

Messtechnische Untersuchung von energieeffizienten Demonstrationsgebäuden

GEMA

M. Beermann,
E. Sauper,
I. Sauer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

17/2018

Impressum:

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

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

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

Messtechnische Untersuchung von energieeffizienten Demonstrationsgebäuden

GEMA

DI Martin Beermann
JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, LIFE
Zentrum für Klima, Energie und Gesellschaft

DI Eckhard Sauper
Mess-, Regel- und Steuerungstechnik

DI Ingo Sauer
EUDT Energie- u. Umweltdaten Treuhand GmbH

Graz, März 2018

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des bmvit publiziert und elektronisch über die Plattform www.HAUSderZukunft.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

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

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	13
	Aufgabenstellung.....	13
	Stand der Technik	13
	Verwendete Methoden.....	14
2	Gebäude und Ergebnisse	23
	Illwerke Zentrum Montafon (IZM).....	24
	Ecoport Saubermacher.....	30
	Fröschl Haus	36
	W.E.I.Z. IV	43
	Pflegeheim Steinfeld.....	49
	MPREIS Supermarkt	55
	Hotel Mondschein.....	61
	Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang	67
	Studentenheim PopUp Dorms	73
3	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	79
	Schlussfolgerungen	79
	Empfehlungen	84
4	Verzeichnisse	87
	Abbildungsverzeichnis.....	87
	Tabellenverzeichnis.....	89
	Literaturverzeichnis	91

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

In Österreich wurden in den letzten Jahren zahlreiche hochmoderne, energieeffiziente Gebäude errichtet und Bestandsgebäude saniert. Niedrigenergie- und Passivhäuser müssen sich hohen Anforderungen stellen: eine deutliche Reduktion des Energie- und Stoffeinsatzes, der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energieträger, insbesondere von Solarenergie und Erdwärme, der Einsatz ökologischer Baumaterialien, eine Erhöhung des Raumkomforts und mit der herkömmlichen Bauweise vergleichbare Kosten. Um sicherzustellen, dass die geplante energetische Performance und behauptete Nachhaltigkeit auch tatsächlich erreicht werden, wurden im Programm Haus bzw. Stadt der Zukunft bereits zahlreiche Gebäude in einer Gegenüberstellung von im Realbetrieb gemessenen Energieverbräuchen bzw. -erträgen mit den im Voraus berechneten Werten evaluiert.

Inhalte und Zielsetzungen

Das Ziel dieses Berichts ist, weitere innovative energieeffiziente Gebäude in Österreich und Ergebnisse einer Gebäude-Bewertung der Öffentlichkeit vorzustellen und das Potential innovativer Gebäudekonzepte und -technologien sichtbar zu machen. Die Gebäudeauswahl fokussierte auf Dienstleistungsgebäude, deren Monitoring- und Bewertungs-Ergebnisse künftigen Bauvorhaben dazu dienen sollen, das vorhandene Optimierungspotenzial in energetischer, ökologischer und sozialer Hinsicht besser zu nutzen. Die untersuchten Gebäude sind: die Bürogebäude IZM Illwerke (Vorarlberg), Ecoport Saubermacher (Steiermark) und Fröschl Haus (Tirol), das Laborgebäude W.E.I.Z.IV (Steiermark), ein Supermarkt des Unternehmens MPREIS (Tirol), das Hotel Mondschein (Vorarlberg), das Pflegeheim Steinfeld (Kärnten), das Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang (Salzburg) und das Studentenheim PopUp Dorms (Wien).

Methodische Vorgehensweise

In allen Gebäuden wurden über einen Zeitraum von mindestens zwölf Monaten die Energiemengen für die Bereitstellung und Verteilung von Heizungswärme, Warmwasser und Kälte, der objektgebundene Stromverbrauch und gegebenenfalls Stromerzeugung mit PV-Anlagen erfasst. Die meist viertelstündliche Erfassung der Messdaten und deren Validierung erfolgten mit einer professionellen web-basierten Hard- und Softwarelösung. Das vorrangige Ziel war die Auswertung der Messdaten und Aufbereitung auf Basis von Energiekennzahlen in Anlehnung an vorliegende Leitfäden. Ebenfalls meist viertelstündlich wurden die Innenraumparameter Temperatur und relative Feuchte, teilweise auch der CO₂-Gehalt der Raumluft in zumindest jeweils drei Räumen gemessen. Als Grundlage für die Interpretation der Messdaten wurde das Nutzungsverhalten beschrieben, über die Aspekte Gebäudenutzung und die Gebäude- und Haustechnik-Betriebsführung. Alle Gebäude wurden in einer Nachhaltigkeitsbewertung mit dem Total Quality Building (TQB-) System nach technischen, ökologischen, ökonomischen und sozialen Kriterien eingestuft.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Bei den meisten der neun vorgestellten Dienstleistungsgebäude zeigt sich in der Auswertung der messtechnischen Daten, dass die gemessenen End-Energieverbrauchswerte gut mit den im Voraus berechneten Planwerten übereinstimmen. Abweichungen gibt es naturgemäß dann, wenn die Nutzung oder auch das haustechnische Konzept in der Realität von der Planung deutlich abweichen. In den meisten Gebäuden konnten in der Betriebsführung der haustechnischen Anlagen Potentiale für Optimierungsmaßnahmen identifiziert werden. Insbesondere in den Gebäuden mit komplexeren haustechnischen Verbundanlagen bekamen die Gebäudebetreiber erstmals einen umfassenden Einblick in die Betriebsführung der Anlagen, was in zwei Gebäuden während der Projektlaufzeit zu Umbau- und Anpassungsmaßnahmen führte. Die Einstufung der Gebäude nach dem TQB-System mit Ergebnissen im Bereich größer 80% der maximal erreichbaren Punkte belegt ebenfalls die hohe Qualität und die nachhaltige Ausrichtung aller Gebäude. Die Empfehlungen an zukünftige Gebäudeplaner und -errichter beziehen sich vor allem auf die Erkenntnisse zur Betriebsführung der haustechnischen Anlagen und zur messtechnischen Untersuchung an sich.

Abstract

Starting point/Motivation

In Austria, in recent years, numerous innovative, energy-efficient buildings have been built and existing buildings renovated. Low-energy and passive houses have to face stiff requirements: a significant reduction in the use of energy and materials, the increased use of renewable energy sources, in particular solar and geothermal energy, the use of ecological building materials, an increase in room comfort and all this with comparable cost to conventional construction. In order to ensure that the planned energy performance and claimed level of sustainability are actually achieved, the real energy consumption compared with the energy demand calculated in advance of numerous buildings has been assessed within the funding program “Stadt der Zukunft”.

Contents and Objectives

The objective of this report is to present to the public additional innovative energy-efficient buildings in Austria and to make the potential of innovative building concepts and technologies visible. The selected buildings focus on service buildings, the monitoring and assessment results shall serve future building projects to realize the optimization potential with regard to energetic, ecological and social aspects. The buildings investigated are: the office buildings IZM Illwerke (Vorarlberg), Ecoport Saubermacher (Styria) and Fröschl Haus (Tyrol), the laboratory building WEIZIV (Styria), a supermarket of MPREIS (Tyrol), the Hotel Mondschein (Vorarlberg), the nursing home Steinfeld (Carinthia), the culture and event center Hallwang (Salzburg) and the students dormitory PopUp Dorms (Vienna).

Methods

In all buildings, the energy flows for the supply and distribution of heating, hot water and cooling energy, the object-related electricity consumption and, if available, power generation with PV systems were recorded during a period of at least twelve months. The collection of the measured data mostly at fifteen-minute intervals and data validation was carried out using a professional web-based hardware and software solution. The primary objective was the evaluation of the measured data based on energy indicators and existing guidelines. The room parameters temperature and relative humidity, and in some cases the CO₂ content in at least three rooms, were also recorded mostly at fifteen-minute intervals. The use behavior was described based on the users of the building as well as on the operation and parametrization of the buildings energy facilities. All buildings were classified in a sustainability assessment according to the Total Quality Building (TQB-) system, including technical, ecological, economic and social criteria.

Results

For most of the nine service buildings presented, the evaluation of the measured data shows that the measured end-energy consumption corresponds well to the planned values

calculated in advance. Naturally, deviations occur when the type of use or the buildings energy supply concept deviate significantly from the planning in reality. In most buildings energy efficiency potentials could be identified in the operation of the buildings energy facilities. For the first time, the building operators were given a comprehensive insight into the operation of the facilities, especially in buildings with complex energy supply and distribution systems, which led to retrofitting measures in two buildings during the project period. The classification of buildings according to the TQB system resulted for all buildings in the range of more than 80% of the maximum score, which also confirms the high quality and sustainable orientation of all presented buildings. The recommendations to future building designers and operators relate primarily to the operation of the building energy facilities and to challenges of energy monitoring itself.

1 Einleitung

Aufgabenstellung

Das Projekt GEMA (Gebäude Energie Messen Analyse) wurde im Rahmen der 2. Ausschreibung des Förderprogramms Stadt der Zukunft als F&E-Dienstleistung „Messtechnische Untersuchung von energieeffizienten Demonstrationsgebäuden“ durchgeführt. Das Projekt hatte zum Ziel, neu errichtete und sanierte Wohn- und Dienstleistungsgebäude messtechnisch zu untersuchen und aus den Erfahrungen zu lernen, um für künftige Bauvorhaben das vorhandene Optimierungspotenzial in energetischer, ökologischer und sozialer Hinsicht besser zu nutzen. Das erwartete Ergebnis war die hiermit vorliegende publizierbare Studie, mit ausgewerteten und aufbereiteten Messdaten in Anlehnung an zum Zeitpunkt der Ausschreibung vorhandene Leitfäden (Wagner, 2011), sowie mit Empfehlungen für zukünftige Gebäudeerrichter und –planer.

Stand der Technik

Vor dem Hintergrund europäischer Gebäude-Richtlinien wurden in Österreich in den vergangenen Jahren zahlreiche neue energieeffiziente Gebäude im Wohn- bzw. Dienstleistungsbereich errichtet. In bisherigen Haus-Der-Zukunft bzw. Stadt-der-Zukunft Projekten (bmvit, 2017) wurden bereits viele Gebäude, mehrheitlich Wohngebäude, unter anderem auch messtechnisch untersucht³. Die Datenauswertungen zeigen, dass in den untersuchten Wohngebäuden das realisierte Energieeffizienzpotenzial den theoretischen Möglichkeiten bzw. dem im Planungsstadium berechneten Energiebedarf meist gut entspricht.

Auch im Dienstleistungsbereich gibt es Vorzeigebäude, in denen innovative und nachhaltige Gebäudekonzepte im realen Betrieb die Erwartungen sowohl an den Energieverbrauch für die Konditionierung als auch an den Nutzerkomfort erfüllen (Wagner, 2011), (Lechner, 2015), (Bayer, 2014). Auswertungen von Energieverbrauchsdaten und Erfahrungen der Projektpartner belegen aber auch Beispiele, in denen die Potentiale der heute verfügbaren und eingesetzten Technologien nur unzureichend genützt werden. Dafür gibt es unterschiedliche Gründe, wie z.B. ein von den Planungsannahmen stark abweichendes Nutzungsverhalten oder eine suboptimale Betriebsführung der v.a. in Dienstleistungsgebäuden oft komplexen haustechnischen Anlagen, die oft von beauftragten externen Dienstleistern komfort- und nicht energieoptimiert betrieben werden.

In Bezug auf Energiemonitoring wurde 2014 vom Österreichischen Institut für Bauen und Ökologie ein Leitfaden zum Monitoring von Plusenergie-Gebäuden veröffentlicht (Steiner, 2014). Dieser Leitfaden soll Planer, Architekten und Bauherren bei Projekten mit dem geplanten Ziel „Plus-Energie“ im Bereich des Energie- und Innenraumklima-Monitorings unterstützen und durch Vermittlung des erforderlichen Basiswissens die Zusammenarbeit und Kommunikation mit Fachplanern erleichtern. In einigen Gebäuden, die im Projekt GEMA untersucht wurden, wurde ein Energiemonitoring-System im Zuge der Gebäudeerrichtung

installiert, was zeigt, dass das entsprechende Bewusstsein der Gebäudebetreiber für die Wichtigkeit und Vorteile eines Energiemonitorings zu wachsen scheint. Es wurde allerdings auch festgestellt, dass bei den Gebäudepartnern meistens die Ressourcen und die technischen Detailkenntnisse fehlen, um die teilweise umfangreichen Datenmengen eines Monitorings auszuwerten und damit die Vorteile eines Monitorings zu nutzen.

Verwendete Methoden

In diesem Bericht sind die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchung von neun innovativen energieeffizienten Dienstleistungsgebäuden mit unterschiedlichen Nutzungsarten dargestellt. Die Dokumentation erfolgt für alle Gebäude nach folgender Struktur:

- Gebäudevorstellung
- Gebäudekonstruktion
- Haustechnik und Messkonzept
- Energetische Kenngrößen
- Komfortparameter
- Zusammenfassung Energie-Monitoring
- Einstufung nach dem TQB-System
- Ökologische Bewertung
- Bewertung Nutzungsverhalten

Die jeweils angewandte Vorgangsweise und die Methoden werden im Folgenden beschrieben.

Gebäudevorstellung

Neben Informationen zum Standort, Errichtungsjahr, Eigentümer und Architekten, zur Nutzungsart und Nutzungsfläche werden die wesentlichen Ausstattungsmerkmale und Besonderheiten der Gebäude zusammengefasst.

Gebäudekonstruktion

Es werden die Bauweise sowie die Bauteile der Gebäudekonstruktion mit einem Anteil größer 4% der Hüllfläche mit den wesentlichsten Materialien sowie den Merkmalen Fläche, Dicke und U-Wert beschrieben. Die Informationen wurden aus den von den Gebäudepartnern zur Verfügung gestellten Energieausweisen entnommen.

Haustechnik und Messkonzept

Die Haus- und Gebäudetechnikanlagen für die Bereitstellung, Speicherung, Verteilung und Abgabe von Heizwärme, Warmwasser, Kälte und Lüftung wurden vor Ort gemeinsam mit den Gebäudepartnern aufgenommen und Informationen zur geplanten Funktionsweise und Betriebsführung, soweit bekannt, aufgenommen. In einem Prinzipschema wurden für jedes Gebäude alle wichtigen haustechnischen Anlagen, Energieflüsse und die Positionen der Strom- und Wärmemengen-zähler (WMZ) dargestellt, die im Projekt für die Erfassung aller im Monitoring relevanten Energieflüsse und Hilfsenergien eingesetzt wurden (siehe Beispiel in Abb. 1).

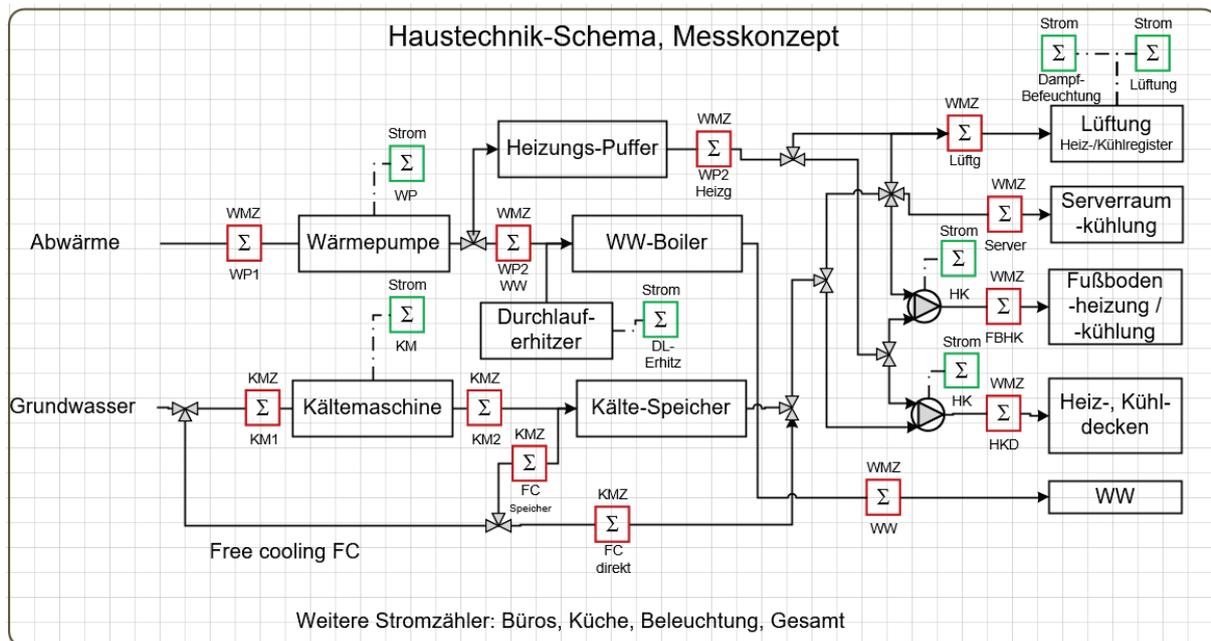


Abb. 1: Beispieldarstellung eines Prinzipschemas von Haustechnik und Messkonzept

In allen Gebäuden wurden über einen Zeitraum von mindestens zwölf Monaten die Energiemengen für die Bereitstellung und Verteilung von Heizungswärme, Warmwasser und Kälte, der objektgebundene Stromverbrauch und gegebenenfalls Stromerzeugung mit PV-Anlagen erfasst. Vor Projektbeginn bereits vorhandene Energiezähler wurden aus Kostengründen ins Messkonzept integriert und gegebenenfalls im Projekt um weitere Zähler ergänzt. In den Gebäuden MPREIS Supermarkt, IZM Illwerke und Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang waren bereits umfangreiche Zählerinfrastrukturen samt Messdaten-Erfassungssystemen vorhanden. In den anderen Gebäuden erfolgte die meist viertelstündliche Erfassung der Messdaten mit einer im Projekt installierten professionellen webbasierten Hard- und Softwarelösung des Projektpartners EUDT¹. Das eingesetzte Messsystem hat als Kernelement eine webfähige, frei skalierbare sogenannte SmartBox, mit universellen Schnittstellen zu Energiezählern (Strom, Wärme, Wasser, Gas, etc.) und systemfremden Anlagen. Diese kann einfach installiert werden und sorgt dafür, dass sämtliche Energieflüsse erfasst und an den zentralen Server weitergeleitet werden. Über eine Web-Applikation können laufend Daten und Auswertungen abgerufen werden.

Energetische Kenngrößen

Das vorrangige Ziel war die Auswertung der Messdaten und Aufbereitung auf Basis von Energiekennzahlen in Anlehnung an vorliegende Leitfäden (Wagner, 2011). Es wurden Energiebedarfs-Kennwerte aus dem Energieausweis (nach OIB RL6) für das Standortklima (SK) den Energieverbrauchs-Messwerten bzw. aus Messwerten berechneten Kennwerten gegenübergestellt. Alle Kennwerte beziehen sich auf die konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF) der untersuchten Gebäude. Die Gegenüberstellung des geplanten Bedarfs und des gemessenen Verbrauchs erfolgt für folgende Kennzahlen.

¹ <https://www.eudt.at/energiemanagement/>

aufgrund unterschiedlicher Bilanzdefinitionen nicht immer möglich, daher wird nur der End-Energieverbrauch dem Planwert des End-Energiebedarfs gegenübergestellt.

Im Rahmen der Auswertungen wurden für die Messdaten Plausibilitätsprüfungen durchgeführt. Besonderes Augenmerk wurde auf die Wärmemengen-Messdaten gelegt. Bei Temperaturmessungen, insbesondere bei kleinen Temperaturdifferenzen zwischen Vorlauf- und Rücklauf-temperatur von wenigen Grad, wie sie z.B. bei Wärmepumpen auftreten können, haben geringe Temperatur-Messfehler von wenigen 10-tel Grad innerhalb der Klassenungenauigkeit des Messgeräts bereits große Auswirkungen auf die gemessene Wärmemenge. Systematische Messabweichungen können mit entsprechenden Faktoren korrigiert werden. Im Projekt GEMA wurde in allen Gebäuden aus Kostengründen bereits bestehende Messtechnik in die Monitoringkonzepte integriert, da insbesondere der nachträgliche Einbau von Ultraschall-Wärme- und Kältemengenzählern teuer ist. In diesem Zusammenhang ist festzustellen, dass bestehende Messtechnik immer wieder heterogen aufgebaut ist, in manchen Fällen keine Dokumentationen sowie keine einheitlichen Schnittstellen vorhanden sind und auch keine Ansprechpartner für detaillierte Auskünfte zur Verfügung stehen. Messsysteme sind zudem nicht immer für eine energetische Bewertung konzipiert, sondern auch für Regelungsfunktionen. Auch werden Messsysteme bei der Übergabe von Anlagen nicht immer geprüft und abgenommen. Das führt dazu, dass erst nach längerem Messen und Beobachten Messfehler bzw. entsprechende Messbereiche in Detailauswertungen ermittelt werden können.

Um auftretende Abweichungen zwischen den Energiebedarfs- und den Energieverbrauchswerten interpretieren und begründen zu können, ist ein Grundverständnis für die Betriebsführung und Parametrierung der meist vollautomatischen haustechnischen Anlagen in Dienstleistungsgebäuden erforderlich. Dieses Verständnis wurde durch das technische Personal der Gebäudepartner, wo verfügbar, sowie teils durch externe Anlagenbetreuer ermöglicht. Darauf wird auch nachfolgend in der methodischen Beschreibung der „Bewertung des Nutzungsverhaltens“ eingegangen.

Komfortparameter

In den untersuchten Gebäuden wurden die Innenraumparameter Temperatur und relative Feuchte, teilweise auch der CO₂-Gehalt der Raumluft gemessen. Die Auswahl der Räume (mindestens 3 Räume je Gebäude) orientierte sich nach Nutzungsart, Lage und Exposition im Gebäude, um deren Einfluss erfassen zu können. Die Messdaten werden als 15-Minuten-Mittelwerte über der Außentemperatur dargestellt, weiters wurden die Überhitzungsstunden während der Regelnutzungszeiten der Gebäude ausgewertet.

Einstufung nach dem TQB-System

In Ergänzung zu einer rein energetischen Bewertung der Gebäude beziehen umfassende Gebäude-Bewertungssysteme auch technische, ökologische, ökonomische und soziale Kriterien mit ein. Ausgehend von ersten internationalen Ansätzen in den 1990-er Jahren („Green Building Challenge“) haben sich inzwischen nationale Bewertungssysteme entwickelt, angepasst an nationale Rahmenbedingungen und Bedürfnisse. In Österreich zählen dazu das Total Quality Building (TQB) – getragen von der Österreichischen

Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (ÖGNB), die Initiative klima:aktiv Bauen und Sanieren unter dem Management der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT) sowie das Deutsche Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen, vertreten von der Österreichischen Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft (ÖGNI). Alle Bewertungssysteme haben als Elemente Kriterien (Beschreibung der bewerteten Qualitäten), eine Bewertungsskala für jedes Kriterium und ein Gewichtungssystem für alle Kriterien mit dem Ziel eines zusammengefassten Bewertungsergebnisses (Sölkner, 2014).

Die Gebäude im Projekt GEMA wurden nach dem Total Quality Building (TQB) ² eingestuft. Das TQB baut auf folgende fünf Hauptgruppen von Kriterien auf: A - Standort und Ausstattung, B - Wirtschaft & technische Qualität, C - Energie und Versorgung, D - Gesundheit & Komfort und E - Baustoffe und Konstruktion. In Abb. 2 sind die Untergruppen des TQB und deren Gewichtung dargestellt. Die Hauptgruppen sind gleich gewichtet mit maximal 200 Punkten je Hauptgruppe, insgesamt maximal 1.000 Punkte für ein Gebäude. Im Vergleich gewichtet die klima:aktiv Bewertung die Gruppe Energie und Versorgung deutlich höher mit maximal 600 von 1.000 Gesamt-Punkten.

Als Informationsquellen im Projekt GEMA dienten in erster Linie Interviews mit den Gebäudepartnern, zusätzlich zu Energieausweis, Einreichunterlagen zu anderen Zertifizierungen wie z.B. Klima-aktiv und, wenn vorhanden, Nachweise wie z.B. Messprotokolle zu Schadstoffmessungen. Nachweise zu sämtlichen Kriterien konnten aber im Rahmen dieses Projektes nicht zusammengestellt oder geprüft werden, die Ergebnisse können daher nur als Einstufung gewertet werden. Es wurden daher auch keine Punktezahlen dokumentiert, sondern als Ergebnis für jedes Kriterium der Prozent-Bereich der Maximal-Punkte (0-20%, 20-40%, 40-60%, 60-80%, 80-100%). Das Gesamtergebnis wird in 100-Punkte-Bereichen dargestellt (Abb. 3).

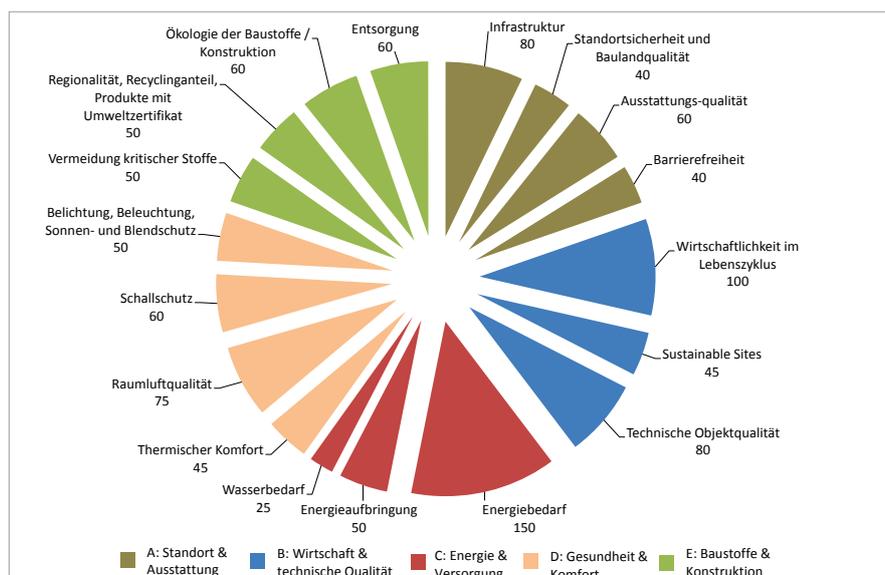


Abb. 2: Haupt- und Untergruppen des Total Quality Building Systems (TQB.2010) und deren Gewichtung für Dienstleistungsgebäude (eigene Darstellung nach Sölkner 2014)

² <https://www.oegnb.net/tqb.htm>

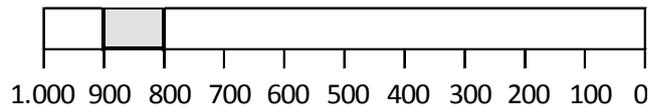


Abb. 3: Beispielhafte Ergebnisdarstellung der TQB-Bewertung im Projekt GEMA

Ökologische Bewertung

Im TQB wird in der Gruppe E (Baustoffe und Konstruktion) auch eine Bewertung der Ökologie mit der Methode des OI3-Indikators (IBO, 2016) sowie des Entsorgungsindikators (EI) (IBO, 2012) vorgenommen. Diese Methoden wurden daher auch im Projekt GEMA für die ökologische Bewertung angewandt.

Der OI3-Indikator ist eine Ökokennzahl, die für die Ökobilanz (Lebenszyklusanalyse) von Gebäuden entwickelt wurde. Die Baumaterialien werden von der Rohstoffgewinnung bis zum Ende der Produktionsphase bilanziert (cradle to gate, Module A1 bis A3 laut ÖNorm EN 15804 ³). Für die OI3-Bewertung werden folgende drei Umweltwirkungen herangezogen:

- Treibhauspotential (GWP) [kg CO₂-äq] ⁴
- Versauerungspotential (AP) [kg SO₂-äq] ⁴
- Verbrauch nicht erneuerbarer Primärenergieträger (PEI n.e.) [kWh] ⁵

Jede der drei Umweltwirkungen wird zuerst für jeden Bauteil in der oben genannten Einheit berechnet und dann über lineare Funktionen in die drei Öko-Indikatoren OI_{GWP} , OI_{AP} und $OI_{PEIn.e.}$ umgerechnet. Der Gesamt Öko-Indikator der Konstruktion $OI3_{KON}$ berechnet sich dann über

$$OI3 = \frac{1}{3} OI_{GWP} + \frac{1}{3} OI_{AP} + \frac{1}{3} OI_{PEIn.e.}$$

Ein wesentlicher Schritt einer Lebenszyklusanalyse eines Gebäudes ist die Festlegung der Bilanzgrenzen. Da in der Praxis der Erfassungsaufwand sämtlicher Konstruktionen und Baustoffe sehr hoch werden kann, wurden für den OI3-Indikator sieben Bilanzgrenzen (BG 0 bis 6) definiert, für die der OI3-Indikator unterschiedlich berechnet wird.

Für die Gebäude in diesem Bericht wurde die BG 1 gewählt, die die vollständige Konstruktion der thermischen Gebäudehülle inklusive Zwischendecken enthält, da diese in den Energieausweisen mit den Detailinformationen zu Bauteilen und Baustoffschichten dargestellt sind. BG1 enthält jedoch keine Innenwände, Keller, Tiefgaragen und auch keine Haustechnik. Haustechnische Anlagen sind in der Datenbank (Stand Ende 2017) erst in geringem Umfang abgebildet, und werden daher in dieser Bewertung nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht berücksichtigt ist der Energiebedarf des Gebäudes. Für BG1 werden die Indikatoren auf die funktionelle Einheit m² Bruttogeschosßfläche (BGF) bezogen.

Für das Subkriterium des OI3-Indikators im Kriterium E(Baustoffe und Konstruktion) wird im TQB-System die Wahl der Bilanzgrenze 3 vorausgesetzt. Da die ökologische Bewertung

³ ÖNORM EN 15804 "Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte"

⁴ Berechnung mit Methode CML (2001) V 3.2.

⁵ Berechnung mit Methode des „Cumulative Energy Demands“ in ecoinvent Data V 2.0

im Projekt aber nur für Bilanzgrenze 1 durchgeführt werden konnte, führt der OI3-Indikator möglicherweise zu einer zu optimistischen Teil-Bewertung.

Der Wertebereich des OI3-Indikators hängt von der Wahl der Bilanzgrenze ab. Für die Einordnung der berechneten Indikator-Werte kann man sich an Gebäudezertifizierungen orientieren. In der Klima-aktiv Zertifizierung ist bei Wahl von BG1 die Mindestanforderung ein OI3-Wert von kleiner gleich 280, die Bestbewertung erfordert kleiner gleich 60 Punkte.

Zudem wird der sogenannte Entsorgungs-Indikator berechnet, der semiquantitativ folgende Teilaspekte bewertet:

- den aktuellen überwiegenden Entsorgungsweg des zu bewertenden Baustoffes in Österreich (stoffliche Verwertung, thermische Verwertung, Deponierung), sowie
- das zukünftige Verwertungspotential, das bis zum angenommenen Zeitpunkt der Entsorgung des Baustoffes technisch und ökonomisch möglich wäre.

Es wird also von einem verwertungsorientierten Gebäude-Rückbau ausgegangen, in dem sortenrein trennbare Baustoffschichten auch getrennt werden, und nicht trennbare Schichten gemeinsam entsorgt werden. Die Entsorgungswege werden auf Basis der heute üblichen Entsorgungspraxis in Österreich nach einer 5-stufigen Bewertungsmatrix (1-5) für jede Baustoffschicht eingestuft. Dann wird das Volumen (m³) jeder Baustoffschicht mit der Note zwischen 1 und 5 multipliziert. Die Ergebnisse aller Baustoffschichten werden summiert und dann durch das Gesamtvolumen dividiert, um den Gesamt-Entsorgungsindikator EI zu erhalten.

Beim Entsorgungsindikator EI (V1.0, 2012) liegt die Mindestanforderung beim TQB für BG1 und BG3 bei kleiner gleich 2,5, die Bestbewertung erfolgt bei kleiner gleich 1,0.

Eine Lebenszyklusanalyse benötigt Vorder- und Hintergrunddaten. Vordergrunddaten sind jene Daten zu den Baustoffen der Gebäudekonstruktion, die aus Planungsunterlagen oder Energieausweisen zusammengestellt werden (Art und Menge des Baustoffs). Hintergrunddaten sind Daten zu den Baustoffen, die die Prozesse der Vorketten der Baustoffherstellung sowie der Entsorgung beschreiben. Hintergrunddaten für Baustoffe stammen aus der internationalen Lebenszyklus-Datenbank ecoinvent ⁶. Um diese Daten nutzerfreundlich einem breiten Anwenderkreis in Österreich zugänglich zu machen, wurde vom IBO die online baubook-Datenbank mit dem integrierten online Lebenszyklus-Tool eco2soft ⁷ entwickelt, das für in Österreich gängige Baustoffe die Hintergrunddaten mit den Umweltwirkungen des OI3-Indikators verknüpft und den OI3- bzw. Entsorgungsindikator berechnet. Dieses Online-Tool eco2soft wurde auch für die ökologische Bewertung in diesem Projekt verwendet. Für den Entsorgungsindikator wurden die von eco2soft vorgeschlagenen Default-Werte für Entsorgungseinstufung und Verwertungspotential übernommen. Diese Default-Einstellungen führen generell bei Dämmmaterialien zu einem im Vergleich zu anderen Baumaterialien hohen Entsorgungsindikator. Insbesondere EPS-Dämmung weist einen ca. doppelt so hohen Entsorgungsindikator als Stein- oder Glaswolle-

⁶ www.ecoinvent.org

⁷ <https://www.baubook.info/eco2soft/>;

Dämmung auf. Die folgende Tabelle stellt Ergebnisse der ökologischen Bewertung für typische großvolumig eingesetzte Baustoffe dar.

