein gesamtökologischer und nachhaltiger Ansatz auch im öffentlichen Bau ohne wesentliche Mehrkosten realisieren lässt.

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

[ÖLB 2000] Umweltverband Vorarlberg (Hrsg.): Ökoleitfaden: Bau. Dornbirn 2000
[ÖKI] Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.): ÖKOINFORM, Bewertete Realisierungsbeispiele im »Haus der Zukunft«. Wien
[PB 2004] Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.): Hochbaukonstruktionen und Baustoffe für hochwärmegedämmte Gebäude. Wien 2004.

- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Hrsg.): Vergleichende ökologische Bewertung von Anstrichstoffen im Baubereich Band 2. Bern 1995

- CML, Centre of Environmental Science, Leiden University (Guinée, M.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Kleijn, R.; de Koning, A.; van Oers, L.; Wegener Seeswijk, A.; Suh, S.; de Haes, U.); School of Systems Engineering, Policy Analysis and Management, Delft University of Technology (Bruijn, H.); Fuels and Raw Materials Bureau (von Duin, R.); Interfaculty Department of Environmental Science, University of Amsterdam (Huijbregts, M.): Life Cycle assessment: An operational guide to the ISO standards. Final Report, May 2001.
- Coutalides, R; Fischer, K.; Ganz, R.: Produkt- und Ökopprofil von Metalldächern. Kurzfassung. Bau- und Umweltchemie. Zürich, den 6. Juni 2000
- Dunky, M.; Niemz, P.; Holzwerkstoffe und Leime, Springer, Berlin, Heidelberg 2002
- ETAG 004: EOTA: Guideline für Außenwandwärmesystemverbände ETAG 004. Herausgeber EOTA
- EU-Entscheid vom 19.12.2002 „Entscheidung des EU-Rates vom 19. Dezember 2002 zur Festlegung von Kriterien und Verfahren für die Annahme von Abfällen auf Abfalldeponien gemäß Artikel 16 und Anhang II der Richtlinie 1999/31/EG“
- Frischknecht, R.; Bollens, U.; Bosshart, St.; Cior, M.; Ciseri, L.; Doka, G.; Hirschler, R.; Martin, A.; Dones, R.; Gantner, U.: Ökoinventare von Energiesystemen. Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz. ETH Zürich Gruppe Energie – Stoffe – Umwelt (3. Aufl.) 1996
- Gann, M., Zelger, T: Ökologische Kennwerte von Holz und Holzwerkstoffen in Österreich, Schlussbericht. Wien: 2002 (nicht veröffentlicht)
- Gesprächskreis Bitumen: Sachstandsbericht. März 2001
- Guinee J. (Hrsg) Life Cycle Assessment - An Operational Guide to the ISO Standards, Center of Environmental Science - Leiden University (CML), ohne Verlag 2001
- Heijungs, R. (Hrsg.): Environmental Life Cycle Assessment of Products, Centre of Environmental Science (CML), Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO), Fuels and Raw Materials Bureau (B&G). Leiden 1992
- Hoffmann, H.D.: Luftqualität im Passivhaus Darmstadt. Bewertung von Styrolexpositionen. BASF Abteilung Toxikologie. Ludwigshafen: Oktober 1994
- IBO Prüfberichte und Deklarationsblätter. Wien: Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie 1995–2005
- Kohler, N.; Klingele, M.: Baustoffdaten - Ökoinventare. Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe TU), Lehrstuhl Bauklimatik und Bauökologie (ifib) an der Hochschule für Architektur und Bauwesen (HAB) Weimar, Institut für Energietechnik (ESU) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, M.Holliger Energie Bern. Karlsruhe/Weimar/Zürich: ohne Verlag 1995
- Maibach, M.; Peter, D.; Seiler, B.: Ökoinventar Transporte. SPP Umwelt, Modul 5. Zürich: Infrac 1995

