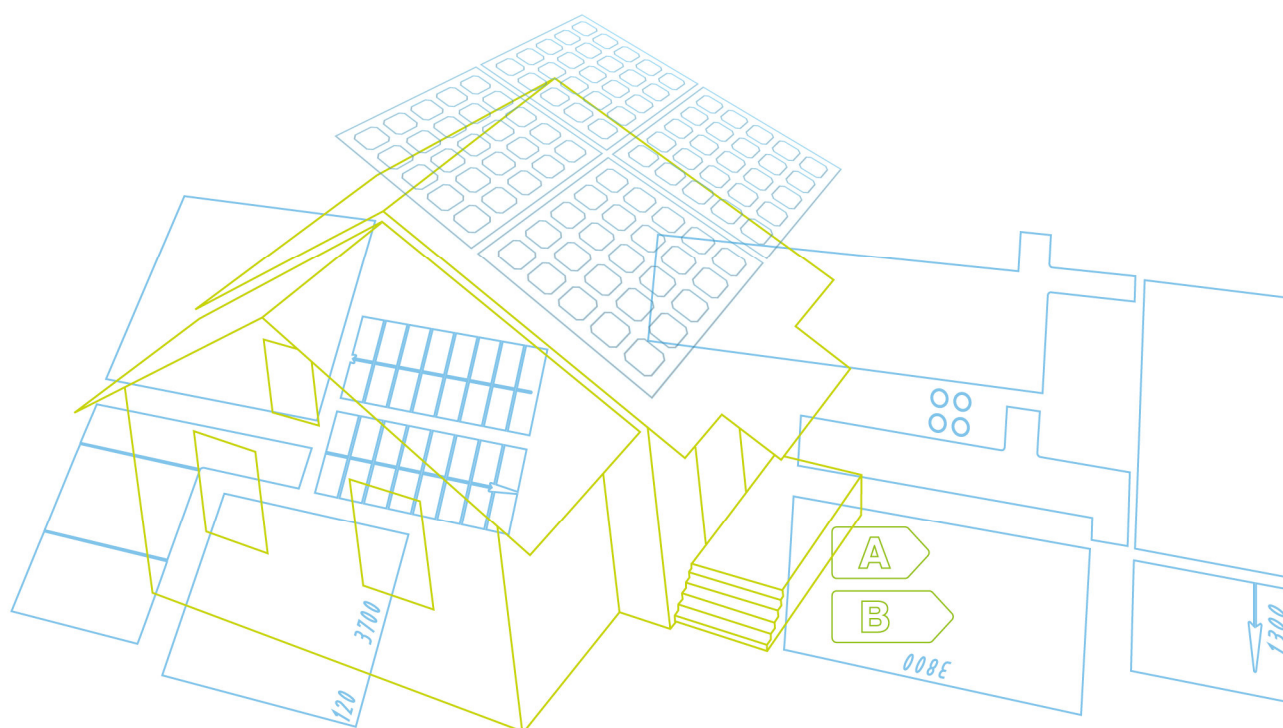




Energieverbrauchsmonitoring (EVM)

Mustersanierungen (2008 und 2010)



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

Energieverbrauchsmonitoring (EVM)

Mustersanierungen (2008 und 2010)

Studie

April 2015

Auftraggeber: Klima- und Energiefonds

Christoph Kuh (Projektleiter)

Klemens Leutgöb, Christoph Lugmeyer, Stephan Ledinger

Siegfried Manschein, Gregor Högler (Projektpartner Manschein GmbH)

Impressum

e7 Energie Markt Analyse GmbH
Walcherstraße 11/43
1020 Wien
Österreich

Telefon +43-1-907 80 26

Fax +43-1-907 80 26-10

office@e-sieben.at

<http://www.e-sieben.at>

Gender Disclaimer

Zur Gewährleistung der einfachen Lesbarkeit dieser Studie findet sich bei vielen Formulierungen die männliche Form. Sämtliche personenbezogenen Bezeichnungen sind jedoch immer geschlechtsneutral zu verstehen.

Inhaltsverzeichnis

1	Abkürzungsverzeichnis.....	4
2	Allgemeine Programmbeschreibung der Mustersanierung.....	5
3	Ziel, Mehrwert und Methode.....	6
3.1	Methode der Auswertung und Darstellung	7
3.1.1	Messdauer	8
3.1.2	Messintervall	8
3.1.3	Komfortdiagramme.....	8
4	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	11
4.1	Allgemeines zu Monitoring	11
4.2	Ergebnisse Mustersanierung	12
4.2.1	Thermische Sanierung	12
4.2.2	Anteil erneuerbare Energie.....	13
4.3	Generelle Erkenntnisse aus den Mustersanierungs-Objekten.....	14
4.3.1	Lüftungsanlagen.....	14
4.3.2	Torluftscheier.....	15
4.3.3	Gebäudeleittechnik / Steuerung von Anlagen.....	15
4.3.4	Beleuchtung	16
4.4	Bewertung des Energieverbrauchsmonitorings seitens der Bauherren	16
5	Mustersanierungsprojekte mit Energieverbrauchsmonitoring.....	19
5.1	BIPA, Wien Kärntnerstraße.....	19
5.1.1	Sanierungsmaßnahmen (Gegenüberstellung Alt-Neu)	19
5.1.1.1	Gebäudehülle.....	19
5.1.1.2	Gebäudetechnik	20
5.1.1.3	Heizenergiebedarf (Energieausweisberechnung)	20
5.1.2	EVM-Schema.....	21
5.1.3	Wirkt die Mustersanierung? Vergleich vor und nach der Sanierung.....	22
5.1.4	Detaillergebnisse Energieverbrauchsmonitoring	23
5.1.4.1	Heizenergieverbrauch	23
5.1.4.2	Kühlenergieverbrauch	26
5.1.4.3	Stromverbrauch.....	27
5.1.4.4	Behaglichkeit und CO ₂ -Konzentration	32
5.2	Linde Gas	35

5.2.1	Sanierungsmaßnahmen (Gegenüberstellung Alt-Neu)	35
5.2.1.1	Gebäudehülle	35
5.2.1.2	Gebäudetechnik	36
5.2.1.3	Heizenergiebedarf (Energieausweisberechnung)	36
5.2.2	EVM-Schema	37
5.2.3	Wirkt die Mustersanierung? Vergleich vor und nach Sanierung	38
5.2.4	Datilergebnisse Energieverbrauchsmonitoring	40
5.2.4.1	Heizenergieverbrauch	40
5.2.4.2	Kühlenergieverbrauch	41
5.2.4.3	Stromverbrauch	42
5.2.4.4	Behaglichkeit und CO ₂ -Konzentration	43
5.3	Raiffeisenbank Obdach-Weißkirchen	46
5.3.1	Sanierungsmaßnahmen (Gegenüberstellung Alt-Neu)	46
5.3.1.1	Gebäudehülle	46
5.3.1.2	Gebäudetechnik	47
5.3.1.3	Heizenergiebedarf (Energieausweisberechnung)	47
5.3.2	EVM-Schema	47
5.3.3	Wirkt die Mustersanierung? Vergleich vor und nach Sanierung	49
5.3.4	Datilergebnisse Energieverbrauchsmonitoring	51
5.3.4.1	Heizenergieverbrauch	51
5.3.4.2	Behaglichkeit und CO ₂ -Konzentration	54
5.4	ATS	57
5.4.1	Sanierungsmaßnahmen (Gegenüberstellung Alt-Neu)	57
5.4.1.1	Gebäudehülle	57
5.4.1.2	Gebäudetechnik	58
5.4.1.3	Heizenergiebedarf (Energieausweisberechnung)	58
5.4.2	EVM-Schema	59
5.4.3	Wirkt die Mustersanierung? Vergleich vor und nach Sanierung	60
5.4.4	Datilergebnisse Energieverbrauchsmonitoring	62
5.4.4.1	Zusammenfassung	62
5.4.4.2	Energieflussbild	62
5.4.4.3	Heizwärmeverbrauch	62
5.4.4.4	Stromverbrauch	64
5.4.4.5	Behaglichkeit	65
5.5	Köstenbauer	68
5.5.1	Sanierungsmaßnahmen	68
5.5.1.1	Gebäudehülle	68
5.5.1.2	Gebäudetechnik	69
5.5.1.3	Heizenergiebedarf (Energieausweisberechnung)	69

5.5.2	EVM-Schema	70
5.5.3	Wirkt die Mustersanierung? Vergleich vor und nach Sanierung	70
5.5.4	Detaillierergebnisse Energieverbrauchsmonitoring	72
5.5.4.1	Zusammenfassung	72
5.5.4.2	Energieflussbild	72
5.5.4.3	Heizwärmeverbrauch	73
5.5.4.4	Stromverbrauch	74
5.5.4.5	Behaglichkeit	75

1 Abkürzungsverzeichnis

BGF	Bruttogeschoßfläche
EA	Energieausweis
EEB	Endenergiebedarf
EVM	Energieverbrauchsmonitoring
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FW	Fernwärme
GLT	Gebäudeleittechnik
HEB	Heizenergiebedarf
HGT	Heizgradtage
HWB	Heizwärmebedarf
KB	Kühlbedarf
n.v.	nicht vorhanden
ppm	parts per million
PV	Photovoltaikanlage
VRV	„Variable Refrigerant Volume“, Spezielle Lüftungsanlage
WP	Wärmepumpe

2 Allgemeine Programmbeschreibung der Mustersanierung

Der Gebäudebereich ist für einen wesentlichen Anteil am Energieverbrauch und an CO₂-Emissionen verantwortlich- in Österreich wie in Europa. Dieses Segment bildet den zentralen Ansatzpunkt aller **nachhaltigen Energieszenarien** und verfügt über die größten realistischen Potenziale zur deutlichen Erhöhung der **Energieeffizienz** und zur **Reduktion treibhausrelevanter Emissionen in Österreich**.

Durch **Vorzeigeprojekte** sollen im Programm „Mustersanierung“ sowohl ökologische, als auch wirtschaftliche Vorteile von **thermischen und energetischen Sanierungsmaßnahmen** demonstriert und vor allem zur Nachahmung angeregt werden. Bislang wurden etwa 60 Gebäude im Rahmen des Programms „Mustersanierung“ saniert.

Der heutige Sanierungsstandard legt die Emissionen der Gebäude für die nächsten 40 Jahre fest, darum muss schon heute nach möglichst hohen Standards saniert werden. Durch die Beispielwirkung der Mustersanierung sollen wesentliche Impulse für die Verstärkung der Sanierungstätigkeit auf Best-Practice-Standard gesetzt und der optimale Einsatz erneuerbarer Energietechnologien forciert werden.

Im Rahmen des Förderungsprogramms „Mustersanierung“ legt der Klima- und Energiefonds besonderen Fokus auf einen möglichst hohen Einsatz erneuerbarer Energien, den Einsatz klimaschonender Rohstoffe und Produkte bei der Sanierung, technische und ökonomische Multiplizierbarkeit, Maßnahmen zur Energieeffizienz, keinen oder geringstmöglichen Kühlbedarf sowie einen hohen Innovationsgehalt.

3 Ziel, Mehrwert und Methode

Ziel des Energieverbrauchsmonitorings der Mustersanierungsobjekte ist die Erfassung und Auswertung von Daten, um die Energieströme des Gebäudes nach der Sanierung analysieren und visualisieren zu können. Dadurch sollen Rückschlüsse auf die Qualität des sanierten Gebäudes im Realbetrieb sowie auf die Funktionalität der technischen Gewerke ermöglicht werden und mögliche Optimierungspotentiale durch nicht planmäßigen Betrieb aufgezeigt werden.

Der Mehrwert eines Energieverbrauchsmonitorings wird in der Literatur mit 5% bis 30% an Energieeinsparungen beziffert. Allerdings muss gesagt werden, dass man allein durch Monitoring keine Energieeinsparungen erzielt, es handelt sich um ein Werkzeug, um Messwerte aufzuzeichnen und zu visualisieren. Die Einführung von Energieverbrauchsmonitoring schärft jedoch den Blick auf die Verbräuche und kann somit schon erste Einsparungen im Prozentbereich bewirken. Oft können aufgezeigte Problematiken im Gebäudebetrieb durch Non- und Low-Cost-Maßnahmen (also Maßnahmen ohne oder nur mit geringen Investitionskosten) verbessert werden – ein Potential von bis zu 15% wurde in Projekten bereits realisiert. Die folgende Grafik veranschaulicht den Erfolg von Energieverbrauchsmonitoring bei einem Bürogebäude in Frankfurt am Main.

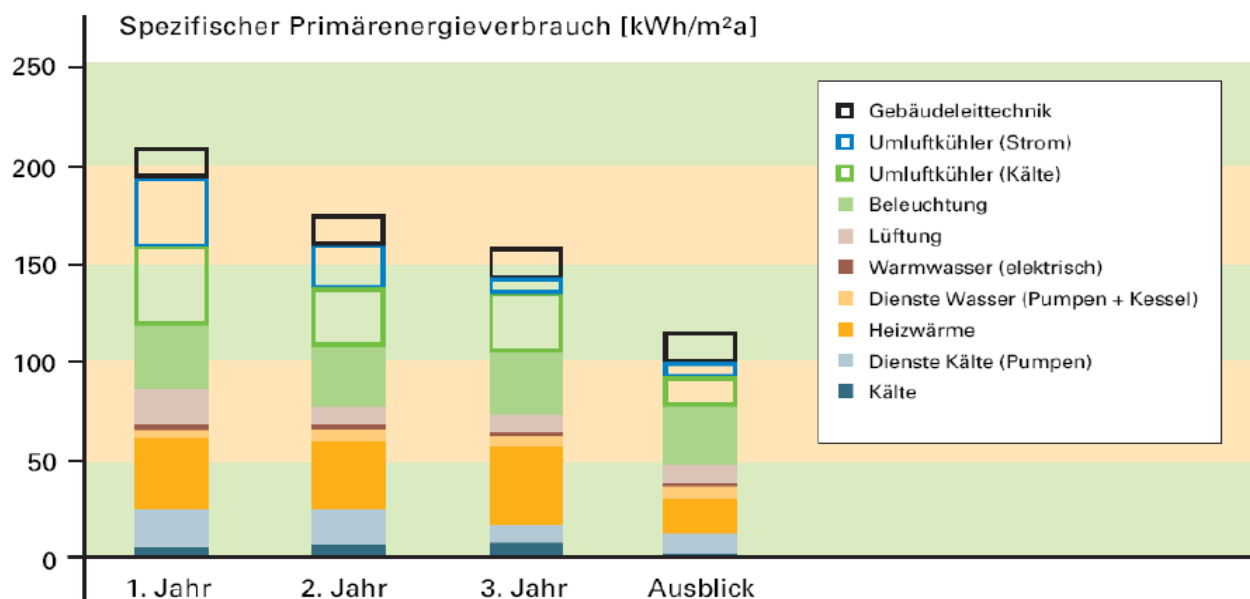


Abbildung 1: Mehrwert eines EVM und Einsparpotential (Quelle: Energieeffiziente Energienutzung in Bürogebäuden, Bayrisches Landesamt für Umwelt, 2008)

Für die gegenständliche Studie wurden insgesamt fünf Mustersanierungsobjekte aus den Jahren 2008 und 2010 vom Klima- und Energiefonds für die Durchführung eines Energieverbrauchsmonitorings ausgewählt. Dabei erfolgte die Installation eines temporären Monitorings über einen Messzeitraum von einem Jahr. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** gibt einen Überblick über die einzelnen Projekte.