Tab. 2: Ergebnisse der ökologischen Bewertung für typische Baustoffe (für jeweils 10m² Fläche, 10cm Dicke)

	PENRT	GWP 100	AP	OI3-Indikator	Entsorgungs-Indikator
	kWh/m ² BGF	kg CO ₂ _{eq} /m ² BGF	kg SO ₂ _{eq} /m ² BGF	BG1, BGF	V1, 2012
Nutzholz	3,3	-7,1	0,0045	-2	-0,05
Ziegel	7,7	2,2	0,0062	21	0
Stahlbeton	10,4	3,7	0,0097	32	0,2
Glaswolle	3,2	0,6	0,0038	10	0,5
Steinwolle	1,8	0,6	0,0042	9	0,5
EPS	5,5	0,8	0,003	12	0,9

Bewertung des Nutzungsverhaltens

Das Hauptziel des Gebäudemonitorings ist, den gemessenen Energieverbrauch eines Gebäudes mit den in der Planungsphase berechneten Energiebedarfswerten zu vergleichen und mögliche Abweichungen zu analysieren. Einen wesentlichen Einfluss auf Abweichungen hat das Nutzungsverhalten. Das Nutzungsverhalten wird in den in der Planungsphase von Gebäuden eingesetzten Rechenmodellen (z.B. Energieausweis-Berechnung, TRNSYS, PHPP) über Standard-Default-Werte laut OIB RL6 abgebildet, die das tatsächliche Nutzungsverhalten nur begrenzt vorhersagen können.

Im Endbericht des IEA Annex 53 „Gesamtenergieverbrauch in Gebäuden“ (Bednar, 2013) wurden von der Task Force „Nutzerverhalten“ die vielfältigen Treiber des energierelevanten Nutzerverhaltens zusammengefasst, wie in Abb. 4 dargestellt.

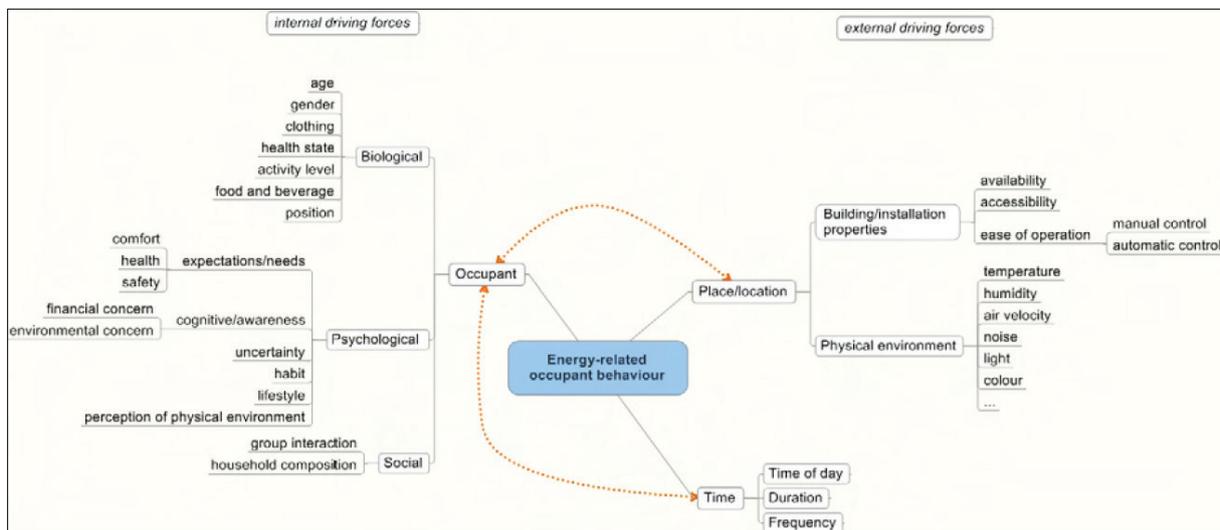


Abb. 4: Treiber des energierelevanten Nutzerverhaltens in Gebäuden (Bednar, 2013)

Diese Treiber beziehen sich also nicht nur auf Nutzer als Individuum oder Personengruppe mit biologischen, psychologischen und sozialen Treibern, sondern auch auf die Gebäude- und Haustechnikbetriebsführung. Im Rahmen des Projekts GEMA umfasst die Bewertung des Nutzungsverhaltens in jedem Gebäude folgende zwei Aspekte als Grundlage für die Interpretation der Monitoringdaten:

- Gebäudenutzung

Die Gebäudenutzung wird mit der Nutzungsart des Gebäudes, der Anzahl der Nutzer und den Nutzungszeiten des Gebäudes beschrieben.

- Gebäude- und Haustechnik-Betriebsführung

In vielen modernen energieeffizienten Gebäuden, insbesondere in Dienstleistungsgebäuden, sind energieverbrauchs-beeinflussende Aktivitäten von Individuen als Gebäudenutzer kaum mehr möglich, das Nutzungsverhalten wird maßgeblich über die Parametrierung und Betriebsführung der automatisierten haustechnischen Anlagen bestimmt. Grundeinstellungen der Betriebsführung sowie Anforderungen, z.B. seitens der Raumparameter, sowie identifizierte Optimierungspotentiale werden beschrieben. Diese wurden mit den Gebäudepartnern besprochen und haben teilweise auch bereits zu konkreten Anpassungsmaßnahmen geführt. Allgemein gültige Erkenntnisse zu Optimierungspotentialen in der Haustechnik-Betriebsführung sind in den allgemeinen Schlussfolgerungen zusammengefasst.

2 Gebäude und Ergebnisse

Die gemeinsam mit dem Auftraggeber bmvit erfolgte Auswahl der im Projekt untersuchten Gebäude umfasst die drei Bürogebäude IZM (Vorarlberg), Ecoport (Steiermark) und Fröschl Haus (Tirol), das Forschungs- und Laborgebäude W.E.I.Z.IV (Steiermark), einen Supermarkt von MPREIS (Tirol), das Hotel Mondschein (Vorarlberg), das Pflegeheim Steinfeld (Kärnten), das Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang (Salzburg) und das Studentenheim PopUp Dorms (Wien) (siehe Abb. 5, Tab. 3).



Abb. 5: Übersicht der untersuchten Gebäude

Tab. 3: Übersicht der untersuchten Gebäude

Gebäude		Standort	Nutzungsart	Neubau/ Sanierung
IZM Illwerke	V	Anton-Amann-Straße 6773 Vandans	Bürogebäude	Neubau
Ecoport Saubermacher	ST	Hans-Roth-Straße 1 8073 Feldkirchen	Bürogebäude	Neubau
Fröschl Haus	T	Brockenweg 2 6060 Hall	Bürogebäude	Neubau
W.E.I.Z. IV	ST	Franz-Pichler-Straße 30 8160 Weiz	Laborgebäude	Neubau
Pflegeheim Steinfeld	K	10. Oktoberstraße 30 9754 Steinfeld	Pflegeheim	Neubau
MPREIS Supermarkt	T	Innsbruckerstraße 3 6161 Natters	Verkaufsstätte	Neubau
Hotel Mondschein	V	Schneider-Promenade 9 6762 Stuben am Arlberg	Hotel	Sanierung
Veranstaltungszentrum Hallwang	S	Dorfstraße 45 5300 Hallwang b. Salzburg	Veranstaltungsstätte	Neubau
PopUpDorms	W	Sonnenallee 28 1220 Wien	Studentenheim	Neubau

Illwerke Zentrum Montafon (IZM)

Vorzeigeprojekt eines EVU für nachhaltiges Bauen

„Sobald man das IZM betritt, fühlt man, was Holz für eine Wärme und Geborgenheit ausstrahlt.“

Standort Anton-Amannstraße 19, 6773 Vandans



Abb. 6: IZM; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 7: IZM: Eichenholz-Schalung;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 8: IZM: Großraumbüro;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 9: IZM: Turbinenhaus, Speichersee
© JOANNEUM RESEARCH

Das IZM wurde von der Vorarlberger Illwerke AG als Vorzeigeprojekt für zukunftsfähiges Bauen errichtet. Eine Besonderheit ist die Holzhybridbauweise nach dem Bausteinkonzept des „Life Cycle Tower One“. Dieses Baukonzept vereint die Nutzung des nachwachsenden Baumaterials Holz, eine sehr kurze und kostengünstige Bauphase durch einen hohen Vorfertigungsgrad der Holzhybrid-Bauelemente, und eine hohe Anpassungsfähigkeit an zukünftige Gebäudenutzungen durch das Bausteinprinzip, z.B. durch die statisch vorbereitete Möglichkeit einer Aufstockung. Nachhaltigkeits-Zertifizierungen (ÖGNI Platin, Klima-Aktiv Silber) und Auszeichnungen belegen die Besonderheit dieses Gebäudes.

Weitere Besonderheiten dieses Bürogebäudes mit 270 Arbeitsplätzen sind:

- die Nutzung der in der direkten Umgebung vorhandenen Wärme- und Kältequellen (Generatorabwärme vom benachbarten Turbinenhaus bzw. Seewasser aus dem Rodund-Speichersee) für Beheizung bzw. Free Cooling des Gebäudes
- Energieeffizientes Beleuchtungskonzept mit tageslichtabhängig gesteuerten Jalousien, präsenz- und tageslichtabhängig gesteuerter Grundbeleuchtung der Allgemeinflächen, individuelle LED-Bürobeleuchtung
- ein umfassendes Energieverbrauchs-Monitoring der haustechnischen Anlagen sowie der Raumparameter Temperatur, Feuchte, CO₂ mit über 300 Messpunkten

Daten (lt. Energieausweis OIB RL6)			Kontakt
	Büronutzung	Gastronomie	
BGF	11.515 m²	1.537 m²	Name: Gernot Burtscher Tel: +43 5574 601-88278 email: gernot.burtscher@illwerke.at website: www.illwerke.at/izm.htm
HWB (RK)	13,72 kWh/m²a	39,80 kWh/m²a	
HWB* (RK)	2,16 kWh/m²a	3,53 kWh/m²a	
KB* (RK)	0,71 kWh/m²a	0,69 kWh/m²a	
Bauweise	Holz-Beton-Hybridbauweise		Besichtigung möglich nach Vorankündigung
Baustart/Fertigstellung	2012 / 2013		
Architektur	Hermann Kaufmann ZT GmbH		
Generalunternehmer	CREE GmbH		
Bauherr/Bauträger	Vorarlberger Illwerke AG		

Gebäudekonstruktion

Holz-Beton-Hybridbauweise, 5-geschoßig

- Holzaußenwände als Verbundelemente mit Fichtenholz als tragendes Konstruktionsholz, OSB-Platten, Mineralwollgedämmung, Eichenholz als sichtbare Innen-Schalung
- vorgefertigte Holz-Beton-Verbunddecken, EPS-Dämmung
- Holzstützen in der Fassade und Stahlbetonsäulen im Gebäudeinneren
- 3-fach verglaste und teilweise öffnende Fenster, Anteil in Außenwänden 50,8 %

- 2 Stiegenhaustürme aus Stahlbeton
- Hohe Flexibilität mit Aufstockungsmöglichkeit, Demontagefreundlichkeit

Tab. 4: IZM: U-Werte Bauteile

Bauteile (Anteil an Hüllfläche > 4%)	Fläche [m ²]	Dicke [cm]	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand 1	1.162	47	0,11
Außenwand 2	604	49	0,16
Außenwand 3	556	48	0,12
Außenwand 4	437	50	0,11
Boden gg. Erdreich	965	56	0,26
Dach	1.932	70	0,08
Fenster und Türen	3.071	-	0,72
Gesamtgebäude			0,33

Haustechnik

Heizung

Wärmepumpe (350 kW) mit Nutzung der Generatorabwärme vom benachbarten Turbinenhaus Rodundwerk I

Warmwasser

Wärmepumpe (siehe Heizung), Durchlauferhitzer für Heißwasser-Kantinenküche

Kühlung

Free Cooling mit Seewasser aus Speichersee Rodundwerk I (345 kW), Kompressions-Kältemaschine (80 kW), Wärmerückgewinnung Serverkühlung, Tiefkühlzellen (Küche)

Wärme-, Kälte-speicher und -verteilung

Heizungsspeicher (5.449 l), Warmwasserspeicher (1.360 l)

Kältespeicher (2.209 l)

Fußbodenheizung / -kühlung und Heiz- / Kühldecken

Lüftung

Wärmerückgewinnung, Dampfbefeuchtung (2 x 60 kW, Nachrüstung)

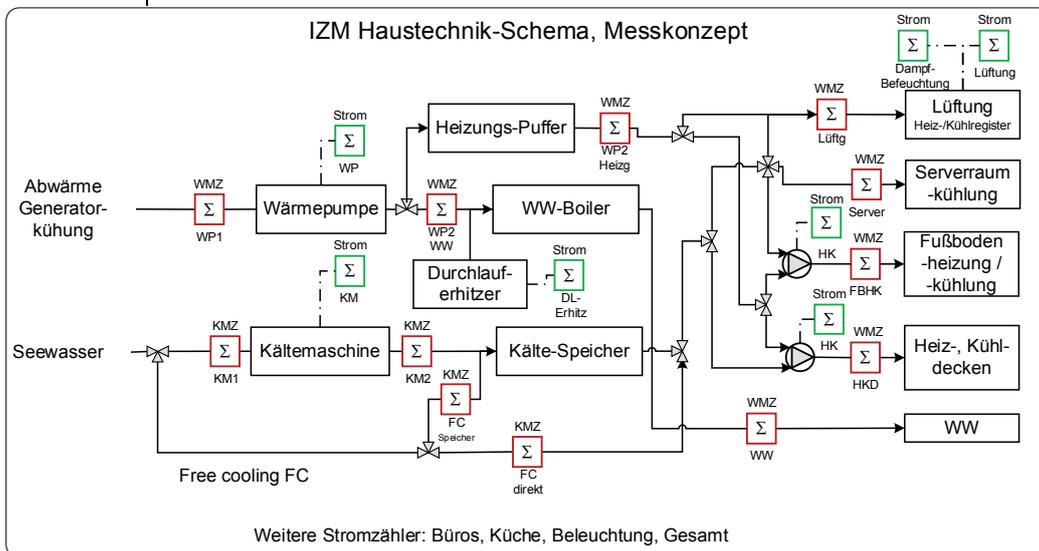


Abb. 10: Prinzipschema IZM – Haustechnik und Messkonzept



Abb. 11: IZM: Turbine-Generator mit WT; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 12: IZM: Dampfbefeuchter der Lüftungsanlage; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 13: IZM: Wärmepumpe und Kältemaschine; © JOANNEUM RESEARCH

Energetische Kenngrößen

Tab. 5: IZM: Energetische Kenngrößen

Messzeitraum: 01. Jänner 2016 - 31. Dezember 2016	
Alle Kennwerte beziehen sich auf die konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²] (Büronutzung + Gastronomie).	13.051
Kompaktheit A/V [1/m]	0,29
Heizwärmebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	18,9
Heizwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	14,8
Heizwärmeverbrauch, HGT-bereinigt [kWh/m ² a] ⁸	17,0
Warmwasserbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	1,1
Warmwasserverbrauch [kWh/m ² a]	1,3
Kühlbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	0,0
Kühlverbrauch [kWh/m ² a]	12,9
Stromverbrauch Haustechnik, [kWh/m ² a]	21,4
Wärmepumpe [kWh/m ² a]	6,2
Kältemaschine [kWh/m ² a]	0,4
Lüftung [kWh/m ² a]	5,1
Dampfbefeuchtung [kWh/m ² a]	8,3
Rest (Pumpen-Heizung/Kühlung, Free Cooling, Durchlauferhitzer) [kWh/m ² a]	1,4
Stromverbrauch Beleuchtung und Betriebsstrom [kWh/m ² a]	42,7
Beleuchtung [kWh/m ² a]	15,7
Betriebsstrom Büros, Küche, Restaurant, Grundbedarf [kWh/m ² a]	27,0
Endenergiebedarf lt. Energieausweis (ohne Betriebsstrom) [kWh/m ² a]	29,6
Endenergieverbrauch [kWh/m ² a] (Haustechnik + Beleuchtung, ohne Betriebsstrom)	37,2
Primärenergiebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	k.A.
Primärenergieverbrauch [kWh/m ² a] mit $f_{PE}=1,91$ (Strom-Mix AT)	71,0

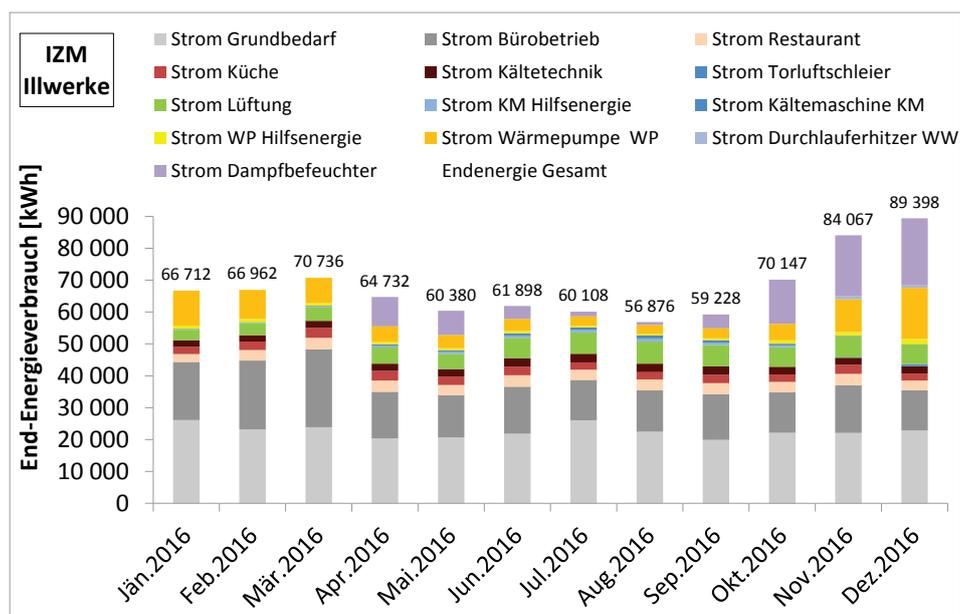


Abb. 14: IZM: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)

⁸ HGT_{20/12} lt. OIB RL6 = 3982; HGT_{22/10} lt. Messungen = 3453

Komfortparameter

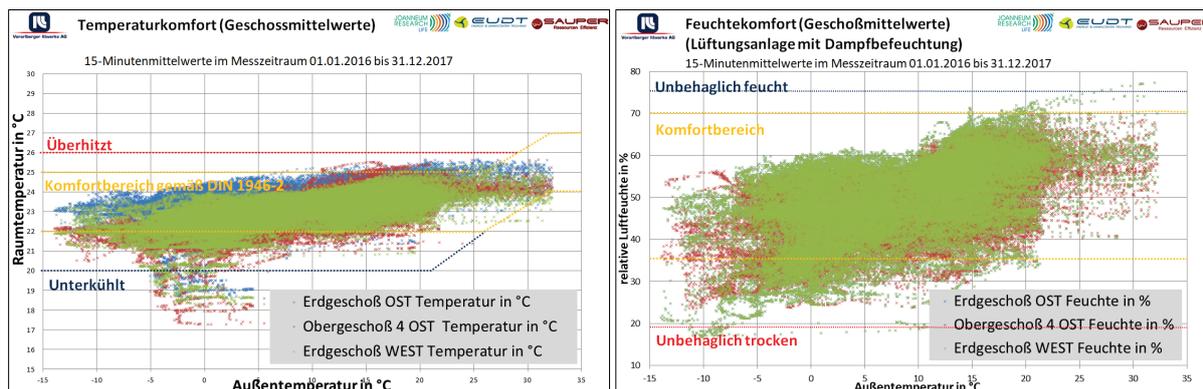


Abb. 15: IZM: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Luftfeuchte)

Tab. 6: IZM: Komfortparameter

Komfortparameter	Außentemperatur	< 15°C	>15°C
Mittlere Raumtemperatur		22,8°C	23,9°C
Überhitzungsstunden (>26°C) in der Nutzungszeit (Mo-Fr, 7-19h)		0%	0%
Mittlere relative Raumfeuchte		46,8%	55,7%
Mittlerer CO ₂ -Gehalt		515 ppm	509 ppm

Zusammenfassung Energie-Monitoring

Der im Messzeitraum Jänner 2016 bis Dezember 2016 gemessene witterungsbereinigte Energieverbrauch des IZM weicht sowohl bei Einzelpositionen wie dem Heizwärmeverbrauch als auch beim Endenergiebedarf nur geringfügig von den Planwerten ab, was die hohe Qualität der Planung und Umsetzung dieses Gebäudekonzeptes unterstreicht. Auch die Auswertung der Komfortparameter zeigt, dass die Komfortbereiche von Raumtemperatur und relativer Raumfeuchte sehr gut eingehalten werden und es zu keinen Überhitzungen kommt. Die relative Raumfeuchte wird durch eine im Jahr 2015 nachgerüstete Dampfbefeuchtung im Behaglichkeitsbereich (Mittelwert in der Heizperiode 47,4%) gehalten. Der Stromverbrauch der Dampfbefeuchter (2 x 60 kW) erhöht den Jahresstromverbrauch der Haustechnik um ca. 64% bzw. den Jahresstromverbrauch des Gebäudes um ca. 14%. Dieser Mehrverbrauch der Dampfbefeuchtung entspricht der Differenz zwischen gemessenem Verbrauch und geplantem Bedarf an Endenergie laut Energieausweis.

Die Heizwärme wird über die Wärmepumpe mit einer Arbeitszahl von 3,8 in der Heizsaison bereitgestellt. Damit die 350 kW Wärmepumpe im Sommer nicht mit einer niedrigen Arbeitszahl nahe eins ausschließlich Warmwasser für die Kantinenküche bereitstellt, wird derzeit die Warmwasserbereitung im Sommer auf Durchlauferhitzung umgestellt.

Die jährlich verbrauchte Kältemenge stammt zu ca. 85% aus Free Cooling (Seewasser) und 15% aus der Kältemaschine. Die Jahres-Arbeitszahl der 80 kW Kältemaschine liegt bei 4,8.

Beim Stromverbrauch liegt der Anteil des Betriebsstroms am Gesamtstromverbrauch von 64,1 kWh/m²a bei 42%, gefolgt vom Stromverbrauch der Haustechnik mit 33% und der Beleuchtung mit 25%. Am Stromverbrauch der Haustechnik hat die Dampfbefeuchtung mit 39% den höchsten Anteil, gefolgt von der Wärmepumpe mit 29% und der Lüftung mit 24%.

TQB-Einstufung

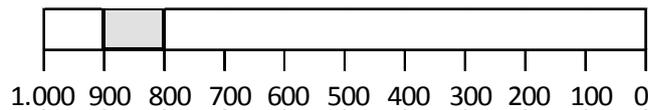


Abb. 16: IZM:TQB-Einstufung

Zusammenfassung: Die Einstufung nach dem TQB-System bestätigt die gelungene Umsetzung des nachhaltigen Gebäudekonzeptes vom IZM, die auch mit den Zertifizierungen ÖGNI-Platin und Klima-aktiv-Silber belegt ist. Die hohe Qualität des Gebäudes resultiert in Maximalpunkten in den Kategorien B und D. In Kategorie C verhindern das Fehlen einer Photovoltaikanlage sowie der Kühlbedarf eine maximale Punkteanzahl, in Kategorie E ein unterdurchschnittlicher Entsorgungsindikator.

Tab. 7: IZM: TQB-Einstufung

Bewertungs-Kategorie	Max	Ist
A Standort & Ausstattung	200	
Infrastruktur	80	
Standortsicherheit, Baulandqualität	40	
Ausstattungs-qualität	60	
Barrierefreiheit	40	
B Wirtschaft & techn. Qualität	200	
Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus	100	
Sustainable Sites	45	
Technische Objektqualität	80	
C Energie & Versorgung	200	
Energiebedarf	150	
Energieaufbringung	50	
Wasserbedarf	25	
D Gesundheit & Komfort	200	
Thermischer Komfort	45	
Raumluftqualität	75	
Schallschutz	60	
Beleuchtung, Sonnen-, Blendschutz	50	
E Baustoffe und Konstruktion	200	
Vermeidung kritischer Stoffe	50	
Regionalität, Recycling, Umweltzertifikat	50	
Ökologie der Baustoffe / Konstruktion	60	
Entsorgung	60	



A Standort und Ausstattung: Die abgelegene Lage im Montafon führt zu einer unterdurchschnittlichen Bewertung der Umgebungs-Infrastruktur. Das Gebäude selbst erfüllt jedoch alle Anforderungen bestmöglich.

B Wirtschaft und technische Qualität: Das IZM stellt ein Vorbild für integrale Planung über den gesamten Lebenszyklus dar. Die Umsetzung auf Basis des Bausteinkonzeptes des „LifeCycleTower ONE“ resultiert in der Höchstbewertung für die effiziente Baustellenabwicklung als auch für die Flexibilität des Gebäudes. Die Nutzung von Umwelt- bzw. Abwärme für Heizen und Kühlen trägt auch zur wirtschaftlichen Effizienz bei. Der überdurchschnittliche Automationsgrad unterstreicht die technische Qualität.

C Energie und Versorgung: Während der Heizwärmebedarf das Kriterium maximal erfüllt, führt der Kühlbedarf zu einer nur unterdurchschnittlichen Bewertung. Bei der Energieaufbringung verhindert eine fehlende PV-Anlage eine bessere Bewertung.

D Gesundheit und Komfort: Gesundheitsaspekte sowie funktionale Qualitäten, die den Nutzungskomfort steigern, waren zentrale Themen in der Planung des IZM, und erfüllen die Kriterien maximal.

E Baustoffe und Konstruktion: Auf die Vermeidung von HFKW und PVC wurde Wert gelegt, die Konstruktion erhält die maximalen Punkte für den OI3-Indikator. Beim Entsorgungsindikator verhindert v.a. der großflächige Einsatz von EPS eine bessere Bewertung.

Ökologische Bewertung (siehe auch TQB-Einstufung in Kategorie E)

Tab. 8: IZM: Ökologische Bewertung

Nicht erneuerbare Primärenergie	Treibhauspotential	Versauerungspotential	OI3-Indikator	Entsorgungs-Indikator	Bewertungsschema (angelehnt an klima:aktiv aufgrund Bilanzgrenze BG1)	OI3	EI
kWh/m ² BGF	kg CO _{2,eq} /m ² BGF	kg SO _{2,eq} /m ² BGF	BG1, BGF	V1, 2012	Bewertungsbandbreite	0-280	0-2,5
324	15,4	0,3	52	2,6	Bestbewertung	≤ 60	≤ 1,0
					> Mindestanforderung	> 280	> 2,5

Bewertung des Nutzungsverhaltens

Gebäudenutzer und Nutzungszeiten

Rund 270 Mitarbeiter/-innen in den Organisationseinheiten Erzeugung, Engineering, Services, Energiewirtschaft sowie in administrative Bereichen der Illwerke nutzen das IZM als Arbeitsstätte. Aufgrund des thematischen Arbeitsumfeldes kann bei den Nutzer/-innen von einem bewussteren Umgang mit Energie ausgegangen werden. Das Open-Space Bürokonzept mit offenen Großraumbüros und Rückzugsbereichen wurde gemeinsam mit den Mitarbeiter/-innen aller Illwerke-Bereiche im Rahmen von Interviews, Workshops und Informationsveranstaltungen erarbeitet. Das Gebäude verfügt auch über einen Küchen- und Gastronomiebereich (1.538 m²) für die Mitarbeiter/-innen. Im Besucherzentrum werden jährlich ca. 15.000 Besucher über Wasserkraft und Energieeffizienz informiert.

Das Gebäude wird hauptsächlich während der Bürozeiten von Montag bis Freitag zwischen 7 und 19h genutzt.

Gebäude- und Haustechnik-Betriebsführung

Sowohl Gebäude- als auch Haustechnik sind zu einem hohen Grad automatisiert, sodass Individuen nur wenige Möglichkeiten haben, energieverbrauchs-verändernde Aktivitäten zu setzen. Diese beschränken sich auf einige zu öffnende Fenster sowie den vom Bildschirm am Arbeitsplatz auch manuell steuerbaren Sonnen- und Blendschutz.

Das Nutzungsverhalten im Gebäude wird daher maßgeblich über die Parametrierung der technischen Anlagen bestimmt. Um diese Parametrierung überwachen und optimieren zu können, betreibt der Gebäudeeigentümer seit einigen Jahren ein Monitoringsystem mit ca. 380 Messstellen. Die Messdaten wurden in diesem Projekt erstmalig umfassend ausgewertet, und Optimierungsmaßnahmen im Betrieb der Haustechnikanlagen eingeleitet. Anhand dieses Gebäudes kann der Einfluss einer nachträglichen Installation einer Dampfbefeuchtung auf die relative Raumfeuchte (siehe folgende Abbildung) sowie auf den Energieverbrauch (siehe auch Zusammenfassung Energie-Monitoring) dargestellt werden. Der Mittelwert der relativen Raumfeuchte in der Heizperiode wurde von 37% auf 47% erhöht, der Jahresstromverbrauch des Gebäudes erhöhte sich dadurch um 14%.

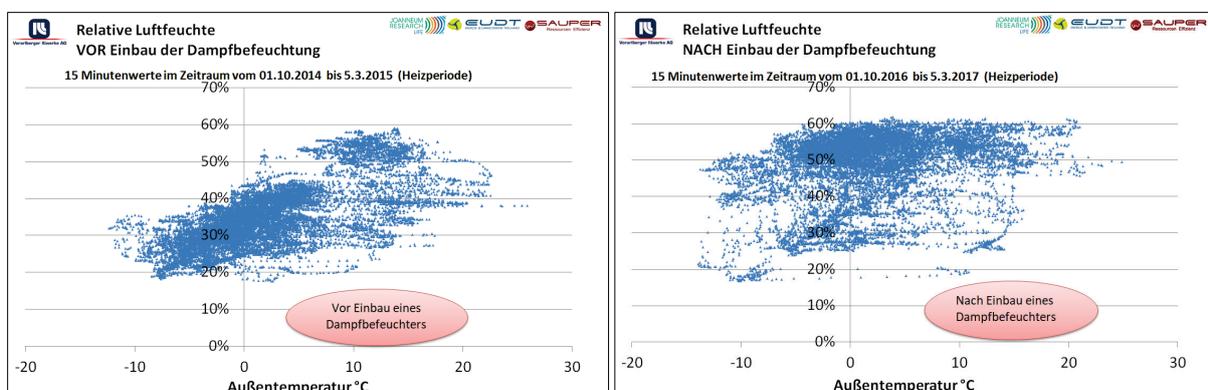


Abb. 17: IZM: Relative Luftfeuchte vor und nach dem Einbau der Dampfbefeuchtung;

Ecoport Saubermacher

Kompetenzzentrum für Abfallwirtschaft

„Der Ecoport ist nicht nur ein lebenswertes Bürogebäude für Mitarbeiter, sondern eine offene Plattform für Abfallwirtschaft, Umweltschutz, Innovation und Nachhaltigkeit“



Abb. 18: Ecoport; © JOANNEUM RESEARCH

Standort Hans-Roth-Straße 1, 8073 Feldkirchen



Abb. 19: Ecoport: Kunstinstallation; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 20: Ecoport: Dünnglas-PV im Atrium; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 21: Ecoport: Flexible Grundrisse; © JOANNEUM RESEARCH

Der Ecoport wurde für die Firma Saubermacher Dienstleistungs AG als Headquarter für ca. 230 Mitarbeiter/innen, als Veranstaltungs-, Weiterbildungszentrum und Plattform für ökologische und ökonomische Fragen in der Abfallwirtschaft errichtet. Modularität und Flexibilität zeichnen das Gebäude aus. Die kammartige 2-stöckige Gebäudestruktur mit ihren vier Fingern kann um weitere Finger baulich erweitert werden, aber auch die Bürogrundrisse können ohne Umbau reversibel verändert und damit an zukünftige Nutzungsanforderungen angepasst werden. Die Klima-Aktiv Silber-Zertifizierung bestätigt die energetische und ökologische Qualität des Ecoports.