- MAK 2003: Deutsche Forschungsgemeinschaft: MAK- und BAT-Werte-Liste 2003, Wiley VCH Verlag, Weinheim 2003
- Marutzky, R.; Meyer, B.; Schwarz, A.: Formaldehydemissionen aus Mineralwolle-Dämmstoffen. Z.B.I. Arbeitsmed 43, 334-338, 1993
- Miedler, K.: Betoninstandsetzung in Beton – Materialien für eine neue baubiologische und ökologische Position. Wien Österr. Institut für Baubiologie und –ökologie 1995
- Mötzl, H.; Breitfellner, G.; Gann, M.; Wild, M.; Lahrmann, H.: Lebenszyklusanalyse des Tel-Uniroll Klemmfilz, Zusammenfassung des aktuellen Wissenstandes über die möglichen Gesundheitsschäden durch künstliche Mineralfasern insbesondere der Glas-, Stein- und Schlackenwollfasern, Wien: IBO-Verlag 1999
- Mötzl, H.; Mück, W.; Torghele, K.; Waltjen, T.; Zelger, T.: Ökologischer Bauteilkatalog, Wien, New York: Springer-Verlag 1999
- Mötzl, H.; Zelger, T.: Ökologie der Dämmstoffe, Wien, New York: Springer-Verlag 2000
- Mötzl, H.; Bauer, B.; Boogman P.; Gann, M.; Torghele, K.; Zelger, T.: „Baustofflexikon“ in Check It!: Kriterienkatalog zur Umweltfreundlichen Beschaffung. Hrsg.: BMLFUW, BMBWK, BMVIT, Wien, BMWA, Land Stmk, Sbg, NÖ, Bgld, Magistrat Wien; Wien, August 2001 (ohne Verlag)
- Münzenberg U., Thumulla J.: Raumluftqualität in Passivhäusern. Erschienen in Feist W.: Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und –ausbreitung im Raum. Darmstadt, 2003
- Nature Plus Prüfberichte. Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie, TÜV Süddeutschland, ECO Umweltinstitut 2002–2005
- Nebel, B.: Ökobilanzierung von Holzfußböden, Dissertation, Holzforschung München, Herbert Utz Verlag, München 2003
- Richter, K.; Künninger, T.; Bruner, K.: Ökologische Bewertung von Fensterkonstruktionen verschiedener Rahmenmaterialien (ohne Verglasung). EMPA-SZFF-Forschungsbericht. Dietikon: SZFF (schweizerische Zentralstelle für Fenster- und Fassadenbau) 1996
- Ross, H.; Stahl, F.: Handbuch Putze: Stoffe – Verarbeitung – Schadensvermeidung. Köln: Rudolf Müller 1992
- Sedlbauer, K., Krus, M.: Schimmelpilzbildung auf WDVS infolge "Baufehlern"? IBP-Mitteilung 28 (2001) Nr. 391
- Sonntag H.G.: Fachhygienisches Gutachten zur Frage der Emission von Styrol aus Polystyrol-Hartschaum Marke Styropor. Hygiene-Institut der Universität Heidelberg 1984
- Sonntag H. G.: Auswirkungen von Polystyrol-Hartschaum-Dämmstoff auf das Wohnklima, Dauber in Essen Jänner 1985
- Stem-Westerveld, EB.; Coenraads, PJ.; van der Valk, PGM.; de Jong, MCJM.; Fidler, V.: Rubbing test responses of the skin to man-made mineral fibres of different diameters, Contact Dermatitis 31: 1-4, 1994.
- Theuer, W.; Sprinzi, G.; Tappler, P.: Luftverunreinigungen in Innenräumen. Wien: Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen 1995