Projekt	ATS-Daten- verarbeitung GmbH	Köstenbauer Wirtschafts- treuhand KG	Linde Gas GmbH	Raiffeisen- bank Obdach- Weißkirchen	BIPA Parfümerie GmbH Filiale Kärtner- straße 1, Wien
Muster- sanierung	2010	2010	2010	2010	2008
Standort	Gruberau im Wienerwald	Hartberg	Stadl-Paura	Obdach- Weißkirchen	Wien
Nutzung	Bürogebäude	Bürogebäude	Bürogebäude	Bank	Handels- und Dienstleistungs- gebäude
BGF in m ² nach Sanierung	670	937	2.396	899	210
Messzeit- raum	01.01.2013 bis 31.12.2013	01.11.2013 bis 31.10.2014	01.06.2012 bis 30.06.2013	01.06.2012 bis 01.06.2013	01.01.2012 bis 31.12.2012

Tabelle 1: Überblick über die gemonitorten Mustersanierungen

3.1 Methode der Auswertung und Darstellung

Bis auf das Objekt von ATS Datenverarbeitung GmbH wurde bei allen Objekten ein temporäres Monitoring durch die Ing. Siegfried Manschein Ges.m.b.H installiert. Bei dem Objekt ATS Datenverarbeitung GmbH wurde vom Eigentümer und Bauherrn selbst ein dauerhaftes Energieverbrauchsmonitoring (EVM) installiert und betrieben. Die Messpunkte wurden projektspezifisch und jeweils nach Machbarkeit geplant und in den Gebäuden installiert, um verschiedene Energieverbrauchskennzahlen sowie -benchmarks nach der Sanierung zu erlangen. Dabei wurden für die Betrachtung der Systemgrenzen die jeweiligen Gebäudegrenzen, welche die Mustersanierung betreffen, berücksichtigt.

Folgende geplante Energieverbrauchskennzahlen und -benchmarks, sofern diese in den jeweiligen Objekten vorhanden und messbar waren, wurden ermittelt und dargestellt:

- Jahresendenergiebedarf für das Gebäude in kWh/m²a
- Jahresheizenergiebedarf für das Gebäude in kWh/m²a
- Jahreskühlenergiebedarf für das Gebäude in kWh/m²a
- Gesamtjahresstromverbrauch für das Gebäude in kWh/m²a

- Warmwasserverbrauch in kWh/m²a
- Stromverbrauch für die Beleuchtung in kWh/m²a
- Ertrag der Photovoltaikanlage bzw. thermischen Solaranlage in kWh/m²a
- Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe
- Stromverbrauch der Lüftungsanlage in kWh/m²a
- Sonstige Benchmarks für Energieverbräuche z.B. von Serveranlagen, Klimaanlage, etc.

Des Weiteren wurden durch Analysen der Energieverbräuche mögliche Einsparpotentiale aufgezeigt. Für die Darstellung der Ergebnisse wurden unter anderem folgende gängige Darstellungsformen heran gezogen:

- Energieflussdiagramme, um einen Gesamtüberblick über die Energieflüsse im Gebäude zu erlangen;
- Balkendiagramme, um Monatsverbrauchs- oder Monatsertragswerte darzustellen;
- Liniendiagramme, um Temperaturverläufen darzustellen;
- Carpetplots, um Verbrauchsstrukturen darzustellen;
- Komfortdiagramme, um die Behaglichkeit darzustellen.

3.1.1 Messdauer

Es wurde jeweils das erste bzw. eines der ersten Betriebsjahre nach der Sanierung über die Dauer von 13 Monaten gemessen, wovon stets die Messwerte aus 12 Monaten für die Auswertung herangezogen wurden.

3.1.2 Messintervall

Es wurden die Messwerte alle 15 Minuten als kumulierter Zählerwert für Mengenzähler und als momentane Ist-Werte für Sensoren für mindestens 13 Monate aufgezeichnet und abgespeichert.

3.1.3 Komfortdiagramme

Komfortdiagramme dienen der Visualisierung von Behaglichkeitswerten der Raumluft. Um das menschliche Wohlbefinden in Räumen quantifizierbar zu machen, gibt es zwei Komfortdiagramme mit Behaglichkeitsbereichen. Entweder wird die Raumlufttemperatur in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchte oder in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur dargestellt.

Raumlufttemperatur in Abhängigkeit von relativer Luftfeuchte:

In folgender Darstellung sollten möglichst alle Datenpunkte innerhalb der grünen Zone sein. Dieser Bereich kennzeichnet den Bereich mit Raumlufzuständen, die von den meisten Menschen als angenehm und komfortabel bezeichnet werden. Davon abweichend ist die Luft entweder zu trocken/zu feucht und/oder zu kalt/zu warm. Im Sinne der jahreszeitlichen Zuordenbarkeit sind die Datenpunkte für jedes Büro in vier Zeitspannen von Sommer bis Frühling unterteilt. Es werden nur die Werte an Wochentagen zwischen 7:00 und 20:00 Uhr dargestellt.

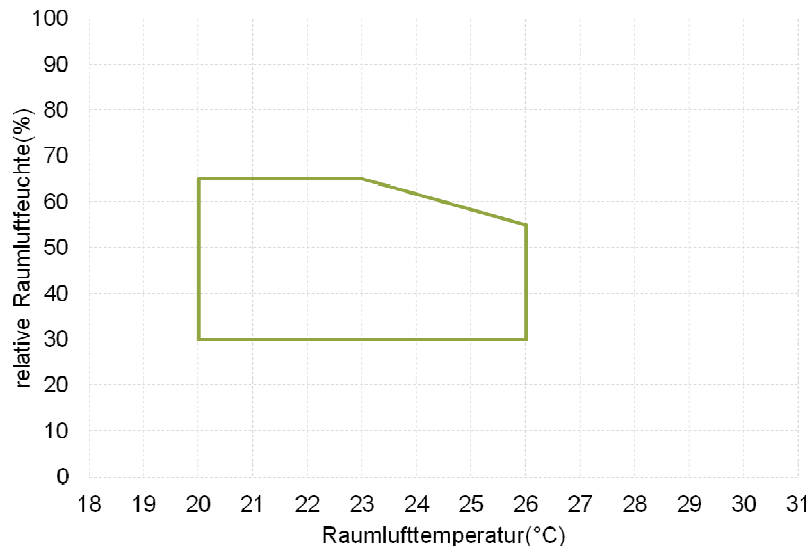


Abbildung 2: Komfortdiagramm Raumlufttemperatur in Abhängigkeit zur relativen Luftfeuchte

Raumlufttemperatur in Abhängigkeit von Außenlufttemperatur:

In nachstehender Darstellung sollten möglichst alle Datenpunkte innerhalb der gelben Zone sein. Dieser Bereich kennzeichnet den Bereich mit Raumlufzuständen, die von den meisten Menschen als angenehm und komfortabel bezeichnet werden. Temperaturwerte zwischen gelber und roter Linie werden kurzzeitig noch als angenehm empfunden. Davon abweichend ist die Raumlufttemperatur in Abhängigkeit zur Außenlufttemperatur entweder zu kalt oder zu warm. Es werden nur die Werte an Wochentagen zwischen 7:00 und 20:00 Uhr dargestellt.

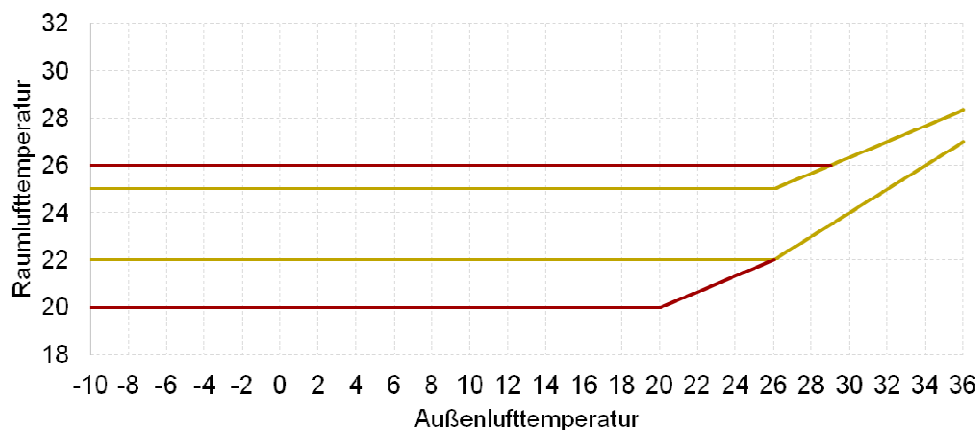


Abbildung 3: Komfortdiagramm Raumlufttemperatur in Abhängigkeit zur Außenlufttemperatur

4 Ergebnisse und Erkenntnisse

4.1 Allgemeines zu Monitoring

Nutzen

Monitoring in Kombination mit der Ableitung von Maßnahmen ist ein wirksames Werkzeug:

- bei der Betriebseinführung und Betriebsoptimierung von Gebäuden. Sowohl für den technischen Betrieb als auch zur Gewährleistung des Komforts der Nutzer
- für den Gebäudeeigentümer bzw. Gebäudebetreiber, um das Gebäude bzw. die Funktion der haustechnischen Anlagen besser zu verstehen
- zur Überprüfung, wenn Eigentümer bzw. Betriebsführer von einer gewissen Funktionsweise der Anlagen (z.B. Betriebszeiten der Lüftungsanlage, Volumenströme der Lüftungsanlage) ausgehen, ob diese der Realität entsprechen
- zur Mängelfeststellung bei der Funktion von haustechnischen Anlagen
- zur Kontrolle von geplanten und ausgeschriebenen Qualitäten: z.B. Arbeitszahl einer Wärmepumpe, Jahresertrag einer Photovoltaikanlage, etc.
- zum Einsparen von Energie

Qualitätssicherung

Um die Qualität der erfassten Monitoringdaten zu gewährleisten, müssen im Zuge der Inbetriebnahme des EVM Gewerkes alle Zähler und Messfühler ordnungsgemäß auf ihre korrekte Funktionsweise überprüft, gegebenenfalls parametrisiert, und defekte Geräte ausgetauscht werden. Andernfalls kann eine fehlerhafte und mit großer Abweichung behaftete Messung das Ergebnis sein und das Monitoringergebnis qualitativ beeinflussen.

Grenzen eines temporären nachträglichen Monitorings

Im Zuge des Monitorings für die Mustersanierung wurden folgende Grenzen für nachträglich eingebrachtes, temporäres Monitoring sichtbar:

- Mietobjekt in einem Gebäude: Energieverbräuche von Mieteinheiten werden vom Vermieter oft über Quadratmeterschlüssel abgerechnet. Wesentliche Zähler fehlen, was die Auswertung (Veränderung vor und nach Sanierung) nicht oder nur unzureichend möglich macht. Für zukünftige Monitoringprojekte wird dringend empfohlen, Mieteinheiten BIPA und andere Hauptschnittstellen an der energetischen Systemgrenze (z.B. Fernwärme oder

Zentralheizungsanschluss und Stromanschluss an der Mietgrenze der Filiale) mit Energiezählern auszustatten.

- Temporäre Messungen bedeuten einen höheren Kostenaufwand, was wiederum meist zu eingeschränkten Messungen führt.
- Lösung: Berücksichtigung von EVM im Rahmen der Planung einer Generalsanierung, wie es aktuell im Rahmen einer Mustersanierung passiert.

4.2 Ergebnisse Mustersanierung

Ziele der Mustersanierung sind die Reduktion von Energie bei gleichzeitiger Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger am Gesamtenergieverbrauch und die daraus resultierende Reduktion der CO₂ Emissionen für die Heizendenergie. In den folgenden Tabellen werden die Ergebnisse der einzelnen Projekte dargestellt.

4.2.1 Thermische Sanierung

Die Folgende Tabelle stellt die CO₂-Reduktion, die spezifische Heizendenergie vor und nach der Sanierung sowie den spezifischen Heizwärmeverbrauch nach der Sanierung pro Quadratmeter und Jahr der einzelnen Projekte gegenüber. Die Heizendenergie ist hierbei jene Energiemenge, welche dem Gebäude in Form von Fernwärme, Strom für WP, etc. noch zugeführt wurde. Unter Heizwärmeverbrauch versteht man jene Energiemenge, welche für die Erwärmung der Raumluft tatsächlich benötigt wurde. Die Werte vor der Sanierung sind tatsächliche Verbrauchswerte und wurden von den Einreichenden der jeweiligen Projekte angegeben. Die Werte nach der Sanierung wurden durch das Monitoring ermittelt.

Projekt	ATS	Köstenbauer	Linde Gas	Raiffeisen Bank	BIPA
CO ₂ -Reduktion für Heizendenergie in t/a	14,48 (88 %)	29,9 (100 %)	50,8 (79 %)	0,0 (0 %) ¹	9,81 (100 %)
Spezifische Heizendenergie in kWh/m ² _{BGFA} vor Sanierung	66,31	91,21	81,5	317,5	154,05 ²
Spezifische Heizendenergie in kWh/m ² _{BGFA} nach Sanierung	8,15	30,4	15,6	31,0	n.v.
Spezifischer Heizwärmeverbrauch in kWh/m ² _{BGFA} nach Sanierung	39,5	23,8	32,7	29,92	n.v. ³

Tabelle 2 Gegenüberstellung CO₂ Einsparung sowie Heizendenergie vor und nach Sanierung

Fazit

Die CO₂-Reduktion der Projekte beträgt in Summe rund 105 t/a. Keine Reduktion gab es bei der Raiffeisen Bank, da bereits vor der Sanierung die Heizendenergie aus biogenen Brennstoffen erzeugt wurde.

4.2.2 Anteil erneuerbare Energie

In der nachstehenden Tabelle werden die Anteile an erneuerbaren Energieträgern sowie des PV-Ertrags am Gesamtstromverbrauch der einzelnen Projekte dargestellt:

Projekt	ATS	Köstenbauer	Linde Gas	Raiffeisen Bank	BIPA
Wärmebereitstellung	WP + Solar.	FW	WP	FW	FW
Stromlieferung	PV + EVU konv.	PV + EVU Öko	EVU konv.	PV + EVU konv.	EVU Öko
Anteil erneuerbare Energieträger in %	84	100	59	86	100

¹ keine Reduktion, da bereits vor Sanierung die Heizendenergie aus biogenen Brennstoffen erzeugt wurde.

² Dieser Wert ist der HEB aus dem Energieausweis für die BIPA Filiale

³ n.v. = nicht vorhanden, da bei Bipa der Heizenergieverbrauch nicht gemessen werden konnte.

PV-Anteil am Gesamtstromverbrauch in %	67	67	n.v.	72	n.v.
--	----	----	------	----	------

Tabelle 3 Gegenüberstellung Anteil erneuerbare Energieträger⁴

Fazit

Die Mustersanierungsziele wurden von allen Projekten erreicht.

4.3 Generelle Erkenntnisse aus den Mustersanierungs-Objekten

4.3.1 Lüftungsanlagen

Grundsätzlich sollte der Betrieb von Lüftungsanlagen an die Nutzungszeiten eines Gebäudes angepasst sein. Beispielsweise hieße das, dass eine Lüftungsanlage für ein Bürogebäude in der Regel werktags von 7 bis 20 Uhr laufen sollte. Nicht optimal eingestellte oder nicht an die Nutzungszeiten angepasste Lüftungsanlagen können, speziell in den Nachtstunden und an Wochenenden, unnötig Energie verbrauchen und haben mit einem großen Anteil am Gesamtstromverbrauch ein durchaus hohes Optimierungspotenzial.

So lief beispielsweise die Lüftungsanlage im Gebäude des Mustersanierungsobjekts Köstenbauer ganzjährig rund um die Uhr durch, obwohl das Lüftungskonzept nur eine freie Kühlung während der Nachtstunden in den Sommermonaten vorsah. Dabei wurden rund 58% (3.219 kWh) der elektrischen Energie außerhalb der Büronutzungszeiten von abends 20.00 Uhr bis morgens 06:00 Uhr verbraucht. Zusätzlich wurde in diesen Nichtnutzungszeiten in den Wintermonaten Wärmeenergie für das Beheizen der Zuluft bezogen.

⁴ Abkürzungen:

WP.....Wärmepumpe

FW.....Fernwärme

PV.....Photovoltaikanlage

EVU.....Energieversorgungsunternehmen (konventioneller oder Ökostrom Tarif)

n.v.....nicht vorhanden

Fazit

Würde man in diesem Fall die Betriebszeiten der Lüftungsanlage optimieren, könnte man zusätzlich 7-11% des Gesamtstromverbrauchs einsparen. Bei einer Annahme von einem Strompreis von 15 cent/kWh wäre das im Fall Kostenbauer eine jährliche Einsparung von bis zu 500,- Euro.

4.3.2 Torluftschleier

Die Messungen festigten die Annahme, dass Torluftschleier sehr viel Energie benötigen. Des Weiteren werden im Wirkungsbereich eines Torluftschleiers die Komfortparameter für die Nutzer verschlechtert, wie im folgenden Diagramm ersichtlich, liegen die Messwerte außerhalb des Behaglichkeitsbereiches.