Weitere Besonderheiten dieses Bürogebäudes sind:

- Fassadenintegrierte Photovoltaik, Dünnschicht-Photovoltaik im Glasdach des Atriums
- Einsatz von drei Grundwasser-Wärmepumpen sowie Free Cooling mit Grundwasser
- Heizen und Kühlen über Betonkernaktivierung
- Intelligentes Beleuchtungssystem (Präsenzmelder, Lichtsensoren)
- Automatisches Beschattungssystem mit Lamellenverstellung je nach Sonnenstand
- Elektrotankstellen auf Gebäudeparkplätzen

Daten (lt Energieausweis OIB RL6)

BGF	5.535 m²
HWB (RK)	25,95 kWh/m²a
HWB* (RK)	6,52 kWh/m³a
KB* (RK)	0,94 kWh/m³a

Bauweise	Stahl-Beton
Baustart/Fertigstellung	2010 / 2011
Architektur	Bramberger architects
Generalunternehmer	Roth Baumanagement GmbH
Bauherr/Bauträger	Roth Privatstiftung

Kontakt

Name: Wolfgang Kremsl
Tel: +43 59 800 5006
email: w.kremsl@saubermacher.at
website: www.saubermacher.at
**Besichtigung möglich nach
Voranmeldung**

Gebäudekonstruktion

Stahl-Skelett-Bauweise, 2-geschoßig

- Stahlbeton-Außenwände, Mineralwolle- bzw. EPS-Dämmung
- 2-fach verglaste und teilweise öffnende Fenster, Fensteranteil Außenwände 18,7 %
- Fassadenintegrierte Photovoltaik
- Betonkernaktivierte Decken in den Büro-Trakten, Fußbodenheizung im Atrium

Tab. 9: Ecoport: U-Werte Bauteile

Bauteile (Anteil an Hüllfläche > 4%)	Fläche [m ²]	Dicke [cm]	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand EG+OG	1.439	41,3	0,23
Boden über Untergeschoß	959	58	0,27
Boden über Außenluft	1.808	72,5	0,14
Warmdach	2.568	64,5	0,13
Fenster und Türen	1.323	-	0,37-1,64
Gesamtgebäude			0,38

Haustechnik

Heizung	3 Grundwasser-Wärmepumpen (170 kW), Fernwärme (320 kW), 40 m ² (28 kW) Solarkollektoren (hauptsächlich für Warmwasser)
Warmwasser	Wärmepumpe (siehe Heizung), Solarkollektoren
Kühlung	Free Cooling mit Grundwasser
Wärme-, Kälte-speicher und -verteilung	Heizungsspeicher (2 x 2.000 l), Warmwasserspeicher (1.000 l) Kältespeicher (2 x 2.000 l) Betonkernaktivierung in der Decke über den Büros, Fußbodenheizung / -kühlung im Atrium
Lüftung	Wärmerückgewinnung
PV-Anlage	36 kWp, 2x 100 m ² an der Südfassade, 186 m ² Dünnglas-PV integriert im Dach des Atriums

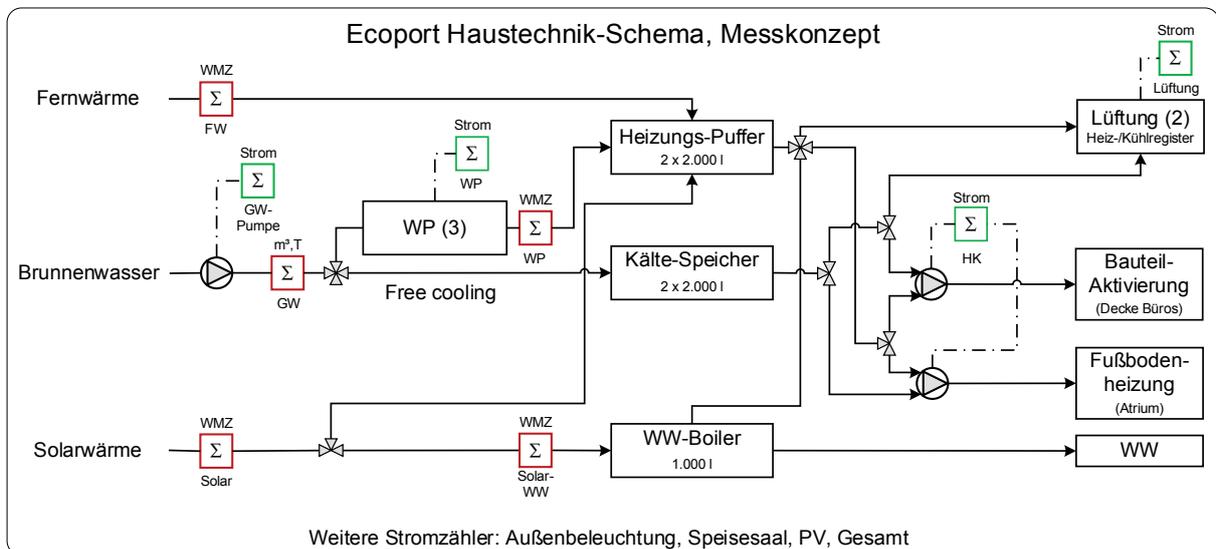


Abb. 22: Prinzipschema Ecoport – Haustechnik und Messkonzept

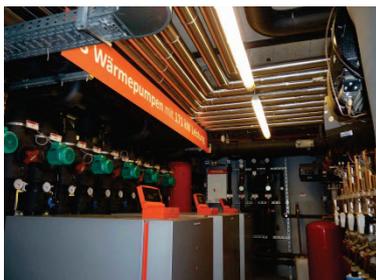


Abb. 23: Ecoport: Wärmepumpen 1-3 (170kW); © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 24: Ecoport: Kältespeicher (2 x 2.000l); © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 25: Ecoport: Free Cooling mit Grundwasser; © JOANNEUM RESEARCH

Energetische Kenngrößen

Tab. 10: Ecoport: Energetische Kenngrößen

Messzeitraum: 01. Juni 2016 - 30. Mai 2017	
Alle Kennwerte beziehen sich auf die konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²]	5,535
Kompaktheit A/V [1/m]	0,42
Heizwärmebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	29,0
Heizwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	46,9
Heizwärmeverbrauch, HGT-bereinigt [kWh/m ² a] ⁹	44,2
Warmwasserbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	4,7
Warmwasserverbrauch [kWh/m ² a]	3,3
Kühlbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	20,4
Kühlverbrauch [kWh/m ² a]	20,1
Fernwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	6,2
Stromverbrauch Haustechnik [kWh/m ² a]	37,9
Wärmepumpe [kWh/m ² a]	16,4
Grundwasserpumpe [kWh/m ² a]	6,3
Lüftung [kWh/m ² a]	6,9
MSR Heiz- und Kühlkreis [kWh/m ² a]	8,4
Stromverbrauch Beleuchtung und Betriebsstrom [kWh/m ² a]	54,2
Beleuchtung [kWh/m ² a] ¹⁰	32,2
Betriebsstrom Büros, Küche, Allgemein [kWh/m ² a]	22,0
Endenergiebedarf lt. Energieausweis (ohne Betriebsstrom) [kWh/m ² a]	75,8
Endenergieverbrauch (Fernwärme, Haustechnik, Beleuchtung, ohne Betriebsstrom) [kWh/m ² a]	76,4
Primärenergiebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a] ⁴	144,8
Primärenergieverbrauch [kWh/m ² a] ¹¹	139,9

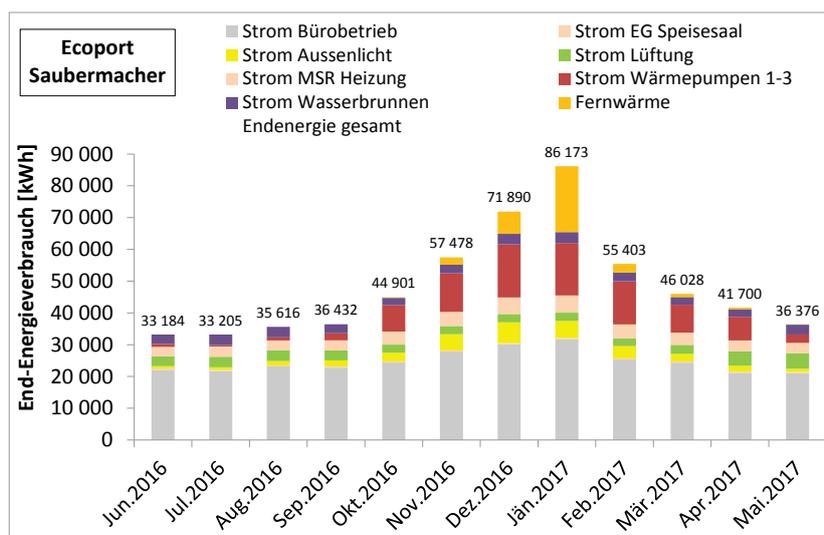


Abb. 26: Ecoport: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)

⁹ HGT_{20/12} lt OIB RL6 = 3560; HGT_{24/10} lt Messungen = 3780

¹⁰ Beleuchtung: kein eigener Messwert, daher Annahme Benchmarkwert Ö-Norm 5059 f. Büro

¹¹ f_{PE}=1,91 (Strom-Mix AT); f_{PE}=0,94 (Fernwärme aus KWK)

Komfortparameter

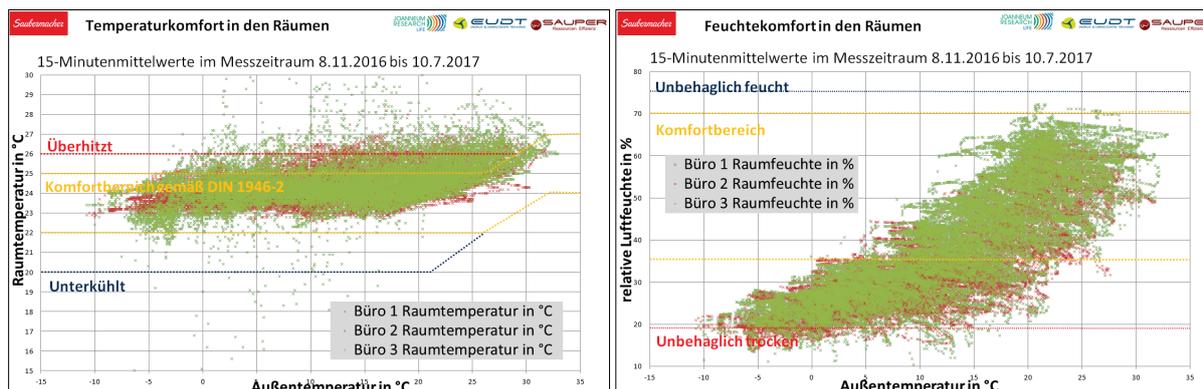


Abb. 27: Ecoport: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Luftfeuchte)

Tab. 11: Ecoport: Komfortparameter

Komfortparameter	Außentemperatur	< 15°C	>15°C
Mittlere Raumtemperatur		24,1°C	24,8°C
Überhitzungsstunden (>26°C) in der Nutzungszeit (Mo-Fr, 7-19h)		2%	3-11%
Mittlere relative Raumfeuchte		29,9%	49,4%
Mittlerer CO2-Gehalt		538 ppm	495 ppm

Zusammenfassung Energie-Monitoring

Der im Messzeitraum Juni 2016 bis Mai 2017 gemessene witterungsbereinigte Heizwärmeverbrauch des Ecoport liegt mit 44 kWh/m²a um 15 kWh/m²a höher als der berechnete Heizwärmebedarf. Gleichzeitig liegt in der Heizperiode die Durchschnittstemperatur in den Büros über 24°C (gegenüber 20°C als Planwert), in ca. 3% der Büronutzungszeiten im Überhitzungsbereich über 26°C. Die mittlere relative Raumfeuchte liegt in der Heizperiode bei 30%. Dies ist ein zu erwartendes Ergebnis, da keine Dampfbefeuchtung in der Lüftungsanlage installiert ist.

Die Wärme für Heizung und Warmwasser wird zu 80% über die Grundwasser-Wärmepumpe, zu 12% über Fernwärme und 7% über die Solaranlage bereitgestellt. Die Wärmepumpe wird mit einer Jahresarbeitszahl von 3,1 betrieben. Der Warmwasserenergieverbrauch wird bilanziell zu 100% von der Solaranlage abgedeckt. Der Kühlverbrauch liegt im Bereich des berechneten Bedarfs. Der gemessene Endenergieverbrauch entspricht nahezu dem berechneten Bedarf.

Beim Stromverbrauch liegt der Anteil der Haustechnik am Gesamtstromverbrauch von 92,1 kWh/m²a bei 41%, gefolgt vom Stromverbrauch der Beleuchtung mit 35% und des Betriebsstroms mit 24%. Am Stromverbrauch der Haustechnik hat die Wärmepumpe mit 43% den höchsten Anteil, gefolgt von Heizkreispumpen mit 23% und der Lüftung mit 19%. Die PV-Anlage deckte bilanziell 5,7% des Gesamtstromverbrauchs des Ecoport ab.

TQB - Einstufung:

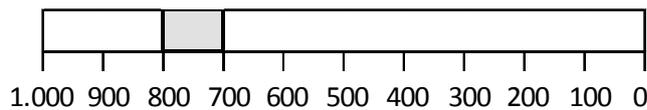


Abb. 28: Ecoport: TQB-Einstufung

Zusammenfassung: Die Einstufung des Ecoport nach dem TQB-System bestätigt die gelungene Umsetzung des nachhaltigen Gebäudekonzeptes, die auch mit der Klima-aktiv-Silber Zertifizierung belegt ist. Die hohe technische Qualität und Flexibilität des Gebäudes resultiert in der Bestbewertung in der Kategorie B. In den Kategorien D und E verhindern fehlende Informationen sowie nicht durchgeführte Messungen im Innenraum eine bessere Bewertung.

Tab. 12: Ecoport: TQB-Einstufung

Bewertungs-Kategorie	Max	Ist
A Standort & Ausstattung	200	
Infrastruktur	80	
Standortsicherheit, Baulandqualität	40	
Ausstattungs-qualität	60	
Barrierefreiheit	40	
B Wirtschaft & techn. Qualität	200	
Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus	100	
Sustainable Sites	45	
Technische Objektqualität	80	
C Energie & Versorgung	200	
Energiebedarf	150	
Energieaufbringung	50	
Wasserbedarf	25	
D Gesundheit & Komfort	200	
Thermischer Komfort	45	
Raumluftqualität	75	
Schallschutz	60	
Beleuchtung, Sonnen-, Blendschutz	50	
E Baustoffe und Konstruktion	200	
Vermeidung kritischer Stoffe	50	
Regionalität, Recycling, Umweltzertifikat	50	
Ökologie der Baustoffe / Konstruktion	60	
Entsorgung	60	



A Standort und Ausstattung: Der Standort verfügt über eine sehr gute Anbindung an das regionale und überregionale Verkehrsnetz. Die fehlenden Angebote sozialer Infrastruktur in der direkten Umgebung verhindern eine bessere Bewertung.

B Wirtschaft und technische Qualität: Der Ecoport erfüllt die Kriterien an integrale Planung, Flexibilität und Dauerhaftigkeit maximal. Baustellenabwicklung und Abfallmanagement wurden naturgemäß ebenfalls bestmöglich erfüllt. Der überdurchschnittliche Automationsgrad unterstreicht die technische Qualität.

C Energie und Versorgung: Während der Heizwärmebedarf das Kriterium annähernd maximal erfüllt, führt der Kühlbedarf nur zu einer unterdurchschnittlichen Bewertung. Die fassadenintegrierte PV-Anlage sowie die Regenwasser-nutzung sind Highlights in diesem Kriterium.

D Gesundheit und Komfort: Dieses Kriterium erreicht nur eine unterdurchschnittliche Bewertung, da keine Messungen zu den Kriterien Schallschutz und Luft-Schadstoffe durchgeführt wurden. Die Kombination aus bauteil-aktiver Kühlung und Sonnen- und Blendschutz sorgen für einen hohen thermischen Komfort im Sommer.

E Baustoffe und Konstruktion: Auf die Vermeidung von PVC wurde Wert gelegt, die Vermeidung von HFKW-haltigen Baustoffen wurde nicht dokumentiert. Beim Entsorgungsindikator verhindert v.a. der großflächige Einsatz von EPS eine höhere Punktzahl.

Ökologische Bewertung (siehe auch TQB-Einstufung in Kategorie E)

Tab. 13: Ecoport: Ökologische Bewertung

Nicht erneuerbare Primärenergie	Treibhauspotential	Versauerungspotential	OI3-Indikator	Entsorgungsindikator	Bewertungsschema (angelehnt an klima:aktiv aufgrund Bilanzgrenze BG1)	OI3	EI
kWh/m ² BGF	kg CO _{2eq} /m ² BGF	kg SO _{2eq} /m ² BGF	BG1, BGF	V1, 2012	Bewertungsbandbreite	0-280	0-2,5
754	219	0,769	176	2,26	Bestbewertung	≤ 60	≤ 1,0
					> Mindestanforderung	> 280	> 2,5

Bewertung des Nutzungsverhaltens:

Gebäudenutzer und Nutzungszeiten

Rund 230 Mitarbeiter/-innen nutzen den Ecoport als Arbeitsstätte, als Verwaltungsgebäude, Veranstaltungs-, Weiterbildungszentrum und Plattform für ökologische und ökonomische Fragen in der Abfallwirtschaft. Bühne für Veranstaltungen, aber auch Ort für Kommunikation während der Bürozeiten ist das zentrale über beide Geschoße reichende Atrium. Das Gebäude verfügt über einen eigenen Küchen- und Gastronomiebereich für die Mitarbeiter/-innen.

Das Gebäude wird hauptsächlich während der Bürozeiten von Montag bis Freitag zwischen 7 und 19h genutzt.

Gebäude- und Haustechnik-Betriebsführung

Sowohl Gebäude- als auch Haustechnik sind zu einem hohen Grad automatisiert, sodass Individuen nur wenige Möglichkeiten haben, energieverbrauchs-verändernde Aktivitäten zu setzen. Diese beschränken sich auf einige zu öffnende Fenster sowie individuell steuerbare Beleuchtung.

Das Nutzungsverhalten im Gebäude wird daher maßgeblich über die Parametrierung der technischen Anlagen bestimmt. Messdaten im Rahmen eines Energie-Monitorings der haustechnischen Anlagen wurden in diesem Projekt erstmalig umfassend ausgewertet, und Optimierungspotentiale vor allem im Betrieb der Wärmepumpe identifiziert. Auf diese Optimierungspotentiale wird im Kapitel Schlussfolgerungen allgemein eingegangen.

Die Monitoringergebnisse zu den Komfortparametern Temperatur, relativer Feuchte und CO₂ in verschiedenen Gebäudezonen haben zur Folge, dass insbesondere das Problem von zu niedrigerer Luftfeuchte in der Heizperiode stärker ins Bewusstsein der Mitarbeiter/-innen und der Gebäudeverwaltung gerückt ist und erste Überlegungen angestoßen hat, um die Situation zu verbessern. Wie am Beispiel des Gebäudes IZM ersichtlich, verbessert eine nachträgliche Installation einer Dampfbefeuchtung in der Lüftungsanlage die Luftfeuchte maßgeblich, hat aber einen entsprechenden Anstieg des Stromverbrauchs zur Folge.

Fröschl Haus

Hoch- und Tiefbau-Zentrale

„Das Fröschl Haus ist ein zeitgemäßes Bürogebäude mit historischer Bautechnik umhüllt.“



Abb. 29: Fröschl; © JOANNEUM RESEARCH

Standort Brockenweg 2, 6600 Hall in Tirol



Abb. 30: Fröschl Haus: Büro mit Akustikelementen; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 31: Fröschl Haus: Gang zum verglasten Innenhof 2. OG; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 32: Fröschl Haus: Innenhof im 2. OG; © JOANNEUM RESEARCH

Das Fröschl-Haus wurde als neue Firmenzentrale der Baufirma Fröschl für rund 130 Mitarbeiter/innen errichtet. Das Gebäude beherbergt im Erdgeschoß weitere Nutzungsarten mit einem Lebensmittelgeschäft, einer Apotheke und Büros. Das auffallendste Merkmal ist die Fassade aus Stampfbeton, eine alten Handwerkskunst, die durch wechselnde Stampfintensität, Farbmischungen und Porosität der Fassade eine eigenständige Wirkung verleiht. Neben dem optischen Erscheinungsbild und dem Witterungsschutz hat sie auch den Zusatznutzen einer speicherfähigen Gebäudehülle, über die durch Solareinträge die Wärmeverluste in Schönwetterperioden im Winter verlangsamt werden.

Weitere Besonderheiten dieses Bürogebäudes sind:

- Einsatz einer Grundwasser-Wärmepumpe sowie Free Cooling mit Grundwasser
- Heizen und Kühlen über Decken-Betonkernaktivierung
- Blendfreies Tageslicht über verglaste Innenhöfe, schmale hohe Fenster nach Außen
- Büro- und Ganglüftung über Fenster, Lüftung nur in Besprechungszimmern

Daten (lt Energieausweis OIB RL6)

BGF	4.878 m²
HWB (RK)	33,07 kWh/m²a
HWB* (RK)	11,81 kWh/m²a
KB* (RK)	0,01 kWh/m²a

Bauweise	Stahl-Beton
Baustart/Fertigstellung	2013 / 2014
Architektur	Roeck Architekten
Generalunternehmer	Fröschl AG & KoKG
Bauherr/Bauträger	Fröschl AG & KoKG

Kontakt

Name: Prok. Josef Ascher
Tel: 05223 57156 1400
email: josef.ascher@froeschl.at
website: www.froeschl.at
**Besichtigung möglich nach
Vor Anmeldung**

Gebäudekonstruktion

Massivbauweise Stahlbeton, 3-geschoßig

- Stahlbeton-Außenwände, EPS-Dämmung, Stampfbetonfassade
- Betonkernaktivierte Decken in den Büro-Trakten
- Hohe Flexibilität mit Aufstockungsmöglichkeit

- 3-fach verglaste öffnende Fenster, Anteil in Außenwänden 16%

Tab. 14: Fröschl Haus: U-Werte Bauteile

Bauteile (Anteil an Hüllfläche > 4%)	Fläche [m ²]	Dicke [cm]	U-Wert [W/m ² K]
Außenwände	10.055	57,5	0,19
Boden über Untergeschoß	1.232	95,1	0,27
Begrüntes Flachdach	1.369	78,9	0,15
Fenster und Türen	785	-	1,04
Gesamtgebäude			0,24

Haustechnik

Heizung

Warmwasser

Kühlung

Wärme-, Kälte-speicher und -verteilung

Lüftung

Grundwasser-Wärmepumpe (31 kW), E-Kessel (60 kW) (Backup)

Dezentrale Untertischboiler

Free Cooling mit Grundwasser

Komplexer Wärme und Kälte-Verteiler mit Zwischenspeicher

Betonkernaktivierung in den Decken, Niedertemperatur-Radiatoren in den Büros

Wärmerückgewinnung

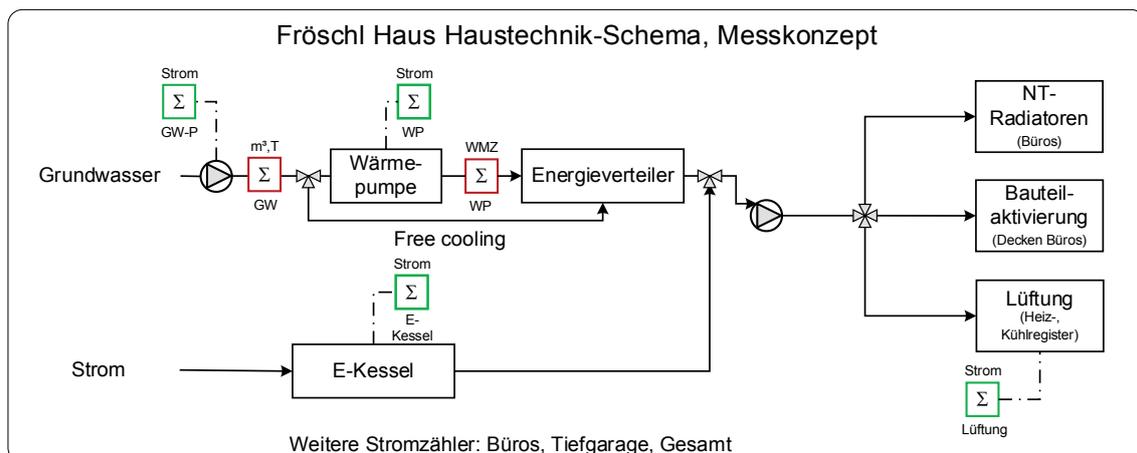


Abb. 33: Prinzipschema Fröschl Haus – Haustechnik und Messkonzept



Abb. 34: Fröschl Haus: GW-Wärmepumpe; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 35: Fröschl Haus: Wärmetauscher für Free Cooling; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 36: Fröschl Haus: Verteiler mit Zwischenspeicher; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 37: Fröschl: Energieverteiler;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 38: Fröschl Haus: Lüftungsanlage;
© JOANNEUM RESEARCH

Energetische Kenngrößen

Tab. 15: Fröschl Haus: Energetische Kenngrößen

Messzeitraum: 1.Dezember 2016 - 30.November 2017	
Alle Kennwerte beziehen sich auf die konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²]	4.878
Kompaktheit A/V [1/m]	0,81
Heizwärmebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	39,0
Heizwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	22,3
Heizwärmeverbrauch, HGT-bereinigt [kWh/m ² a] ¹²	25,2
Warmwasserbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	4,7
Warmwasserverbrauch [kWh/m ² a] (wurde nicht extra gemessen)	--
Kühlbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	13,7
Kühlverbrauch [kWh/m ² a]	9,2
Stromverbrauch Haustechnik [kWh/m ² a]	19,7
Wärmepumpe [kWh/m ² a]	6,0
Grundwasserpumpe, Heizen [kWh/m ² a]	2,7
Grundwasserpumpe, Free Cooling [kWh/m ² a]	0,9
Lüftung [kWh/m ² a]	6,3
MSR Pumpen etc [kWh/m ² a]	3,8
Stromverbrauch Beleuchtung und Betriebsstrom [kWh/m ² a]	43,0
Beleuchtung [kWh/m ² a] ¹³	32,2
Betriebsstrom Büros, Küche, Allgemein [kWh/m ² a]	10,8
Endenergiebedarf lt. Energieausweis (ohne Betriebsstrom) [kWh/m ² a]	86,8
Endenergieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, ohne Betriebsstrom) [kWh/m ² a]	51,9
Primärenergiebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	196,7
Primärenergieverbrauch [kWh/m ² a] ¹⁴	99,1

¹² HGT_{20/12} lt OIB RL6 = 4013; HGT_{24/11} lt Messungen = 3551

¹³ Beleuchtung: kein eigener Messwert, daher Annahme Benchmarkwert Ö-Norm 5059 f. Büro

¹⁴ f_{PE}=1,91 (Strom-Mix AT);

Neubau / Bürogebäude

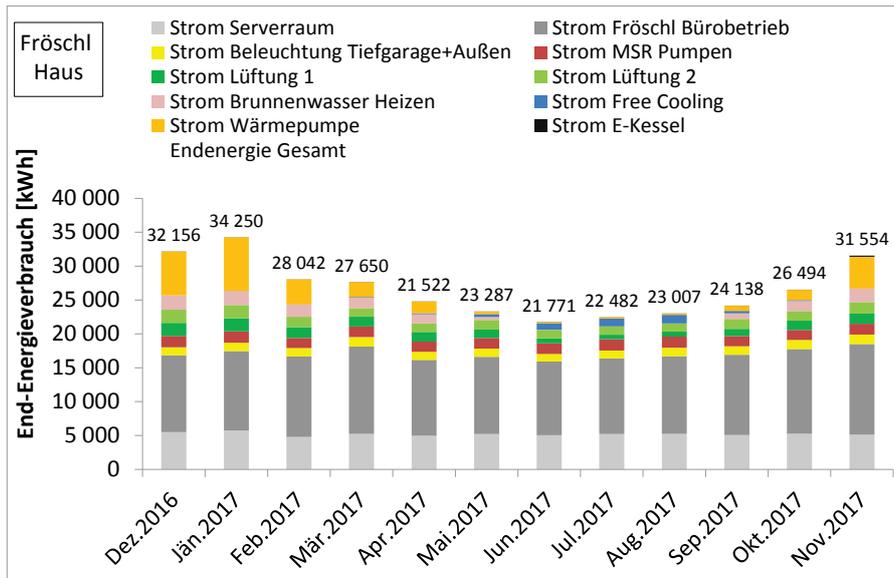


Abb. 39: Fröschl Haus: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)

Komfortparameter

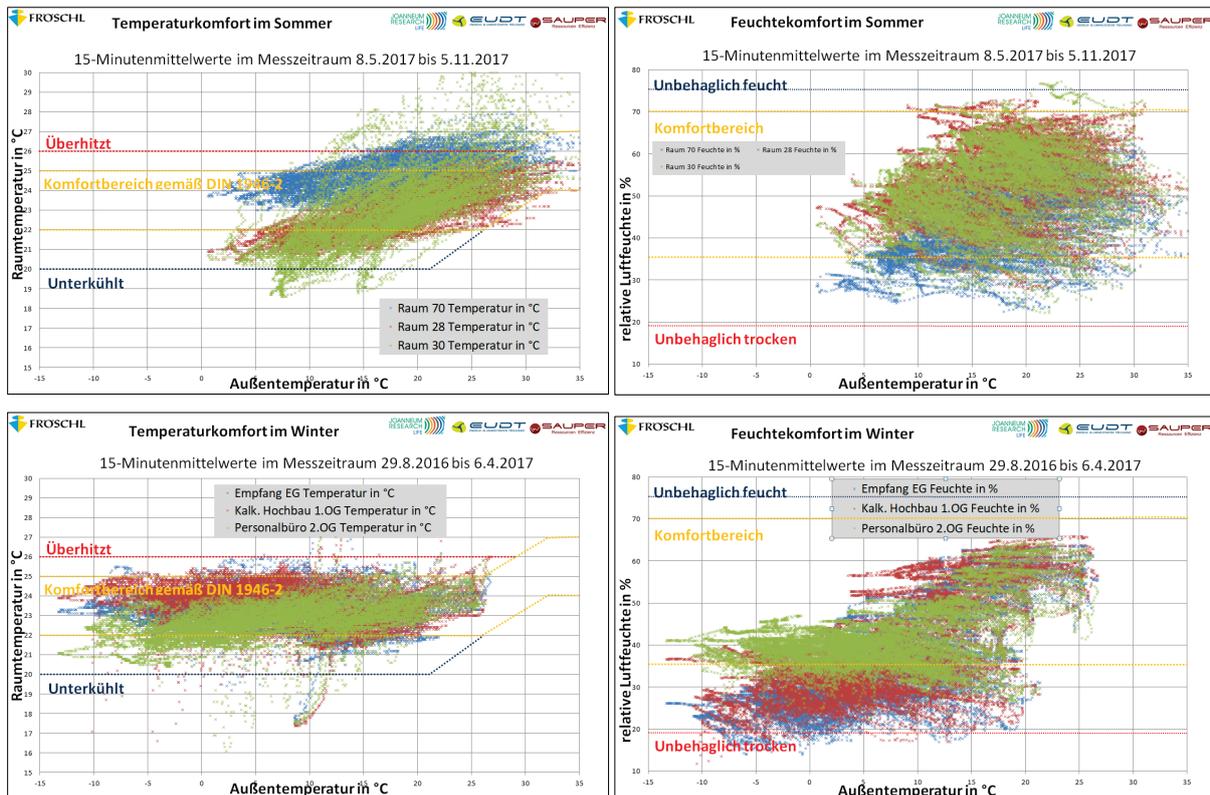


Abb. 40: Fröschl Haus: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Luftfeuchte)

Tab. 16: Fröschl Haus: Komfortparameter

Komfortparameter	Außentemperatur	< 15°C	>15°C
Mittlere Raumtemperatur		23,5°C	24,0°C
Überhitzungsstunden (>26°C) in der Nutzungszeit (Mo-Fr, 7-19h)		0,1%	0-8,6%
Mittlere relative Raumfeuchte		34,4%	51,3%

Zusammenfassung Energie-Monitoring

Der im Messzeitraum gemessene witterungsbereinigte Heizwärmeverbrauch des Fröschl Hauses liegt mit 25,2 kWh/m²a deutlich unter dem berechneten Heizwärmebedarf von

Neubau / Bürogebäude

39 kWh/m²a. Der Grund wird u.a. der Stampfbeton-Außenfassade zugeschrieben, die mit ihrer Speichermasse für Solareinträge in Schönwetterperioden im Winter die Wärmeverluste der Gebäudehülle verlangsamt. Die mittlere Raumtemperatur über das ganze Jahr bei ca. 24 °C, je nach Exposition kommt es im Sommer zu bis zu 8% Überhitzungsstunden. Die mittlere relative Raumfeuchte liegt im Bereich zwischen 34% in der Heizperiode und 51% im Sommer. Dies ist ein gutes Ergebnis v.a. im Winter für ein Gebäude, in dem keine Luftbefeuchtung installiert ist. Die Wärme für die Heizung wird über eine Grundwasser-Wärmepumpe bereitgestellt, mit einer Jahresarbeitszahl von 3,7. Der Kühlverbrauch liegt mit 9,2 kWh/m²a ebenfalls unter dem berechneten Kühlbedarf laut Energieausweis. Der gemessene Endenergieverbrauch (ohne Betriebsstrom) liegt mit 70,1 kWh/m²a deutlich unter dem Endenergiebedarf von 86,8 kWh/m² laut Energieausweis. Beim Stromverbrauch liegt der Anteil der Haustechnik am Gesamtstromverbrauch von 80,9 kWh/m²a bei 47%, gefolgt von der Beleuchtung mit 40%. Am Stromverbrauch der Haustechnik hat die Lüftung mit 43% den höchsten Anteil, gefolgt von Heizkreispumpen mit 23% und der Lüftung mit 19%.

TQB – Einstufung Fröschl Haus:

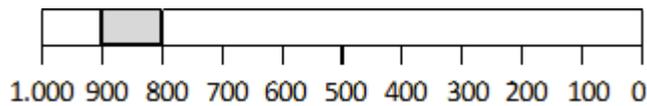


Abb. 41: Fröschl Haus: TQB-Einstufung

Zusammenfassung: Die Einstufung des Fröschl Hauses nach dem TQB-System bestätigt die gelungene nachhaltige Umsetzung des Gebäudekonzeptes. Die Lage, die hohe technische Objektqualität und die Flexibilität des Gebäudes resultiert in einer sehr guten Bewertung in den Kategorien A und B. In den Kategorien C, D und E verhindern teilweise fehlende Informationen sowie nicht durchgeführte Messungen im Innenraum eine bessere Bewertung.

Tab. 17: Fröschl Haus: TQB-Einstufung

Bewertungs-Kategorie	Max	Ist
A Standort & Ausstattung	200	
Infrastruktur	80	
Standortsicherheit, Baulandqualität	40	
Ausstattungs-qualität	60	
Barrierefreiheit	40	
B Wirtschaft & techn. Qualität	200	
Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus	100	
Sustainable Sites	45	
Technische Objektqualität	80	
C Energie & Versorgung	200	
Energiebedarf	150	
Energieaufbringung	50	
Wasserbedarf	25	
D Gesundheit & Komfort	200	
Thermischer Komfort	45	
Raumluftqualität	75	
Schallschutz	60	
Beleuchtung, Sonnen-, Blendschutz	50	
E Baustoffe und Konstruktion	200	
Vermeidung kritischer Stoffe	50	
Regionalität, Recycling, Umweltzertifikat	50	
Ökologie der Baustoffe / Konstruktion	60	
Entsorgung	60	



A Standort und Ausstattung: Der Standort verfügt über eine sehr gute Anbindung an die lokale Infrastruktur, teilweise im eigenen Gebäude. Gemeinsam mit der sehr guten Ausstattungsqualität sowie der durchgängigen Barrierefreiheit resultiert eine sehr gute Bewertung.

B Wirtschaft und technische Qualität: In der Planung des Fröschl Hauses wurde besonderer Wert auf Interdisziplinarität, Flexibilität und Dauerhaftigkeit gelegt. Das drückt sich auch in der sehr guten Bewertung der technischen Objektqualität aus.

C Energie und Versorgung: Insbesondere Heizwärmebedarf und Kühlbedarf wurden sehr gut bewertet. Durch das Fehlen einer PV-Anlage sowie eines besonderen Wassernutzungskonzeptes werden in dieser Kategorie die Maximalpunkte nicht erreicht.

D Gesundheit und Komfort: Dieses Kriterium erreicht keine Best-Bewertung, da Messungen zu Schallschutz und Luft-Schadstoffen nur teilweise durchgeführt wurden. Der sehr gut bewertete thermische Komfort im Winter wie im Sommer wie auch das Lichtkonzept mit den verglasten Gängen zur Innenterasse belegen den hohen Nutzerkomfort des Gebäudes.