- Tomforde, B.; Kruse, H.: Bewertung der Luftverunreinigungen unter besonderer Berücksichtigung der Baumaterialien. Institut für Toxikologie der Univ. Kiel 1992
- Torghele, K.: Beton im Wohnbau – Ökologische Gesichtspunkte. In: Beton – Materialien für eine neue baubiologische und ökologische Position. Wien: Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie 1995
- Torghele, K.; Mötzl, H.: „Hochbau“ in Ökoleitfaden: Bau. Hrsg: Umweltverband Vorarlberg, Dornbirn 2000
- Weibel, Th.; Stritz, A.: Ökoinventare und Wirkungsbilanzen von Baumaterialien. ESU-Reihe Hr. 1/95. Zürich: ETHZ-Zentrum UNL 1995
- Zelger, T.; Bauer, B.; Boogman, P.; Gann, M.; Mötzl, H.: IBO, „Katalog Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen“ in Wimmer, R.; Janisch, J.; Hohensinner, H.: Erfolgsfaktoren für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen, i.A. des BMVIT, Programmlinie Haus der Zukunft, Wien 2001
- Zwiener, G.: Ökologisches Baustofflexikon (2. Aufl.) Heidelberg: C.F. Müller 1995

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Konstruktionsbeispiel Plattenfundament, erdberührender Fußboden, beheizter Raum (Weiße Wanne)	14
Abbildung 2: Anschlussdetail-Beispiel WU-Beton-Bodenplatte ohne Streifenfundament	15
Abbildung 3: Ökologischer Aufwand Konstruktionsbeispiel Plattenfundament	16
Abbildung 4: Beurteilungskriterien für den Einbau am Dämmsystem-Beispiel „Dämmung im Leichtelement“	17
Abbildung 5: Nutzungsaufwand Dämmsystem-Beispiel „Dämmung im Leichtelement“	17
Abbildung 6: Ökologisches Datenprofil - Beispiel „Dämmung im Leichtelement“	18
Abbildung 7: Kriterien für die Ökologisierung von Bauprojekten	20
Abbildung 8: Einfaches Bewertungsschema zur Baustoffwahl	21
Abbildung 9: Holzwerkstoffe und ökologische Alternativen	21
Abbildung 10: Checkliste „Ökologischer Aufwand Herstellung“	22
Abbildung 11: Beispielhafter Textblock einer Ausschreibungsergänzung	23
Abbildung 12: Einfluss Holztransport – PEI	26
Abbildung 13: Ausgangslage	30
Abbildung 14: Lageplan	31
Abbildung 15: Lageplan- Erdgeschoss	32
Abbildung 16: Gesamtansicht	33
Abbildung 17: Erdgeschoss	34

Abbildung 18: Obergeschoss	34
Abbildung 19: Untergeschoss	35
Abbildung 20: Überdachter Vorplatz	36
Abbildung 21: Ansicht Nordost.....	37
Abbildung 22: Gemeindeamt.....	38
Abbildung 23: Foyer	39
Abbildung 24: Seminarraum.....	40
Abbildung 25: Schnitte transluzente PV-Anlage.....	41
Abbildung 26: Transluzente PV-Anlage in Ludesch	43
Abbildung 27: Übersicht über die wichtigsten Bau- und Energiedaten	46
Abbildung 28: Grundwasserbrunnen - Detail	48
Abbildung 29: Anlageschema Belüftung	52
Abbildung 30: Außenwände mit massivem Holzsteher 70/300 bzw. mit Stegträger	54
Abbildung 31: Attikadetail mit Darstellung der Wärmestromdichte in W/K.....	55
Abbildung 32: Luftdichter Anschluss Obergeschoßdecke.....	57
Abbildung 33: Kontrolle der Luftdichtheit am Bau	57
Abbildung 34: Variantenvergleich Außenwände	61
Abbildung 35: Variantenvergleich Innenwände	62
Abbildung 36: Variantenvergleich Bodenplatte	64
Abbildung 37: Variantenvergleich Kellerdecke.....	66
Abbildung 38: Variantenvergleich Zwischengeschossdecke.....	68
Abbildung 39: Variantenvergleich Balkone.....	70
Abbildung 40: Variantenvergleich Dach	72
Abbildung 41: Vergleich der Energiekennzahl PHPP-TRNSYS	78
Abbildung 42: Vergleich der Primärenergiekennzahl PHPP-TRNSYS	79
Abbildung 43: Vergleich der Primärenergiekennzahl Passivhausbauweise/Vorarlberger Bautechnikverordnung.....	80
Abbildung 44: Kühlenergiebedarf pro Jahr	81
Abbildung 45: Flächenspezifischer Kühlenergiebedarf.....	82
Abbildung 46: Ökokennzahlen – Primärenergiebedarf GMZ Ludesch (Haus A, B und C – ohne Keller) im Vergleich.....	87