Torluftschleier dienen zwar primär nicht der Beheizung eines Gebäudes, verschlechtern jedoch – bei Einbeziehung in die Energiebilanz – die Effizienz des Gebäudes erheblich. Im nachstehenden Behaglichkeitsdiagramm sind die Messwerte im Wirkungsbereich eines Torluftschleiers dargestellt. Die grüne Begrenzung markiert dabei jenen Bereich, welcher von Personen im Allgemeinen als behaglich empfunden wird.

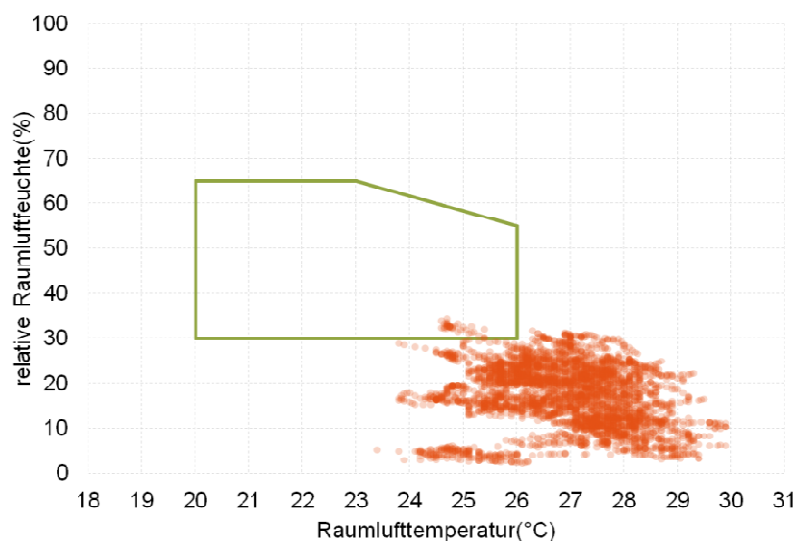


Abbildung 4: Trockene Luft im Wirkungsbereich eines Torluftschleiers (Messdaten: 1.1. bis 31.3.2012)

Alternativen: Mögliche Optionen als Ersatz für einen Torluftschleier können Drehtüren oder bauliche Maßnahmen, wie beispielsweise Windfänge, sein.

4.3.3 Gebäudeleittechnik / Steuerung von Anlagen

Als Gebäudeleittechnik (GLT) wird die Software bezeichnet, mit der Gebäude überwacht und gesteuert werden. Einstellungen für die GLT oder Steuerung einer Anlage sollten auf jeden Fall im Rahmen der Inbetriebnahme spätestens jedoch bei der Betriebseinführung durch den

Bauherrn bzw. eines Beauftragten des Bauherrn überprüft werden. Anlagen, welche nicht an die Nutzung oder an den Betrieb angepasst, sondern mit einer „Default“-Einstellung versehen sind, sind ineffizient und führen zu einem erhöhten Energieverbrauch. Die konfigurierten Systeme sollten auch in regelmäßigen Abständen auf ihre Einstellungen überprüft werden. So hatte sich zum Beispiel die GLT in der BIPA-Filiale nach einem Jahr automatisch zurückgesetzt und hatte demnach ein nicht angepasstes, ineffizientes Verhalten.

4.3.4 Beleuchtung

Die Beleuchtung hat in den meisten Fällen einen bedeutenden Anteil am Gesamtstromverbrauch. Die Höhe des Anteils hängt von der Wahl der Leuchtmittel und der Lichtsteuerung ab. Mit energieeffizienten Leuchtmitteln und einer angepassten Steuerung kann der Strombedarf für Beleuchtung deutlich reduziert werden. In der folgenden Tabelle ist zu sehen, dass die Raiffeisenbank Obdach-Weißkirchen einen im Vergleich hohen spezifischen Stromverbrauch pro m² durch die alte Beleuchtung (und keiner angepassten Steuerung) gegenüber anderen Projekten hat.

Projekt	ATS	Linde Gas	Raiffeisenbank Obdach- Weißkirchen
Leuchtmittel	LED	T16 Leuchtstoffröhren	Alte Beleuchtung
Steuerung	Tageslicht / Anwesenheit	Tageslicht / Anwesenheit	Zeitprogramm = Öffnungszeiten
Spez. Stromverbrauch in kWh/m ² _{BGFA}	3,14	9,8	20
Anteil Gesamtstromverbrauch in %	6	24	66

Tabelle 4: Vergleich Beleuchtung

4.4 Bewertung des Energieverbrauchsmonitorings seitens der Bauherren

Das Monitoring und deren Auswertung wurden sehr positiv durch die Bauherren bzw. Projektantragsteller aufgenommen. Die Ergebnisse und die daraus resultierenden Ableitungen für Verbesserungen wurden gerne angenommen und Großteils bereits umgesetzt. Die Bauherren sind durchwegs engagiert ihre Gebäude energieeffizient und nachhaltig zu Betreiben.

Welche Erkenntnisse konnten die Bauherren nun aus den Ergebnissen gewinnen:

- Optimierungspotentiale
- Informationen zur Performance des Gebäudes
- Informationen zur Performance der haustechnischen Anlagen

- Informationen zu Mängeln bei den haustechnischen Anlagen
- Bestätigung des energieeffizienten Betriebs des Gebäudes
- Bestätigung des energieeffizienten Betriebs der haustechnischen Anlagen

Den wahrscheinlich größten Impact hatten die Ergebnisse dieser Monitoringstudie bei der Filiale der **BIPA Parfümerien GmbH**. Die Fehlfunktionen der Regelung der Lüftungs- und Klimaanlage sowie die Beheizung der Filiale über die zentrale Öl-Heizung im Haus brachten überraschende Erkenntnisse für die Verantwortlichen bei BIPA mit sich. Ein Masterplan für die Behebung der Missstände wurde aufgestellt. Gemeinsam mit den zuständigen Fachfirmen für Heizungs-, Lüftungs-, und Klimatechnik sowie Elektrotechnik wurde entlang der gewonnenen Erkenntnisse aus dem Energieverbrauchsmonitoring die Gerätschaft genauestens untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass sich beispielsweise die Regelung der Lüftungsanlage nach einem Jahr automatisch auf Werkseinstellungen zurückgestellt hat. Der Anschluss der Filiale an die Zentralheizung des Gebäudes wurde stillgelegt, da man durch interne Lasten in der Filiale (Personen und Beleuchtung) sowie durch die thermische Sanierung genügend Wärme für ein angenehmes Raumklima im Winter zur Verfügung hat. Über diese Maßnahmen hinaus entfachte der Prozess weiteres Engagement hinsichtlich Energieeinsparung: so wurde ergänzend zu den o.a. Maßnahmen ein Steuerungsmodul für die Werbe- und Filialbeleuchtung eingebaut, was deren Einsatz außerhalb festgelegter Zeiten verhindert. Ein neuerliches Monitoring – Messzeitraum bis Ende des Jahres 2016 – soll nun die Auswirkungen der Optimierungen sichtbar machen. „Das Monitoring im Rahmen dieses Projekts zeigte uns nicht erwartete Fehlfunktionen in der Haustechnik auf, beispielsweise den bereits erwähnten Reset der Regelung bei der Lüftungsanlage. Zukünftig wird die Lüftungsanlage im Zuge der jährlichen Wartung auf energieeffiziente Einstellungen justiert“, berichtet DI (FH) Stefan Pany (Prokurist und Leiter der Bautechnik bei BIPA Parfümerien GmbH).

Die **ATS Datenverarbeitung GmbH** monitorierte bereits vor der Mustersanierung die haustechnischen Anlagen am Firmengelände dauerhaft. Dies geschah durch das Eigeninteresse des Bauherrn an einem energieeffizienten Betrieb seines Gebäudes. Im Rahmen der Mustersanierung wurde das dauerhafte Energieverbrauchsmonitoring um diverse Datenpunkte, z.B. bei der Lüftungsanlage, erweitert. Somit war und ist es bei der ATS Datenverarbeitung möglich, die Performance diverser Anlagen wie zum Beispiel die Arbeitszahl der Wärmepumpe oder den Stromertrag durch die PV, beobachten zu können. Die ATS Datenverarbeitung ist mit der Installation eines dauerhaften Monitorings ein Pionier im Rahmen der Mustersanierung! Seit der Ausschreibung zur Mustersanierung 2011 ist ein Energieverbrauchsmonitoring verpflichtender Bestandteil einer Mustersanierung, denn seriös Energiesparen lässt sich schlicht und einfach nur mit gemessenen Werten.

„Die Ergebnisse des Monitorings bestätigten uns, dass wir nicht nur auf dem Papier eine Mustersanierung getätigt haben, sondern auch im Betrieb ein energieeffizientes Bürogebäude besitzen“, kommentiert Mag. Eva-Maria Pichler, Mitarbeiterin der **Köstenbauer Wirtschaftstreuhand KG** den Erfolg der Mustersanierung. Das Resümee zum Energieverbrauchsmonitoring fällt positiv aus: die Betriebszeiten der Lüftungsanlage wurden durch das Ergebnis nun nochmals adaptiert und auf ein Optimum für den Komfort der Mitarbeiter und für den Energieverbrauch eingestellt. Die trockene Raumluft im Winter wurde

als Problematik immer wieder vermutet, das Monitoring bestätigte diese eindeutig. Hinsichtlich der Lokalisierung des Stromverbrauchs erwartete man sich mehr Information aus dem Monitoring, da Zweidrittel des Verbrauchs nicht eindeutig zuordenbar waren. Hier zeigten sich jedoch die Grenzen eines nachträglich eingebauten und temporären Monitorings, welches mit den vorhandenen Gegebenheiten auskommen muss. Aufgrund nicht umsetzbarer und daher fehlender Messpunkte konnten leider keine Angaben zu spezifischen Verbräuchen geliefert werden.

5 Mustersanierungsprojekte mit Energieverbrauchsmonitoring

5.1 BIPA, Wien Kärntnerstraße

Allgemeine Projektbeschreibung

Unter dem Motto „pink goes green“ wurde die BIPA Filiale Wien, Kärntnerstraße 1-3 zum energieeffizienten Flagshipstore innerhalb der aktuell 619 Filialen der Drogeriemarktkette. Wesentliche Kennzeichen der Sanierung sind Abwärmerückgewinnung aus der Lüftung, ein passivhausgeprüftes Glasportal an der Straßenfassade und die Dämmung der Kellerdecke. Eine energieeffiziente Beleuchtung senkt den Kühlbedarf, der im Handel meist mehr zu Buche schlägt, als der Heizbedarf. Einzig die direkte Nutzung von Solarenergie am Dach des Hauses ließ sich nicht verwirklichen, da der Vermieter nicht zustimmte.

Ausgangszustand:

<i>Eigentümer/ Betreiber</i>	<i>BIPA Parfümerien GmbH</i>
<i>Ansprechpartner / Kontaktpersonen</i>	<i>DI (FH) Stefan Pany</i>
<i>Standort</i>	<i>A-1010 Wien, Kärntnerstraße 1-3</i>
<i>Gebäudetyp</i>	<i>Gewerbebetrieb</i>
<i>Errichtungsjahr Bestandsgebäude</i>	<i>1984</i>
<i>Größe (BGF)</i>	<i>209,1 m² vor Sanierung</i>
	<i>209,1 m² nach Sanierung</i>

5.1.1 Sanierungsmaßnahmen (Gegenüberstellung Alt-Neu)

5.1.1.1 Gebäudehülle

Die BIPA-Filiale in der Wiener Kärntnerstraße ist der erdgeschossige Abschnitt eines mehrgeschossigen Gebäudes der dicht bebauten Innenstadt Wiens. Sie grenzt nur an der Front (Schaufenster und Ein- bzw. Ausgang) und an der Decke im hinteren Filialbereich (teilweise Angrenzung Innenhof) an die Außenluft und ist ansonsten von anderen Gebäudeteilen und Nebengebäuden umschlossen. Der Fußboden grenzt an den unbeheizten Kellerraum. Die Fassade an der Front der Filiale wurde mit einer Dreischeibenverglasung mit einem U-Wert von 0,704W/m²K hergestellt. Etwaige opake Elemente der Fassade sind mit 5 cm Wärmedämmung und Verblechung ummantelt. An der hofseitigen Außendecke der Filiale wurde die Wärmedämmung von 5 cm auf 30 cm erhöht. Der U-Wert ergibt sich für diesen Bauteil zu 0,127 W/m²K. Der Fußbodenaufbau wurde

kellerseitig mit 16 cm Kellerdämmplatten ausgestattet und weist nun einen U-Wert von 0,155 W/m²K auf.

5.1.1.2 Gebäudetechnik

Heizen, Kühlen, Lüften, Warmwasser

Die Filiale verfügt über einen Zentralheizungsanschluss der hausseitigen Ölheizungs-Anlage. Wärme wird mittels Lüftungsanlage und Torluftschleier in den Innenraum eingebracht. Die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung mittels Rotationswärmetauscher sorgt für eine energieeffiziente Be- und Entlüftung der BIPA-Filiale. Bei günstigen Außenlufttemperaturen wird Wärme aus der Filiale über die Lüftungsanlage mittels Freier-Kühlung und Passiver-Kühlung abgeführt. So kann die Filiale vor allem bei Schönwetterphasen mit kühlen Nächten außerhalb der Öffnungszeiten vorgekühlt werden. Zwei VRV-Klimageräte (Variable Refrigeration Volume, Energieeffizienzklasse A+, COP_{Nenn} = 3,9) heizen und kühlen den Verkaufsraum bei Bedarf aktiv. Die Warmwasserbereitstellung erfolgt über Untertischspeicher.

Beleuchtung, Verschattungseinrichtungen

Die künstliche Beleuchtung der sanierten Filiale wird mittels elektrisch hocheffizienter Leuchtmittel bewerkstelligt. Rechnerisch kann dadurch der Energiebedarf um 34% gegenüber der Standardausstattung reduziert werden. Dies entspricht einer geplanten Einsparung von 65 kWh/m²a. Darüber hinaus wird die bezogene elektrische Energie zu 100% aus Wasserkraft bereitgestellt. Somit werden die CO₂-Emissionen weiter reduziert.

Photovoltaik, Solarthermie, sonstige Anlagen

Die Nutzung von Sonnenenergie mittels einer Dachanlage wurde während des Planungsprozesses angedacht, aufgrund Nichtzustimmung des Gebäudeeigentümers aber nicht realisiert.

5.1.1.3 Heizenergiebedarf (Energieausweisberechnung)

Tabelle 5 zeigt die im Energieausweis berechneten Werte des Heizwärmebedarfs des Gebäudes im Referenzklima vor und nach der Sanierung. Die Energieausweisberechnung weist eine Reduktion des HWB um 86,7 kWh/m²a (=86,2%) im Zuge der Sanierung aus.

HWB lt. Energieausweis	
Vor Sanierung	Nach Sanierung
kWh/m ² a	kWh/m ² a
100,6	13,9

Tabelle 5: Vergleich Energiekennzahlen

5.1.2 EVM-Schema

Um das Energieverhaltensverhalten und die Komfortparameter des Gebäudes nach der Sanierung bewerten zu können, wurde ein Monitoringsystem installiert. Dieses misst an relevanten Punkten in der Haustechnikanlage und im Gebäude Parameter wie zum Beispiel:

- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Wärmemengen
- Stromverbrauch
- CO₂-Gehalt der Luft

Das Monitoringsystem erfasst die Messwerte und Zählerstände viertelstündlich und speichert diese ab. Zur Auswertung für diesen Bericht wurden Daten aus dem Monitoringsystem im Zeitraum von 1.1.2012 bis 31.12.2012 herangezogen. Die Datenpunkte des EVM sind in Abbildung 5 dargestellt.