E Baustoffe und Konstruktion: Auf die Ökologie der verwendeten Baustoffe wurde Wert gelegt, einzig ein hoher Entsorgungsindikator wie in allen Gebäuden mit einem hohen Anteil an EPS-Dämmung verhindert eine bessere Gesamtbewertung.

Ökologische Bewertung (siehe auch TQB-Einstufung in Kategorie E)

Tab. 18: Fröschl Haus: Ökologische Bewertung

Nicht erneuerbare Primärenergie	Treibhauspotential	Versauerungspotential	OI3-Indikator	Entsorgungs-Indikator	Bewertungsschema (angelehnt an klima:aktiv aufgrund Bilanzgrenze BG1)	OI3	EI
kWh/m ² BGF	kg CO _{2eq} /m ² BGF	kg SO _{2eq} /m ² BGF	BG1, BGF	V1, 2012	Bewertungsbandbreite	0-280	0-2,5
1467	404	1,24	309	2,02	Bestbewertung	≤ 60	≤ 1,0
					> Mindestanforderung	> 280	> 2,5

Bewertung des Nutzungsverhaltens:

Gebäudenutzer und Nutzungszeiten

Rund 130 Mitarbeiter/-innen nutzen das Fröschl Haus als Arbeitsstätte, Firmenzentrale und als Verwaltungsgebäude. Das Gebäude beherbergt weitere Nutzungsarten (Lebensmittelgeschäft, Apotheke, Büro), die durch eigene Energieversorgungsanlagen versorgt werden und vom Fröschl-Bürobetrieb entkoppelt sind.

Das Gebäude wird hauptsächlich während der Bürozeiten von Montag bis Freitag zwischen 7 und 19h genutzt.

Gebäude- und Haustechnik-Betriebsführung

Die vorhandene Haustechnik ist zu einem hohen Grad automatisiert. Individuen haben jedoch auch Möglichkeiten, energieverbrauchs-verändernde Aktivitäten zu setzen. Die Bürofenster können geöffnet werden, über die zentrale Lüftungsanlage werden nur die Besprechungszimmer versorgt. Die Büroräume verfügen auch über Niedertemperatur-Radiatoren, die zur Justierung der Raumtemperatur als Ergänzung zur Deckenheizung (Betonkernaktivierung) zur Verfügung stehen.

Messdaten im Rahmen eines Energie-Monitorings der haustechnischen Anlagen wurden in diesem Projekt erstmalig umfassend erhoben und ausgewertet, und Optimierungspotentiale im Betrieb der Haustechnikanlage, insbesondere der Wärmepumpe und der Grundwasserpumpe, identifiziert. Auf diese Optimierungspotentiale wird im Kapitel der allgemeinen Schlussfolgerungen eingegangen.

W.E.I.Z. IV

Forschungs- und Laborzentrum

„Das WEIZ IV ist ein kundenorientiertes, maßgeschneidertes Plusenergiegebäude, das Teil der aktiven Stadtentwicklung und Pilotprojekt der Smart City Weiz ist.“



Abb. 42: W.E.I.Z.IV; © JOANNEUM RESEARCH

Standort Franz-Pichler-Straße 30, 8160 Weiz



Abb. 43: W.E.I.Z.IV: Laborraum;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 44: W.E.I.Z.IV: Rolle-zu-Rolle-Maschine; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 45: W.E.I.Z.IV: Umluftkühlung, Deckensegel; © JOANNEUM RESEARCH

Das W.E.I.Z. IV wurde von der Weizer Energie Innovationszentrum Immobilien GmbH als Bürogebäude geplant und errichtet und für die Nutzung als Laborgebäude für Materialforschung, Oberflächentechnologien und Photonik durch JOANNEUM RESEARCH ausgestattet. Im Laborbetrieb müssen genaue Vorgaben an Raumtemperatur und –feuchte über bestimmte Zeiträume eingehalten werden, teilweise gleichzeitig unterschiedliche Vorgaben in mehreren Räumen. Der Grundbedarf des Gebäudes für Heizung und Kühlung wird über die Betonkernaktivierung abgedeckt. Die Einhaltung der Laborvorgaben an die Konditionierung werden über die zentrale Lüftungsanlage mit dezentralen Nachheizregistern in den Laborräumen, über eine Kältemaschine und Dampfbefeuchter sichergestellt, unterstützt durch Deckensegel im Heizbetrieb und Umluftkühlgeräten in den Laborräumen im Kühlbetrieb. Eine spezielle Laboreinrichtung, die sogenannte Rolle-zu-Rolle Maschine (Nanoimprint-Lithografie-Anlage), verfügt über zwei eigene Lüftungskanäle sowie einen eigenen Anschluss an das Kältesystem für die Maschinenkühlung. Der Laborbetrieb erfordert große Luftwechselraten, über einen Wärmetauscher wird ein Teil der Energie in der Abluft zurückgewonnen. Eine weitere Energieeffizienzmaßnahme ist die Nutzung der Abwärme der Kältemaschine für die Nachheizregister der Lüftungsanlage. Das Energiekonzept wird ergänzt durch eine PV-Anlage mit 30 kWp.

Daten (lt Energieausweis OIB RL6)

BGF	918 m²
HWB (RK)	10,2 kWh/m²a
HWB* (RK)	4,0 kWh/m³a
KB* (RK)	0,2 kWh/m³a

Bauweise	Stahl-Beton
Baustart/Fertigstellung	2012 / 2013
Architektur	Roeck Architekten
Generalunternehmer	Lafer&Gierer GmbH
Bauherr/Bauträger	W.E.I.Z. GmbH und CoKG

Kontakt

Name: DI Franz Kern
Tel: +43 664 88493988
email: franz.kern@w-e-i-z.com
website:
www.innovationszentrum-weiz.at
Besichtigung möglich nach Voranmeldung

Gebäudekonstruktion

Massivbauweise, 3.geschoßig

- Stahlbeton- bzw. Ziegel Außenwände, EPS-Dämmung
- Betonkernaktivierte Decken
- 3-fach verglaste öffnende Fenster, Anteil in Außenwänden 12,6%

Tab. 19: W.E.I.Z.IV: U-Werte Bauteile

Bauteile (Anteil an Hüllfläche > 4%)	Fläche [m ²]	Dicke [cm]	U-Wert [W/m ² K]
Außenwände STB	305	48	0,15
Außenwände Ziegel	357	48	0,14
Fundamentplatte STB	249	74	0,18
Decke Dachgeschoß STB	298	51,5	0,1-0,17
Fenster und Türen	84	-	0,73-0,79
Gesamtgebäude			0,21

Haustechnik

Heizung

Warmwasser

Kühlung

Wärme-, Kälte-speicher und -verteilung

Lüftung

Fernwärme-Anschluss (32 kW, Auslegung auf 170 kW)

Untertisch-Boiler

Kompressions-Kältemaschine (255 kW), Free Cooling (167 kW) über Rückkühler (in den Nachtstunden)

Heizungspuffer (1.500 l), Kältepuffer (1.500 l); Betonkernaktivierung in den Decken, Deckensegel (Zusatzheizung), Umluftkühler (Zusatzkühlung), Maschinenkühlung Rolle-zu-Rolle Maschine

Zuluftanlage mit Dampfbefeuchtung (4 x 30 kW), Nachheizregister in den Laborräumen; 3 Abluftanlagen für Labor und Rolle-zu-Rolle-Maschine, Wärmerückgewinnung der Abluft

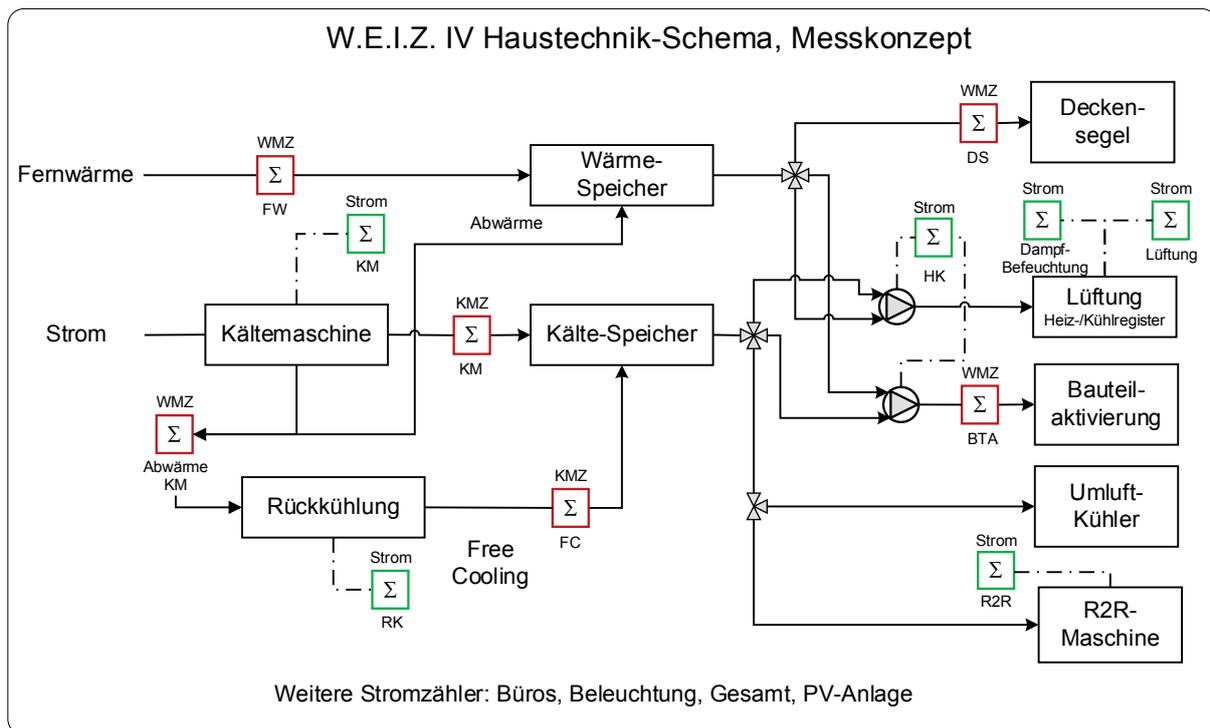


Abb. 46: Prinzipschema W.E.I.Z.IV – Haustechnik und Messkonzept



Abb. 47: W.E.I.Z.IV: Dampfbefeuchtung; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 48: W.E.I.Z.IV: Rückkühler am Dach; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 49: W.E.I.Z.IV: Kältemaschine; © JOANNEUM RESEARCH

Energetische Kenngrößen

Tab. 20: W.E.I.Z.IV: Energetische Kenngrößen

Messzeitraum: 01. Juni 2016 - 30. Mai 2017	
Alle Kennwerte beziehen sich auf die konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²]	918
Kompaktheit A/V [1/m]	0,41
Heizwärmebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	14,2
Heizwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	152,4
Heizwärmeverbrauch, HGT-bereinigt [kWh/m ² a] ¹⁵	163,3
Warmwasserbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	4,7
Warmwasserverbrauch [kWh/m ² a] (wurde nicht extra gemessen)	--
Kühlbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	31,5
Kühlverbrauch [kWh/m ² a]	102,1
Fernwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	152,4
Stromverbrauch Haustechnik [kWh/m ² a]	218,1
Kältemaschine [kWh/m ² a]	22,2
Rückkühler und Free Cooling [kWh/m ² a]	3,4
Dampfbefeuchter [kWh/m ² a]	99,1
Lüftung [kWh/m ² a]	86,3
MSR Heiz- und Kühlkreis [kWh/m ² a]	7,2
Stromverbrauch Betriebsstrom [kWh/m ² a]	99,5
Beleuchtung [kWh/m ² a] ¹⁶	22,4
Rolle-zu-Rolle Maschine [kWh/m ² a]	20,0
Rest Labor [kWh/m ² a]	57,1
Endenergiebedarf lt. Energieausweis (ohne Betriebsstrom) [kWh/m ² a]	47,0
Endenergieverbrauch (Fernwärme, Haustechnik, Beleuchtung, ohne Betriebsstrom) [kWh/m ² a]	392,9
Primärenergiebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	---
Primärenergieverbrauch [kWh/m ² a] ¹⁷	703,2

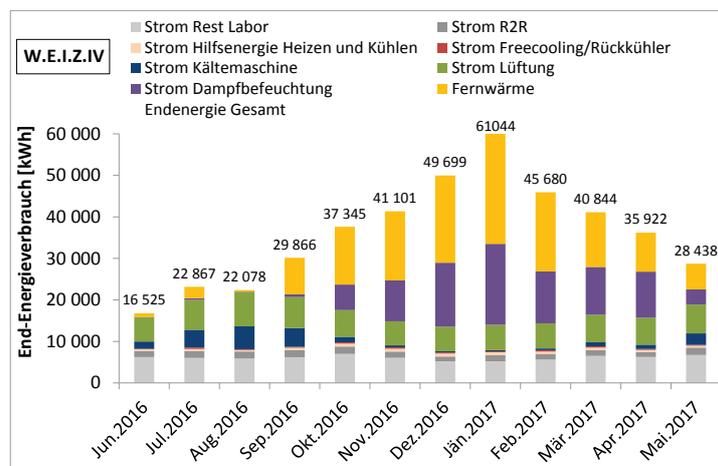


Abb. 50: W.E.I.Z.IV: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)

¹⁵ HGT_{20/12} lt OIB RL6 = 3560; HGT_{22/10} lt Messungen = 3448

¹⁶ Beleuchtung: kein eigener Messwert, daher Annahme lt Energieausweis: 22,4 kWh/m²a

¹⁷ f_{PE}=1,91 (Strom-Mix AT); f_{PE}=1,60 (Fernwärme Heizwerk erneuerbar)

Komfortparameter

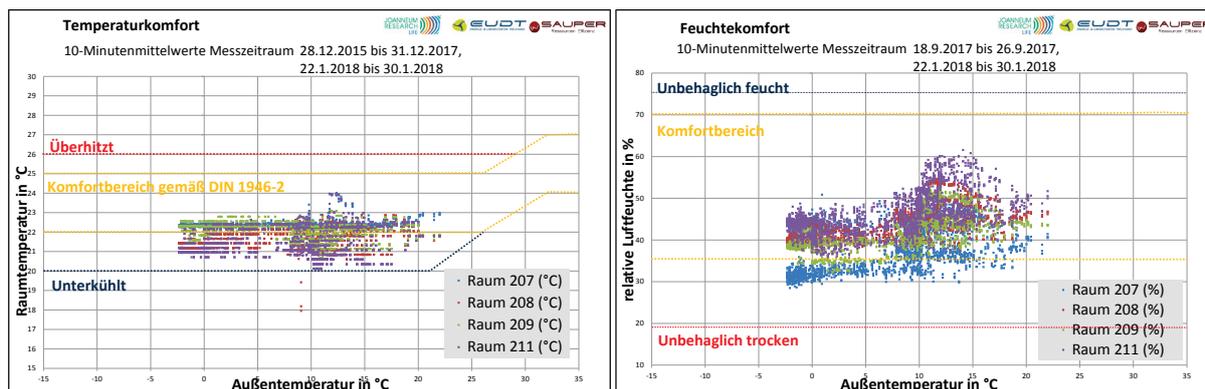


Abb. 51: W.E.I.Z.IV: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Luftfeuchte)

Tab. 21: W.E.I.Z.IV: Komfortparameter

Komfortparameter	Außentemperatur	< 15°C	>15°C
Mittlere Raumtemperatur		21,8°C	22,0°C
Überhitzungsstunden (>26°C) in der Nutzungszeit (Mo-Fr, 7-19h)		0%	0%
Mittlere relative Raumfeuchte		42,2%	44,8%

Zusammenfassung Energie-Monitoring

Der im Messzeitraum Juni 2016 bis Mai 2017 gemessene witterungsbereinigte Heizwärmeverbrauch des W.E.I.Z. IV liegt mit 163 kWh/m²a um den Faktor 10 höher als der berechnete Heizwärmebedarf im Energieausweis. Der Kühlverbrauch ist mit 102 kWh/m²a mehr als dreimal so hoch, der Endenergieverbrauch um den Faktor 8 höher als der geplante Bedarf.

Dieser Vergleich ist jedoch nicht aussagekräftig, da das Gebäude, wie bereits beschrieben, als Bürogebäude geplant und der Energieausweis entsprechend des Nutzungsprofils Bürobetrieb berechnet wurde. Die Nutzung als Laborgebäude unterscheidet sich davon in den Anforderungen an die Raum-Konditionierung deutlich, wie auch im Kapitel des Nutzungsverhaltens und der Gebäude- und Haustechnik-Betriebsführung beschrieben, mit entsprechend großen Auswirkungen auf den Energieverbrauch.

Beim Stromverbrauch liegt der Anteil der Haustechnik am Gesamtstromverbrauch von 317,5 kWh/m²a bei 69%, gefolgt vom Betriebsstrom Labor mit 18%. Am Stromverbrauch der Haustechnik hat die Dampfbefeuchtung mit 45% den höchsten Anteil, gefolgt von der Lüftung mit 40%. Dies ist auch auf den im Laborbetrieb notwendigen hohen Luftwechsel (ca. 7-fach) zurückzuführen, der die energieintensive Dampfbefeuchtung der Zuluft in den Monaten Oktober bis April mit einem Anteil von bis zu 58% des Gesamtstromverbrauchs zur Folge hat.

Die PV-Anlage (30 kWp) am Dach des Gebäudes stellt ca. 11% des Gesamtstromverbrauchs im Laborbetrieb zur Verfügung.

TQB – Einstufung W.E.I.Z. IV:

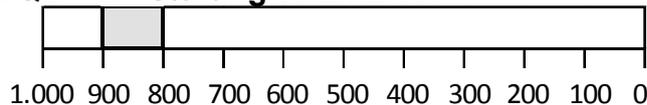


Abb. 52: W.E.I.Z.IV: TQB-Einstufung

Zusammenfassung: Das W.E.I.Z.IV erreicht eine sehr gute Einstufung nach dem TQB-System. In den Kategorien A, B, C und E spiegeln sich insbesondere die hohe technische Qualität und das durchdachte Gebäude- und Energiekonzept (auf Basis der Planung) wider. In Kategorie D verhindern vor allem nicht durchgeführte Messungen zu Schallschutz und Luftschadstoffen eine bessere Bewertung.

Tab. 22: W.E.I.Z.IV: TQB-Einstufung

Bewertungs-Kategorie	Max	Ist
A Standort & Ausstattung	200	
Infrastruktur	80	
Standortsicherheit, Baulandqualität	40	
Ausstattungs-qualität	60	
Barrierefreiheit	40	
B Wirtschaft & techn. Qualität	200	
Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus	100	
Sustainable Sites	45	
Technische Objektqualität	80	
C Energie & Versorgung	200	
Energiebedarf	150	
Energieaufbringung	50	
Wasserbedarf	25	
D Gesundheit & Komfort	200	
Thermischer Komfort	45	
Raumluftqualität	75	
Schallschutz	60	
Beleuchtung, Sonnen-, Blendschutz	50	
E Baustoffe und Konstruktion	200	
Vermeidung kritischer Stoffe	50	
Regionalität, Recycling, Umweltzertifikat	50	
Ökologie der Baustoffe / Konstruktion	60	
Entsorgung	60	



A Standort und Ausstattung: Der Standort verfügt über eine sehr gute Anbindung an die lokale Infrastruktur. Aus der sehr guten Ausstattungsqualität sowie der Barrierefreiheit resultiert eine sehr gute Bewertung.

B Wirtschaft und technische Qualität: Beim W.E.I.Z.IV wurde besonderer Wert auf integrale Planung und auf Berücksichtigung der sehr spezifischen Anforderungen der Labornutzung gelegt. Das drückt sich auch in der sehr guten Bewertung der technischen Objektqualität aus.

C Energie und Versorgung: Sowohl Heizwärmebedarf und Kühlbedarf laut Energieausweis als auch die PV-Anlage tragen zur sehr guten Bewertung bei. Der Energieverbrauch in der Nutzung als Laborgebäude ist nicht berücksichtigt. Ein besonderes Wassernutzungskonzept wurde nicht umgesetzt.

D Gesundheit und Komfort: Dieses Kriterium erreicht keine Best-Bewertung, da Messungen zu Schallschutz und Luft-Schadstoffen nicht durchgeführt wurden. Der sehr gut bewertete thermische Komfort im Winter wie im Sommer ergibt sich aus den diesbezüglich hohen Anforderungen des Laborbetriebs mit genauen Vorgaben bezüglich Temperatur und Luftfeuchte.

E Baustoffe und Konstruktion: Auf die Ökologie der verwendeten Baustoffe wurde Wert gelegt, einzig ein hoher Entsorgungsindikator wie in allen Gebäuden mit einem hohen Anteil an EPS-Dämmung verhindert eine bessere Gesamtbewertung.

Ökologische Bewertung (siehe auch TQB-Einstufung in Kategorie E)

Tab. 23: W.E.I.Z.IV: Ökologische Bewertung

Nicht erneuerbare Primärenergie	Treibhauspotential	Versauerungspotential	OI3-Indikator	Entsorgungs-Indikator	Bewertungsschema (angelehnt an Klima:aktiv aufgrund Bilanzgrenze BG1)	OI3	EI
kWh/m ² BGF	kg CO ₂ _{eq} /m ² BGF	kg SO ₂ _{eq} /m ² BGF	BG1, BGF	V1, 2012	Bewertungsbandbreite	0-280	0-2,5
637	171	0,492	117	2,29	Bestbewertung	≤ 60	≤ 1,0
					> Mindestanforderung	> 280	> 2,5

Bewertung des Nutzungsverhaltens:

Gebäudenutzer und Nutzungszeiten

Das W.E.I.Z.IV Gebäude wird ausschließlich als Laborgebäude im Bereich der Materialforschung und Photonik genutzt. Mitarbeiter/-innen halten sich dort auf, um Forschungsarbeiten mit der Laborausstattung, Geräten und Maschinen durchzuführen. Klassische Büroräume wurden nicht eingerichtet.

Das Gebäude wird hauptsächlich während der Arbeitszeiten von Montag bis Freitag zwischen 7 und 19h genutzt, wobei Laborgeräte und -maschinen auch länger in Betrieb sein können.

Gebäude- und Haustechnik-Betriebsführung

Die Haustechnik wurde auf die speziellen Anforderungen des Laborbetriebs ausgerichtet ausgelegt. Im Wesentlichen beeinflussen zwei Anforderungen an die Haustechnik deren Betriebsführung und den daraus resultierenden Energieverbrauch: zum einen müssen für bestimmte Materialforschungsarbeiten Raumtemperatur und relative Raumfeuchte in vorgegebenen und teilweise sehr kleinen Bandbreiten gehalten werden, wobei über eine Referenzraumsteuerung der Automatikbetrieb übersteuert werden kann. Dabei wird die für einen Versuchsaufbau erforderliche Raumfeuchte für einen von drei Referenzräumen vorgegeben. Die Raumfeuchte im gesamten Gebäude folgt dabei dieser Referenzraumvorgabe, da die Lüftungsanlage nur mit einer zentralen Be- und Entfeuchtungsfunktion ausgestattet ist. Zum anderen erfordert ein Laborbetrieb aus Sicherheitsgründen hohe Luftwechselraten, verbunden mit dem entsprechenden Mehraufwand für die Konditionierung der Zuluft. Über das träge System der Bauteilaktivierung wird der Grundbedarf an Heizung und Kühlung abgedeckt. Die Feineinstellung und kurzfristige Schwankungen werden über die zentrale Vollklimaanlage, teilweise mit dezentralen Nachheizregistern der Lüftungsanlage in den Laborräumen ausgeglichen. Zudem verfügt die sogenannte Rolle-zu-Rolle Maschine (Nanoimprint-Lithografie-Anlage) über zwei eigene Lüftungskanäle sowie einen eigenen Anschluss an das Kältesystem für die Maschinenkühlung.

Diese anspruchsvolle Betriebsführung insbesondere der Lüftungsanlage mit Dampfbefeuchtung, Kühlung sowie Vor- und Nachheizregistern kann daher nicht mit anderen Gebäude-Nutzungsarten verglichen werden und wurde auch nicht im Energieausweis abgebildet. Das W.E.I.Z.IV ist dennoch ein interessantes Beispiel für einen Gebäudebetrieb, in dem über das ganze Jahr bei wechselnden Außenbedingungen die Raumparameter in vorgegebenen sehr engen Bandbreiten gehalten werden müssen.

Pflegeheim Steinfeld

Altenwohn- und Pflegeheim

„Das Altenwohn- und Pflegeheim Steinfeld zeigt, dass ein Seniorenheim keine triste Verwahrsstätte sein muss.“



Abb. 53: Steinfeld; © Martin Mayer

Standort 10.Oktober Straße 30, 9754 Steinfeld



Abb. 54: Steinfeld: Lärchenholzfassade mit verschiebbaren Beschattungselementen; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 55: Steinfeld: Speisesaal; © Martin Mayer



Abb. 56: Steinfeld: Atrium/Wintergarten; © Martin Mayer

Das Pflegeheim Steinfeld wurde vom Sozialhilfverband Spittal an der Drau für 50 Pflegeplätze erreicht. Das dreigeschossige Gebäude ist bis auf das Erdgeschoß und zwei Erschließungstürme ein Holzrahmenbau mit Lärchenholzfassade, der auf dem Erdgeschoß aus Stahlbeton aufsetzt. Die beiden Obergeschosse beherbergen die Wohneinheiten, im Erdgeschoss befinden sich Gemeinschaftsräume, der Speisesaal, die Küche und Verwaltungsbüros. Ein innenliegender dreigeschossiger rundum verglaster Wintergarten bestimmt den Kern des Gebäudes, die Wohneinheiten sind ringförmig um diese grüne Insel angeordnet, die mit dem Glasdach und der Bepflanzung auch die Funktion eines Klimapuffers im Winter und im Sommer übernimmt.

Weitere Ausstattungsmerkmale des Gebäudes sind

- Kontrollierte Wohnraumlüftung
- Vorwärmung bzw. Vorkühlung der Frischluft über Frischluftbrunnen und Erdkollektor
- Verschiebbare fassadenintegrierte Beschattungselemente in den Obergeschoßen
- Regenwassernutzung für Brauchwasser (WC-Anlagen, Gartenbewässerung)
- Bewusste Wahl schadstoffarmer und umweltverträglicher Baustoffe und Materialien

Daten (lt Energieausweis OIB RL6)

BGF	3.727 m²
HWB	k.A.
HWB* (RK)	k.A.
KB* (RK)	k.A.
Bauweise	Holzrahmenbau
Baustart/Fertigstellung	2004 / 2005
Architektur	Dietger Wissounig Architekten
Bauaufsicht	Harald Niederer
Bauherr/Bauträger	SHV Spittal a.d. Drau

Kontakt

Name: Thomas Schell, MAS
Tel: +43 4762 61508
email: office@shv-spittal.at
website: www.shv-spittal.at

**Besichtigung möglich nach
Vor Anmeldung**

Gebäudekonstruktion

Holzrahmenbau auf Stahlbetontisch, 3-geschoßig

- Erdgeschoß Außenwände und Decke aus Stahlbeton, Steinwolle-Dämmung
- Obergeschoß-Außenwände: doppelschalige Holzrahmenbauwände mit Steinwolle-Dämmung
- Dach und Decken mit EPS- und Mineralwolle Dämmung
- 3-fach verglaste öffnende Fenster, Anteil in Außenwänden 36,7%

Tab. 24: Steinfeld: U-Werte Bauteile

Bauteile (Anteil an Hüllfläche > 4%)	Fläche [m ²]	Dicke [cm]	U-Wert [W/m ² K]
Außenwände EG STB	331	41,3	0,23
Außenwände OG Holzrahmenbau	826	29,4	0,17
Trenndecken EG+1.OG	2.687	39,4	0,29
Warmdach	1.228	66,8	0,11
Decke über Keller	423	50,1	0,20
Erdberührter Fußboden	615	72,2	0,18
Fenster und Türen	672	--	1,2
Gesamtgebäude			0,38

Haustechnik

Heizung

Fernwärme-Anschluss (260 kW Anschlussleistung) für die Heizperiode September bis Mai, E-Kessel (75 kW) für die restlichen Monate

Warmwasser

Siehe Heizung

Wärme-, Kälte-speicher und -verteilung

Warmwasserboiler(1.000 l), Fußbodenheizung in Gängen und Allgemeinbereichen, Zimmer-Radiatoren

Lüftung

Zuluftanlage mit Frischluftbrunnen und Vorwärmung/Kühlung in Erdkollector, 3 Lüftungsstränge für Speisesaal/Wintergarten, Wohneinheiten und Küche

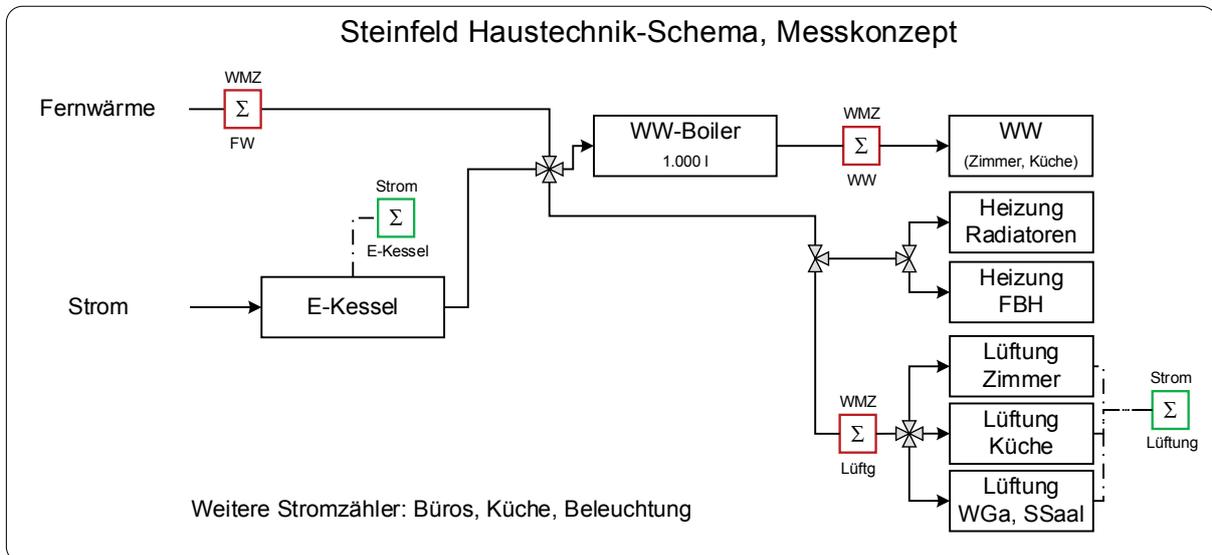


Abb. 57: Prinzipschema Steinfeld – Haustechnik und Messkonzept



Abb. 58: Steinfeld: Heizungsverteiler;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 59: Steinfeld: E-Kessel,
Warmwasser-Boiler; © JOANNEUM
RESEARCH



Abb. 60: Steinfeld:
Frischluftbrunnen; © JOANNEUM
RESEARCH

Energetische Kenngrößen

Tab. 25: Steinfeld: Energetische Kenngrößen

Messzeitraum: 01. Juni 2016 - 30. Mai 2017	
Alle Kennwerte beziehen sich auf die konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²]	3.727
Kompaktheit A/V [1/m]	k.A.
Heizwärmebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a] (ohne Nutzungsprofil)	14,2
Heizwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	49,9
Heizwärmeverbrauch, HGT-bereinigt [kWh/m ² a] ¹⁸	47,3
Warmwasserbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	k.A.
Warmwasserverbrauch [kWh/m ² a]	27,1
Fernwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	65,3
Stromverbrauch Haustechnik [kWh/m ² a]	30,6
Lüftung [kWh/m ² a]	19,2
E-Kessel [kWh/m ² a]	11,4
Stromverbrauch Betriebsstrom [kWh/m ² a]	41,9
Küche [kWh/m ² a]	14,6
Rest (Beleuchtung, Heizungstechnik) [kWh/m ² a]	27,3
Endenergiebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	k.A.
Endenergieverbrauch (Fernwärme, Haustechnik, Beleuchtung, ohne Küche) [kWh/m ² a]	123,2
Primärenergiebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	k.A.
Primärenergieverbrauch [kWh/m ² a] ¹⁹	215,1

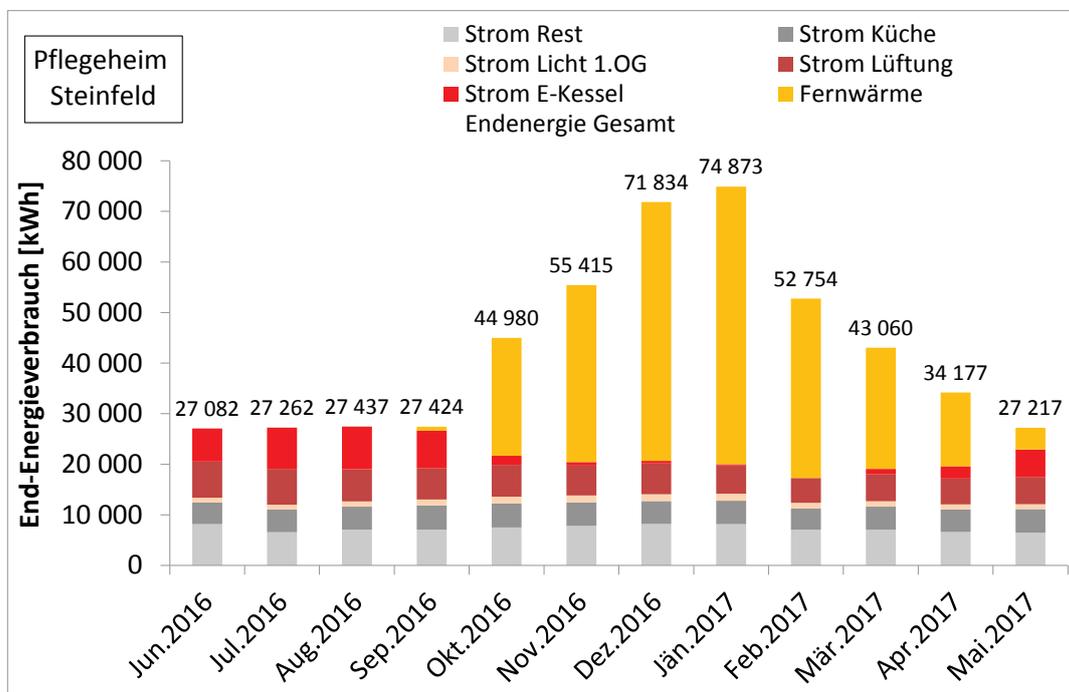


Abb. 61: Steinfeld: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)

¹⁸ HGT_{20/12} lt OIB RL6 = 4183; HGT_{24/15} lt Messungen = 4409

¹⁹ f_{PE}=1,91 (Strom-Mix AT); f_{PE}=1,60 (Fernwärme Heizwerk erneuerbar)

Komfortparameter

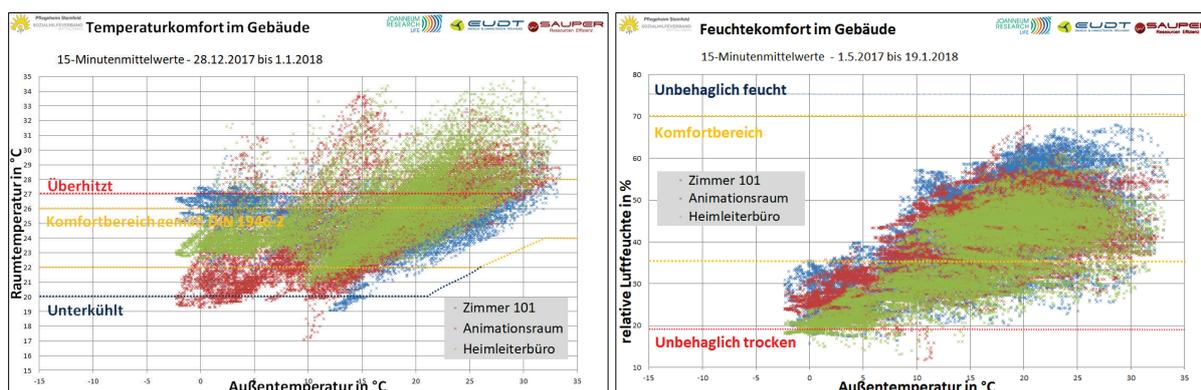


Abb. 62: Steinfeld: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Luftfeuchte)

Tab. 26: Steinfeld: Komfortparameter

Komfortparameter	Außentemperatur	< 15°C	>15°C
Mittlere Raumtemperatur		23,9°C	25,9°C
Überhitzungsstunden (>26°C) in der Nutzungszeit (Mo-Fr, 7-19h)		10-30%	22-50%
Mittlere relative Raumfeuchte		33,9%	45,6%

Zusammenfassung Energie-Monitoring

Der im Messzeitraum Juni 2016 bis Mai 2017 gemessene witterungsbereinigte Heizwärmeverbrauch des Pflegeheims Steinfeld liegt bei 47 kWh/m²a. Ein Vergleich mit dem berechneten Planwert des Heizwärmebedarfs und anderen Kenngrößen ist für Steinfeld nicht möglich, da kein vollständiger Energieausweis für das Gebäude erstellt wurde. Die angegebenen 14,2 kWh/m²a Heizwärmebedarf beziehen sich rein auf die Gebäudekonstruktion, eine Gebäudenutzung als Pflegeheim ist hier nicht berücksichtigt.