Abbildung 47: Ökokennzahlen – Treibhauspotenzial GMZ Ludesch (Haus A, B und C) im Vergleich.....	87
Abbildung 48: Ökokennzahlen - Versäuerung GMZ Ludesch (Haus A, B und C) im Vergleich	88
Abbildung 49: OI3-Indikator GMZ Ludesch (Haus A, B und C) im Vergleich mit Standardneubauten	90
Abbildung 50: Themenschwerpunkte der Vfbg. Wohnbauförderung.....	91
Abbildung 51: VWBF-Maßnahmenkatalog A-C f. Gemeindezentrum Ludesch (Haus A, B und C).....	92
Abbildung 52: VWBF-Maßnahmenkatalog D-E f. Gemeindezentrum Ludesch (Haus A, B und C).....	93
Abbildung 53: Formaldehydraumlufkonzentration im Kursraum „Fossa“	106
Abbildung 54: Flüchtige organische Verbindungen (Gesamt VOC) im Kursraum „Fossa“ ..	108
Abbildung 55: Modulare Übersicht des Servicepaketes „Nachhaltig: Bauen in der Gemeinde“	110
Abbildung 56: Oberste Geschossdecke	112
Abbildung 57: Zwischengeschossdecke	113
Abbildung 58: Bürotrennwand EG Haus A.....	114
Abbildung 59: Angebotsprüfung-Ausschlussgründe	119
Abbildung 60: Vorfertigung Hohlkastenelement.....	127
Abbildung 61: Fensterverfugung mit Schafwolle	128

7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: U-Werte der Außenwandvarianten	54
Tabelle 2: Übersicht U-Werte	55
Tabelle 3: Lineare Wärmebrückenkoeffizienten	56
Tabelle 4: Ergebnisse Luftdichtheitsmessungen im Rohbauzustand (n_{L50} -Werte)	57
Tabelle 5: Aufbau Außenwände	60
Tabelle 6: Aufbau Innenwände	62
Tabelle 7: Aufbau Fußboden gegen Erdreich	63
Tabelle 8: Aufbau Bodenplatte Akustikraum	64
Tabelle 9: Aufbau Kellerdecke unbeheizt	65
Tabelle 10: Aufbau Kellerdecke beheizt	66

Tabelle 11: Aufbau Zwischengeschossdecke	67
Tabelle 12: Aufbau Balkone	69
Tabelle 13: Aufbau Dach	71
Tabelle 14: Übersicht ökologisch motivierter Maßnahmen	73
Tabelle 15: Ökokenndaten GMZ Ludesch – Haus A	83
Tabelle 16: Ökokenndaten GMZ Ludesch – Haus B	84
Tabelle 17: Ökokenndaten GMZ Ludesch – Haus C	85
Tabelle 18: Produkt-Deklarationsliste „Trockenbau“	95
Tabelle 29: Flüchtige organische Verbindungen	107
Tabelle 20: Angebotsprüfung-Ergebnis	118
Tabelle 21: Mehrkosten ökologische Materialwahl	122
Tabelle 22: Differenzierte Produkt-Deklarationsliste	136

8 Anhang

8.1 Ökologische Optimierung - Vorbewertung

8.2 Ausschreibungstexte - Beispiel „Fenster“

8.3 Raumlufte - Untersuchungsbericht

8.4 Protokolle

8.4.1 Jour fixe HDZ-Projektteam

8.4.2 Blower Door Messungen

8.4.3 Prüfung Bauökologische Kriterien

8.5 Interviews mit den Handwerkern - Details

8.6 Servicepaket „Nachhaltig: Bauen“