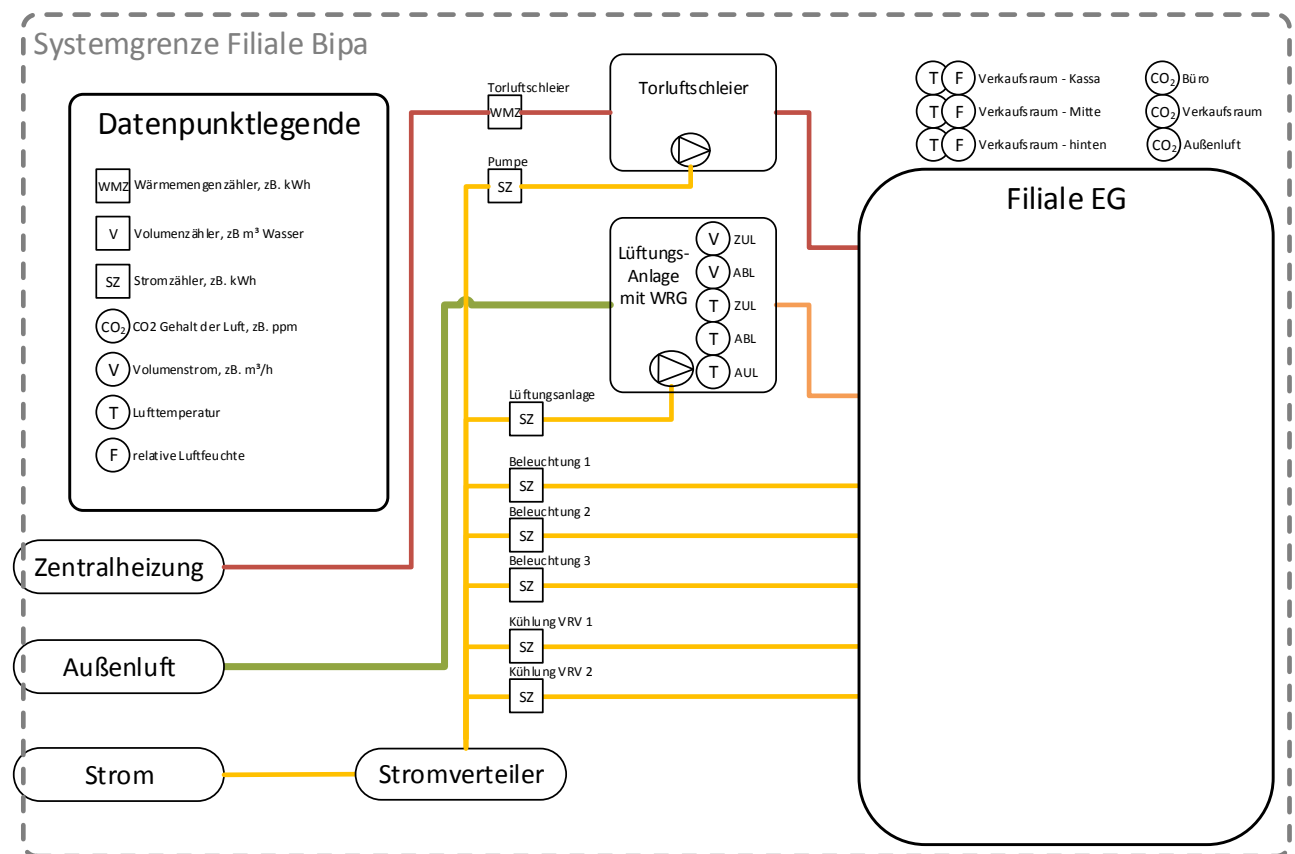


Abbildung 5: EVM-Schema mit Datenpunkten

5.1.3 Wirkt die Mustersanierung? Vergleich vor und nach der Sanierung

Vor Sanierung	Nach Sanierung	Nach Sanierung
Energieausweis	Energieausweis	EVM
t/a CO ₂	t/a CO ₂	t/a CO ₂
9,81	4,13	0,00

Tabelle 6: Berechnete, CO₂-äquivalente Emissionen durch Heizen

Vor Sanierung; BGF=209,1 m ²	Nach Sanierung; BGF=209,1 m ²	Nach Sanierung; BGF=209,1 m ²
HEB Energieausweis	HEB Energieausweis	EVM
kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
154,05	69,37	0,0 ⁵

Tabelle 7: Vergleich Endenergie Heizen vor und nach Sanierung

Anteil erneuerbare Energieträger am Gesamtenergieverbrauch des Gebäudes

100% des Gesamtenergieverbrauchs wurden durch erneuerbare Energieträger gedeckt.

Zusammenfassung:

Nachdem der Energieverbrauch des Torluftschleiers bei der Energieausweiserstellung nicht in die Bilanzierung aufgenommen wurde und der Strombedarf über 100% Wasserkraft gedeckt wird, entstehen beim Projekt BIPA keine CO₂-Emissionen. Siehe dazu auch Punkt 4.3.2 in diesem Bericht. Würde man den Torluftschleier berücksichtigen, würden sich CO₂-Emissionen mit rund 5 t/a ergeben.

Bezüglich der Funktion der haustechnischen Anlagen besteht erhebliches Optimierungspotential, siehe dazu die folgenden Punkte im Bericht.

⁵ Für die BIPA Filiale gibt es keine Wärmemengenzähler zur Verrechnung. Abgerechnet wird über Quadratmeter. Die Platzierung eines Wärmemengenzählers an der Zuleitung zur Filiale war nicht möglich. Daher wurde allein der Torluftschleier in Bezug auf den Wärmeverbrauch berechnet. Der Torluftschleier wurde jedoch nicht in die Bilanzierung aufgenommen, da dieser nicht primär der Beheizung des Gebäudes dient. Die Aufgabe eines Torluftschleiers ist, dem Kaltluftfall von außen mit einer Gegenströmung zu begegnen. Würde man den Torluftschleier mit in die Bilanz aufnehmen, so würde sich die vom Torluftschleier bezogene Energie mit 137 kWh/m²a beziffern. Da nicht berechnet werden kann, welcher Anteil dieser Energie direkt der Filiale als Heizenergie zur Verfügung stehen würde und welcher Anteil direkt in die Umgebung abgegeben werden würde, werden diese Anteile jeweils mit 0,5 angenommen. Somit könnte die durch den Torluftschleier an die Filiale abgegebene Heizenergie mit 68,5 kWh/m²a (14,4 MWh/a) abgeschätzt werden.

Erläuterungen

Tabelle 7 zeigt den Vergleich der Endenergie⁶ für Heizen vor und nach der Sanierung. Der Wert vor und nach der Sanierung wurde aus dem jeweiligen Energieausweis entnommen.

5.1.4 Detailergebnisse Energieverbrauchsmonitoring

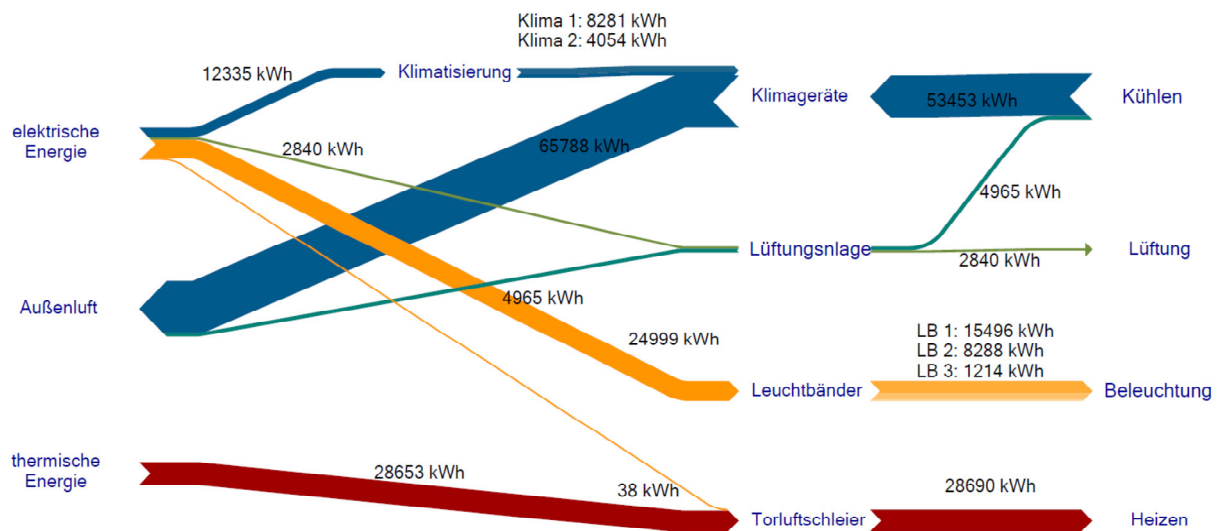


Abbildung 6: Energiefluss Jahresbilanz 2012

5.1.4.1 Heizenergieverbrauch

Die über die Öl-Zentralheizung bezogene Wärme der Filiale wird nicht direkt von einem Zähler gemessen und steht somit nicht zur Auswertung in diesem Bericht zur Verfügung. Generell wird für zukünftige Monitoringprojekte empfohlen, diese und alle anderen Hauptschnittstellen an der energetischen Systemgrenze (z.B. Fernwärme/Zentralheizungsanschluss und Stromanschluss an der Mietgrenze einer Filiale) des zu untersuchenden Objekts mit Energiezählern auszustatten. Ohne diese Daten können

⁶ Die Vergleichbarkeit des im Energieausweis berechneten Heizwärmebedarfs und Kühlbedarfs (HWB und KB) einer thermischen Gebäudezone mit gemessenen Wärmemengen ist aus mehreren Gründen nicht direkt gegeben. Einerseits sind die berechneten Werte für das Gebäude vor und nach der Sanierung gute Anhaltspunkte, um die Verbesserung der thermischen Qualitäten des Objektes zu bewerten. Andererseits sind die gemessenen Werte stark vom tatsächlichen Wetter und Benutzerverhalten im jeweiligen Messzeitraum abhängig. Daher ergibt sich aufgrund der Diskrepanz zwischen dem tatsächlichen Messzeitraum und der theoretischen Berechnungsgrundlagen eine große Unsicherheit bezüglich der Vergleichbarkeit von Kennwerten zwischen Messung und Berechnung. Darüber hinaus sind HWB und KB theoretische Bedarfsgrößen einer thermischen Zone ohne messbaren Charakter. Gemessene Wärmemengen hingegen sind lokale zuordenbare Größen im Energieverteilungssystem.

wesentliche Auswertungen (Veränderung vor und nach der Sanierung) nicht oder nur unzureichend durchgeführt werden. Diesbezüglich ist das Projekt BIPA Kärntnerstraße aus dem Programm der Mustersanierungen ein Sonderfall. Das Objekt ist nicht freistehend und in eine sehr dicht bebaute Umgebung mit verschiedenen Eigentums- und Mietverhältnissen integriert. Dies erschwert die Anbringung von Messausrüstung an manchen relevanten Stellen.

Torluftschleier

In der Filiale kommt ein Torluftschleier⁷ mit Heizregister am Ein-/Ausgangsportal zum Einsatz. Dieses Heizregister erwärmt die ventilierte Luft mit einer thermischen Leistung von bis zu 19 kW. Die vom Torluftschleier bezogene Energie betrug im Messzeitraum rund 28.650 kWh, dies entspricht 137 kWh/m²a. In Abbildung 7 ist die Monatsbilanz des im Torluftschleier befindlichen Heizregisters dargestellt. Da nicht berechnet werden kann, welcher Anteil dieser Energie direkt der Filiale als Heizenergie zur Verfügung steht und welcher Anteil direkt in die Umgebung abgegeben wird, werden diese Anteile jeweils mit 0,5 angenommen. Somit kann die durch den Torluftschleier an den die Filiale abgegebene Heizenergie mit 14,4 MWh/a (68,5 kWh/m²a) abgeschätzt werden.

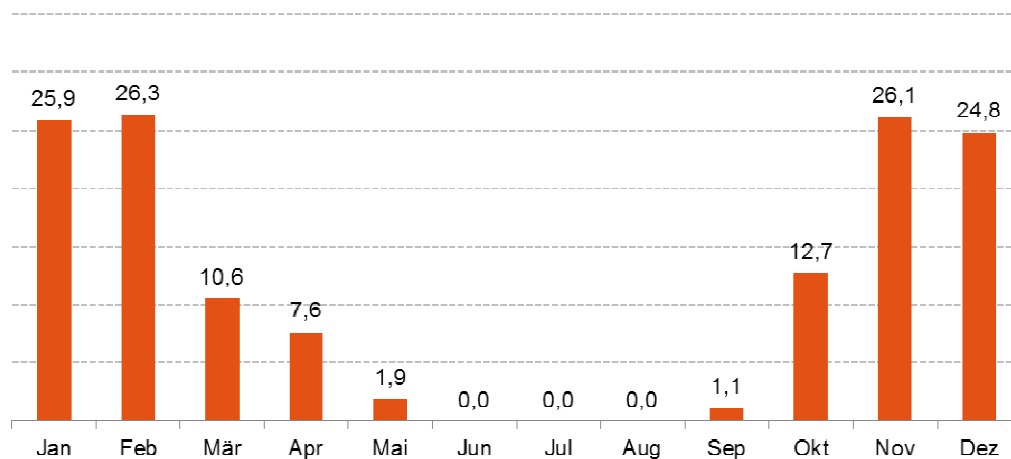


Abbildung 7: Monatsbilanz Heizenergie Torluftschleier in kWh/m² im Jahr 2012

In Abbildung 8 werden Energieverbräuche des Torluftschleiers dargestellt, wobei die grünen Felder keinem Energieverbrauch entsprechen und die roten Felder einen gewissen Verbrauch widerspiegeln. Es wird ersichtlich, dass die Energieverbräuche einen Tagesgang aufweisen. Wird der Torluftschleier an einem Tag verwendet, so beginnt unabhängig von der Jahreszeit der Betrieb gegen 6:45 Uhr. Die Filiale öffnet um 8:00 Uhr⁸. Somit wäre hier ein Einsparpotential von rund 1,5 Stunden am Morgen gegeben. Bis Mitte März und ab Mitte November wird die Anlage abends gegen 20:30 Uhr wieder abgeschaltet – auch an Samstagen. Die Schließungszeiten der Filiale lauten von Mo-Fr 20:00 Uhr, somit könnte der

⁷ Grundsätzlich ist die primäre Funktion eines Torluftschleiers das Eindringen kalter Außenluft an Eingangsportalen in den Innenraum zu verhindern. Er ist nicht für die Beheizung des Objekts gedacht.

⁸ Quelle: www.bipa.at

Torluftschiefer um 20:00 Uhr ausgeschaltet werden. Samstags endet der Kundenverkehr bereits um 18:00 Uhr, somit gibt es auch hier Einsparpotential von 2,5 Stunden.

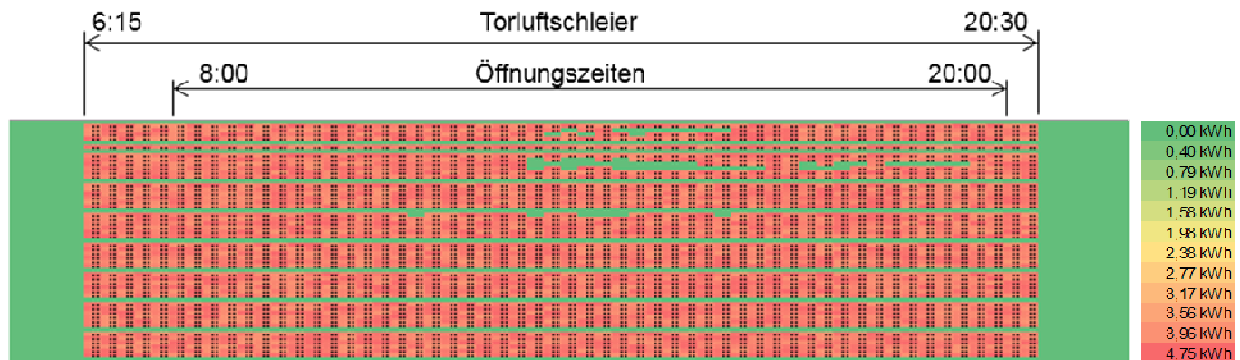


Abbildung 8: Torluftschiefer – Zeitlicher Tagesgang des Wärmeverbrauchs über mehrere Wochen

Fazit

Der Torluftschiefer der Filiale bezieht den Großteil der für die Heizung der Filiale notwendigen Wärme. Ein beträchtlicher Anteil der vom Torluftschiefer bezogenen Energie wird dabei direkt an die Umgebung abgegeben und kommt der Filiale nicht zugute. Die Wärmeverluste durch das Ein-/Ausgangsportal könnten mittels Verwendung eines Schleusensystems deutlich reduziert werden.