Im Vergleich zu Erfahrungswerten in der Literatur (Meyer, 2008) mit durchschnittlich 8.650 kWh Wärmeenergie für die Konditionierung pro Pflegeplatz liegt das Pflegeheim Steinfeld um mehr als 50% niedriger bei ca. 3.700 kWh pro Pflegeplatz.

Die Auswertung der Komfortparameter zeigt entsprechend eine mittlere Raumtemperatur von 24 °C in der Heizperiode, der Anteil der Überhitzungsstunden bewegt sich je nach Lage und solaren Einträgen zwischen 10 bis 30%. Im Sommer liegt die mittlere Raumtemperatur bei knapp 26°C, in einzelnen Räumen im Erdgeschoß kommt es zu einem Anteil von 50% Überhitzungsstunden. Entsprechende Maßnahmen für verbesserte Abschattung sind bereits geplant.

TQB – Einstufung Steinfeld:

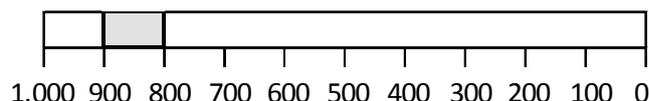


Abb. 63: Steinfeld: TQB-Einstufung

Zusammenfassung: Das Pflegeheim Steinfeld erreicht eine sehr gute Einstufung nach dem TQB-System. In den Kategorien A, B und C spiegeln sich insbesondere die hohe technische Qualität und das durchdachte Gebäude- und Energiekonzept wider. In Kategorie D verhindern vor allem nicht durchgeführte Messungen zu Schallschutz und Luftschadstoffen eine bessere Bewertung.

Tab. 27: Steinfeld: TQB-Einstufung

Bewertungs-Kategorie	Max	Ist
A Standort & Ausstattung	200	
Infrastruktur	80	
Standortsicherheit, Baulandqualität	40	
Ausstattungs-qualität	60	
Barrierefreiheit	40	
B Wirtschaft & techn. Qualität	200	
Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus	100	
Sustainable Sites	45	
Technische Objektqualität	80	
C Energie & Versorgung	200	
Energiebedarf	150	
Energieaufbringung	50	
Wasserbedarf	25	
D Gesundheit & Komfort	200	
Thermischer Komfort	45	
Raumluftqualität	75	
Schallschutz	60	
Beleuchtung, Sonnen-, Blendschutz	50	
E Baustoffe und Konstruktion	200	
Vermeidung kritischer Stoffe	50	
Regionalität, Recycling, Umweltzertifikat	50	
Ökologie der Baustoffe / Konstruktion	60	
Entsorgung	60	



A Standort und Ausstattung: Der Standort verfügt über eine sehr gute Anbindung an die lokale Infrastruktur. Zusammen mit der Baulandqualität mit großzügigen unversiegelten Flächen sowie der Barrierefreiheit ergibt sich eine sehr gute Bewertung.

B Wirtschaft und technische Qualität: In der Planung des Pflegeheims wurde besonderer Wert auf die Kombination einer nutzergerechten Architektur und Materialwahl sowie einer wirtschaftlichen Bauweise gelegt. Die hohe Qualität des Freiraumkonzepts ist ein besonderes Alleinstellungsmerkmal.

C Energie und Versorgung: Die Bewertung des Heizwärmebedarfs ist wegen des fehlenden vollständigen Energieausweises nur bedingt möglich. Die Regenwassernutzung trägt zur sehr guten Bewertung des Kriteriums bei.

D Gesundheit und Komfort: Dieses Kriterium erreicht keine Best-Bewertung, da Messungen zu Schallschutz und Luft-Schadstoffen nicht durchgeführt wurden. Der thermische Komfort im Winter wie im Sommer wird im Rahmen der Kriterien-Definition sehr gut bewertet, auch wenn die Messwerte der Komfortparameter Abweichungen vom Komfortbereich für Temperatur und Luftfeuchte aufzeigen.

E Baustoffe und Konstruktion: Auf die Ökologie der verwendeten Baustoffe wurde Wert gelegt, was auch durch relativ niedrige Werte der Umweltindikatoren OI3-Indikator und Entsorgungsindikator belegt wird.

Ökologische Bewertung (siehe auch TQB-Einstufung in Kategorie E)

Tab. 28: Steinfeld: Ökologische Bewertung

Nicht erneuerbare Primärenergie	Treibhauspotential	Versauerungspotential	OI3-Indikator	Entsorgungs-Indikator	Bewertungsschema (angelehnt an klima:aktiv aufgrund Bilanzgrenze BG1)	OI3	EI
kWh/m ² BGF	kg CO _{2-eq} /m ² BGF	kg SO _{2-eq} /m ² BGF	BG1, BGF	V1, 2012	Bewertungsbandbreite	0-280	0-2,5
578	-59,5	0,515	62	1,81	Bestbewertung	≤ 60	≤ 1,0
					> Mindestanforderung	> 280	> 2,5

Bewertung des Nutzungsverhaltens:

Gebäudenutzer und Nutzungszeiten

Das Pflegeheim Steinfeld verfügt über 50 Pflegebetten bzw. Wohneinheiten für ältere Menschen, sowie über einige Büroräume für Heimleitung und Verwaltung. Ein hauseigener Haustechniker betreut die haustechnischen Anlage.

Das Gebäude wird an 7 Tagen die Woche 24 Stunden bewohnt.

Gebäude- und Haustechnik-Betriebsführung

Das Pflegeheim Steinfeld weist im Projekt das einfachste haustechnische Konzept auf. Die Wärmeversorgung erfolgt in den Monaten September bis Mai über Fernwärme, in den restlichen Monaten über den E-Kessel. Die Auswertung der Messdaten zeigt einen relativ konstanten Stromverbrauch für Lüftung, Küche, Licht und weitere Verbraucher. Strom für den E-Kessel wird mit Ende der Fernwärme-Versorgung ab Mai bis September bezogen. Auch die Jahresverläufe der Wärmemengen sind sehr plausibel. Der Warmwasserbedarf ist nahezu konstant (ca. 3.800-4.500l pro Tag), die Wärmemenge Fernwärme ist zwischen Juni und Mitte September gleich null, der Wärmebedarf gesamt entspricht dem Strombezug des E-Kessels im Sommer bzw. der Fernwärme im Winter.

Die relativ hohe Durchschnittsraumtemperatur im Sommer und der hohe Anteil von Überhitzungsstunden vor allem im Sommer sind erwartbar in einem Gebäude, das über keine aktive Kühlung verfügt. Die Überhitzung tritt v.a. in bestimmten Räumen (Büros im Erdgeschoß) auf, für die eine Beschattung nachgerüstet wird. Die Messwerte zeigen auch, dass im Sommer bei sehr hohen Außentemperaturen (30°C) die Raumtemperaturen einer gemessenen Wohneinheit 2-3°C niedriger waren als außen. Hier dürfte die Vorkühlung der Zuluft über die Erdkollektoren zum Tragen kommen, was aber messtechnisch nicht untersucht wurde.

MPREIS Supermarkt

Zweiter Passivhaus-Supermarkt Österreichs

„Mit den Passivhaus-Supermärkten in Tirol setzt das Familienunternehmen MPREIS Schwerpunkte im Bereich umweltbewusstes und nachhaltiges Handeln.“



Abb. 64: MREIS Natters; © MPREIS

Standort Innsbrucker Strasse 3, 6161 Natters



Abb. 65: MREIS Natters: Verkaufsraum; © MPREIS



Abb. 66: MREIS Natters: Tiefkühlmöbel; © MPREIS



Abb. 67: MREIS Natters: Bistro / Bäckerei; © MPREIS

Der MPREIS Supermarkt Natters wurde von der Firma MPREIS als zweiter österreichischer Passivhaus-Lebensmittelmarkt errichtet. Lebensmittelmärkte sind aufgrund der Lebensmittelkühlung, der Beleuchtung und wie im Fall von MPREIS Natters einer im Markt integrierten Bäckerei und eines Bistros energieintensive Gebäude. Diese Energieverbraucher erzeugen entsprechend viel Abwärme, die im Energiekonzept des Passivhaus-Marktes genutzt wird. Insbesondere die Abwärme der Kältemaschine ist bereits ausreichend, um das gesamte Gebäude zu heizen. Voraussetzung dafür ist die hochwärmegedämmte luftdichte Gebäudehülle in Passivhausstandard, die die energieeffiziente Nutzung der Kältemaschine auch fürs Heizen ermöglicht. Die Zuluft der Lüftungsanlage wird über eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft vorgewärmt. Als weitere Energieeffizienzmaßnahme sind die Kühlmöbel mit Isolierglas-Türen ausgestattet. Auf dem Dach ist eine 45 kWp PV-Anlage installiert. Eine Kälteanlage für die Kühlung des Verkaufsraumes im Sommer ist nicht erforderlich, über die Kühlmöbel wird dem Innenraum im Sommer ausreichend Wärme entzogen, zusätzlich wird über eine Nachtlüftung mit geöffneten Oberlichtern eine Überwärmung des Innenraums vermieden. Das Gebäude wurde vom Innsbrucker Passivhaus-Institut als Passivhaus zertifiziert.

Daten	OIB RL6	PHPP	Kontakt
BGF/EBF	1.236 m ²	1.061 m ²	Name: Martin Auer
HWB (RK)	19,9 kWh/m ² a	10 kWh/m ² a	Tel: +43 5 0321 4588
HWB* (RK)	4,5 kWh/m ³ a		email: martin.auer@mpreis.at
KB* (RK)	0,5 kWh/m ³ a	0 kWh/m ² a	website: www.mpreis.at
Bauweise	Halle mit Satteldach		Besichtigung möglich nach Voranmeldung
Baustart/Fertigstellung	2014 / 2014		
Architektur	Architekten Scharfetter-Rier		
Bauphysik	Passivhaus Institut Innsbruck		
Bauherr/Bauträger	MPREIS Warenvertriebs GmbH		

Gebäudekonstruktion

Halle mit Satteldach

- Außenwände AW1: Mehrschichtiger Hohlwandaufbau, Steinwolle, EPS Dämmung
- Außenwände AW 2,3: Massivwände Stahlbeton, EPS-Dämmung
- Bodenplatte Stahlbeton, EPS-Dämmung
- Satteldach, Mineralwolle-Dämmung
- Zwischendecke, Stahlbeton, EPS-Dämmung
- 3-fach verglaste Fenster

Tab. 29: MPREIS Natters: U-Werte Bauteile

Bauteile (Anteil an Hüllfläche > 4%)	Fläche [m ²]	Dicke [cm]	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand 1	130	47,3	0,12
Außenwände 2, 3	232/139	43/48	0,13/0,17
Bodenplatte	267/702	49/62	0,26/0,14
Satteldach	837	77	0,11
Zwischendecke	148	36	0,5
Erdberührter Fußboden	615	72,2	0,18
Fenster und Türen	145	--	0,95
Gesamtgebäude			0,19

Haustechnik

Heizung

Kühlung

Warmwasser

Wärme-, Kälte-speicher und -verteilung

Lüftung

Nutzung der Abwärme der Verbund-Kälteanlage für die Normal- und Tiefkühlung

Nachtkühlung über Oberlichter, Kühlmöbel

Untertisch-Boiler

Energiespeicher (1.000 l), Fußbodenheizung im Verkaufsraum, Torluftschleier beim Haupteingang

Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

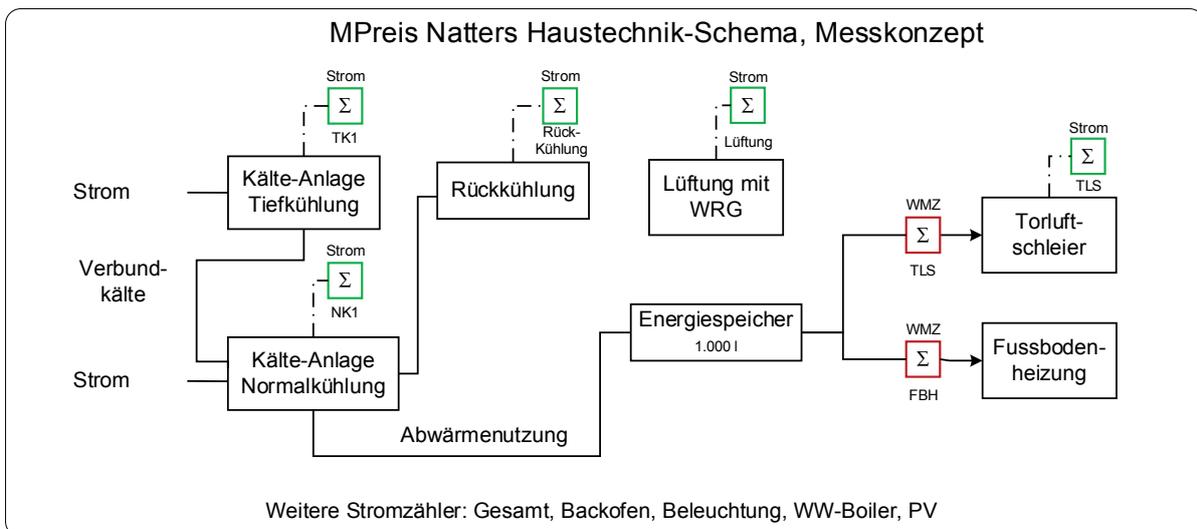


Abb. 68: Prinzipschema MPREIS Natters – Haustechnik und Messkonzept



Abb. 69: MPREIS Natters: Verbund-Kälteanlage;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 70: MPREIS Natters:
Lüftungsanlage mit WRG;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 71: MPREIS Natters: PV-Anlage
45 kWp und Rückkühler;
© JOANNEUM RESEARCH

Energetische Kenngrößen

Tab. 30: MPREIS Natters: Energetische Kenngrößen

Messzeitraum: 01. April 2016 - 31. März 2017	
Alle Kennwerte beziehen sich auf die konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²]	1.236
Kompaktheit A/V [1/m]	0,52
Heizwärmebedarf lt. Energieausweis OIB RL6 [kWh/m ² a]	25,7
Heizwärmebedarf lt. PHPP [kWh/m ² a] (bezogen auf 1.061 m ² Energiebezugsfläche)	10,0
Heizwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	32,7
Warmwasserbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	5,6
Warmwasserverbrauch [kWh/m ² a]	2,0
Stromverbrauch Haustechnik [kWh/m ² a]	28,8
MSR (Pumpen), Rückkühler [kWh/m ² a]	26,2
Lüftung [kWh/m ² a]	0,7
Warmwasserspeicher [kWh/m ² a]	1,8
Stromverbrauch Betriebsstrom [kWh/m ² a]	142,2
Beleuchtung [kWh/m ² a]	35,3
Baguette (Backöfen, Beleuchtung, Zubereitung) [kWh/m ² a]	30,5
Plus- und Tiefkühlung [kWh/m ² a]	63,7
Sonstiges [kWh/m ² a]	12,6
Endenergiebedarf lt. Energieausweis (ohne Betriebsstrom) [kWh/m ² a]	73,2
Endenergieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, ohne Betriebsstrom) [kWh/m ² a]	64,1
Primärenergiebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	k.A.
Primärenergieverbrauch [kWh/m ² a] ²⁰	122,4

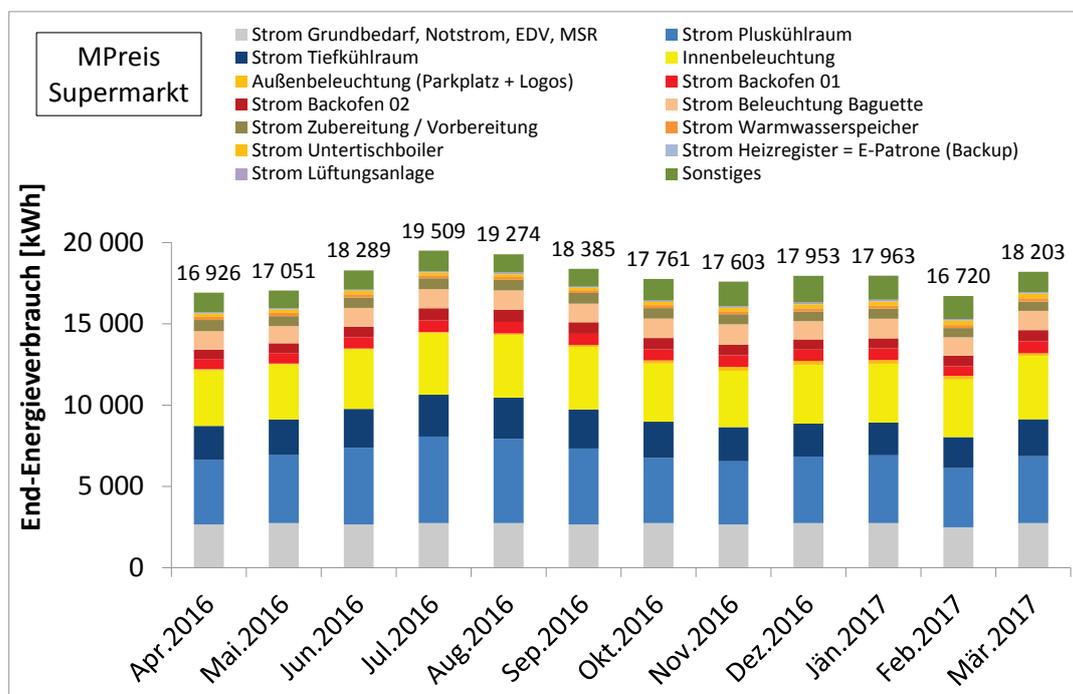


Abb. 72: MPREIS Natters: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)

²⁰ f_{PE}=1,91 (Strom-Mix AT);

Komfortparameter

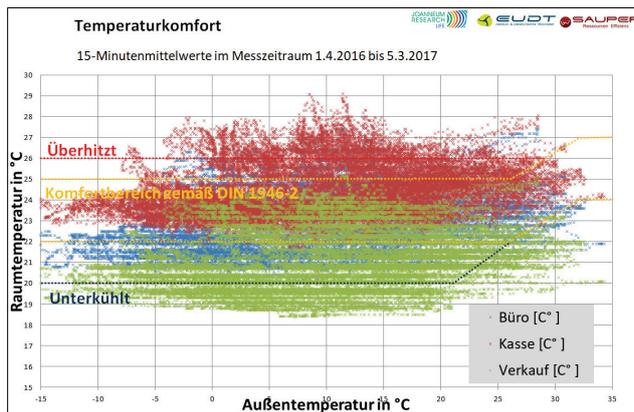


Abb. 73: MPREIS Natters: Komfortparameter (Raumtemperatur)

Tab. 31: MPREIS Natters: Komfortparameter

Komfortparameter	Außentemperatur	< 15°C	>15°C
Mittlere Raumtemperatur Verkauf		20,8°C	21,3°C
Mittlere Raumtemperatur Kasse		24,3°C	24,6°C
Mittlere Raumtemperatur Büro		22,4°C	22,9°C

Zusammenfassung Energie-Monitoring

Der im Messzeitraum April 2016 bis März 2017 gemessene Heizwärmeverbrauch des MPREIS Supermarkts liegt bei 32,7 kWh/m²a. Dieser Wert ist um den Faktor 3 höher als der nach PHPP berechnete Heizwärmebedarf (HWB). Der im PHPP ausgewiesene HWB bezieht sich allerdings nur auf die Energiebilanz der Gebäudehülle inklusive Lüftung, die Kältetechnik bleibt dabei unberücksichtigt und der Wärmeentzug über die Kühlmöbel ist nicht enthalten.

Die realen internen Wärmequellen sind in diesem Supermarkt negativ, der Wärmeentzug ist größer als die restlichen Wärmequellen („kalter Markt“). Daher muss die Abwärme - bis auf wenige Wochen im Jahr - ständig dem Raum zurückgeführt werden, sonst würde der Markt abkühlen. Auch wenn der gemessene Heizwärmeverbrauch sogar noch zu niedrig erscheint, ist die entscheidende Erkenntnis und die Besonderheit dieses Supermarkts, dass er im Gegensatz zu konventionellen Supermärkten auch im Winter ohne ein eigenes Heizsystem nur mit der Abwärme der Kälteanlage betrieben werden kann.

Der gemessene End-Energieverbrauch (Kälte-, Haustechnik und Beleuchtung) von ca. 215.000 kWh/a deckt sich nahezu mit dem in der PHPP-Berechnung ermittelten Wert von 206.000 kWh/a.

Die Auswertung der Innenraumtemperatur in 3 Zonen zeigt eine sehr gute Einhaltung des Komfortbereichs über das gesamte Jahr, nur im Bereich der Kasse kommt es zu am Nachmittag durch solare Einträge lokal zu Überhitzungen über 26°C. Hier wurden entsprechende Gegenmaßnahmen mit einer Abschattung geplant.

TQB – Einstufung MPREIS:

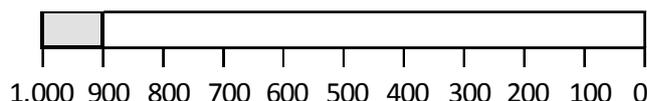


Abb. 74: MPREIS Natters: TQB-Einstufung

Zusammenfassung: Der Lebensmittelmarkt MPREIS Natters erreicht eine sehr gute Einstufung nach dem TQB-System. In den Kategorien A, B und C werden die maximalen Punktezahlen erreicht. In Kategorie D wurden keine Messungen zu Schallschutz und Luftschadstoffen durchgeführt, zudem sind nicht alle Kriterien dieser Kategorie für einen Lebensmittelmarkt relevant. In Kategorie E standen Umweltaspekte der Baustoffe nicht im selben hohen Maß im Vordergrund wie die Energiebilanz des Gebäudes.

Tab. 32: MPREIS Natters: TQB-Einstufung

Bewertungs-Kategorie	Max	Ist
A Standort & Ausstattung	200	
Infrastruktur	80	
Standortsicherheit, Baulandqualität	40	
Ausstattungs-qualität	60	
Barrierefreiheit	40	
B Wirtschaft & techn. Qualität	200	
Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus	100	
Sustainable Sites	45	
Technische Objektqualität	80	
C Energie & Versorgung	200	
Energiebedarf	150	
Energieaufbringung	50	
Wasserbedarf	25	
D Gesundheit & Komfort	200	
Thermischer Komfort	45	
Raumluftqualität	75	
Schallschutz	60	
Beleuchtung, Sonnen-, Blendschutz	50	
E Baustoffe und Konstruktion	200	
Vermeidung kritischer Stoffe	50	
Regionalität, Recycling, Umweltzertifikat	50	
Ökologie der Baustoffe / Konstruktion	60	
Entsorgung	60	



A Standort und Ausstattung: Der Standort verfügt über eine sehr gute Anbindung an die lokale Infrastruktur. Zusammen mit der Baulandqualität sowie der Barrierefreiheit ergibt sich eine sehr gute Bewertung.

B Wirtschaft und technische Qualität: Integrale Planung des Gebäudes war ein wesentlicher Grundstein für die Umsetzung dieses energieeffizienten Objekts. Gleichzeitig war das Ziel auch die Wirtschaftlichkeit eines nachhaltigen Gebäudes sicherzustellen.

C Energie und Versorgung: Die Bewertung des Energiebedarfs zusammen mit der PV-Anlage sind die Grundlage für die Maximalbewertung in dieser Kategorie.

D Gesundheit und Komfort: Es wurden keine Messungen zu Schallschutz und Luft-Schadstoffen durchgeführt, wobei insbesondere der Schallschutz in dieser Nutzungsart auch weniger relevant ist. Der thermische Komfort im Winter wie im Sommer wird im Rahmen der Kriterien-Definition sehr gut bewertet, auch die Messwerte der Komfortparameter belegen diese Bewertung.

E Baustoffe und Konstruktion: Auf die Ökologie der verwendeten Baustoffe wurde Wert gelegt, was auch durch relativ niedrige Werte der Umweltindikatoren OI3-Indikator und Entsorgungsindikator belegt wird.

Ökologische Bewertung (siehe auch TQB-Einstufung in Kategorie E)

Tab. 33: MPREIS Natters: Ökologische Bewertung

Nicht erneuerbare Primärenergie	Treibhauspotential	Versauerungspotential	OI3-Indikator	Entsorgungs-Indikator	Bewertungsschema (angelehnt an klima:aktiv aufgrund Bilanzgrenze BG1)	OI3	EI
kWh/m ² BGF	kg CO _{2-eq} /m ² BGF	kg SO _{2-eq} /m ² BGF	BG1, BGF	V1, 2012	Bewertungsbandbreite	0-280	0-2,5
1138	112	1,04	211	1,74	Bestbewertung	≤ 60	≤ 1,0
					> Mindestanforderung	> 280	> 2,5

Bewertung des Nutzungsverhaltens:

Gebäudenutzer und Nutzungszeiten

Der MPREIS Lebensmittelmarkt verfügt neben dem Verkaufsraum auch über eine Bäckerei mit anschließendem Sitzbereich als Bistro, in dem kleine Speisen zubereitet werden.

Das Gebäude wird zu typischen Geschäftsöffnungszeiten 6 Tage die Woche zwischen 7h und 19h benutzt, wobei vor allem die Kühlmöbel auch außerhalb dieser Zeiten ohne Unterbrechung in Betrieb sind.

Gebäude- und Haustechnik-Betriebsführung

Die Betriebsführung des Gebäudes und der Heizung orientiert sich neben den Energieeffizienzzielen vor allem an den Anforderungen an die Lagerung der Lebensmittel bzw. in der Bäckerei an die Zubereitung von Backwaren. Der Sollwert für die Fußbodenheizung im Verkaufsraum sind 20°C, die übers Jahr gut eingehalten wird, im Baguette-Bereich liegt das Soll bei 21,5°C. Insgesamt verfügt die Heizung über 8 Zonen, Büro, Verkaufsraum, Kassabereich, Lager und andere.

Die Kältetechniker von MPREIS sind stetig bemüht, die Effizienz der Systeme zu verbessern, man sieht aber auch an den Messdaten, dass trotz aller Effizienzmaßnahmen ein Lebensmittelmarkt mit 142 kWh/m²a Betriebsstrom ein energieintensiver Betrieb ist.

Hotel Mondschein

Mustersanierung in Passivhausqualität

„In einem Hotel mit guter Küche und sortiertem Weinkeller ist es für uns selbstverständlich, Genuss und Umweltverantwortung miteinander zu verbinden.“



Abb. 75: Hotel Mondschein; © Mondschein



Abb. 76: Hotel Mondschein: Hotelzimmer; © Mondschein



Abb. 77: Hotel Mondschein: Restaurant; © Mondschein



Abb. 78: Hotel Mondschein: Stromlose Minibar; © Mondschein

Das 4-Stern Hotel Mondschein in Stuben am Arlberg liegt nordseitig in einer der niederschlagsreichsten Regionen Österreichs auf 1.440 m Seehöhe. Mit 70 Betten ist es eine der ältesten Unterkünfte in der Region mit den ältesten Grundmauern von 1739. Nach der letzten Erneuerung in den 70-er Jahren wurde das Hotel im Jahr 2011 im Rahmen einer geförderten Mustersanierung thermisch saniert, auch der Innenausbau wurde komplett erneuert und ein neues Heizungssystem installiert. Der mittlere U-Wert der Gebäudehülle liegt nach der Sanierung bei sehr guten 0,23 W/m²K. Für den Innenausbau der Gästezimmer wurden mit Zirben- und Eichenholz hochwertige Materialien eingesetzt. Als Energieeffizienz-Maßnahmen wurden das Gebäude auf LED-Beleuchtung umgestellt, eine stromlose Minibar aus Holz entwickelt und so genannte grüne Steckdosen installiert, die das Aufladen von Smartphones auch während der Abwesenheit von Gästen ermöglicht. Der vor der Sanierung verwendete Heizkessel wurde um eine Wärmepumpe mit Erdwärmesonden (8 x 160m) erweitert. Der Heizkessel wurde im bivalenten System belassen, um die Spitzen des Warmwasserbedarfs am Nachmittag und Abend decken zu können. Das Hotel wird nur im Winter von November bis April betrieben, daher wurde keine Kühlung installiert. Auf eine geplante PV-Anlage am Dach wurde aufgrund der hohen Schneelasten in der Region verzichtet.