Im Tagesverlauf besteht generell Einsparpotential am Morgen (ca. 1,5 Stunden), abends an Wochentagen (ca. 0,5 Stunden) und an Samstagen (ca. 2,5 Stunden). In Summe beträgt das Potential für Wärme ca. 6.500 kWh.

Hinsichtlich des Energieverbrauchs im Mai und September sollte überlegt werden, ob der Betrieb des Torluftschiefers zu dieser Zeit vonnöten ist.

Rückmeldung des Gebäudebetreibers

1) Das Messergebnis zu den Tagesverläufen des Torluftschiefers konnte nach intensivster Prüfung aller Steuerungen nicht festgestellt werden. Es gibt keine zeitliche Steuerung des Torluftschiefers.

2) Das Heizen und Kühlen der Filiale wird grundlegend umgestellt:

Der Anschluss der Öl-Heizung wird stillgelegt (mechanisch abgesperrt). Die Beheizung und auch die Kühlung der Filiale werden in Zukunft ausschließlich über die VRV-Anlage durchgeführt. Dazu muss der Torluftschiefer im Eingangsbereich auf ein adäquates Modell getauscht und die VRV-Innengeräte entsprechend aufeinander einjustiert werden.

Diese Maßnahme führt dazu, dass in Zukunft keine zusätzliche Wärme von der Öl-Anlage bezogen wird. Da sich die Filiale im städtischen Hausverband befindet und enorme Maßnahmen zur Wärmedämmung im Zuge der Mustersanierung durchgeführt wurden, kann

davon ausgegangen werden, dass die Heizleistung der VRV-Anlage vollkommen ausreichend sein wird, um die Konditionierung der Raumluft sicherzustellen.

5.1.4.2 Kühlenergieverbrauch

Abbildung 9 zeigt die von den Klimageräten generierte Kühlenergie für den Verkaufsraum monatlich bilanziert. Diese wurde mittels der Strommesswerte der Klimageräte in Kombination mit dem Wirkungsgrad der Anlagen berechnet und stellt daher keine exakten Messwerte aber eine gute Abschätzung der aufgewendeten Kühlenergie dar. Wie für ein Geschäftslokal mit hohen internen Lasten zu erwarten, muss zu jeder Jahreszeit aktiv gekühlt werden, um die Lufttemperatur im gewünschten Bereich halten zu können. Dies trifft natürlich besonders auf die Sommerzeit zu.

Von der Erwartung abweichend ist der Wert im Februar. Dieser war im Jahr 2012 der kälteste Monat und somit wäre zu erwarten, dass der Kühlbedarf in diesem Monat dementsprechend niedrig war bzw. zumindest unter den Werten der Monate Jänner und März lag. Dies war aber nicht der Fall. Weiters zeigten die drei Raumlufttemperatursensoren in der Filiale, dass während einer besonders kalten Woche im Februar die Raumlufttemperatur auf einem relativ konstanten Niveau gehalten wurde. Davor und danach wurden abrupte Temperaturänderungen aufgezeichnet. Es ist davon auszugehen, dass an manchen Tagen die Klimageräte nicht nur im Kühl- sondern auch im Heizmodus betrieben wurden (gelber Balken in Abbildung 9). Wahrscheinlich war die Anlage nicht optimal auf solche selten aber doch auftretenden Ereignisse mit stark wechselnden Betriebsarten eingestellt und zeigte in diesen Fällen zyklisches Schaltverhalten mit energetischem Optimierungsbedarf. In Summe wurden im Jahr 2012 etwa 45 MWh (210 kWh/m²) an Wärme über die Klimageräte abgeführt. Die dafür notwendige elektrische Antriebsenergie beläuft sich in Summe auf 12,3 MWh/a (59 kWh/m²a).

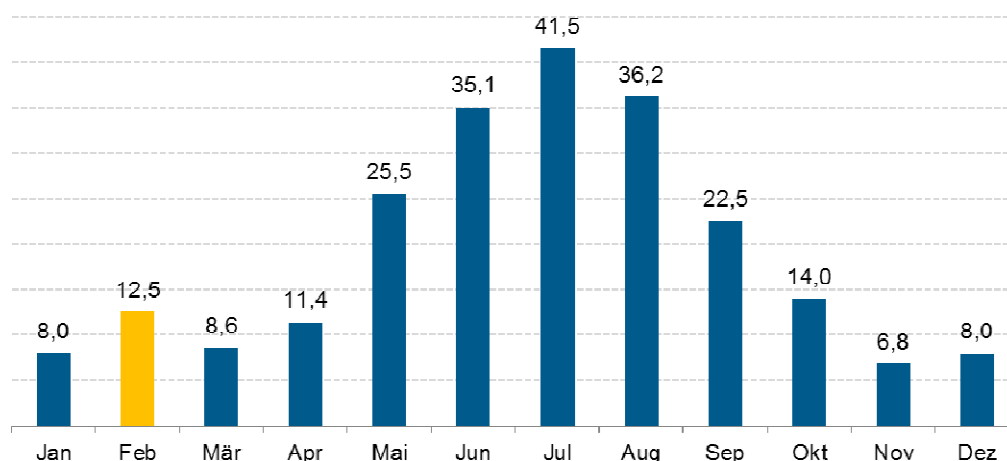


Abbildung 9: Monatsbilanz Kühlenergie der Klimageräte (Summe) im Jahr 2012 in kWh/m²

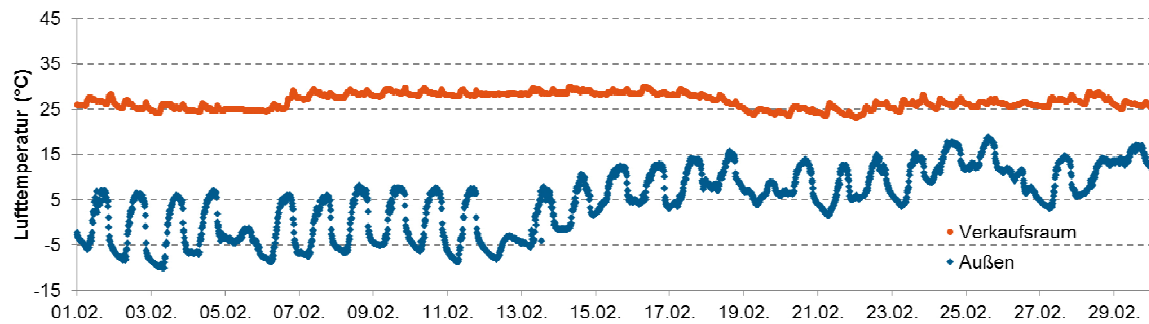


Abbildung 10: Detail Heizbetrieb Februar

Fazit

Wegen der hohen internen Lasten der Filiale und der durch den Torluftschleier eingetragenen Wärme muss in der vorliegenden BIPA-Filiale fast das ganze Jahr über aktiv gekühlt werden.

Durch bessere Abstimmung der Haustechnikkomponenten (Heizung, Kühlung) kann Energie eingespart werden, ohne das Komfortempfinden in der Filiale zu verschlechtern.

Rückmeldung Gebäudebetreiber

- 1) Durch Untersuchung der Messergebnisse und nach Rücksprache mit der Filiale wurde festgestellt, dass aufgrund der internen Wärmelasten im Keller und im Büro auch im Winter die Klimaanlage zur Konditionierung der Raumluft eingeschaltet wurde.
- 2) In Zukunft wird die Filiale ausschließlich über die VRV-Anlage beheizt und gekühlt. Ein gleichzeitiges Heizen und Kühlen während der Wintermonate bzw. insbesondere während der Übergangszeit wird durch ein gegenseitiges Verriegeln der Funktionen Heizen und Kühlen verhindert! Außerdem wird die VRV-Anlage durch den Hauptschalter der Filiale stromlos geschaltet, was insbesondere das Heizen sowie das Kühlen in der Nacht unterbinden wird. Diese Aufgabe wird maßgeblich durch die Lüftungsanlage und deren Wärmerückgewinnung erfüllt.

5.1.4.3 Stromverbrauch

Unabhängig vom Messsystem wurde der Jahresstromverbrauch der Filiale mittels der Energieabrechnung eruiert. Die Daten daraus sind für die Jahre 2007 bis 2012 in Tabelle 8 angeführt. Hier ist zu erkennen, dass der Stromverbrauch der Filiale nach der Sanierung nicht geringer ausfällt als in den Jahren davor. Etwaige Einsparungen durch die Sanierung sind aufgrund anderer und zusätzlicher Verbraucher, die höheren Komfort und zusätzlichen Nutzen generieren, kompensiert worden.

Zwischen dem vom Monitoringsystem erfassten Stromverbrauch und dem vom Zähler erfassten Wert liegt eine Diskrepanz vor. Da davon auszugehen ist, dass die Zählerdaten

vollständig sind, muss es Stromverbraucher in der Filiale geben, die nicht vom Messsystem erfasst wurden. Diese sind somit nicht in der Analyse berücksichtigt.

Jahr	Stromverbrauch (Zähler)	Stromverbrauch (Monitoring)
	kWh/a	kWh/a
2012	63.941	40.175
2011	64.439	-
2010	63.437	-
2009 (Sanierung)	54.063	-
2008	59.157	-
2007	56.844	-

Tabelle 8: Jahresstromverbrauch der gesamten Filiale (Zählerstand)

Fazit

Welche elektrischen Energieverbraucher werden durch die nicht vom EVM erfassten Unterzweige des Stromnetzes versorgt? Durch weitere Analyse dieser Zweige könnten weitere Optimierungspotentiale ausgemacht werden.

Rückmeldung Gebäudebetreiber

Der große Unterschied zwischen dem gemessenen und dem tatsächlichen Stromverbrauch (lt. Rechnungen des EVU) ist wahrscheinlich auf nicht gemessene Verbraucher, wie zum Beispiel die Liftanlage, zurückzuführen.

Beleuchtung

Der Energieverbrauch der Beleuchtung wurde in drei Untergruppen (Leuchtband 1-3) gemessen. Tabelle 9 zeigt den Jahresenergieverbrauch der Beleuchtung. Der gemessene Gesamtverbrauch von 25,0 MWh/a (119,6 kWh/m²a) entspricht dem seitens der Planung berechneten Wert von 25,8 MWh/a. Des Weiteren zeigt die monatliche Aufschlüsselung in Abbildung 11, dass der Verbrauch vor allem von den Öffnungszeiten abhängt und somit kaum saisonale Schwankungen festzustellen sind. Lediglich Leuchtband 3, welches die Leuchtdecke im Eingangsbereich darstellt, weist im November und Dezember deutlich geringeren Stromverbrauch auf.

Leuchtband	Energieverbrauch 2012
	MWh/a
1	15,5
2	8,3
3	1,2
Σ	25,0

Tabelle 9: Verbrauch elektrische Energie Beleuchtung 2012

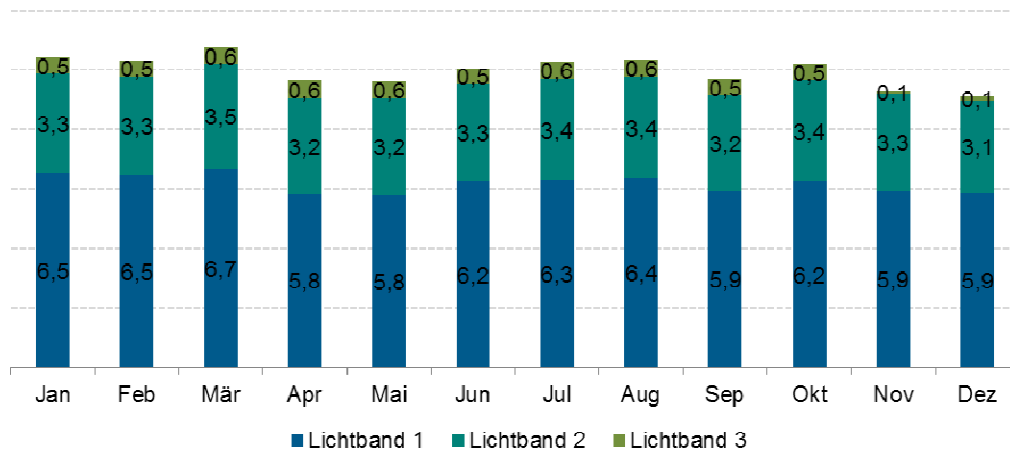


Abbildung 11: Monatsbilanz Stromzähler der Beleuchtung in kWh/m²

Klimageräte (hauptsächlich Kühlung)

Abbildung 12 zeigt den monatlichen elektrischen Energieverbrauch der Klimageräte im Jahr 2012. Die von den Anlagen abgeführte Wärme aus dem Verkaufsraum ist in Abbildung 9 dargestellt. Aufgrund der Nutzung von Passiver/Freier-Kühlung über die Lüftungsanlage ist während der Übergangszeiten (Frühling und Herbst) der Stromverbrauch der Klimageräte niedriger. In Summe bezogen die Klimageräte 12,3 MWh/a (59,0 kWh/m²a) aus dem Stromnetz.

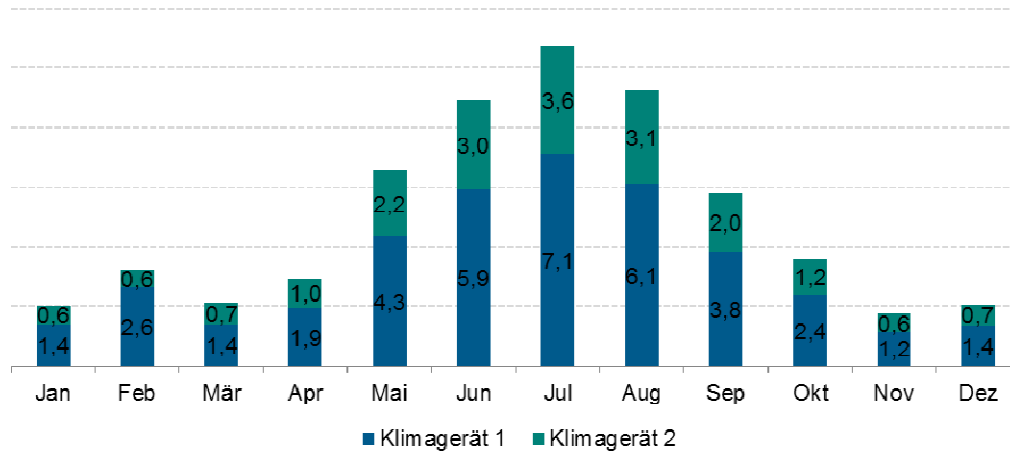


Abbildung 12: Monatsbilanz elektrische Energie Klimageräte 2012 in kWh/m²

Lüftungsanlage

Abbildung 13 zeigt den monatlich bilanzierten elektrischen Energieverbrauch der Lüftungsanlage. Insgesamt bezog diese Anlage 2,8 MWh (13,4 kWh/m²) im Jahr 2012. Zu erkennen ist, dass sich der Verbrauch an elektrischer Energie für dieses Gerät aus einem Grundverbrauch von 50-100 kWh/Monat und dem zusätzlichen Verbrauch für Passive/Freie-Kühlung von bis zu 300 kWh/Monat zusammensetzt. Dem gegenüber steht die in Abbildung 14 dargestellte Monatsbilanzierung der durch Passive/Freie-Kühlung bereitgestellten Kühlung. Insgesamt wurden durch diese Maßnahme ohne aktives Kühlaggregat 5,0 MWh/a (23,9 kWh/m²a) abgeführt. Klima- und Wetterbedingt kann Passive/Freie-Kühlung nur in der Übergangszeit und im Winter genutzt werden. Im Sommer kann diese Maßnahme aufgrund der geringen Abkühlung über Nacht nicht so oft wie in der Übergangszeit genutzt werden.

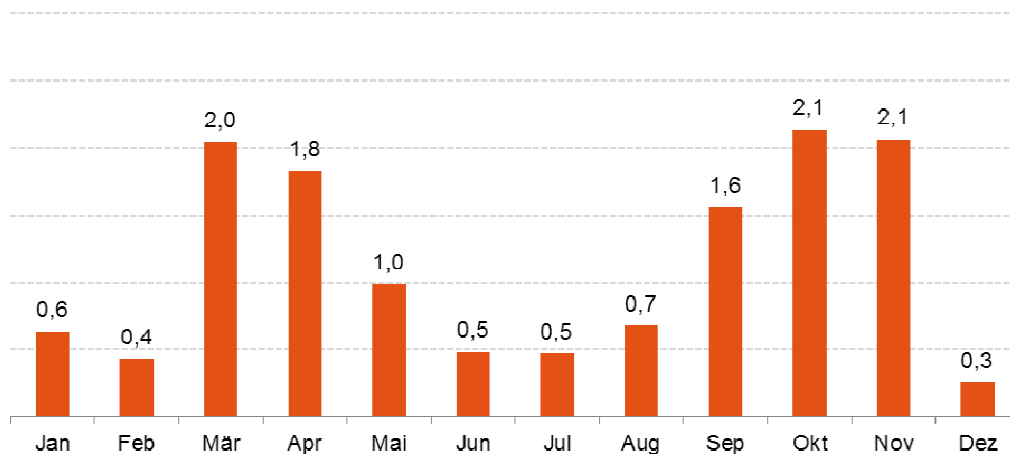


Abbildung 13: Monatlicher elektrischer Energieverbrauch der Lüftungsanlage in kWh/m²

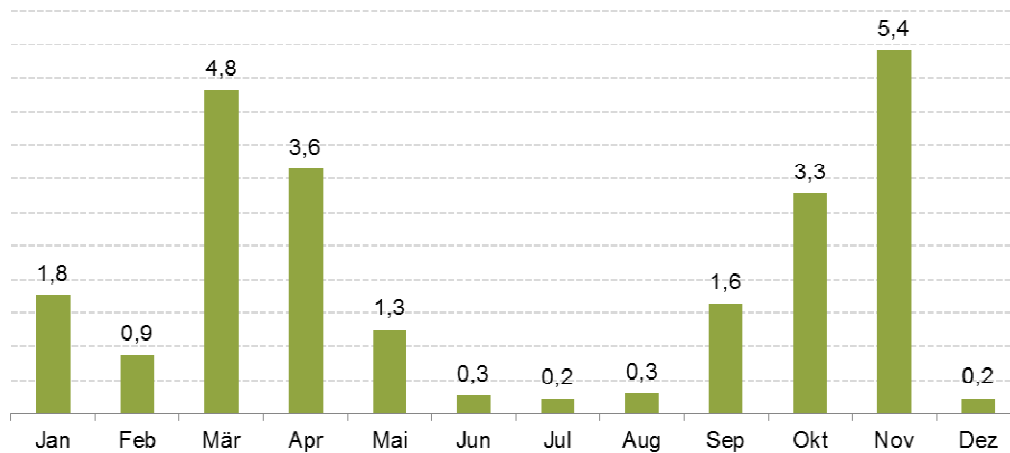


Abbildung 14: Monatliche Kühlenergie durch Passive/Freie-Kühlung in kWh/m²

Eine Analyse der Volumenströme zeigt, dass die Funktion der Anlage nicht den geplanten Funktionen entspricht. Beispielsweise findet im Februar und März eine Nachtlüftung statt, im Juni jedoch nicht. Abbildung 15 visualisiert den Volumenstrom der Lüftungsanlage: grüne Bereiche entsprechen einem Volumenstrom von 0 m³/h; gelbe Bereiche: 500 m³/h; orange Bereiche: 1.500 m³/h. Die Nachtlüftung wird durchwegs mit einem Volumenstrom von 500 m³/h betrieben, wobei ein höherer Luftwechsel nachts zur Kühlung des Objekts genutzt werden sollte. Im Mai und Juni setzt die Nachtlüftung aus, was kontraproduktiv ist. Des Weiteren sollten die Zeit der Nachtkühlung weiter in die Morgenstunden verlegt werden, da die Außentemperatur zwischen 7:00 und 8:00 Uhr erst wieder ansteigt.

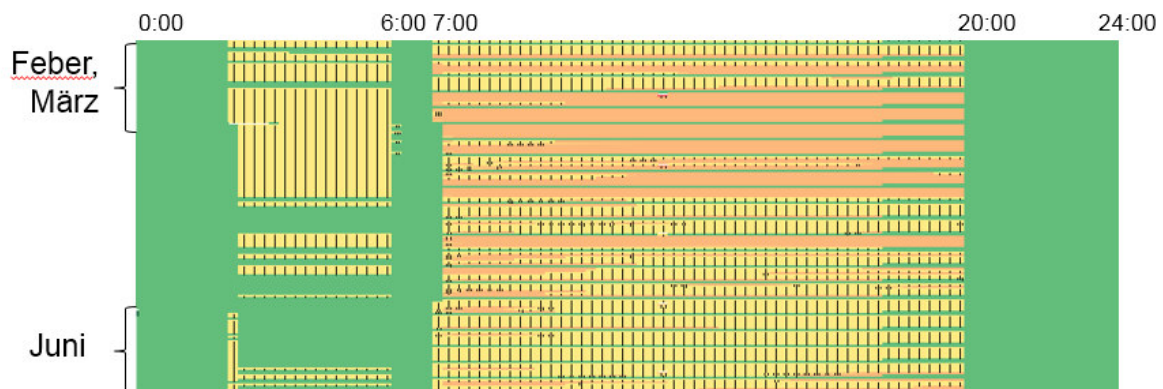


Abbildung 15: Lüftungsanlage – zeitlicher Tagesverlauf des Volumenstroms über mehrere Monate

Fazit

Die Lüftungsanlage läuft nicht optimal. Es wird zwar Passive/Freie-Kühlung betrieben, jedoch nicht nach dem geplanten Konzept. Beispielsweise wird im Juni das Nachtkühlungspotential nicht genutzt. Auch der Volumenstrom während der Nachstunden sollte erhöht werden, um das vorhandene Potential der kühlen Außenluft zur Gänze ausschöpfen zu können.

Rückmeldung Gebäudebetreiber

Die Steuerung der Lüftungsanlage wurde überprüft. Dabei musste festgestellt werden, dass diese das eingestellte Programm nach Ablauf eines Kalenderjahres automatisch „verliert“. Darauf ist auch die festgestellte Unregelmäßigkeit der Freien-Kühlung zwischen den Sommer und Wintermonaten zurückzuführen.

In Zukunft wird die Anlage im Zuge der jährlichen Wartung auf folgende Einstellungen justiert: Winter Tag 100% Volumenstrom; Nacht 50% Volumenstrom. Im Sommer umgekehrt. Die Vorwärmung der Zuluft erfolgt auf 20°C.

5.1.4.4 Behaglichkeit und CO₂-Konzentration

Um die personenbezogenen Komfortparameter im Gebäude zu erfassen, wurde an drei verschiedenen Stellen (Verkaufsraum: vorne (Kassabereich), mitte und hinten) Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur gemessen. Der CO₂-Gehalt der Luft wurde im Verkaufsraum, im Büro und außen gemessen.

Die Auswertung der Messwerte ergab, dass die CO₂-Konzentration der Luft im Büro und Verkaufsraum überwiegend ausreichend niedrig ist, 50% der Messwerte sind im Bereich unter 800 ppm. Die Maximalwerte liegen bei 1350 ppm und traten im Messzeitraum nur selten und sehr kurze Zeit, meist am späteren Nachmittag, auf. Somit ist der maximal zulässige Grenzwert am Arbeitsplatz von 5000 ppm zu keinem Zeitpunkt annähernd erreicht. Die Anlage erfüllt ihre Aufgabe bezüglich des hygienischen Luftwechsels einwandfrei.

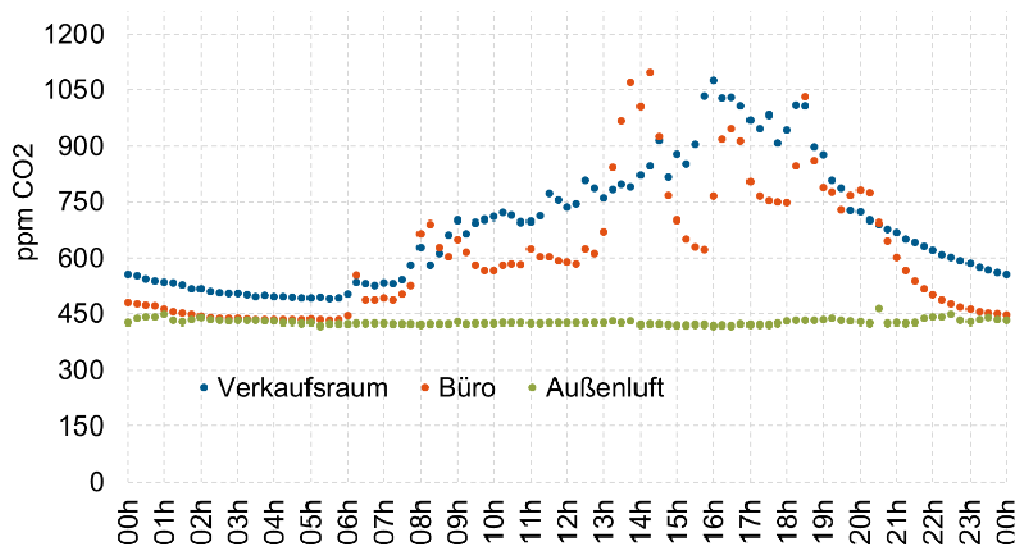


Abbildung 16: Tagesverlauf der CO₂ Konzentration am 4. Juli 2012

Abbildung 17 zeigt die Komfortdiagramme⁹ für exemplarisch gewählte Punkte in der Filiale. Die Messwerte liegen besonders im Kassabereich zu über 50% außerhalb des Komfortbereichs. Im Winter, Frühling und Herbst trocknet die Raumluft bei Aktivierung der Heizung über den Torluftschleier zunehmend aus. Besonders augenscheinlich wird das im Kassabereich, der direkt neben dem Portal situiert ist. Dort liegen die Temperaturen hauptsächlich im Bereich zwischen 24°C und 30°C; die relative Luftfeuchtigkeit zum Großteil unter 50% und recht deutlich unter 10%.

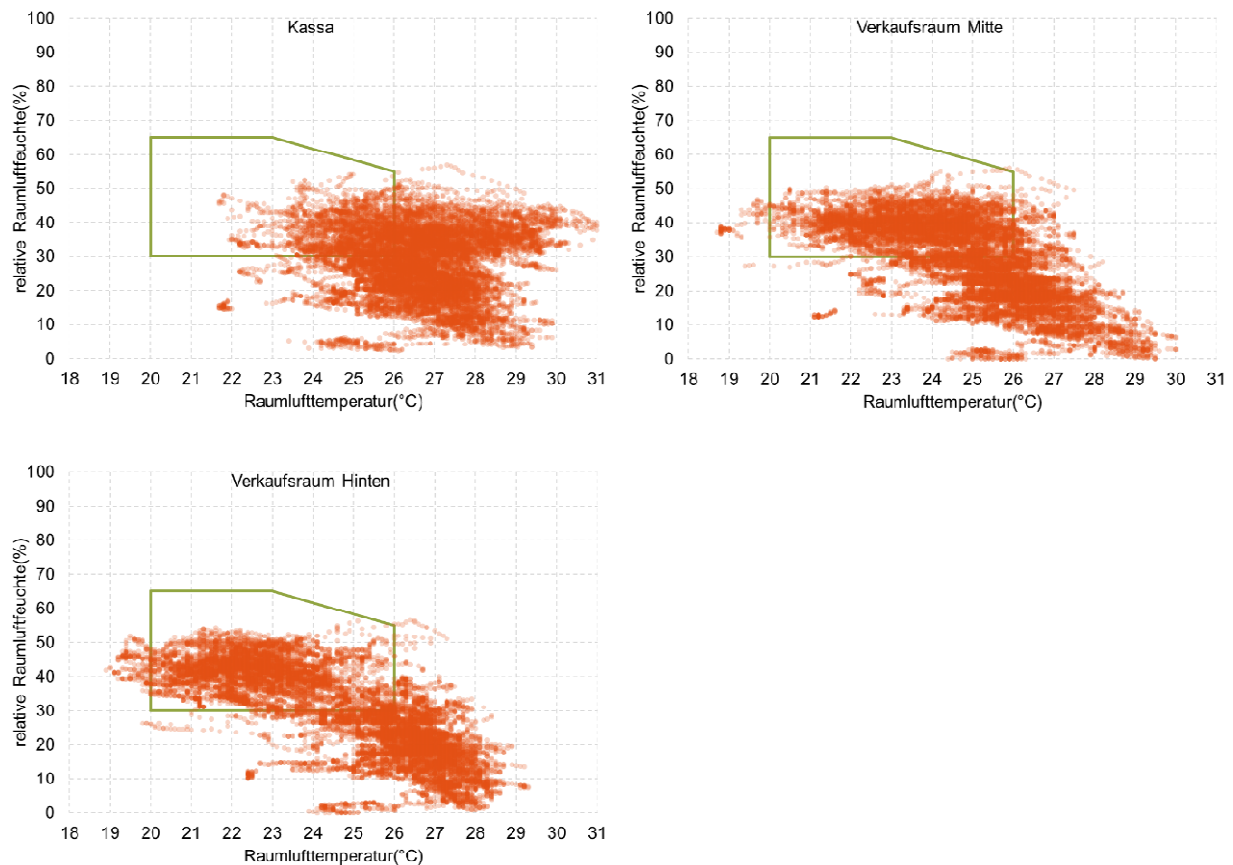


Abbildung 17: Komfortdiagramme; Wochenenden und Nachtstunden gefiltert; Messpunkte des Jahres 2012

⁹ Erklärung Diagramm: In dieser Darstellung sollten möglichst alle Datenpunkte innerhalb der grünen Zone sein. Dieser Bereich kennzeichnet den Bereich mit Raumluftzuständen, die von den meisten Menschen als angenehm und komfortabel bezeichnet werden. Davon abweichend ist die Luft entweder zu trocken/zu feucht und/oder zu kalt/zu warm. Im Sinne der jahreszeitlichen Zuordenbarkeit sind die Datenpunkte für jedes Büro in die vier Zeitspannen Sommer bis Frühling unterteilt.

Fazit

Aufgrund der hohen Heizleistung sowie Betriebsstunden des Torluftschleiers wird die Luft in der Filiale stark erwärmt und getrocknet. Außerordentlich viele Messwerte, besonders im Kassabereich, liegen deutlich außerhalb des Komfortbereichs. Ein weiterer Grund für die ganzjährig auftretenden Überwärmungen in der Filiale sind die hohen internen Lasten, besonders durch die Beleuchtung, obwohl diese schon optimiert und für den Betrieb des Verkaufsraumes nicht verzichtbar ist.

Rückmeldung Gebäudebetreiber

Die Anmerkungen zum Torluftschleier finden sich unter Punkt 5.1.4.1 Heizenergieverbrauch wieder.

Ergänzend werden Raumtemperaturfühler verbaut, welche eine Fernablesung möglich machen.

5.2 Linde Gas

Allgemeine Projektbeschreibung

Am Standort in Stadl-Paura (OÖ) sanierte die Firma Linde Gas GmbH ihr Bürogebäude. Im Rahmen des umfassenden Projektes wurde die Gebäudehülle thermisch saniert. Diese Sanierung erfolgte an den Außenwänden mittels einer hinterlüfteten Fassade und 20 cm Wärmedämmung. Am Flachdach wurden 34 cm Dämmung angebracht. Die Fenster und Türen wurden mit 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung ausgerüstet. Um den Kühlbedarf niedrig zu halten, wurde zudem ein elektrisch gesteuertes bewegliches Verschattungssystem angebracht. Vor der Sanierung wurde der Wärmebedarf für Warmwasser und Heizung des Bürogebäudes durch einen Ölkessel gedeckt.

Im Zuge der Sanierung wurde der bisherige 170kW Ölkessels durch eine 43kW Wasser-Wasser Wärmepumpe mit modulierendem Verdichter ersetzt. Vor der Sanierung erfolgte die Beleuchtung des Bürogebäudes über Deckenrasterleuchten mit Leuchtstoffröhren T26 und konventionellen Vorschaltgeräten.

Als Teil der Mustersanierung wurde die Beleuchtung optimiert. Die neue Anlage wurde mit sparsameren Leuchtstoffröhren (T16) und geregelten elektronischen Vorschaltgeräten ausgerüstet. Die Regelung reagiert auf Anwesenheit und Tageslichtqualität. Dadurch wurde der Anschlusswert um 20% und die jährliche Betriebsdauer rund um die Hälfte reduziert.