Daten	OIB RL6	Kontakt
BGF/BZF	1.449 m ²	Name: Markus Kegele
HWB (RK)	15,5 kWh/m ² a	Tel: +43 5582 511
HWB* (RK)	6,2 kWh/m ³ a	email: hotel@mondschein.com
KB* (RK)	0,8 kWh/m ³ a	website: www.mondschein.com
Bauweise	Massivbau	Besichtigung möglich nach Voranmeldung
Baustart/Fertigstellung	2011 / 2011	
Architektur	Albin Arzberger	
Ökologieberater	Gebhard Bertsch	
Bauherr/Bauträger	Markus Kegele	

Gebäudekonstruktion

Massivbau, 6-geschoßig

- Außenwände AW1 : Leca-Ziegel, Steinwolle-Dämmung, Schindelfassade
- Außenwände AW3: Leca-Ziegel, EPS-Dämmung
- Giebelwand: Holzkonstruktion, Glaswolle-Dämmung
- Dachschrägen: Holzkonstruktion mit Glaswolle-Dämmung
- Warme Kellerdecke und Zwischendecke: Stahlbeton, EPS-Dämmung

- 3-fach verglaste Fenster

Tab. 34: Hotel Mondschein: U-Werte Bauteile

Bauteile (Anteil an Hüllfläche > 4%)	Fläche [m ²]	Dicke [cm]	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand AW1	596	57	0,15
Außenwand AW3	76	56	0,13
Giebelwand	59	36	0,15
Dachschrägen	330	35	0,14
Kellerdecke, Zwischendecke	884	31	0,7
Fenster und Türen	161	--	0,81
Gesamtgebäude			0,23

Haustechnik

Heizung

Warmwasser

Wärme-, Kälte-speicher und -verteilung

Lüftung

Erdwärme-Wärmepumpe (70 kW, 8 x 160m Tiefensonden), Ölkessel (190 kW)

Siehe Heizung

Heizungsspeicher (1.000 l), Verteilung auf Nieder-Temperatur Zimmer-Heizkörper in den Zimmern, ins Hallenbad, in den Altbau; Warmwasserboiler

Keine Lüftungsanlage

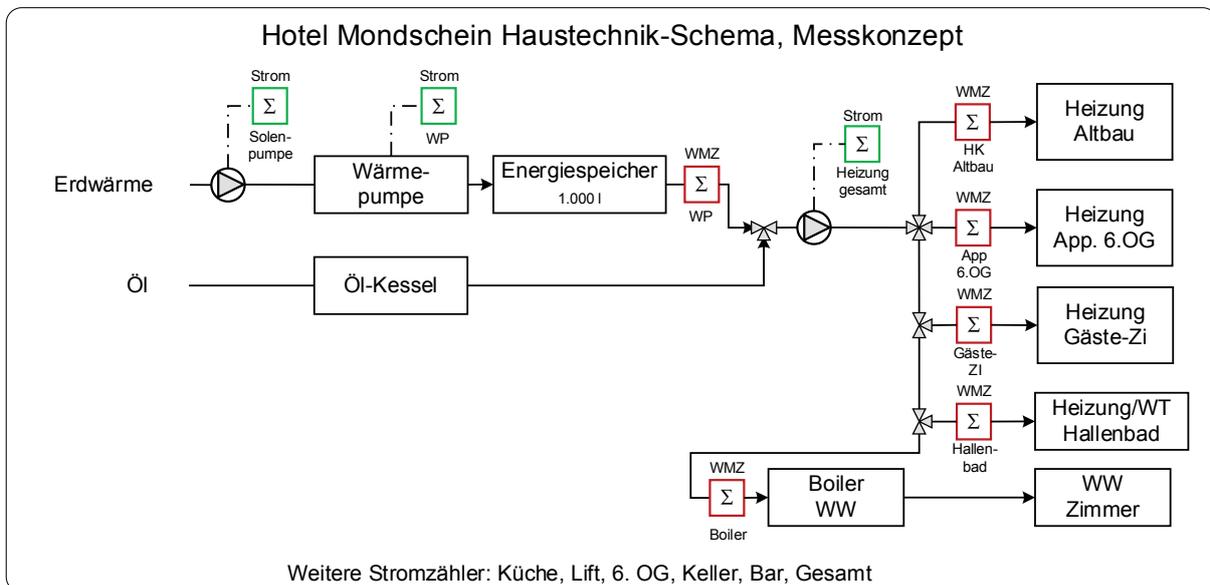


Abb. 79: Prinzipschema Hotel Mondschein – Haustechnik und Messkonzept



Abb. 80: Hotel Mondschein: Wärmepumpe und Energiespeicher; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 81: Hotel Mondschein: Ölkessel; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 82: Hotel Mondschein: Warmwasserboiler; © JOANNEUM RESEARCH

Energetische Kenngrößen

Tab. 35: Hotel Mondschein: Energetische Kenngrößen

Messzeitraum: 01. Juni 2016 - 30. Mai 2017	
Alle Kennwerte beziehen sich auf die konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²]	1.449
Kompaktheit A/V [1/m]	0,32
Heizwärmebedarf lt. Energieausweis OIB RL6 [kWh/m ² a]	22,6
Heizwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	29,7
Heizwärmeverbrauch, HGT-bereinigt [kWh/m ² a] ²¹	30,7
Warmwasserbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	12,8
Warmwasserverbrauch [kWh/m ² a]	33,1
Heizölverbrauch [kWh/m ²]	42,3
Stromverbrauch Haustechnik [kWh/m ² a]	16,3
Wärmepumpe [kWh/m ² a]	7,1
Heizung (Pumpen) [kWh/m ² a]	9,2
Stromverbrauch Betriebsstrom [kWh/m ² a]	74,8
Küche [kWh/m ² a]	7,3
Keller (Kühlgeräte, Bäckerei) [kWh/m ² a]	34,9
Zimmer Neubau [kWh/m ² a]	19,9
6. Obergeschoß Apartment [kWh/m ² a]	4,5
Allgemein (Bar, Lift, Stall) [kWh/m ² a]	4,5
Beleuchtung [kWh/m ² a]	3,6
Endenergiebedarf lt. Energieausweis (ohne Betriebsstrom) [kWh/m ² a]	60,5
Endenergieverbrauch (Heizöl, Haustechnik, Beleuchtung, ohne Betriebsstrom) [kWh/m ² a]	62,2
Primärenergiebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	k.A.
Primärenergieverbrauch [kWh/m ² a] ²²	90,0

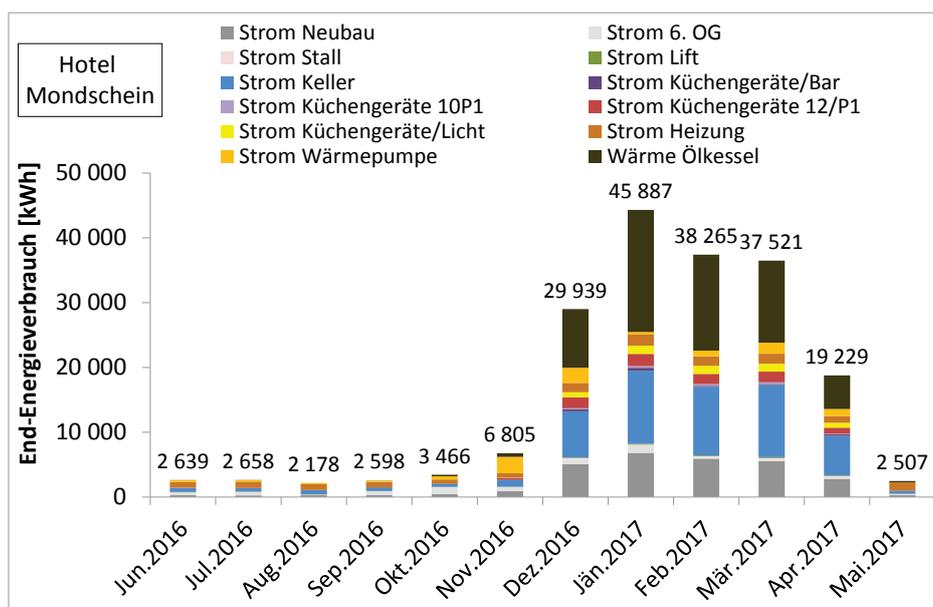


Abb. 83: Hotel Mondschein: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)

²¹ HGT_{20/12} lt OIB RL6 = 5224; HGT_{24/15} lt Messungen = 5049

²² f_{PE}=1,91 (Strom-Mix AT); f_{PE}=1,23 (Heizöl)

Komfortparameter

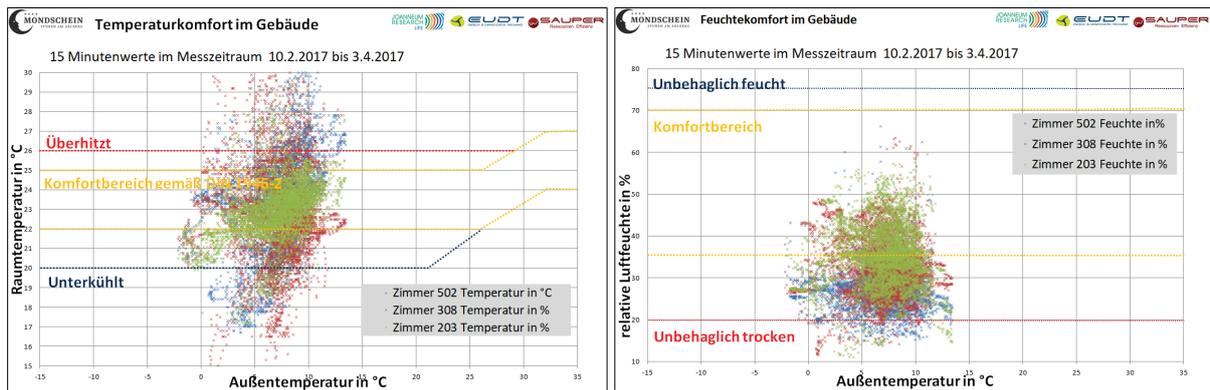


Abb. 84: Hotel Mondschein: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Raumfeuchte)

Tab. 36: Hotel Mondschein: Komfortparameter

Komfortparameter	Außentemperatur	< 15°C
Mittlere Raumtemperatur		23,1°C
Überhitzungsstunden (>26°C)		2-11%
Mittlere relative Raumfeuchte		31,9%

Zusammenfassung Energie-Monitoring

Der im Messzeitraum Juni 2016 bis Mai 2017 gemessene witterungsbereinigte Heizwärmeverbrauch des Hotels Mondschein liegt mit 30,7 kWh/m²a etwas höher als der berechnete Planwert des Heizwärmebedarfs. Der Endenergieverbrauch entspricht mit 62,2 kWh/m²a aber fast genau dem Endenergiebedarfswert.

Der Anteil des Ölkessels an der Gesamtwärme für Heizung und Warmwasser liegt mit 67% gegenüber der Wärmepumpe mit 33% deutlich höher als geplant. Die Wärmepumpe wird mit einer Arbeitszahl über die Heizperiode mit 3,3 betrieben. Auch dieser Wert fällt niedriger aus als erwartbar. Auf die Ursachen dafür wird im Kapitel „Bewertung des Nutzungsverhaltens“ eingegangen.

Die Auswertung der Komfortparameter zeigt entsprechend eine mittlere Raumtemperatur von 23 °C in der Heizperiode, der Anteil der Überhitzungsstunden bewegt sich je nach Lage und solaren Einträgen zwischen 2 bis 11%. Eine mittlere Raumfeuchte in der Heizperiode von 32% ist erwartbar für ein Gebäude ohne Lüftungs- und Befeuchtungsanlage.

Beim Stromverbrauch liegt der Anteil der Haustechnik am Gesamtstromverbrauch von 91,1 kWh/m²a bei 18%, den höchsten Anteil hat der Betriebsstrom für Kühlgeräte und Bäckerei mit 38%. Am Stromverbrauch der Haustechnik haben die Heizkreispumpen einen Anteil von 56%, gefolgt von der Wärmepumpe mit 44%.

TQB – Einstufung Hotel Mondschein:

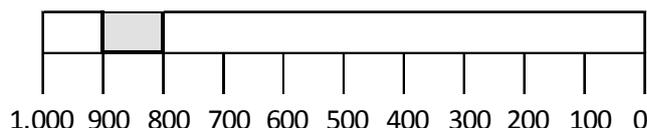


Abb. 85: Hotel Mondschein: TQB-Einstufung

Zusammenfassung: Das Hotel Mondschein erreicht eine sehr gute Einstufung nach dem TQB-System. In den Kategorien B und E werden die maximalen Punktezahlen erreicht, auf diese wurde auch in der Planungsphase besonderer Wert gelegt. In Kategorie C verhindert die nicht installierte PV-Anlage die Bestbewertung. In Kategorie A fällt das eingeschränkte Infrastruktur-Angebot am Standort ins Gewicht, Barrierefreiheit hat in einem Hotel in einem Wintersportort keine Bedeutung.

Tab. 37: Hotel Mondschein: TQB-Einstufung

Bewertungs-Kategorie	Max	Ist
A Standort & Ausstattung	200	
Infrastruktur	80	
Standortsicherheit, Baulandqualität	40	
Ausstattungs-qualität	60	
Barrierefreiheit	40	
B Wirtschaft & techn. Qualität	200	
Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus	100	
Sustainable Sites	45	
Technische Objektqualität	80	
C Energie & Versorgung	200	
Energiebedarf	150	
Energieaufbringung	50	
Wasserbedarf	25	
D Gesundheit & Komfort	200	
Thermischer Komfort	45	
Raumluftqualität	75	
Schallschutz	60	
Beleuchtung, Sonnen-, Blendschutz	50	
E Baustoffe und Konstruktion	200	
Vermeidung kritischer Stoffe	50	
Regionalität, Recycling, Umweltzertifikat	50	
Ökologie der Baustoffe / Konstruktion	60	
Entsorgung	60	



A Standort und Ausstattung: Der Standort in einer alpin gelegenen Wintersportregion verfügt über eine eingeschränkte lokale Infrastruktur. Das Kriterium der Barrierefreiheit ist für ein Hotel an diesem Standort nicht von Bedeutung.

B Wirtschaft und technische Qualität: Integrale Planung des Gebäudes war ein wesentlicher Grundstein für die Umsetzung dieses energieeffizienten Objekts in einer klimatisch herausfordernden alpinen Umgebung. Für einen Familienbetrieb ist das Ziel eines wirtschaftlichen Gebäudebetriebs von großer Bedeutung.

C Energie und Versorgung: Das Fehlen der ursprünglich vorgesehenen PV-Anlage aufgrund der hohen Schneelasten verhindert eine Bestbewertung.

D Gesundheit und Komfort: Komfort für die Hotelgäste stand an oberster Stelle bei der Planung der Sanierung, die Kriterien für thermischen Komfort wie auch für die Raumluftqualität werden bestmöglich erfüllt. Schallschutzmessungen wurden nicht durchgeführt, das Kriterium der Beleuchtung ist für einen Hotelbetrieb nicht durchgängig relevant.

E Baustoffe und Konstruktion: Auf die Ökologie der verwendeten Baustoffe wurde besonderer Wert gelegt, was auch durch besonders niedrige Werte der Umweltindikatoren OI3-Indikator und Entsorgungsindikator belegt wird.

Ökologische Bewertung (siehe auch TQB-Einstufung in Kategorie E)

Tab. 38: Hotel Mondschein: Ökologische Bewertung

Nicht erneuerbare Primärenergie	Treibhauspotential	Versauerungspotential	OI3-Indikator	Entsorgungs-Indikator	Bewertungsschema (angelehnt an klima:aktiv aufgrund Bilanzgrenze BG1)	OI3	EI
kWh/m ² BGF	kg CO _{2eq} /m ² BGF	kg SO _{2eq} /m ² BGF	BG1, BGF	V1, 2012	Bewertungsbandbreite	0-280	0-2,5
381	87	0,407	61	1,32	Bestbewertung	≤ 60	≤ 1,0
					> Mindestanforderung	> 280	> 2,5

Bewertung des Nutzungsverhaltens:

Gebäudenutzer und Nutzungszeiten

Das Hotel Mondschein beherbergt bis zu 70 Personen gleichzeitig, der Betrieb zählt in einer Saison ca. 7.200 Nächtigungen. Das Gebäude steht in einem der bekanntesten Wintersportorte Österreichs, und ist nur in den Wintermonaten von November bis April in der Skisaison in Betrieb. Entsprechend nutzen vor allem Wintersportler das Hotel. Daraus ergibt sich für den Betrieb der Haustechnik die Anforderung, nachmittags und abends Spitzen im Warmwasserverbrauch abzudecken.

Gebäude- und Haustechnik-Betriebsführung

Im Zuge der Sanierung wurde der Ölkessel um eine Erdwärme-Wärmepumpe erweitert. Das Ergebnis des Monitorings zeigt nun einen weiterhin hohen Anteil der über den Ölkessel bereitgestellten Wärme für Heizung und Warmwasser (67%). Ein Grund war ein Ausfall der Wärmepumpe in der Zeit zwischen 5. Jänner 2016 und 15. Februar 2017. Nachdem der Ölkessel aufgrund einer Zeitsteuerung in der Nacht von 22 bis 6h nicht in Betrieb ist, sank die Vorlauftemperatur des Heizungssystems auf Raumtemperatur ab. Trotz niedriger Außentemperaturen bis -10°C wurde dieser Ausfall im Gebäude aber nicht bemerkt, was die hohe thermische Qualität der Gebäudehülle auch empirisch bestätigt.

Ein zweiter Grund für den hohen Anteil der fossilen Wärme lag in der Verschaltung von Wärmepumpe und Ölkessel mit Heiz- und Warmwasserkreis. Die Wärmepumpe speist die Wärme in einen Energiespeicher, der über einen Verteiler insgesamt vier Heizkreise in verschiedenen Gebäudeteilen sowie, und das ist entscheidend, den Warmwasserboiler versorgt. Somit muss der Energiespeicher auf dem Temperaturniveau des Warmwasserboilers bzw. des Verteilers von 70°C gehalten werden, was wiederum zur Folge hat, dass die Wärmepumpe ausgehend von $2-3^{\circ}\text{C}$ Erdwärme im Primärkreis in einem sehr hohen Temperaturniveau (ca. $54-59^{\circ}\text{C}$) im Sekundärkreis betrieben wird. Um die Temperatur des Energiespeichers auf dem erforderlichen Niveau für das Warmwasser von über 60°C zu halten, wird der Ölbrenner in zwei festgelegten Zeitfenstern (6-11h und 14-22h) immer wieder kurz dazugeschaltet, und zeitgleich die Wärmepumpe abgeschaltet. Das führt erstens zu einer schlechteren Arbeitszahl der Wärmepumpe, zweitens wird dadurch die maximal mögliche erzeugte Wärme durch die Wärmepumpe nur zur Hälfte ausgenutzt, und drittens steigt dadurch der Ölverbrauch um das Doppelte der eigentlich notwendigen Menge. Daraus ergibt sich die vorläufige Erkenntnis, dass eine direkte Speisung des Warmwasserboilers durch den Ölbrenner sehr sinnvoll wäre, um die Temperaturanforderung des Energiespeichers niedriger zu halten und damit auch die Wärmepumpe mit einer niedrigeren Temperaturdifferenz effizient und konstant betreiben zu können. Im Sommer 2017 wurden in Folge dieser Ergebnisse entsprechende Umbauarbeiten durchgeführt.

Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang

Plusenergiegebäude

„Das ist kein einfaches Kulturhaus auf dem Land,
sondern das Burgtheater von Hallwang.“

Standort Dorfstraße 18, 5300 Hallwang



Abb. 86: Hallwang; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 87: Hallwang:
Veranstaltungssaal;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 88: Hallwang: Foyer und Terrasse
im oberen Geschoß;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 89: Hallwang: Regenwasser-
Speicher für Free Cooling;
© JOANNEUM RESEARCH

Das Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang wurde als Veranstaltungsstätte für die ortsansässigen Vereine, Seminare, Tagungen und Kulturveranstaltungen errichtet und bietet bis zu 450 Personen Platz. Es verfügt über einen großen Veranstaltungssaal, eine nach Süden ausgerichtete Galerie mit Terrasse, ein Foyer, Räume für Garderoben und Küche sowie über eine Tiefgarage. Die Besonderheit des Gebäudes ist das Wärmeversorgungs-konzept mit ganzjährig 100% Solarwärme. Die im Sommer nicht benötigte Wärme wird an einen benachbarten Tourismusbetrieb geliefert, im Winter kann für Spitzenlasten in umgekehrter Richtung Wärme vom benachbarten Biomasseheizwerk bezogen werden. Die Gebäudekühlung des Gebäudes erfolgt über Free Cooling mit Regenwasser aus dem Retentionsbecken am Grundstück. Die Wärme- und Kälteverteilung erfolgt über Betonkernaktivierung bzw. über die Lüftungsanlage. Die Speichermasse Beton transferiert einen Teil der Solarwärme aus dem Sommer in die Heizsaison. Auf dem Dach ist eine 18,6 kWp PV-Anlage installiert, über die der Strombedarf der Haustechnik abgedeckt werden soll. Damit soll das Gebäude in Summe mehr Energie produzieren als es verbraucht.

Daten	OIB RL6	Kontakt
BGF/BZF	1.538 m ²	Name: Bgm Mag. Johannes Ebner
HWB (RK)	3,1 kWh/m ² a	Tel: +43 662 661957
HWB* (RK)	2,2 kWh/m ³ a	email: office@hallwang.salzburg.at
KB (RK)	1,0 kWh/m ² a	website: www.kulturzentrum- hallwang.at
Bauweise	Massivbau	Besichtigung möglich nach Vor Anmeldung
Baustart/Fertigstellung	2012 / 2013	
Architektur	Resmann & Schindlmeier	
Energieplanung	Harald Kuster	
Bauherr/Bauträger	Gemeinde Hallwang KG	

Gebäudekonstruktion

Massivbau, 2-geschoßig

- Außenwände: Betonstein, Glaswolle-Dämmung
- Trennwand zu Tiefgarage: Stahlbeton, Styrodur-Dämmung
- Dach über Veranstaltungssaal: Holz-Flachdach, Steinwolle-Dämmung
- Dach über Erdgeschoß: Stahlbeton, EPS-Dämmung
- Boden UG: Stahlbeton, bauteilaktiviert, Styrodur-Dämmung

- Decke über UG: Stahlbeton, bauteilaktiviert, Steinwolle-Dämmung
- Fenster: 3-fach Wärmeschutzglas, Holz-Alu-Rahmen

Tab. 39: Hallwang: U-Werte Bauteile

Bauteile (Anteil an Hüllfläche > 4%)	Fläche [m ²]	Dicke [cm]	U-Wert [W/m ² K]
Außenwände	673	60	0,14
Trennwand TG	154	70,8	0,23
Dach Saal	493	105	0,08
Dach EG	239	58	0,11
Boden UG	807	80	0,14
Decke UG	731	72,5	0,24
Fenster + Türen	406	--	0,74
Gesamtgebäude			0,23

Haustechnik

Heizung

Warmwasser

Wärme-, Kälte-speicher und -verteilung

Lüftung

PV-Anlage

Thermische Solaranlage mit 138 m², Anschluss an Biomasse-Nahwärme

Siehe Heizung

Warmwasserpuffer, Heizungspuffer, Verteilung über Betonkernaktivierung, Lüftungs-Heizregister; Regenwasserspeicher für Free Cooling, Verteilung ebenfalls über Betonkernaktivierung und Lüftung

Lüftungsanlage mit Rotationswärmetauscher

18,6 kWp

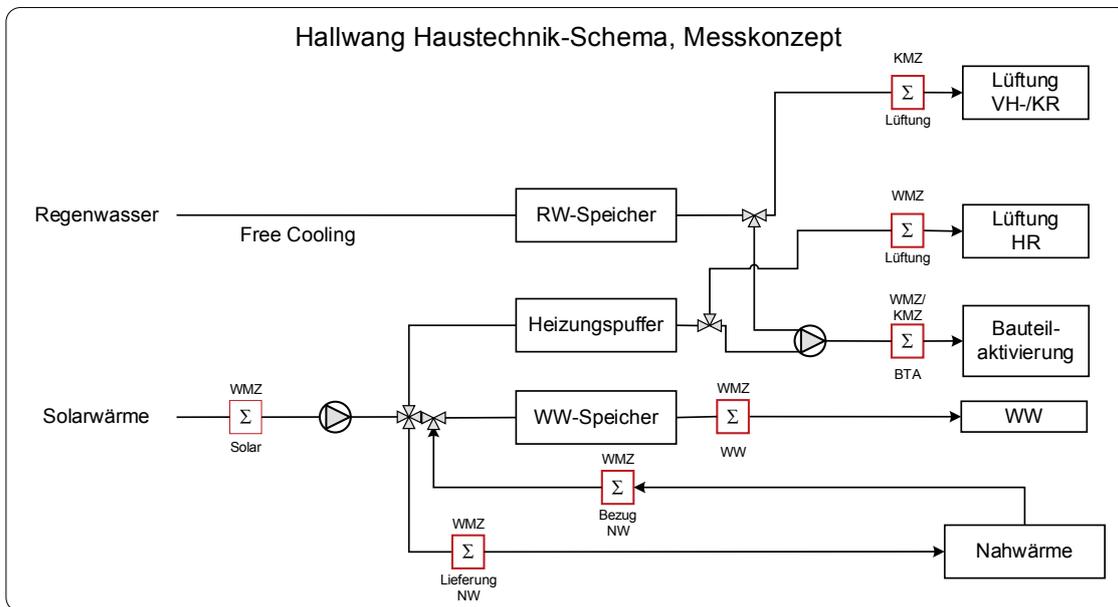


Abb. 90: Prinzipschema Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang – Haustechnik und Messkonzept



Abb. 91: Hallwang Haustechnikraum; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 92: Hallwang: Solarwärmennutzung; © JOANNEUM RESEARCH



Abb. 93: Hallwang: Lüftungsanlage; © JOANNEUM RESEARCH

Energetische Kenngrößen

Tab. 40: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: Energetische Kenngrößen

Messzeitraum: 01. Jänner 2016 - 31. Dezember 2016	
Alle Kennwerte beziehen sich auf die konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²]	1.538
Kompaktheit A/V [1/m]	0,36
Heizwärmebedarf lt. Energieausweis OIB RL6 [kWh/m ² a]	3,1
Heizwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	10,8
Heizwärmeverbrauch, HGT-bereinigt [kWh/m ² a] ²³	12,4
Warmwasserbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	12,8
Warmwasserverbrauch [kWh/m ² a]	0,6
Kühlbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	64,2
Kühlverbrauch [kWh/m ² a]	5,3
Wärmebezug von Biomasse-Nahwärme [kWh/m ² a]	1,1
Strombedarf gesamt [kWh/m ² a]	45,9
Strombedarf Lüftung [kWh/m ² a]	14,8
Strombedarf Heiztechnik kWh/m ² a]	4,0
Strombedarf Beleuchtung [kWh/m ² a]	27,1
Stromverbrauch (Lüftung, Heiztechnik, Beleuchtung, allgemein) [kWh/m ² a]	33,1
Endenergiebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	45,9
Endenergieverbrauch (Biomasse-Nahwärme, Strom) [kWh/m ² a]	34,2
Primärenergiebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	158,6
Primärenergieverbrauch [kWh/m ² a] ²⁴	64,2

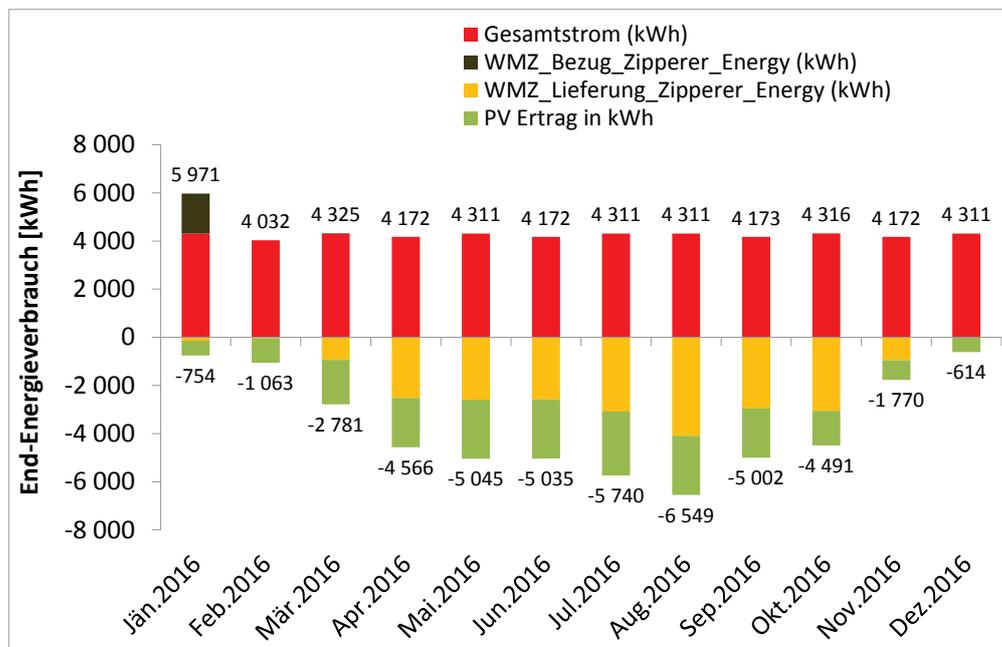


Abb. 94: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)

²³ HGT_{20/12} lt OIB RL6 = 3970; HGT_{23/10} lt Messungen = 3639

²⁴ f_{PE}=1,91 (Strom-Mix AT); f_{PE}=1,6 (Biomasse-Heizwerk erneuerbar)

Komfortparameter

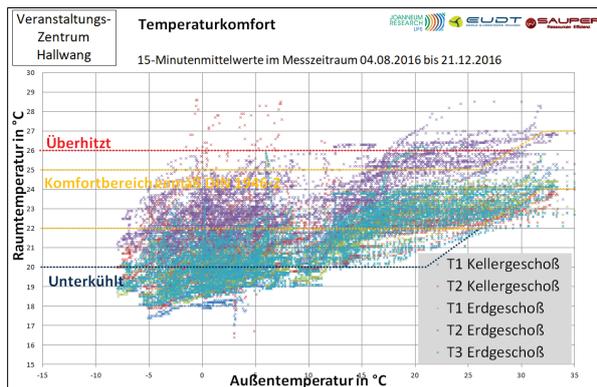


Abb. 95: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: Komfortparameter (Raumtemperatur)

Tab. 41: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: Komfortparameter

Komfortparameter	Außentemperatur	< 15°C	> 15°C
Mittlere Raumtemperatur Erdgeschoß / Kellergeschoß		21,7 / 20,6°C	24,1 / 22,7°C
Überhitzungsstunden (>26°C)		0-0,5%	0-10,6%

Zusammenfassung Energie-Monitoring

Der im Messzeitraum Jänner 2016 bis Dezember 2016 gemessene witterungsbereinigte Heizwärmeverbrauch des Kultur- und Veranstaltungszentrums Hallwang liegt mit 12,4 kWh/m²a höher als der berechnete Planwert des Heizwärmebedarfs mit 3,1 kWh/m²a. Der Gesamtwärmeverbrauch für Heizwärme und Warmwasser von 13 kWh/m²a liegt aber etwas unter dem berechneten Gesamtwärmebedarf.

Die Wärmebereitstellung erfolgte über das gesamte Jahr über die Solarkollektoren am Dach des Gebäudes, mit Ausnahme des Monats Jänner 2016, in dem auch Wärme vom benachbarten Biomasse-Heizwerk bezogen wurde. Die im Jahr 2016 bereitgestellte Wärme der Solaranlage wurde zu 50,1% an den benachbarten Tourismusbetrieb geliefert.

Der Kühlverbrauch von 5,3 kWh/m²a liegt um den Faktor 11 niedriger als der berechnete Planwert von 64,2 kWh/m²a. Da im Energieausweis keine Annahmen zur Berechnung des Kühlbedarfs dokumentiert sind, kann diese Abweichung nicht im Detail kommentiert werden. Da die Kühlung im Free Cooling Betrieb mit Regenwasser erfolgt, hat der Kühlverbrauch keine Auswirkung auf den Endenergieverbrauch.

Der Stromverbrauch ist mit 33,1 kWh/m²a geringer als der berechnete Strombedarf von 45,9 kWh/m²a. Der Stromverbrauch hauptsächlich für Lüftung und Beleuchtung hängt direkt mit der Nutzung des Gebäudes für Veranstaltungen zusammen. Dementsprechend ist auch der Endenergieverbrauch im Jahr 2016 geringer als der Planwert.

In der Gegenüberstellung von der dem Gebäude zugeführten Endenergie für die Konditionierung (Wärme vom Biomasse-Heizwerk, Strom Lüftung, Heiz- und Kühltechnik) mit der vom Gebäude gelieferten Solarwärme sowie dem eingespeisten Strom der PV-Anlage (20460 kWh/a) ergibt sich in der Jahresbilanz ein Überschuss von 12815 kWh/a, oder 42% der bezogenen Endenergie. Das bestätigt das Gebäude- und Haustechnikkonzept als Plusenergiegebäude. Inklusive Strom für Beleuchtung und alle anderen Verbraucher (Lift, Küche, allgemein) ist der Verbrauch 9.180 kWh/a oder 21% höher als die gelieferte Energiemenge.

TQB – Einstufung Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang:

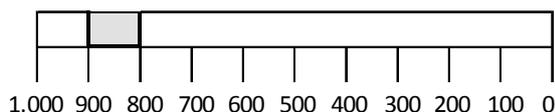


Abb. 96: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: TQB-Einstufung

Zusammenfassung: Das Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang erreicht in den Kategorien A und B die Bestbewertung. In Kategorie C verhindert der Kühlbedarf laut Energieausweis eine bessere Bewertung, die Nutzung von Regenwasser für Free Cooling ist im TQB-System nicht vorgesehen. In Kategorie D wird eine sehr gute Einstufung erreicht. In Kategorie E führt eine nur unterdurchschnittliche ökologische Bewertung der Konstruktion zu einer durchschnittlichen Einstufung.

Tab. 42: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: TQB-Einstufung

Bewertungs-Kategorie	Max	Ist
A Standort & Ausstattung	200	
Infrastruktur	80	
Standortsicherheit, Baulandqualität	40	
Ausstattungs-qualität	60	
Barrierefreiheit	40	
B Wirtschaft & techn. Qualität	200	
Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus	100	
Sustainable Sites	45	
Technische Objektqualität	80	
C Energie & Versorgung	200	
Energiebedarf	150	
Energieaufbringung	50	
Wasserbedarf	25	
D Gesundheit & Komfort	200	
Thermischer Komfort	45	
Raumluftqualität	75	
Schallschutz	60	
Beleuchtung, Sonnen-, Blendschutz	50	
E Baustoffe und Konstruktion	200	
Vermeidung kritischer Stoffe	50	
Regionalität, Recycling, Umweltzertifikat	50	
Ökologie der Baustoffe / Konstruktion	60	
Entsorgung	60	



A Standort und Ausstattung: Das Gebäude ist für die Nutzung als Veranstaltungsgebäude barrierefrei und sehr gut ausgestattet. Die Anbindung an die Infrastruktur ist ebenfalls sehr gut, auch wenn nicht alle Kriterien (z.B. soziale Infrastruktur) für ein Gebäude dieser Nutzungsart relevant sind.

B Wirtschaft und technische Qualität: Integrale Planung sowie eine hohe technische Objektqualität waren Voraussetzung für die Umsetzung des Energiekonzeptes mit ganzjährig 100% Solarwärme-Versorgung.

C Energie und Versorgung: Im Kriterium des Energiebedarfs verhindert der hohe Kühlbedarf laut Energieausweis eine sehr gute Einstufung (siehe Zusammenfassung Energie-Monitoring). Beim Wasserbedarf ist im TQB-System die Regenwassernutzung für die Gebäudekühlung nicht vorgesehen und kann daher nicht bewertet werden.

D Gesundheit und Komfort: Kategorie D umfasst einige Kriterien, die für ein Gebäude dieser Nutzungsart nicht relevant sind, wie Teile des Schallschutzes oder der Beleuchtung, und die daher nicht bewertet werden können.

E Baustoffe und Konstruktion: Es wurden kritische Baumaterialien wie PVC und HFKW vermieden, und auf regionale und umweltverträgliche Produkte Wert gelegt. Die ökologische Bewertung führt aufgrund der aufwändigen Dämmung, teilweise mit EPS, zu einer niedrigen Einstufung.

Ökologische Bewertung (siehe auch TQB-Einstufung in Kategorie E)

Tab. 43: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: Ökologische Bewertung

Nicht erneuerbare Primärenergie	Treibhauspotential	Versauerungspotential	OI3-Indikator	Entsorgungs-Indikator	Bewertungsschema (angelehnt an klima:aktiv aufgrund Bilanzgrenze BG1)	OI3	EI
kWh/m ² BGF	kg CO _{2eq} /m ² BGF	kg SO _{2eq} /m ² BGF	BG1, BGF	V1, 2012	Bewertungsbandbreite	0-280	0-2,5
1167	238	1,12	244	2,58	Bestbewertung	≤ 60	≤ 1,0
					> Mindestanforderung	> 280	> 2,5

Bewertung des Nutzungsverhaltens:

Gebäudenutzer und Nutzungszeiten

Das Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang wurde als Veranstaltungsstätte für die ortsansässigen Vereine, Seminare, Tagungen und Kulturveranstaltungen errichtet und bietet bis zu 450 Personen Platz. Im Jahr 2016 wurde das Gebäude an ca. 90 Tagen für Veranstaltungen genutzt.