Ausgangszustand:

<i>Eigentümer/ Betreiber</i>	<i>Linde Gas GmbH</i>
<i>Ansprechpartner / Kontaktpersonen</i>	<i>Christian Gihl</i>
<i>Standort</i>	<i>A-4651 Stadl-Paura Waschenbergerstraße 13</i>
<i>Gebäudetyp</i>	<i>Bürohaus</i>
<i>Errichtungsjahr Bestandsgebäude</i>	<i>1984</i>
<i>Größe (BGF)</i>	<i>2263 m² vor Sanierung</i>
	<i>2396 m² nach Sanierung</i>

5.2.1 Sanierungsmaßnahmen (Gegenüberstellung Alt-Neu)

5.2.1.1 Gebäudehülle

Das Linde Gas-Bürogebäude in Stadl-Paura besteht aus 4 Geschossen (KG, EG, OG1 und OG2) mit praktisch identischen Grundrissen und rechteckiger Form. Die oberste Geschossdecke ist als Flachdach ausgeführt. Der Eingang und das Stiegenhaus mit Lift sind an der Südseite relativ mittig angebracht und ragen aus der Fassade heraus. Die Brutto-Grundfläche betrug vor der Sanierung 2263 m² und beträgt danach 2396 m². Im Zuge der Sanierung wurden die bestehenden opaken Fassadenteile und die Dachkonstruktion mit einer Wärmedämmschicht neu hergestellt und die Fenster getauscht. Die Außenwände des Gebäudes wurden in Form einer hinterlüfteten Fassade mit 20 cm Steinwolle ausgebildet

und weisen einen U-Wert von $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf. Die Dachkonstruktion mit einer 34 cm dicken Schicht Steinwolle weist einen U-Wert von $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf. Die neuen Fenster mit 3-Scheibenverglasung haben einen U-Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$.

5.2.1.2 Gebäudetechnik

Heizen, Kühlen, Lüften, Warmwasser

Der alte Ölkessel des Gebäudes wurde im Zuge der Sanierung gegen eine kleiner dimensionierte Wärmepumpe, die das Grundwasser als Wärmequelle nutzt, getauscht. Laut Datenblatt weist diese Wärmepumpe bei einer elektrischen Antriebsleistung von 9,92 kW eine thermische Heizleistung von 42,65 kW auf und erzielt eine Jahresarbeitszahl von 4,3. Als Kältemittel kommt R410A zum Einsatz. Mittels der schon bestehenden Radiatoren wird auch nach der Sanierung Wärme in die Räume eingebracht. Die bestehende Kühlanlage in Form eines semizentralen Multisplitgerätes wurde nicht verändert und ist das einzige Kühlgerät im Haus. Eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage der Räume war vor der Sanierung nicht vorhanden. Die Integration einer Lüftungsanlage wurde in der Planungsphase geprüft und als nicht praktikabel beurteilt, da die Raumhöhen aufgrund der Luftkanäle zu stark reduziert worden wären. Warmwasser wird über eine eigene Wärmepumpe, die die Abwärme des Serverraumes als Wärmequelle nutzt, geheizt.

Beleuchtung, Verschattungseinrichtungen

Bei der Sanierung wurde ein optimiertes Beleuchtungssystem installiert. Dieses umfasst zum Beispiel effiziente T16-Leuchtmittel sowie tageslichtabhängige Regelung der Beleuchtung in Kombination mit Präsenzmeldern. Die außenliegende Verschattung wird einstrahlungsabhängig gesteuert.

Photovoltaik, Solarthermie, sonstige Anlagen

Der Einbau einer Photovoltaikanlage wurde während des Planungsprozesses angedacht, aufgrund mangelnder betriebswirtschaftlicher Aussichten aber nicht realisiert. Der Netzstrombezug wurde im Zuge der Sanierung nicht auf erneuerbare Quellen umgestellt.

5.2.1.3 Heizenergiebedarf (Energieausweisberechnung)

Tabelle 10 zeigt die im Energieausweis berechneten Werte des Heizwärmebedarfs des Gebäudes im Referenzklima vor und nach der Sanierung. Die Energieausweisberechnung weist eine Reduktion des HWB-ref* um $53,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (=66,5%) im Zuge der Sanierung aus.

HWB-ref* lt. Energieausweis	
Vor Sanierung	Nach Sanierung
kWh/m²a	kWh/m²a
80,1	26,8

Tabelle 10: Vergleich Energiekennzahlen

5.2.2 EVM-Schema

Um das Energieverbrauchsverhalten und die Komfortparameter des Gebäudes nach der Sanierung bewerten zu können, wurde ein Monitoringsystem installiert. Dieses misst an relevanten Punkten in der Haustechnikanlage und im Gebäude Parameter wie zum Beispiel:

- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Wärmemengen
- Stromverbrauch
- CO₂-Gehalt der Luft.

Das Monitoringsystem erfasst die Messwerte und Zählerstände viertelstündlich und speichert diese ab. Zur Auswertung für diesen Bericht wurden Daten aus dem Monitoringsystem im Zeitraum von 1.6.2012 bis 30.6.2013 herangezogen. Die Datenpunkte des EVM sind Abbildung 18 dargestellt. Zwei Räume des Erdgeschosses wurden mit Sensoren für Temperatur, relative Feuchtigkeit und CO₂-Gehalt der Luft ausgestattet. Diese Komfortparameter werden in Fassadennähe auf einer Höhe von 1,2 m gemessen.

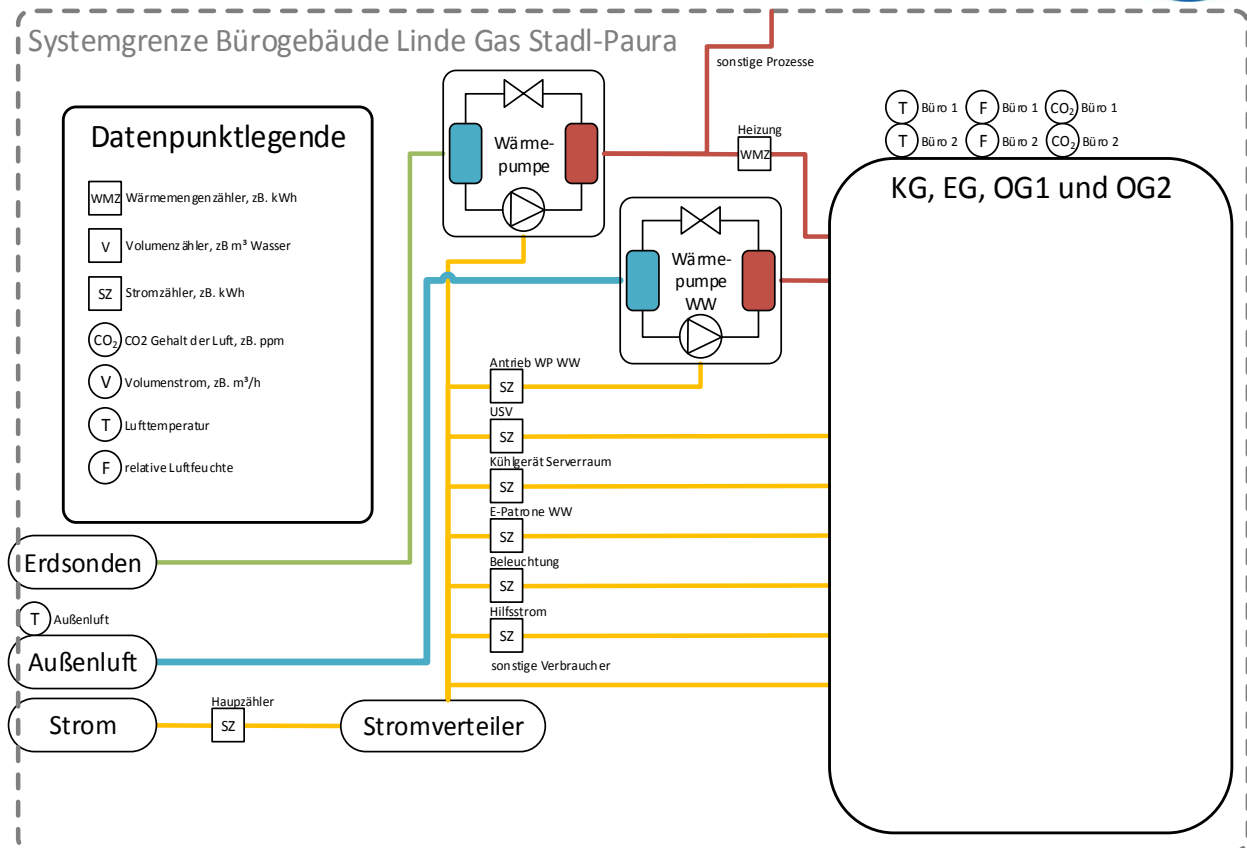


Abbildung 18: EVM-Schema mit Datenpunkten

5.2.3 Wirkt die Mustersanierung? Vergleich vor und nach Sanierung

Vor Sanierung	Nach Sanierung	Nach Sanierung
Verbrauch	Planung	EVM
t/a CO ₂	t/a CO ₂	t/a CO ₂
64,6	8,1	13,8

Tabelle 11: Berechnete, CO₂-äquivalente Emissionen durch Heizen und Warmwasser

Vor Sanierung; BGF=2263 m ²	Nach Sanierung; BGF=2396 m ²	Nach Sanierung; BGF=2396 m ²
Verbrauch	Planung	EVM
kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
81,5	9,1	15,6

Tabelle 12: Vergleich Endenergie Heizen und Warmwasser vor und nach Sanierung

Zusammenfassung

Die Daten aus dem EVM im vorliegenden Messzeitraum zeigen, dass die geplanten Energieeinsparungen durch die Sanierungsmaßnahmen erreicht werden. Da noch Optimierungspotential bei den Haustechnikkomponenten besteht, kann durch Umsetzung der hier im Bericht empfohlenen Maßnahmen noch mehr Energie CO₂ eingespart werden.

Erläuterungen

Tabelle 12 zeigt den Vergleich der Endenergie¹⁰ für Heizen und Warmwasser vor und nach der Sanierung. Der Wert vor der Sanierung wurde im Zuge der Mustersanierung vom Projektverantwortlichen erfasst und stellt einen tatsächlichen Verbrauchswert über ein Jahr dar. Der Planwert nach der Sanierung wurde ebenfalls vom Projektverantwortlichen angegeben und stellt vor der Sanierung eine erste Schätzung auf Basis des Energieausweises dar. Der im EVM ermittelte Wert nach der Sanierung repräsentiert die Nutzenergie für Heizzwecke von der Wärmepumpe, Warmwasser aus der E-Patrone und Warmwasserwärmepumpe im Zeitraum von 1.6.2012 bis 1.6.2013. Trotz des realen Charakters des ersten und des letzten Wertes, ist beim Vergleich dieser beiden Werte zu beachten, dass unterschiedliche Nutzung und Wetterbedingungen starken Einfluss auf den Betrag dieser Werte haben. Davon abgesehen, war im Betrachtungszeitraum 81% weniger Endenergie für Heizen und Warmwasser zur Versorgung des Gebäudes notwendig, als im Referenzzeitraum vor der Sanierung.

Die Wärmepumpe im vorliegenden Objekt stellt in zweierlei Hinsicht eine Ausnahme dar. Erstens arbeitet die Anlage mit dem bisher unüblichen Kältemittel Stickstoff und wird daher nicht vollautomatisch geregelt sondern bedarf manueller Eingaben und laufender Adaptierungen. Zweitens versorgt die Stickstoff-Wärmepumpe nicht nur das in diesem Bericht betrachtete Bürogebäude sondern vor allem wärmetechnische Prozesse der Firma Linde Gas, die nicht Teil der Bilanzierung sind. Der Anteil der Wärme für das Bürogebäude betrug circa 13%. Aus diesen beiden Gründen wurde kein Stromzähler an der elektrischen Maschine der Wärmepumpe installiert, somit kann hier nicht der tatsächliche Stromverbrauch angegeben werden. Deshalb wurde eine pauschale Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe von 2,5 angenommen, womit auf die für Heizzwecke notwendige Endenergie überschlägig zurückgerechnet und die daraus resultierende CO₂-Emission berechnet werden kann. Das bedeutet, dass im Messzeitraum nach der Sanierung 31,3 MWh (13,1 kWh/m²) Strom

¹⁰ Die Vergleichbarkeit des im Energieausweis berechneten Heizwärmebedarfs und Kühlbedarfs (HWB und KB) einer thermischen Gebäudezone mit gemessenen Wärmemengen ist aus mehreren Gründen nicht direkt gegeben. Einerseits sind die berechneten Werte für das Gebäude vor und nach der Sanierung gute Anhaltspunkte, um die Verbesserung der thermischen Qualitäten des Objektes zu bewerten. Andererseits sind die gemessenen Werte stark vom tatsächlichen Wetter und Benutzerverhalten im jeweiligen Messzeitraum abhängig. Daher ergibt sich aufgrund der Diskrepanz zwischen dem tatsächlichen Messzeitraum und der theoretischen Berechnungsgrundlagen eine große Unsicherheit bezüglich der Vergleichbarkeit von Kennwerten zwischen Messung und Berechnung. Darüber hinaus sind HWB und KB theoretische Bedarfsgrößen einer thermischen Zone ohne messbaren Charakter. Gemessene Wärmemengen hingegen sind lokale zuordenbare Größen im Energieverteilungssystem.

bezogen wurden, um 78,3 MWh (32,7 kWh/m²) Wärme zur Verfügung zu stellen. Für die Aufwärmung des Warmwassers wurden 6,0 MWh (2,5 kWh/m²) aufgebracht. In Summe wurden somit 37,3 MWh (15,6 kWh/m²) Strom für Heizung und Warmwasser bezogen. Diese Menge elektrischer Energie verursacht CO₂-Emissionen in der Höhe von 13,8 t. Vor der Sanierung wurden 184,5 MWh (81,5 kWh/m²) in Form von Heizöl verbraucht. Dies entspricht 64,6 t CO₂. In Tabelle 11 sind die CO₂-Emissionen gegenübergestellt. Daraus ergibt sich für das vorliegende Gebäude im 1.6.2012 bis 1.6.2013 eine Einsparung von 50,8 t CO₂ im Vergleich zum Jahr vor der Sanierung. Die bei diesen Berechnungen verwendeten CO₂-Emissionsfaktoren wurden aus dem Dokument zur Förderungsberechnung für Betriebliche Umweltförderung der Kommunal Kredit Public Consulting entnommen.¹¹

5.2.4 Detaillierergebnisse Energieverbrauchsmonitoring

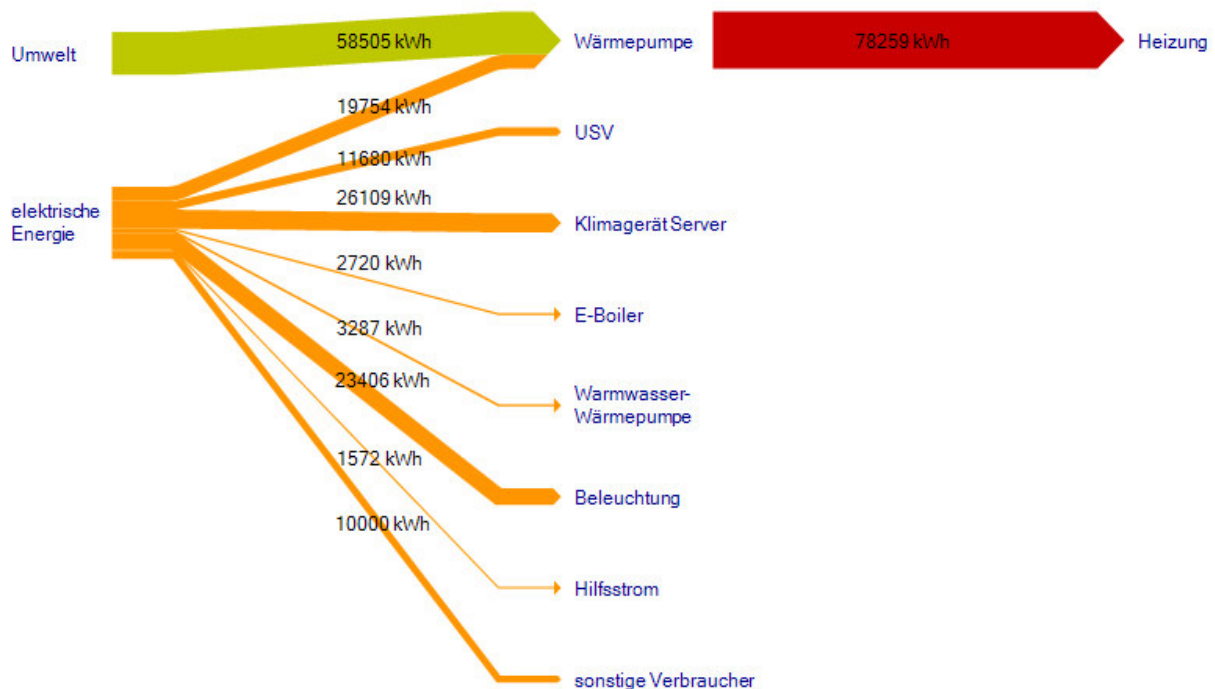


Abbildung 19: Energiefluss Bilanz 1.6.2012 bis 1.6.2013

5.2.4.1 Heizenergieverbrauch

Im sanierten Bürogebäude stellt eine Grundwasser-Wärmepumpe u.a. die Wärme für Heizzwecke zur Verfügung. Ein Wärmemengenzähler zeichnet die Wärmemenge auf, die an die Radiatoren geschickt wird. In Abbildung 20 ist die Monatsbilanz dieser Heizenergie im Betrachtungszeitraum dargestellt. Darin ist zu erkennen, dass von Oktober 2012 bis Mai

¹¹ http://www.publicconsulting.at/uploads/_infoblatt_frderungsberechnung.pdf

2013 geheizt wurde und darüber hinaus die Anlage nicht aktiv war. In Summe lieferte die Wärmepumpe 78,3 MWh (32,7 kWh/m²) in das Heizsystem des Gebäudes.