Gebäude- und Haustechnik-Betriebsführung

Grundsätzlich wird die Haustechnik vollautomatisiert betrieben. Es kann jedoch vom Hausmeister der Automatikbetrieb über eine Handschaltung deaktiviert werden. Das kann dazu führen, dass sich die Lüftung auch über längere Zeiträume gleichzeitig im Heiz- und Kühlbetrieb befindet, wenn dieser Zustand nicht wieder manuell korrigiert wird. Dies war im Auswertungszeitraum in den Monaten November und Dezember 2016 der Fall, und wurde im Nachhinein bei der Datenauswertung festgestellt. Der Anteil der Wärme, die über die Lüftung ins Gebäude eingebracht wurde, lag über das Jahr bei 17%, 83% wurden über die Betonkernaktivierung verteilt. In den betroffenen Monaten November und Dezember 2016 lagen die Anteile geringfügig verschoben bei 22% und 78%. Ein signifikanter Einfluss dieses Betriebsführungsfehlers auf die Gesamtjahresbilanz und den Endenergieverbrauch wird daher ausgeschlossen, zumal in diesen Monaten 100% der benötigten Heizwärme von der eigenen Solaranlage bereitgestellt wurden.

Im Sommer ist die Vorlauf-Temperatur des Teichwassers für die Kühlung über die Betonkernaktivierung mit 18°C bis 22°C vergleichsweise hoch im Vergleich zu anderen Systemen (Tiefenbohrungen, Grundwasserbrunnen). Mit Ausnahme eines Temperatursensors im Erdgeschoß, der aufgrund der großen Fensterflächen Richtung Süden und der damit verbundenen solaren Einträge 10% Überhitzungsstunden ($T > 26^\circ\text{C}$) anzeigte, wurde im Sommer keine Überhitzung registriert. Das zeigt, dass das Free Cooling-Konzept sehr gut funktioniert.

Insgesamt zeigt sich, dass die Kombination aus Solarthermie und Wärmespeicher ($2400 \text{ kg/m}^3 = \text{Betonkernaktivierung}$) ein hervorragendes Konditionierungsergebnis bei niedrigem End-Energiebedarf ergibt.

Studentenheim PopUp Dorms

Studentenheim auf Zeit

„Das Studentenheim PopUp Dorms trifft den Zahn der Zeit: es ist preiswert, ökologisch, individuell, chic und kann flexibel ab- und wieder aufgebaut werden.“



Abb. 97: PopUpDorms; © Daniel Hawelka

Standort Sonnenallee 28, 1220 Wien



Abb. 98: PopUpDorms: Zimmer in einer Wohnbox;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 99: PopUpDorms: Küchenbereich der Wohnbox;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 100: PopUpDorms: Atrium mit Schiffscontainer;
© JOANNEUM RESEARCH

Das Studentenheim PopUp Dorms wurde in Wien Aspern als kostengünstiges Gebäude im Passivhaus-Standard für 40 Studenten errichtet. Das Gebäude besteht aus 10 Holz-Wohnboxen mit je 92 m², die auf 4 Wohneinheiten, 2 Bäder und eine Küche aufgeteilt sind. In zwei Ebenen sind jeweils 5 dieser Boxen um ein 268 m² großes überdachtes Atrium angeordnet, das als Gemeinschaftsfläche fungiert und einen umgebauten Schiffscontainer mit Gemeinschaftsküche, Wasch- und Putzraum beherbergt. Jeder der 10 Wohnboxen ist energieautark und inklusive Einrichtung dafür geeignet, 5-mal innerhalb von 30 Jahren auf verschiedene Grundstücke umgestellt zu werden. Damit können vorübergehend „freie“ kostengünstige Grundstücke genutzt und ein günstiges Wohnangebot geschaffen werden. Die Wohnboxen wurden inklusive Haustechnik und Wohneinrichtung vorgefertigt und innerhalb nur einer Woche vor Ort aufgestellt. Die Konditionierung erfolgt über ein platzsparendes Wärmepumpen-Kombigerät, das Lüftung, Heizung, Kühlung und Warmwasserbereitstellung übernimmt. Die Verteilung erfolgt über die Lüftung und Konvektoren in den Wohneinheiten.

Daten	OIB RL6	PHPP	Kontakt home4students / oead
BGF/EBF	1.217	1.024 m²	Name: Thomas Schach / Günther Jedlizka
HWB (RK)	k.A.	14 kWh/m²a	Tel: +43 5 0447010 / +43 1 53408820
HWB* (RK)	2,8 kWh/m³a		email: t.schach@home4students.at / guenther.jedliczka@oead.at
KB (RK)	0,4 kWh/m²a		website: www.home4students.at / https://housing.oead.at
Bauweise	Holzriegelkonstruktion		Besichtigung möglich nach Voranmeldung
Baustart/Fertigstellung	2015/2015		
Architektur	F2 Architekten ZT GmbH		
Energieplanung	Lang Consulting		
Bauherr/Bauträger	Wohnbauvereinigung f. Privatangestellte		

Gebäudekonstruktion

- Außenwände Boxen: Holzriegelkonstruktion, Mineralwolle Dämmung
- Boden: Holzriegelkonstruktion mit Mineralwollendämmung
- Dächer: Holzriegelkonstruktion mit Mineralwollendämmung
- Fenster+Türen: 3-fach Verglasung, Kunststoff-Rahmen

Tab. 44: PopUpDorms: U-Werte Bauteile

Bauteile (Anteil an Hüllfläche > 4%)	Fläche [m ²]	Dicke [cm]	U-Wert [W/m ² K]
Außenwände	572	50,8	0,11
Dach Atrium	243	54,2	0,09
Dach Boxen OG	473	39,4	0,13
Boden EG+Atrium	726	41	0,13
Fenster und Türen	250		0,76
Gesamtgebäude			0,21

Haustechnik

Heizung

Warmwasser

Wärme-, Kälte-
speicher und -
verteilung

Lüftung

Wärmepumpen-Kombigerät mit 1,3 kW Heizung, 1,3 kW Kühlung und 1,6 kW Warmwasser, 212 l Speicher, Lüftungsgerät max. 250 m³/h; Verteilung über Lüftung und Konvektoren in den Wohneinheiten

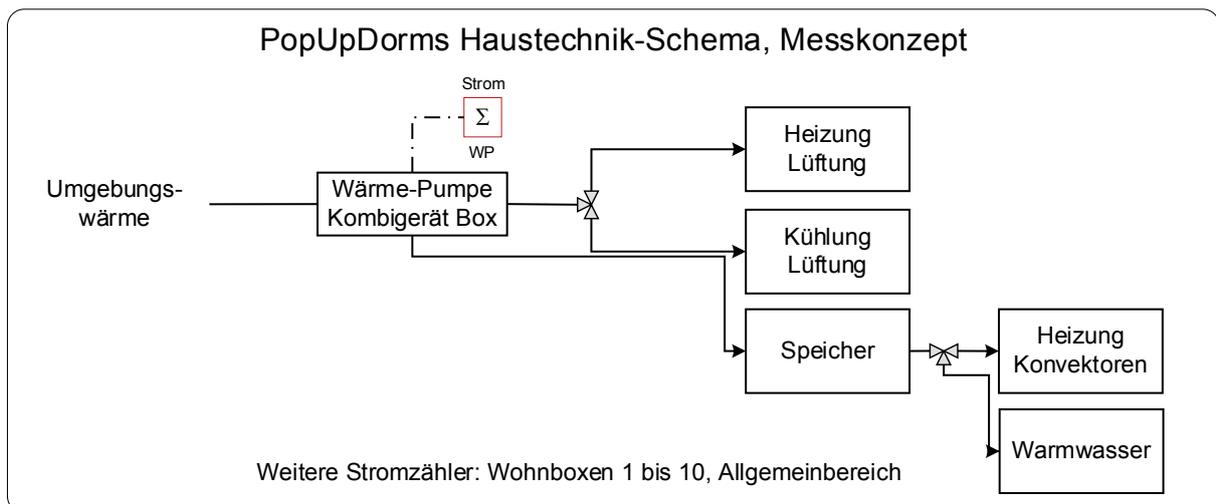


Abb. 101: Prinzipschema PopUpDorms – Haustechnik und Messkonzept



Abb. 102: PopUpDorms: Standort Wärmepumpe im Küchenbereich;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 103: PopUpDorms: Kombi-Wärmepumpe;
© JOANNEUM RESEARCH



Abb. 104: PopUpDorms: Eingang Wohnbox vom Atrium, Heizungsluftzufuhr ins Atrium ;
© JOANNEUM RESEARCH

Energetische Kenngrößen

Tab. 45: PopUpDorms: Energetische Kenngrößen

Messzeitraum: 01. Oktober 2016 – 30. September 2016	
Alle Kennwerte beziehen sich auf die konditionierte Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²] (Atrium reicht über beide Stockwerke, daher wurde BGF Atrium (268 m ²) doppelt gerechnet)	1.456
Kompaktheit A/V [1/m]	0,46
Heizwärmebedarf lt. Energieausweis OIB RL6 [kWh/m ² a]	5,0
Heizwärmebedarf lt. PHPP [kWh/m ² a] (1.024 m ² Energiebezugsfläche)	14,0
Heizwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	28,6
Heizwärmeverbrauch, HGT-bereinigt [kWh/m ² a] ²⁵	30,1
Warmwasserbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	10,7
Warmwasserverbrauch [kWh/m ² a]	21,3
Kühlbedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	33,2
Kühlverbrauch [kWh/m ² a]	5,3
Stromverbrauch gesamt [kWh/m ² a]	44,5
Stromverbrauch Allgemeinfläche Atrium [kWh/m ² a]	10,3
Stromverbrauch 10 Wohnboxen [kWh/m ² a]	34,2
Stromverbrauch Wärmepumpen - Lüftung [kWh/m ² a]	7,5
Stromverbrauch Wärmepumpen - Heizen [kWh/m ² a]	10,2
Stromverbrauch Wärmepumpen - Warmwasser [kWh/m ² a]	7,3
Stromverbrauch Wärmepumpen - Kühlen [kWh/m ² a]	1,5
Stromverbrauch Wohnboxen Betrieb [kWh/m ² a]	7,7
Endenergiebedarf lt. Energieausweis (inkl. Betrieb) [kWh/m ² a]	43,8
Endenergieverbrauch (inkl. Betrieb) [kWh/m ² a]	44,5
Primärenergiebedarf lt. Energieausweis [kWh/m ² a]	114,7
Primärenergieverbrauch [kWh/m ² a] ²⁶	85,0

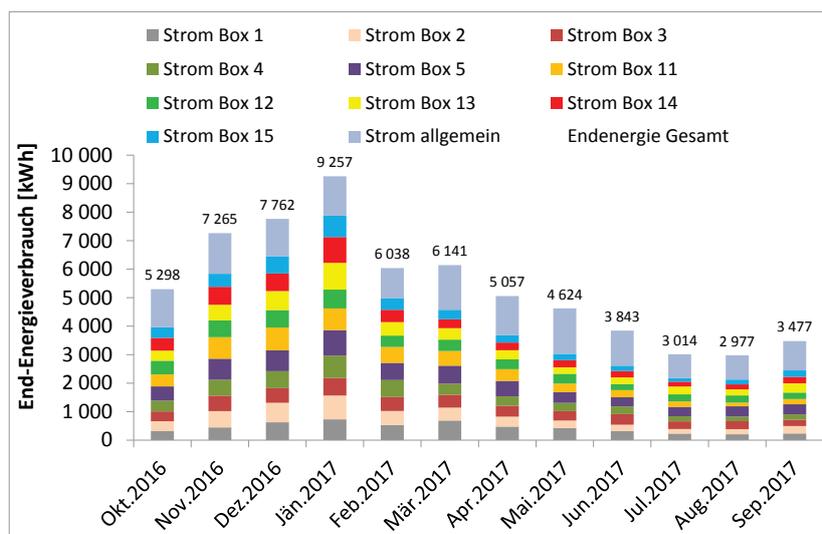


Abb. 105: PopUpDorms: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)

²⁵ HGT_{20/12} lt OIB RL6 = 3443; HGT_{23/10} lt Messungen = 3274

²⁶ f_{PE}=1,91 (Strom-Mix AT);

Komfortparameter

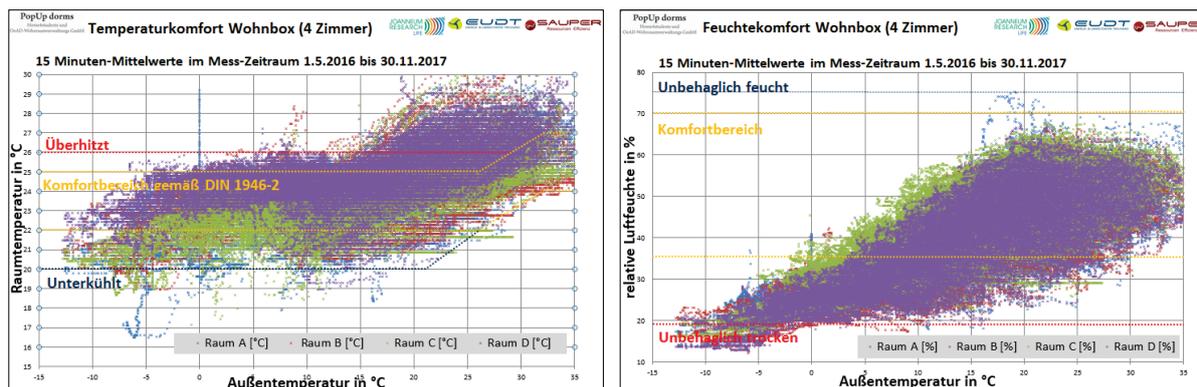


Abb. 106: PopUpDorms: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Raumfeuchte)

Tab. 46: PopUpDorms: Komfortparameter

Komfortparameter	Außentemperatur	< 15°C	> 15°C
Mittlere Raumtemperatur		23,2	24,7
Überhitzungsstunden (>26°C)		0,3%	14,7-17,7%
Mittlere relative Raumfeuchte		32,9	47,5

Zusammenfassung Energie-Monitoring

Im Zeitraum Oktober 2016 bis September 2017 wurde der witterungsbereinigte Heizwärmeverbrauch des Studentenheims PopUpDorms mit 30,1 kWh/m²a ermittelt und liegt damit mehr als doppelt so hoch wie der mit PHPP berechnete HWB von 14 kWh/m²a. Der erhöhte Heizwärmeverbrauch ist vor allem auf das Nutzungsverhalten (siehe Bewertung des Nutzungsverhaltens) zurückzuführen.

Aufgrund der Kompaktheit der Kombiwärmepumpe und der Wohnboxen konnten keine Wärmemengenzähler installiert werden, es wurde jedoch der Stromverbrauch der Wärmepumpe einer Wohnbox gemessen. Aufgrund von Informationen und Messungen des Wärmepumpenherstellers wurde im Messzeitraum eine mittlere Arbeitszahl von 2,8 im Heizbetrieb sowie für Warmwasser bzw. 3,5 im Kühlbetrieb.

Der gemessene Gesamtstromverbrauch von 44,5 kWh/m²a entspricht ebenfalls nahezu dem berechneten Planwert des End-Energiebedarfs im Energieausweis. Davon sind 23% für den Allgemeinbereich im Atrium (Allgemeinküche, Waschküche, Beleuchtung). 77% teilen sich auf die 10 Wohnboxen auf, mit 60% für die Wärmepumpen und 17% für Beleuchtung und Betriebsstrom.

Die mittlere relative Raumfeuchte liegt in der Heizperiode bei 23%, und damit außerhalb des Komfortbereichs. Dies ist ein zu erwartendes Ergebnis für ein Gebäude ohne Befeuchtung in der Lüftungsanlage. Der Anteil von Überhitzungstagen über 26°C Raumtemperatur liegt im Sommer bei ca. 14-18%.

TQB – Einstufung PopUpDorms:

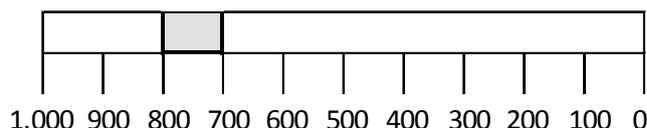


Abb. 107: PopUpDorms: TQB-Einstufung

Zusammenfassung: Das Studentenheim PopUpDorms erreicht in der Kategorie B die Bestbewertung, Wirtschaftlichkeit und technische Objektqualität waren die Prioritäten bei der Planung des Gebäudes. In Kategorie A wird ebenfalls eine sehr gute Bewertung erreicht. In den Kategorien C, D und E werden einzelne Kriterien nur unterdurchschnittlich bewertet, wodurch eine Bestbewertung verhindert wird.

Tab. 47: PopUpDorms: TQB-Einstufung

Bewertungs-Kategorie	Max	Ist
A Standort & Ausstattung	200	
Infrastruktur	80	
Standortsicherheit, Baulandqualität	40	
Ausstattungs-qualität	60	
Barrierefreiheit	40	
B Wirtschaft & techn. Qualität	200	
Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus	100	
Sustainable Sites	45	
Technische Objektqualität	80	
C Energie & Versorgung	200	
Energiebedarf	150	
Energieaufbringung	50	
Wasserbedarf	25	
D Gesundheit & Komfort	200	
Thermischer Komfort	45	
Raumluftqualität	75	
Schallschutz	60	
Beleuchtung, Sonnen-, Blendschutz	50	
E Baustoffe und Konstruktion	200	
Vermeidung kritischer Stoffe	50	
Regionalität, Recycling, Umweltzertifikat	50	
Ökologie der Baustoffe / Konstruktion	60	
Entsorgung	60	



A Standort und Ausstattung: Der Standort vom PopUpDorms verfügt über eine sehr gute Anbindung an den öffentlichen Verkehr und mit kleinen Einschränkungen an sonstige Infrastruktur. Die sehr gute Ausstattungsqualität unterstreicht die sehr gute Gesamtbewertung.

B Wirtschaft und technische Qualität: Vorrangiges Ziel bei der Planung dieses Gebäudes war die Schaffung eines günstigen und flexiblen Wohnangebots für Studenten. Die hohe technische Objektqualität trägt gemeinsam mit der hohen Wirtschaftlichkeit zur Bestbewertung in dieser Kategorie bei.

C Energie und Versorgung: Ein wichtiges Planungsziel war ein geringer Energiebedarf im Gebäudebetrieb. Nachdem das Gebäude über keine eigene PV-Anlage verfügt, und auch kein besonderes Wassernutzungskonzept vorgesehen ist, wird die Bestbewertung in diesem Kriterium nicht erreicht.

D Gesundheit und Komfort: Hoher thermischer Komfort im Winter und Sommer, sowie der automatisierte Sonnen- und Blendschutz unterstreichen die hohe Objektqualität. Es wurden keine Messungen zu Schallschutz und Luftschadstoffen durchgeführt, was die Gesamtbewertung reduziert.

E Baustoffe und Konstruktion: Um eine kostengünstige Bauweise zu ermöglichen, wurde nicht durchgängig auf die Vermeidung kritischer Stoffe und die Verwendung umweltzertifizierter Baumaterialien geachtet.

Ökologische Bewertung (siehe auch TQB-Einstufung in Kategorie E)

Tab. 48: PopUpDorms: Ökologische Bewertung

Nicht erneuerbare Primärenergie	Treibhauspotential	Versauerungspotential	OI3-Indikator	Entsorgungs-Indikator	Bewertungsschema (angelehnt an klima:aktiv aufgrund Bilanzgrenze BG1)	OI3	EI
kWh/m ² BGF	kg CO _{2-eq} /m ² BGF	kg SO _{2-eq} /m ² BGF	BG1, BGF	V1, 2012	Bewertungsbandbreite	0-280	0-2,5
556	-33,4	0,918	101	2,6	Bestbewertung	≤ 60	≤ 1,0
					> Mindestanforderung	> 280	> 2,5

Bewertung des Nutzungsverhaltens:Gebäudenutzer und Nutzungszeiten

Das Studentenheim PopUpDorms wurde als kostengünstiges Wohnangebot für 40 Studenten errichtet. Im Zeitraum Oktober 2016 bis September 2017 waren monatsweise im Schnitt 10% der Wohneinheiten nicht vermietet, in den Sommermonaten Juli und August 25%. Die Wohnungen werden von Mietern unterschiedlicher Kulturkreise und damit mit unterschiedlichem Nutzerverhalten bewohnt.

Die folgende Tabelle stellt die 10 Wohnboxen sortiert nach dem Stromverbrauch dar für ein ganzes Jahr, für die Zeiträume Dezember bis Februar (kälteste Monate) und Juni bis August (wärmste Monate) sowie mit weiteren Merkmalen wie Haupt-Himmelsrichtung der Längs-Außenseite der Boxen und Vermieter. Die 10 Wohnboxen werden zur Hälfte von der OeAD (österreichische Agentur für internationale Mobilität und Kooperation in Bildung, Wissenschaft und Forschung) und von home4students vermietet. Die Wohnboxen der OeAD werden an Erasmus-Studenten und Studenten aus anderen Ländern vermietet, diese Boxen haben tendenziell einen höheren Stromverbrauch im Sommer fürs Kühlen und im Winter fürs Heizen als die Boxen von home4students. Die Boxen 11, 1 und 5 mit dem höchsten Stromverbrauch liegen zudem angrenzend an den Eingangsbereich, und haben damit einen größeren Anteil der Hüllfläche in Kontakt mit der Außentemperatur.

Tab. 49: PopUpDorms: Gebäudenutzung

Oktober 2016-September 2017	Box 15	Box 4	Box 12	Box 14	Box 3	Box 13	Box 2	Box 11	Box 1	Box 5
Stromverbrauch kWh/a	6 038	6 565	6 745	6 820	6 935	7 067	7 541	7 617	7 694	10 251
Stromverbrauch Dez-Feb bkWh/a	1 765	1 967	1 675	1 960	1 627	2 073	2 006	2 120	1 895	2 232
Stromverbrauch Jun-Aug kWh/a	486	607	723	565	918	721	558	561	762	1 021
Stromverbrauch relativ %	100%	109%	112%	113%	115%	117%	125%	126%	127%	170%
Leerstände	10%	4%	2%	6%	6%	10%	4%	19%	17%	21%
Himmelsrichtung	NW	SW	NO	SW	SW	SO	SO	NO	NO	NW
Geschoß	OG	EG	OG	OG	EG	OG	EG	OG	EG	EG
Vermieter	home 4 students	home 4 students	home 4 students	home 4 students	oead	oead	home 4 students	oead	oead	oead

Gebäude- und Haustechnik-Betriebsführung

Die Kombi-Wärmepumpe wird grundsätzlich vollautomatisiert betrieben, und verfügt über eine automatische Sommer- und Wintererkennung. Raumtemperaturen und insbesondere die aktive Kühlung kann auch über ein Display manuell geregelt bzw. aktiviert werden. Bei erhöhtem Warmwasserbedarf kann der E-Heizstab eingeschaltet werden.

Jede der 10 Wärmepumpen versorgt eine der 10 Wohnboxen und das Atrium über 2 Lüftungskanäle, über die die Luft- und Wärmemengen 50:50 zwischen Wohnbox und Atrium aufgeteilt werden. Die Raumlufttemperatur lag in der vermessenen Wohnbox bei über 23°C in der Heizsaison, im Atrium, das an die innenliegenden Wände der Wohnboxen und somit nur im Eingangsbereich an die Außenluft angrenzt, sogar darüber. Dies führt zu einem erhöhten Heizwärmeverbrauch, der durch eine Neuaufteilung der ins Atrium beförderten Luft- und Wärmemenge reduziert werden soll. Wird der gemessene Heizwärmeverbrauch nur für die Wohnbox (ohne Atrium) und für 20°C Innenraumtemperatur berechnet, liegt er mit 16,8 kWh/m²a deutlich näher am Heizwärmebedarf nach PHPP.

3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Monitoring- und Bewertungs-Ergebnisse sollen künftigen Bauvorhaben dazu dienen, das vorhandene Optimierungspotenzial in energetischer, ökologischer und sozialer Hinsicht besser zu nutzen. Die Schlussfolgerungen beziehen sich in energetischer Hinsicht auf den Energieverbrauch für die Gebäudekonditionierung, in ökologischer Hinsicht auf die verwendeten Baustoffe sowie die eingesetzte Primärenergie für den Gebäudebetrieb, und in sozialer Hinsicht auf den thermischen Komfort sowie die verwendeten Baustoffe im Innenausbau. Die Empfehlungen stellen Erkenntnisse des Energie-Monitorings zur Betriebsführung von haustechnischen Anlagen sowie zur messtechnischen Erfassung von Monitoringdaten sowie Steuer- und Regelparametern in den Mittelpunkt. Relevant sind diese Empfehlungen für Gebäudebetreiber und -eigentümer sowie für Haustechnikplaner und –Wartungsunternehmen.

Schlussfolgerungen

Generell kann eine der Schlussfolgerungen in (Sölkner, 2014) vorausgeschickt werden: Das „die Welt rettende“ Gebäudekonzept gibt es nicht. Eine seriöse Antwort für suchende Bauwillige kann nicht nur eine bestimmte Bauweise oder ein bestimmter Energiestandard sein. Es gibt viele Aspekte, die im Zusammenhang mit einem Gebäude zu beachten sind: Standort, klimatische Besonderheiten, Sonneneinstrahlung bzw. Verschattungen, Sonnenstunden im Winter, Verfügbarkeit erneuerbarer Energieträger bzw. nutzbarer Umweltwärme, Möglichkeiten zur Eigenversorgung, Möglichkeit zur Nutzung von Ressourcen, besondere Nutzungen im Gebäude, spezielle Bedürfnisse der Nutzer usw. Das übergeordnete Ziel sollte jedoch immer eine hohe Gebäude-Gesamtenergie- und Ressourceneffizienz und der weitestgehende Einsatz erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitiger Sicherstellung eines guten Raumklimas und hohen Nutzerkomforts sein.

Energieverbrauch

Die Hauptziele des Energie-Monitorings sind die systematische Erfassung des Energieverbrauchs eines Gebäudes, die Gegenüberstellung der Messwerte mit den Planwerten des Energiebedarfs bzw. mit Benchmarking-Werten vergleichbarer Gebäude und gegebenenfalls die Ableitung von Möglichkeiten zur Reduktion des Energieverbrauchs. Voraussetzung für die Gegenüberstellung von Mess- und Planwerten bzw. Benchmarking-Werten sind vergleichbare Nutzungsarten und Haustechniksysteme sowie einheitliche Definitionen von Energiekennzahlen.

Im Projekt wurden Gebäude mit unterschiedlichen Nutzungsarten (Büro, Labor, Pflegeheim, Verkaufsstätte, Hotel, Veranstaltungsstätte, Wohnheim) untersucht und nur in der Nutzungsart Büro mit mehr als einem Gebäude (IZM, Ecoport und Fröschl Haus), für diesomit eine vergleichende Betrachtung möglich ist. Eine Gegenüberstellung mit Benchmarking-Werten aus der Literatur, z.B. (Benke, 2012), (Jandrokovic, 2012), wurde nicht vorgenommen, da Energieverbrauchs-Kennwerte in der Literatur sprachlich nicht immer

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

eindeutig definiert sind (z.B. „Energieverbrauch“ statt Endenergie- oder Primärenergieverbrauch, „Wärme“ statt Heizwärmeverbrauch oder Heizenergieverbrauch).

Aus Sicht einzelner Gebäude ist der Vergleich von Kennzahlen eines Gebäudes aus der Planung (Energieausweis) mit Monitoring-Messwerten ebenfalls nicht immer aussagekräftig. Dies gilt insbesondere für die Endenergie als die dem Gebäude zugeführte Energie für die Konditionierung und den Gebäudebetrieb dann, wenn die Planwerte nicht das umgesetzte haustechnische Konzept und damit verbundene Umwandlungsverluste und Hilfsenergieverbräuche abbilden oder die angenommene Gebäudenutzung nicht der tatsächlichen entspricht. In diesem Projekt lässt die Gegenüberstellung von Plan- und Messwerten insbesondere für die Gebäude W.E.I.Z.IV und Pflegeheim Steinfeld keine sinnvollen Schlussfolgerungen zu.

Für alle anderen Gebäude im Projekt zeigt die Endenergie als die dem Gebäude zugeführte Energie für die Konditionierung im geplanten Bedarf und im realen Verbrauch gute Übereinstimmung: der reale Verbrauch mit Werten zwischen 33 und 76 kWh/m²a ist in vier Gebäuden um 0,6 bis 7,6 kWh/m²a höher als geplant, in drei Gebäuden um 9,1 bis 12,1 kWh/m²a niedriger als der geplante Bedarf. Der Primärenergiebedarf ist für die meisten Gebäude im Projekt in den Energieausweisen nicht angegeben, ein Vergleich mit den aus den Messdaten berechneten Werten war daher nicht möglich.

Eine vergleichende Betrachtung ist für die drei Bürogebäude IZM, Fröschl Haus und Ecoport interessant. Die drei Gebäude haben ähnliche Haustechnik-Konzepte, aber völlig unterschiedliche Gebäudehüllen. Die Beheizung erfolgt in allen drei Gebäuden über Wärmepumpen, im IZM unter Nutzung von Abwärme aus dem benachbarten Turbinen-Generatorhaus, im Fröschl-Haus und im Ecoport mit einer Grundwasser-Wärmepumpe, im Ecoport in Kombination mit Fernwärme. Die Kühlung erfolgt über Free Cooling, beim IZM mit Seewasser aus dem benachbarten Speichersee und in den beiden anderen Gebäuden mit Grundwasser. Die Verteilung erfolgt im Fröschl Haus und Ecoport über betonteilaktivierte Decken, im IZM über Fußbodenheizung und Kühldecken. Das IZM (BGF 13.051 m²) wurde in Holz-Beton-Hybrid-Bauweise errichtet, das Fröschl Haus (BGF 4.878 m²) und der Ecoport (BGF 5.535 m²) in Massivbauweise, wobei das Fröschl Haus zusätzlich eine Stampfbetonfassade hat. Das zeigt sich im mittleren Gebäude-U-Wert, der für das Fröschl Haus mit 0,24 W/m²K besonders niedrig ist im Vergleich zum IZM bzw. Ecoport mit 0,33 bzw. 0,38 W/m²K. Das IZM wiederum ist ein sehr kompaktes Gebäude mit einem A/V-Wert von 0,29 1/m gegenüber 0,42 für Ecoport bzw. 0,81 1/m bzw. Fröschl Haus.

Der außentemperaturbereinigte Heizwärmeverbrauch liegt beim IZM bei 17 kWh/m²a, beim Fröschl Haus bei 25 kWh/m²a und beim Ecoport bei 44 kWh/m²a. Neben den oben beschriebenen Gebäude-Kennwerten U-Wert und Kompaktheit hat auch der solare Eintrag einen Einfluss, sowie die durchschnittliche Raumtemperatur in der Heizperiode. Der solare Eintrag erfolgt v.a. über die großen Fensterflächen im IZM und Ecoport (Richtung Osten und Westen) bzw. beim Fröschl Haus über kleinere Fenster sowie die zusätzliche

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Speichermasse der Stampfbetonfassade, die die Transmissionsverluste der Gebäudehülle reduziert. Die durchschnittliche Raumtemperatur in der Heizperiode liegt im IZM bei 22,8°C, im Fröschl Haus bei 23,5°C und im Ecoport am höchsten bei 24,1°C.

Der Kühlverbrauch liegt beim IZM bei 12,9 kWh/m²a, im Fröschl Haus bei 9,2 und beim Ecoport bei 20,1 kWh/m²a. Die Raumtemperatur liegt im Sommer im IZM und im Fröschl Haus bei durchschnittlich 24°C, im Ecoport bei 24,8°C. Der Anteil der Überhitzungsstunden (>26°C im Sommer) liegt im IZM bei 0%, im Fröschl Haus bei 0 bis 8,6% und im Ecoport zwischen 3 und 11%. Das IZM verfügt als Beschattungselemente in jedem Stockwerk über Auskragungen in der Fassade sowie tageslicht-gesteuerte Außenjalousien. Im Fröschl Haus bewirken die tiefen schmalen Fensterauschnitte eine Reduktion des solaren Eintrags über die Fenster, die Stampfbetonfassade reduziert auch im Sommer die Transmissionsverluste der Gebäudehülle. Im Ecoport sorgen sowohl tageslichtgesteuerte Außenjalousien also auch Sonnenschutzfolien auf den Fenstern für die notwendige Beschattung.

Der Stromverbrauch der Haustechnik liegt im IZM bei 21,4 kWh/m²a, im Fröschl Haus bei 19,7 und im Ecoport bei 37,9 kWh/m²a. Die Wärmepumpe verbraucht davon im IZM 6,2 kWh/m²a mit einer Jahresarbeitszahl von 3,8, im Fröschl Haus 6 kWh/m²a mit einer Jahresarbeitszahl von 3,7 und im Ecoport 16,4 kWh/m²a mit einer Jahresarbeitszahl von 3,1. Die niedrigere Jahresarbeitszahl beim Ecoport ist auf die Betriebsführung u.a. im Verbund mit Fernwärme zurückzuführen, darauf nimmt das Kapitel Empfehlungen zur Wärmepumpe Bezug. Eine weitere vergleichbare Kennzahl ist der Lüftungsenergieverbrauch, im IZM 5,1 kWh/m²a, im Fröschl Haus 6,9 und im Ecoport 6,3 kWh/m²a.

Der Betriebsstromverbrauch für Beleuchtung, Bürobetrieb und Küche liegt beim IZM und Fröschl Haus bei 43 kWh/m²a, beim Ecoport bei 54 kWh/m²a. Da es nur beim IZM Subzähler zum Betriebsstromverbrauch gab, können dazu keine vergleichenden Schlussfolgerungen gezogen werden.

Mit Bezug auf die im Projekt untersuchten Gebäude mit anderen Nutzungsarten ist der MPREIS Supermarkt in Natters besonders hervorzuheben, der, im Gegensatz zu konventionellen Supermärkten, auch im Winter ohne Heizungsanlage betrieben wird. Dies ist möglich durch die Nutzung der Abwärme der Verbund-Kälteanlage der installierten Kühlmöbel, die über Fußbodenheizung und Torluftschleier verteilt wird. Eine Gebäudehülle im Passivhausstandard ist natürlich Grundlage dieses zukunftsweisenden Gebäudekonzeptes.

Auch alle anderen untersuchten Gebäude nutzen in der einen oder anderen Form Umweltwärme, um den Einsatz fossiler Primärenergieträger zu reduzieren bzw. zu vermeiden: im Hotel Mondschein Erdwärme über eine Wärmepumpe, im W.E.I.Z. IV Umgebungsluft für Free Cooling, im Kultur- und Veranstaltungszentrum Solarthermie bzw. Regenwasser für Free Cooling, in den PopUpDorms Umgebungswärme über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe und im Pflegeheim Steinfeld Umgebungswärme über Vorwärmung bzw. -kühlung in einem Erdkollektor.

Thermischer Komfort

Ein aus Nutzersicht wesentliches Bewertungskriterium ist der thermische Komfort mit den Raumparametern Temperatur und Feuchte.

Ein Maß für den Raumkomfort ist der Anteil der Überhitzungsstunden mit Raumtemperaturen über 26°C. In den Gebäuden IZM und W.E.I.Z.IV kommt es das ganze Jahr über zu keinen Überhitzungen. Beim IZM tragen zusätzlich zur aktiven Gebäudekühlung über Free Cooling und Kältemaschine die Ausrichtung des Gebäudes mit den Längsseiten Richtung Osten und Westen, die bauseitige Abschattung der Fensterflächen durch auskragende Vordächer, und die tageslichtgesteuerte Jalousie-Abschattung der Fensterflächen bei. Das W.E.I.Z.IV stellt als Laborgebäude der Nanomaterialforschung besondere Anforderungen an Raumtemperatur und Feuchte mit sehr engen Bandbreiten, die noch dazu für mehrere Räume mit unterschiedlichen Vorgaben gleichzeitig sichergestellt werden müssen. Die Monitoringergebnisse von W.E.I.Z.IV zeigen exemplarisch, welcher Energieaufwand die Einhaltung genauer Vorgaben an die Raumparameter erfordert.

Die Auswertung der Raumtemperaturen bei den anderen sieben Gebäuden ergibt Überhitzungsstunden vor allem im Sommer in Räumen mit hoher solarer Exposition. Der Anteil der Überhitzungsstunden liegt in den Gebäuden bei maximal 9-14%, in den PopUpDorms bei maximal 18%, in einem gemessenen Raum in Steinfeld bei 50%. Steinfeld ist aber auch, neben dem Hotel Mondschein, das nur im Winter betrieben wird, das einzige Gebäude, das über kein Kühlsystem verfügt. Neben Kühlsystemen reduzieren bauseitige Maßnahmen den solaren Eintrag, wie im Fröschl Haus hohe schmale Fenster mit tiefen Fensterausschnitten in der Fassade, im IZM sowie im Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang auskragende Vordächer, oder im Ecoport Saubermacher spezielle Sonnenschutzfolien auf den Fensterflächen.

Bezüglich relativer Raumfeuchte zeigen die Messdaten das erwartbare Ergebnis, dass die Einhaltung des Komfortbereichs im Winter (bei 20-24°C Raumtemperatur liegt die Behaglichkeitsgrenze bei 20-35%) nur über eine Luftbefeuchtung in der Lüftungsanlage sichergestellt werden kann. In den Gebäuden IZM und W.E.I.Z.IV sind Dampfbefeuchter installiert, es werden durchschnittlich relative Raumfeuchten im Winter von 42% bzw. 47% erreicht. In den anderen sieben Gebäuden liegt die Raumfeuchte entsprechend den Außenbedingungen im Winter bei durchschnittlich 30-34%, bei Minusgraden auch unter 20%. Dampfbefeuchter haben aber einen sehr hohen Stromverbrauch, in beiden Gebäuden IZM und W.E.I.Z.IV mit dem größten Anteil des Stromverbrauchs der Haustechnik über das gesamte Jahr (8,3 kWh/m²a im IZM bzw. 99,1 kWh/m²a im W.E.I.Z.IV). Im IZM wurde die Dampfbefeuchtung (2 x 60 kW) nachträglich installiert, wodurch ein Vergleich der Messdaten vor und nach Einbau möglich war. Der Stromverbrauch der Dampfbefeuchter erhöht den Jahresstromverbrauch der Haustechnik des IZM um ca. 64% bzw. den Jahresstromverbrauch des Gebäudes inklusive Betriebsstrom um ca. 14%. Im W.E.I.Z.IV ist der sehr hohe Stromverbrauch für die Dampfbefeuchter (4 x 30 kW) auf die konstant und genau einzuhaltenen Vorgaben für die Raumfeuchte sowie auf den im Laborbetrieb notwendigen hohen Luftwechsel (7-fach) zurückzuführen, sodass die energieintensive

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Dampfbefeuchtung der Zuluft in den Monaten Oktober bis April einen Anteil von bis zu 58% des Gesamtstromverbrauchs des Gebäudes hat.

Soziale und ökologische Bewertung der Konstruktion

Die soziale und ökologische Bewertung wurde im Rahmen einer Total Quality Building (TQB) Einstufung durchgeführt. Die TQB-Einstufung hat mit dem Verzicht auf eine genaue Nachweisdokumentation und -überprüfung einen geringeren Genauigkeitsanspruch als die formale TQB-Zertifizierung, und wurde auf Grundlage von Interviews mit den Gebäudeeigentümern und -betreibern vorgenommen. Im Rahmen der TQB-Einstufung werden die verwendeten Baumaterialien nach unterschiedlichen Kriterien bewertet.

In der TQB-Kriteriengruppe D „Gesundheit und Komfort“ nehmen Aspekte mit Bezug zur sozialen Qualität von Bauwerken den Schwerpunkt der Bewertung ein. Teilgruppen betreffen den thermischen Komfort, die Raumluftqualität, den Schallschutz und die Beleuchtung. Die Ergebnisse zum thermischen Komfort sind im Kapitel „Komfortparameter“ beschrieben. Die Beleuchtung mit Tages- und Kunstlicht wird in allen Gebäuden im Projekt generell gut bewertet. Zur Raumluftqualität mit den Parametern VOC- und Formaldehyd-Gehalt wurden nur in zwei Gebäuden IZM und Hotel Mondschein Messungen durchgeführt. Der Schallschutz (Luft- und Trittschallschutz) wurde nur in den drei Gebäuden IZM, Fröschl Haus und Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang gemessen. Entsprechend erreichten nur die oben genannten Gebäude sehr gute Ergebnisse in diesen Kriteriengruppen.

In der TQB-Kriteriengruppe E „Ressourceneffizienz“ wird der Ressourceneinsatz bewertet. Teilgruppen betreffen die Vermeidung kritischer Stoffe, Fragen zur Regionalität, Recyclinganteil und Wahl zertifizierter Produkte, die Ressourceneffizienz der Konstruktion im Lebenszyklus anhand wichtiger Umweltindikatoren sowie Fragen zur Entsorgung des Objekts. Die Vermeidung der kritischen Stoffe HFKW und PVC wird in allen untersuchten Gebäuden zumindest teilweise, meist vollständig erfüllt. Die Wahl regional erzeugter und umweltzertifizierter Baustoffe ist nur für drei Gebäude W.E.I.Z.IV, IZM und Hotel Mondschein dokumentiert. Die Ressourceneffizienz im Sinne der Reduktion nicht erneuerbarer Primärenergieträger sowie die Umweltwirkungen Treibhauspotential und Versauerungspotential der Konstruktion im Lebenszyklus wird im TQB-System mit dem OI3-(BG1-) Indikator bewertet. Hier weisen die Gebäude mit hohem Holz-Anteil in der Gebäudehülle die niedrigsten Umweltwirkungen auf: IZM, Steinfeld, Hotel Mondschein und PopUpDorms. Die höchsten Umweltwirkungen haben die Gebäudehüllen mit hohem Betonanteil Fröschl Haus, Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang und MPREIS Supermarkt.

Ein weiterer Öko-Indikator ist der Entsorgungsindikator, der das Verwertungspotential des Baustoffes am Ende der Lebensdauer im Gebäude bewertet. Generell schlecht bewertet werden die Dämmstoffe, wobei die synthetischen Materialien (XPS, EPS) wiederum schlechtere Werte aufweisen als mineralische Dämmstoffe. Für das Hotel Mondschein wurde im Projekt der mit Abstand niedrigste Entsorgungsindikator berechnet, während das IZM einen hohen Indikatorwert aufweist. Nachdem der Entsorgungsindikator nicht auf die Gebäudefläche bezogen wird, haben generell Gebäude mit höherer BGF wie das IZM

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

aufgrund der höheren zu entsorgenden Reststoffmengen einen schlechteren Entsorgungsindikator.

Die Gesamtergebnisse der TQB-Einstufung im Projekt zeigen, dass alle neun Gebäude qualitativ auf sehr hohem Niveau geplant und errichtet wurden. Die Gebäude Ecoport Saubermacher und PopUp Dorms liegen im Bereich von 700 bis 800 Punkten, IZM, Fröschl Haus, W.E.I.Z.IV, Steinfeld, Hotel Mondschein und das Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang zwischen 800 und 900 Punkten, und der Supermarkt MPREIS bei 900 bis 1.000 Punkten. In der Planung der Gebäude wurden in Bezug auf die fünf TQB-Hauptkriterien unterschiedliche Schwerpunkte gelegt, wie Flexibilität, Wirtschaftlichkeit oder ökologische Baumaterialien. Im Kriterium B Wirtschaftlichkeit und technische Objektqualität wurden für alle neun Gebäude mehr als 80% der maximal möglichen Punkte vergeben. Beim Kriterium A Standort und Ausstattung sind die Einstufungen ähnlich hoch, v.a. für die Ausstattungsqualität. Die Ergebnisse für die Kriterien C „Energie und Versorgung“, D „Gesundheit und Komfort“ und E „Ressourceneffizienz“ wurden bereits oben beschrieben.

Abschließend war die Rückmeldung der meisten Gebäudeeigentümer und –betreiber, dass aufgrund des hohen Dokumentationsaufwands die TQB-Zertifizierung bisher nicht durchgeführt wurde. Die drei Gebäude IZM, Ecoport und Hotel Mondschein wurden mit anderen Zertifizierungssystemen (DGNB, klima:aktiv) bewertet. Durch eine bereits in der Planungsphase durchgeführte Bewertung kann dieser Aufwand minimiert werden, mit dem Nachteil, dass nachträgliche Änderungen sowie Kennzahlen aus dem Realbetrieb nicht berücksichtigt sind.

Empfehlungen

Die Planung der Gebäudehülle und die Berechnung des daraus resultierenden Energiebedarfes für die Konditionierung von energieeffizienten Neubauten ermöglicht auf Grundlage in Österreich eingesetzter Modellierungs-Werkzeuge (z.B. PHPP²⁷, BIM²⁸) bereits ein hohes integriertes und detailliertes Planungsniveau. Wie im Kapitel Verwendete Methoden / Bewertung des Nutzungsverhaltens beschrieben, beeinflusst aber auch die Betriebsführung der haustechnischen Anlagen den Energieverbrauch maßgeblich. Die folgenden Empfehlungen stellen daher Projekt-Erkenntnisse des Monitorings zur Betriebsführung von haustechnischen Anlagen sowie zur messtechnischen Erfassung von Steuer- und Regelparametern sowie Monitoringdaten in den Mittelpunkt. Relevant sind diese Empfehlungen somit vor allem für Gebäudebetreiber und -eigentümer sowie für Haustechnikplaner und –Wartungsunternehmen.

Wärmepumpen - Temperaturniveau und Betrieb im Anlagenverbund

Häufig speisen Wärmepumpen im Verbund mit anderen Wärmeerzeugern (Gasthermen, solarthermische Anlagen, Fernwärme etc.) in einen gemeinsamen Wärmespeicher, der

²⁷ PHPP Passivhausprojektierungspaket

²⁸ BIM Building Information Model

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

sowohl das Heizungssystem beliefert als auch den Warmwasserbedarf abdeckt. Durch die Temperaturanforderung des Warmwassers bis 80°C wird ein hohes Temperaturniveau gehalten, obwohl schon häufig Niedertemperaturheizungen (Fußbodenheizung, Betonkernaktivierung etc.) installiert sind. Als Folge sinkt die Arbeitszahl der Wärmepumpe, womit deren Vorteile als Wärmeerzeuger für Niedertemperaturheizung verloren gehen. In Verbundanlagen, in denen für Spitzenlasten oder Extremtage parallel zur Wärmepumpe andere Wärmeerzeuger (z.B. Fernwärme) in Betrieb sind, werden Wärmepumpen bei höherer Vorlauf-Temperatur zudem häufig ganz abgeschaltet. Damit erreichen die Wärmepumpen nicht die mögliche Laufzeit, und die volle Leistung der Wärmepumpe wird nicht genützt.

Empfehlung: Hoch- und Niedertemperaturspeicher trennen, Laufzeit Wärmepumpe maximieren

Lüftungen –Luftaustausch und Luftbefeuchtung

Überhöhter Luftaustausch sorgt zwar für frische Luft, hat jedoch den Nachteil, dass die Luft in den Innenräumen bei fehlender Luftbefeuchtung und niedrigen Außentemperaturen austrocknet und bis zu 15% relative Luftfeuchte gemessen werden (45% wäre ideal). Die Installation von Befeuchtungsanlagen, vor allem von üblicherweise verwendeten Dampfbefeuchtern, hat aber einen sehr hohen Stromverbrauch zur Folge, bei den beiden untersuchten Gebäuden in diesem Projekt IZM und W.E.I.Z.IV mit dem jeweils höchsten Anteil des Haustechnik-Stromverbrauchs. Bei den Ventilatoren für die Zuluft und Fortluft werden häufig nur ein bis zwei Stufen verwendet und es kann nicht optimal die Luftmenge geregelt werden.

Empfehlung: Luftmenge CO₂-gesteuert regeln, an die Personenanzahl anpassen
Sprühnebelbefeuchtung vor Dampfbefeuchtung, Luftwechsel reduzieren, Nachrüstung von Frequenzumrichtern für angepasste Ventilatoren-Drehzahl

Pumpenleistungen

Es werden vielfach zwar unterschiedliche Heizkreise betrieben und die Vorlauftemperaturen über Außentemperatur vorgeregelt. Häufig werden die Pumpen jedoch ohne Berücksichtigung der momentanen Heizleistung mit konstanter Pumpleistung betrieben. Auch Pumpen für Brunnenwasserentnahme für Heizung/Kühlung sind oft im Dauerbetrieb. Die Folge ist ein nicht notwendiger Stromverbrauch für Pumpenleistung.

Empfehlung: Pumpenregelung

Automatik- und Handbetrieb: Es ist immer wieder möglich, die Heizungsregelungen über Handbetrieb zu „Overrulen“. Da es immer weniger Fachpersonal gibt, kommt es vor, dass vom Handbetrieb nicht zeitgerecht wieder in den Automatikbetrieb geschaltet wird. Folge: z.B. Heizen und Kühlen zugleich möglich. Auch wird selten ein bewusster Sommer- / Winterbetrieb vorgegeben. Die Folge ist bei raschen Temperaturwechseln ein kurzzeitiger Heizbetrieb im Sommer oder Kühlbetrieb im Winter.

Empfehlung: Automatische Rückschaltung vom Handbetrieb programmieren, Sommer-/ Winterbetrieb über Handprogrammierung

Messfehler bei Wärme- und Kältemengenzählern

Wärme- und Kältemengenrechenwerke greifen auf Temperaturfühler für Vorlauf- und Rücklauf-temperatur sowie auf Impuls- oder Ultraschallmessgeber für die Messung der Durchflussmenge zu. Die Impulsmessgeber sind auf unterschiedliche Wärmeträger-Durchflussmengen ausgelegt, was bei nicht optimaler Auslegung eine Datenerfassung in zu großen Schritten zur Folge hat. Dies ist eine Herausforderung für eine genaue Wärme-/Kälteermittlung in Bereich von Viertelstunden.

Eine weitere Herausforderung sind die Klassenungenauigkeiten im Bereich von 10%. Bei kleinen Temperaturdifferenzen von Vor- und Rücklauf von wenigen Grad (z. B. bei Brunnenwasser, Wärmepumpe) haben geringe Messfehler von wenigen 10-tel Grad bereits große Auswirkungen auf die Messergebnisse. Es muss daher auf Umgebungseinflüsse bei den Temperatursensoren geachtet werden, insbesondere bei nachgerüsteten Ultraschall-(Clamp-on) Wärmemengenzählern mit außen am Rohr anliegenden Messfühlern. Bei Zählern, die Wärme und Kälte messen, funktioniert die Zuordnung der Zählwerte zur Berechnung der Wärmeenergie bzw. Kälteenergie im Rechenwerk nur dann, wenn sich das Temperaturniveau im Betriebszustand Heizen in einem Mindestmaß von ca. 5°C (herstellerspezifisch) ändert. Wenn man es aber sowohl bei Wärme- als auch bei Kältefluss mit gleichen Temperaturniveaus zu tun hat (z.B. Brunnenwasser, Wärmepumpe), kann die Wärme- / Kältemenge ausschließlich aus den Messwerten von Durchflussmenge, Vorlauf-temperatur und Rücklauf-temperatur berechnet werden.

Empfehlung: Sorgfältige Wahl der Messinstrumente, Normgerechter Einbau der Sensoren, Vermeidung von Fremdeinflüssen durch Isolierung, Plausibilitätsprüfung der Messdaten für Wärme- / Kältemenge über Temperaturen und Durchflussmengen in der geringstmöglichen zeitlichen Auflösung, gegebenenfalls Ermittlung von Korrekturfaktoren für die Temperaturmessdaten im Zusammenhang mit anderen Messwerten.

Messfehler bei Außentemperaturfühlern

Viele Heizungs- und Klimaregelungen sind außentemperaturgeführt. Bei der Installation der Außentemperaturfühler wird häufig zu wenig auf die korrekte Montage geachtet. Die Folge sind Fehlmessungen bei direkter Sonneneinstrahlung und damit falsche Regelungen der Heizungs- / Klimaanlage.

Empfehlung: Normgerechte Behausung mit Zwangsbelüftung, Montageort prüfen

Energiemonitoring

Die Heizungs- und Klimasteuerungen werden zunehmend komplexer. Für eine umfassende Überwachung stehen oft nicht die entsprechenden Messsysteme bzw. Expertensysteme zur Überwachung der Anlagen zur Verfügung. Folge sind Unkenntnis betreffend Energieverbräuche, spätes Erkennen von Fehlern etc., wie bei den meisten der Gebäude in diesem Projekt festgestellt. In der Regel werden die Anlagen nach allgemeinen Erkenntnissen ohne Rücksicht auf die Nutzung des Gebäudes oder auf das Zusammenspiel der Teilsysteme parametrisiert und in Betrieb genommen. Die Folge sind meist unnötige Überkonditionierungen.

Empfehlung: Webbasierte Monitoringsysteme mit automatisiertem Energiebericht.

4 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Beispieldarstellung eines Prinzipschemas von Haustechnik und Messkonzept	15
Abb. 2: Haupt- und Untergruppen des Total Quality Building Systems (TQB.2010) und deren Gewichtung für Dienstleistungsgebäude (eigene Darstellung nach Sölkner 2014)	18
Abb. 3: Beispielhafte Ergebnisdarstellung der TQB-Bewertung im Projekt GEMA	19
Abb. 4: Treiber des energierelevanten Nutzerverhaltens in Gebäuden (Bednar, 2013)	21
Abb. 5: Übersicht der untersuchten Gebäude	23
Abb. 6: IZM; © JOANNEUM RESEARCH.....	24
Abb. 7: IZM: Eichenholz-Schalung; © JOANNEUM RESEARCH.....	24
Abb. 8: IZM: Großraumbüro; © JOANNEUM RESEARCH.....	24
Abb. 9: IZM: Turbinenhaus, Speichersee © JOANNEUM RESEARCH.....	24
Abb. 10: Prinzipschema IZM – Haustechnik und Messkonzept.....	25
Abb. 11: IZM: Turbine-Generator mit WT; © JOANNEUM RESEARCH.....	25
Abb. 12: IZM: Dampfbefeuchter der Lüftungsanlage; © JOANNEUM RESEARCH.....	25
Abb. 13: IZM: Wärmepumpe und Kältemaschine; © JOANNEUM RESEARCH.....	25
Abb. 14: IZM: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)	26
Abb. 15: IZM: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Luftfeuchte).....	27
Abb. 16: IZM:TQB-Einstufung.....	28
Abb. 17: IZM: Relative Luftfeuchte vor und nach dem Einbau der Dampfbefeuchtung;.....	29
Abb. 18: Ecoport; © JOANNEUM RESEARCH.....	30
Abb. 19: Ecoport: Kunstinstallation; © JOANNEUM RESEARCH	30
Abb. 20: Ecoport: Dünnglas-PV im Atrium; © JOANNEUM RESEARCH	30
Abb. 21: Ecoport: Flexible Grundrisse; © JOANNEUM RESEARCH	30
Abb. 22: Prinzipschema Ecoport – Haustechnik und Messkonzept	31
Abb. 23: Ecoport: Wärmepumpen 1-3 (170kW); © JOANNEUM RESEARCH	31
Abb. 24: Ecoport: Kältespeicher (2 x 2.000l); © JOANNEUM RESEARCH.....	31
Abb. 25: Ecoport: Free Cooling mit Grundwasser; © JOANNEUM RESEARCH.....	31
Abb. 26: Ecoport: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)	32
Abb. 27: Ecoport: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Luftfeuchte).....	33
Abb. 28: Ecoport: TQB-Einstufung.....	34
Abb. 29: Fröschl; © JOANNEUM RESEARCH	36
Abb. 30: Fröschl Haus: Büro mit Akustikelementen; © JOANNEUM RESEARCH	36
Abb. 31: Fröschl Haus: Gang zum verglasten Innenhof 2. OG;	36
Abb. 32: Fröschl Haus: Innenhof im.....	36
Abb. 33: Prinzipschema Fröschl Haus – Haustechnik und Messkonzept.....	37
Abb. 34: Fröschl Haus: GW-Wärmepumpe; © JOANNEUM RESEARCH.....	37
Abb. 35: Fröschl Haus: Wärmetauscher für Free Cooling; © JOANNEUM RESEARCH.....	37
Abb. 36: Fröschl Haus: Verteiler mit Zwischenspeicher; © JOANNEUM RESEARCH	37
Abb. 37: Fröschl: Energieverteiler;.....	38
Abb. 38: Fröschl Haus: Lüftungsanlage;.....	38
Abb. 39: Fröschl Haus: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom).39	

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Abb. 40: Fröschl Haus: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Luftfeuchte)	39
Abb. 41: Fröschl Haus: TQB-Einstufung	41
Abb. 42: W.E.I.Z.IV; © JOANNEUM RESEARCH	43
Abb. 43: W.E.I.Z.IV: Laborraum;	43
Abb. 44: W.E.I.Z.IV: Rolle-zu-Rolle-Maschine; © JOANNEUM RESEARCH	43
Abb. 45: W.E.I.Z.IV: Umluftkühlung, Deckensegel; © JOANNEUM RESEARCH	43
Abb. 46: Prinzipschema W.E.I.Z.IV – Haustechnik und Messkonzept.....	44
Abb. 47: W.E.I.Z.IV: Dampfbefeuchtung; © JOANNEUM RESEARCH	44
Abb. 48: W.E.I.Z.IV: Rückkühler am Dach; © JOANNEUM RESEARCH	44
Abb. 49: W.E.I.Z.IV: Kältemaschine; © JOANNEUM RESEARCH.....	44
Abb. 50: W.E.I.Z.IV: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)	45
Abb. 51: W.E.I.Z.IV: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Luftfeuchte).....	46
Abb. 52: W.E.I.Z.IV: TQB-Einstufung	47
Abb. 53: Steinfeld; © Martin Mayer	49
Abb. 54: Steinfeld: Lärchenholzfassade mit verschiebbaren Beschattungs-elementen; © JOANNEUM RESEARCH	49
Abb. 55: Steinfeld: Speisesaal;	49
Abb. 56: Steinfeld: Atrium/Wintergarten; © Martin Mayer.....	49
Abb. 57: Prinzipschema Steinfeld – Haustechnik und Messkonzept.....	50
Abb. 58: Steinfeld: Heizungsverteiler; © JOANNEUM RESEARCH	50
Abb. 59: Steinfeld: E-Kessel, Warmwasser-Boiler; © JOANNEUM RESEARCH	50
Abb. 60: Steinfeld: Frischluftbrunnen; © JOANNEUM RESEARCH.....	50
Abb. 61: Steinfeld: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom).....	51
Abb. 62: Steinfeld: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Luftfeuchte)	52
Abb. 63: Steinfeld: TQB-Einstufung	53
Abb. 64: MREIS Natters; © MPREIS	55
Abb. 65: MREIS Natters: Verkaufsraum; © MPREIS	55
Abb. 66: MREIS Natters: Tiefkühlmöbel; © MPREIS	55
Abb. 67: MREIS Natters: Bistro / Bäckerei; © MPREIS.....	55
Abb. 68: Prinzipschema MPREIS Natters – Haustechnik und Messkonzept.....	56
Abb. 69: MPREIS Natters: Verbund-Kälteanlage;	56
Abb. 70: MPREIS Natters: Lüftungsanlage mit WRG;.....	56
Abb. 71: MPREIS Natters: PV-Anlage 45 kWp und Rückkühler;.....	56
Abb. 72: MPREIS Natters: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)	57
Abb. 73: MPREIS Natters: Komfortparameter (Raumtemperatur).....	58
Abb. 74: MPREIS Natters: TQB-Einstufung.....	59
Abb. 75: Hotel Mondschein; © Mondschein	61
Abb. 76: Hotel Mondschein: Hotelzimmer; © Mondschein	61
Abb. 77: Hotel Mondschein: Restaurant;	61
Abb. 78: Hotel Mondschein: Stromlose Minibar; © Mondschein.....	61
Abb. 79: Prinzipschema Hotel Mondschein – Haustechnik und Messkonzept	62
Abb. 80: Hotel Mondschein: Wärmepumpe und Energiespeicher;	62

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Abb. 81: Hotel Mondschein: Ölkessel;	62
Abb. 82: Hotel Mondschein: Warmwasserboiler;	62
Abb. 83: Hotel Mondschein: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom).....	63
Abb. 84: Hotel Mondschein: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Raumfeuchte) ...	64
Abb. 85: Hotel Mondschein: TQB-Einstufung	65
Abb. 86: Hallwang; © JOANNEUM RESEARCH	67
Abb. 87: Hallwang: Veranstaltungssaal;	67
Abb. 88: Hallwang: Foyer und Terasse im oberen Geschoß;.....	67
Abb. 89: Hallwang: Regenwasser-Speicher für Free Cooling;	67
Abb. 90: Prinzipschema Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang – Haustechnik und Messkonzept	68
Abb. 91: Hallwang Haustechnikraum;.....	68
Abb. 92: Hallwang: Solarwärmenutzung;.....	68
Abb. 93: Hallwang: Lüftungsanlage;	68
Abb. 94: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)	69
Abb. 95: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: Komfortparameter (Raumtemperatur)	70
Abb. 96: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: TQB-Einstufung.....	71
Abb. 97: PopUpDorms; © Daniel Hawelka.....	73
Abb. 98: PopUpDorms: Zimmer in einer Wohnbox;	73
Abb. 99: PopUpDorms: Küchenbereich der Wohnbox;	73
Abb. 100: PopUpDorms: Atrium mit Schiffscontainer;.....	73
Abb. 101: Prinzipschema PopUpDorms – Haustechnik und Messkonzept.....	74
Abb. 102: PopUpDorms: Standort Wärmepumpe im Küchenbereich;	74
Abb. 103: PopUpDorms: Kombi-Wärmepumpe;	74
Abb. 104: PopUpDorms: Eingang Wohnbox vom Atrium, Heizungsluftzufuhr ins Atrium ;	74
Abb. 105: PopUpDorms: End-Energieverbrauch (Haustechnik, Beleuchtung, Betriebsstrom)	75
Abb. 106: PopUpDorms: Komfortparameter (Raumtemperatur, relative Raumfeuchte)	76
Abb. 107: PopUpDorms: TQB-Einstufung.....	77

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Energie-Kennzahlen für die Gegenüberstellung von Planwerten lt. OIB RL6 und Messwerten.....	16
Tab. 2: Ergebnisse der ökologischen Bewertung für typische Baustoffe (für jeweils 10m ² Fläche, 10cm Dicke).....	21
Tab. 3: Übersicht der untersuchten Gebäude	23
Tab. 4: IZM: U-Werte Bauteile	25
Tab. 5: IZM: Energetische Kenngrößen.....	26
Tab. 6: IZM: Komfortparameter	27

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Tab. 7: IZM: TQB-Einstufung.....	28
Tab. 8: IZM: Ökologische Bewertung.....	28
Tab. 9: Ecoport: U-Werte Bauteile.....	31
Tab. 10: Ecoport: Energetische Kenngrößen.....	32
Tab. 11: Ecoport: Komfortparameter.....	33
Tab. 12: Ecoport: TQB-Einstufung.....	34
Tab. 13: Ecoport: Ökologische Bewertung.....	34
Tab. 14: Fröschl Haus: U-Werte Bauteile.....	37
Tab. 15: Fröschl Haus: Energetische Kenngrößen.....	38
Tab. 16: Fröschl Haus: Komfortparameter.....	39
Tab. 17: Fröschl Haus: TQB-Einstufung.....	41
Tab. 18: Fröschl Haus: Ökologische Bewertung.....	41
Tab. 19: W.E.I.Z.IV: U-Werte Bauteile.....	44
Tab. 20: W.E.I.Z.IV: Energetische Kenngrößen.....	45
Tab. 21: W.E.I.Z.IV: Komfortparameter.....	46
Tab. 22: W.E.I.Z.IV: TQB-Einstufung.....	47
Tab. 23: W.E.I.Z.IV: Ökologische Bewertung.....	47
Tab. 24: Steinfeld: U-Werte Bauteile.....	50
Tab. 25: Steinfeld: Energetische Kenngrößen.....	51
Tab. 26: Steinfeld: Komfortparameter.....	52
Tab. 27: Steinfeld: TQB-Einstufung.....	53
Tab. 28: Steinfeld: Ökologische Bewertung.....	53
Tab. 29: MPREIS Natters: U-Werte Bauteile.....	56
Tab. 30: MPREIS Natters: Energetische Kenngrößen.....	57
Tab. 31: MPREIS Natters: Komfortparameter.....	58
Tab. 32: MPREIS Natters: TQB-Einstufung.....	59
Tab. 33: MPREIS Natters: Ökologische Bewertung.....	59
Tab. 34: Hotel Mondschein: U-Werte Bauteile.....	62
Tab. 35: Hotel Mondschein: Energetische Kenngrößen.....	63
Tab. 36: Hotel Mondschein: Komfortparameter.....	64
Tab. 37: Hotel Mondschein: TQB-Einstufung.....	65
Tab. 38: Hotel Mondschein: Ökologische Bewertung.....	65
Tab. 39: Hallwang: U-Werte Bauteile.....	68
Tab. 40: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: Energetische Kenngrößen.....	69
Tab. 41: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: Komfortparameter.....	70
Tab. 42: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: TQB-Einstufung.....	71
Tab. 43: Kultur- und Veranstaltungszentrum Hallwang: Ökologische Bewertung.....	71
Tab. 44: PopUpDorms: U-Werte Bauteile.....	74
Tab. 45: PopUpDorms: Energetische Kenngrößen.....	75
Tab. 46: PopUpDorms: Komfortparameter.....	76
Tab. 47: PopUpDorms: TQB-Einstufung.....	77
Tab. 48: PopUpDorms: Ökologische Bewertung.....	77
Tab. 49: PopUpDorms: Gebäudenutzung.....	78

Literaturverzeichnis

- Bayer, G. (2014). *Energieflüsse in Bürogebäuden (NEWID-IST)*. Wien: ÖGUT im Auftrag der Stadt Wien MA 20 Energieplanung.
- Bednar, T. (2013). *IEA Energie in Gebäuden und Kommunen – Annex 53: Gesamtenergieverbrauch in Gebäuden*. . Wien: Technische Universität.
- Benke, G. (2012). *Energieverbrauch im Dienstleistungssektor - Kennwerte und Hochrechnung*. Wien: e7 Energie Markt Analyse, im Auftrag vom Österreichischen Klima- und Energiefonds.
- bmvit. (2017). *Innovative Gebäude in Österreich. Technical Guide*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- IBO. (2012). *Leitfaden zur Berechnung des Entsorgungsindikators von Bauteilen und Gebäuden*. Wien: IBO - Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH.
- IBO. (2016). *Leitfaden zur Berechnung von Öko-Kennzahlen für Gebäude. Version 3.1*. Wien: IBO - Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie.
- Jandrokovic, M. (2012). *Energiekennzahlen in Dienstleistungsegebäuden*. Wien: Energieinstitut der Wirtschaft, im Auftrag des Österreichischen Klima- und Energiefonds.
- Lechner, R. (2015). *Nachhaltiges Bauen in Österreich – tatsächlich und nachweislich. Weißbuch*. . Wien: Österreichisches Ökologie-Institut, IBO-Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie .
- Meyer, J. (2008). *Rationelle Energienutzung in Alten- und Pflegeheimen – Leitfaden für Heimleitung und Haustechnik*. ISBN: 978-3-8348-0491-4. Wiesbaden: Vieweg & Sohn Verlag.
- Sölkner, P. (2014). *Innovative Gebäudekonzepte im ökologischen und ökonomischen Vergleich über den Lebenszyklus. 2014. , Bericht 51/2014*. Wien: FGW - Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Steiner, T. (2014). *Monitoring von Plusenergie-Gebäuden. Leitfaden*. Wien: Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie.
- Wagner, W. (2011). *Ergebnisse der messtechnischen Begleituntersuchungen von „Haus der Zukunft“ – Demonstrationsbauten*. Gleisdorf: AEE Intec im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.