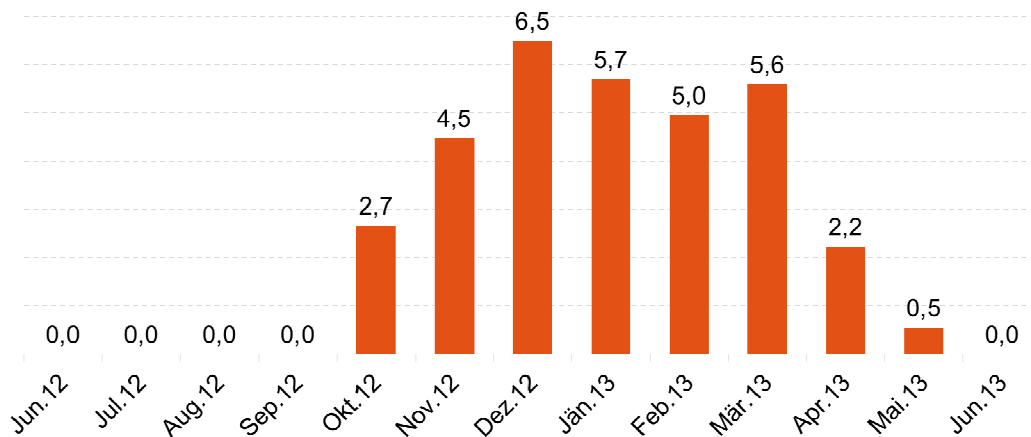


Abbildung 20: Monatsbilanz Heizenergie Wärmepumpe in kWh/m²

Da an der Wärmepumpe nur die gelieferte Heizenergie, nicht aber die dafür eingesetzte elektrische Energie vom EVM erfasst wird, kann keine Aussage zur Arbeitszahl und Effizienz der Anlage gemacht werden.

Fazit

Mittels eines zusätzlichen Stromzählers und Wärmemengenzählers an der Wärmepumpe könnte, auf Basis der Jahresarbeitszahl, diese wesentliche Komponente im Haustechniksystem besser bezüglich Effizienz und Energiesparpotential bewertet werden.

5.2.4.2 Kühlenergieverbrauch

Mit Ausnahme des Serverraumes wird im vorliegenden Bürogebäude nicht aktiv gekühlt. Für den Serverraum steht ein Split-Kühlgerät zur Verfügung, das die Abwärme der elektrischen Anlagen an die Außenluft abführt. Die elektrische Energie für dieses Gerät wird von einem Stromzähler erfasst. Die Monatssummen dieses Zählers variieren nur wenig (-172 kWh, +114 kWh), der Durchschnitt betrug 2,2 MWh. In Summe bezog das Kühlgerät für den Serverraum 26,1 MWh (10,9 kWh/m²). Da an diesem Gerät nur die elektrische Energieaufnahme, nicht aber die dadurch abgeführte Wärme gemessen wird, kann keine genaue Aussage über die generierte Kühlenergie getroffen werden. Abbildung 21 zeigt den durchschnittlichen täglichen Stromverbrauch für den jeweiligen Monat des Kühlgerätes. Daraus ist zu erkennen, dass die Kühlung im Serverraum das ganze Jahr über sehr gleichmäßig ausgelastet ist. Starke, von Tag zu Tag unterschiedliche, Variabilität im Tagesprofil lassen auch in weiteren Analysen keinen Zusammenhang mit anderen Phänomenen wie Außentemperatur, Betriebszeit etc. herstellen. Dies deutet darauf hin, dass die Steuerung dieser Anlage optimiert werden kann und dass bei gleicher Betriebssicherheit des Servers weniger Energie für die Kühlung erforderlich ist.

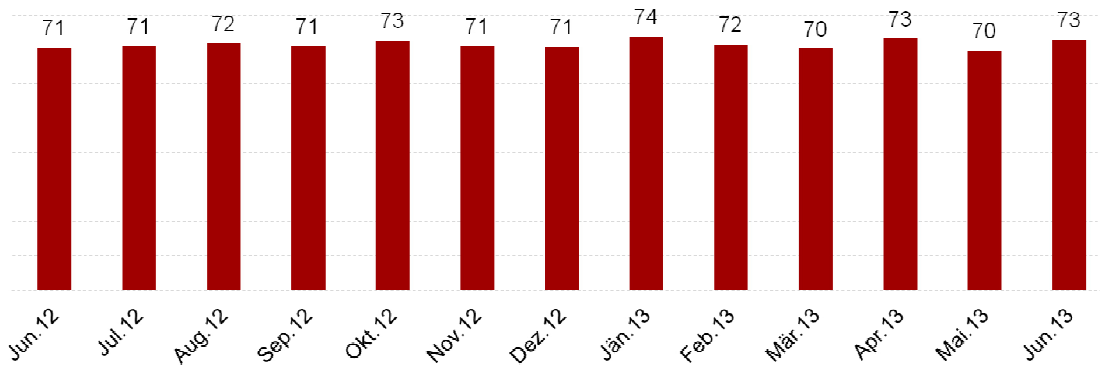


Abbildung 21: Durchschnittlicher täglicher Stromverbrauch des Kühlgeräts Serverraum in kWh pro Tag im Monat

Fazit

Es sollte überprüft werden, ob die Steuerung des Kühlgerätes im Serverraum an den tatsächlichen Kühlbedarf des Serverraumes angepasst ist. Mittels Optimierung dieser Steuerung kann Energie gespart werden, ohne dass dabei die Zuverlässigkeit des Serverbetriebes verringert wird.

5.2.4.3 Stromverbrauch

Wie in Abbildung 18 dargestellt, kommen im EVM des Bürogebäudes sieben Stromzähler zum Einsatz. An der Wurzel des Stromnetzes im Haus wurde der Hauptstromzähler angebracht mit dem der gesamte Stromverbrauch des Objekts mit Ausnahme der Wärmepumpe für die Heizung erfasst wird. Alle weiteren Stromzähler erfassen spezifische Unterstromnetze die von Interesse für die Auswertung sind. Dabei ist zu beachten, dass die Unterzähler nicht so angeordnet werden konnten, dass durch diese sämtliche Unternetze erfasst werden. Somit wurden nicht alle Verbraucher im Gebäude erfasst und es ergibt sich eine Differenz zwischen der Summe der Unterzähler und dem Hauptzähler. (Siehe Kapitel 5.5.3: Messung Stromaufnahme Wärmepumpe) Daher wurde mittels einer konservativen Abschätzung des Strombedarfs der Wärmepumpe (Jahresarbeitszahl 2,5) der nicht gemessene, verbleibende Stromverbrauch sonstiger Geräte auf 10 MWh geschätzt. Im Zeitraum 1.6.2012 bis 1.6.2013 wurden in Summe (ohne der elektrischen Energie für die Wärmepumpe) 68,8 MWh (32,9 kWh/m²) elektrische Energie aus dem Stromnetz bezogen. Der Jahresverbrauch vor der Sanierung betrug 92,4 MWh (40,8 kWh/m²). Im Messzeitraum nach der Sanierung wurden somit, unter Annahme der Abschätzung siehe oben, um 5,0 t weniger CO₂-Emissionen als im Vergleichszeitraum vor der Sanierung für die Deckung des Strombedarfs verursacht.

Fazit

Es sollte überprüft werden, welche elektrischen Energieverbraucher durch die nicht vom EVM erfassten Unterzweige des Stromnetzes versorgt werden. Durch die weitere Analyse dieser Zweige könnten weitere Optimierungspotentiale ausgemacht werden.

Beleuchtung

Die Beleuchtung des Bürogebäudes wird tageslichtabhängig gesteuert und berücksichtigt die Anwesenheit von Personen. Dementsprechend steigt, wie in Abbildung 22 ersichtlich, der Strombedarf der Beleuchtung im Jahresverlauf im Herbst und Winter an. Von Juni bis Oktober 2012 und von Mai bis Juni 2013 betrug die Maximalleistung 7,26 kW, von Oktober 2013 bis April 2013 betrug die Maximalleistung 9 kW. In Summe wurden von 1.6.2012 bis 1.6.2013 23,4 MWh (9,8 kWh/m²) elektrische Energie für Beleuchtungszwecke aus dem Stromnetz bezogen.

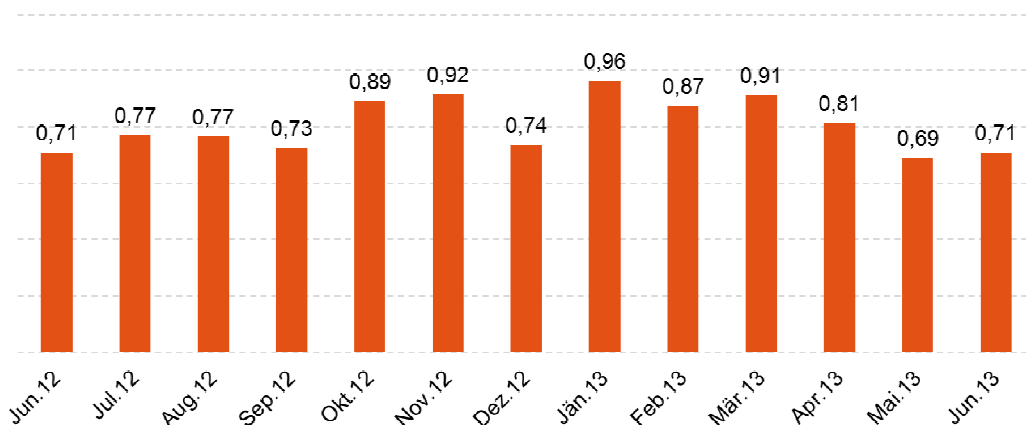


Abbildung 22: Monatsbilanz Stromzählers der Beleuchtung in kWh/m²

5.2.4.4 Behaglichkeit und CO₂-Konzentration

Um die personenbezogenen Komfortparameter im Gebäude zu erfassen, wurden an verschiedenen Stellen relative Feuchtigkeit, Temperatur und der CO₂-Gehalt der Luft gemessen.

Die Auswertung der Messwerte ergab, dass die CO₂-Konzentration der Luft in beiden Büros überwiegend ausreichend niedrig ist, 50% der Messwerte sind im Bereich bis maximal 565 ppm. Die Maximalwerte der beiden Räume liegen bei 874 ppm (Büro 1) und 1028 ppm (Büro 2) und traten im Messzeitraum nur selten und sehr kurze Zeit, meist kurz vor 12:00, auf. Somit ist der maximal zulässige Grenzwert am Arbeitsplatz von 5000 ppm zu keinem Zeitpunkt annähernd erreicht. Die manuelle Fensterlüftung der betrachteten Büros ist diesbezüglich ausreichend. Im Jahresprofil ist wie zu erwarten zu sehen, dass mit sinkender Außentemperatur die CO₂-Konzentration etwas ansteigt, was darauf hinweist, dass in diesen Zeiten seltener und kürzer gelüftet wird. Davon abgesehen lassen die Tagesprofile eine

zeitlich stark verschobene Nutzung von Büro 1 und 2 vermuten. Wie in Abbildung 23 exemplarisch dargestellt, zeigt Büro 1 das erwartete Profil mit höheren CO₂-Konzentrationen zwischen 7h und 17h. Im Büro 2 hingegen ist dieses Profil in die frühen Morgenstunden von 1h bis 9h verschoben. Dies lässt vermuten, dass im Büro 2 um diese Tageszeit Personen anwesend sind.

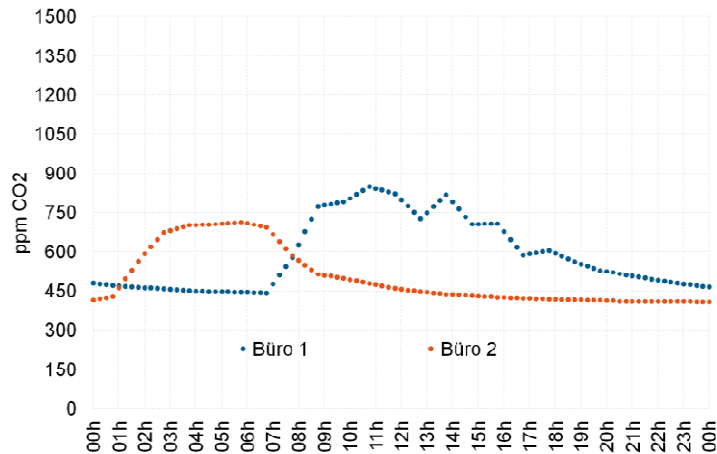


Abbildung 23: Tagesverlauf der CO₂ Konzentration am 22.02.2013

Fazit

Das Tagesprofil der CO₂-Konzentration ist meist in die frühen Morgenstunden verschoben und lässt sehr frühe Anwesenheitszeiten vermuten. Es sollte das Messergebnis mit den Anwesenheitszeiten verglichen werden, um die Daten plausibilisieren zu können.

Abbildung 24 zeigt die Komfortdiagramme¹² für die exemplarisch gewählten Büros im Gebäude. Bis auf den Winter und einige extreme Sommertage liegen die Messwerte innerhalb des Komfortbereichs. Im Winter trocknet die Raumluft aufgrund der stärkeren Beheizung zunehmend aus. Besonders augenscheinlich wird das im Büro 1, in dem besonders viel geheizt wird und die Temperatur im Bereich zwischen 23°C und 26°C liegt. Hier könnte das Austrocknen der Luft durch niedrigere Raumtemperaturen etwas reduziert werden. Stärker könnte diesem Phänomen mit einem aktiven Lüftungssystem mit Wärme- und Feuchterückgewinnung entgegengewirkt werden. Der Überwärmung im Sommer könnte mittels Nachtlüftungsmodus einer Lüftungsanlage ebenfalls stärker entgegengesteuert werden. Generell weichen die Messpunkte aber nicht sehr stark vom Komfortbereich ab: Es wurden keine Messwerte über 28°C und unter 23% relative Luftfeuchtigkeit aufgezeichnet.

¹² Erklärung Diagramm: In dieser Darstellung sollten möglichst alle Datenpunkte innerhalb der grünen Zone sein. Dieser Bereich kennzeichnet den Bereich mit Raumluftzuständen, die von den meisten Menschen als angenehm und komfortabel bezeichnet werden. Davon abweichend ist die Luft entweder zu trocken/zu feucht und/oder zu kalt/zu warm. Im Sinne der jahreszeitlichen Zuordenbarkeit sind die Datenpunkte für jedes Büro in die vier Zeitspannen Sommer bis Frühling unterteilt.

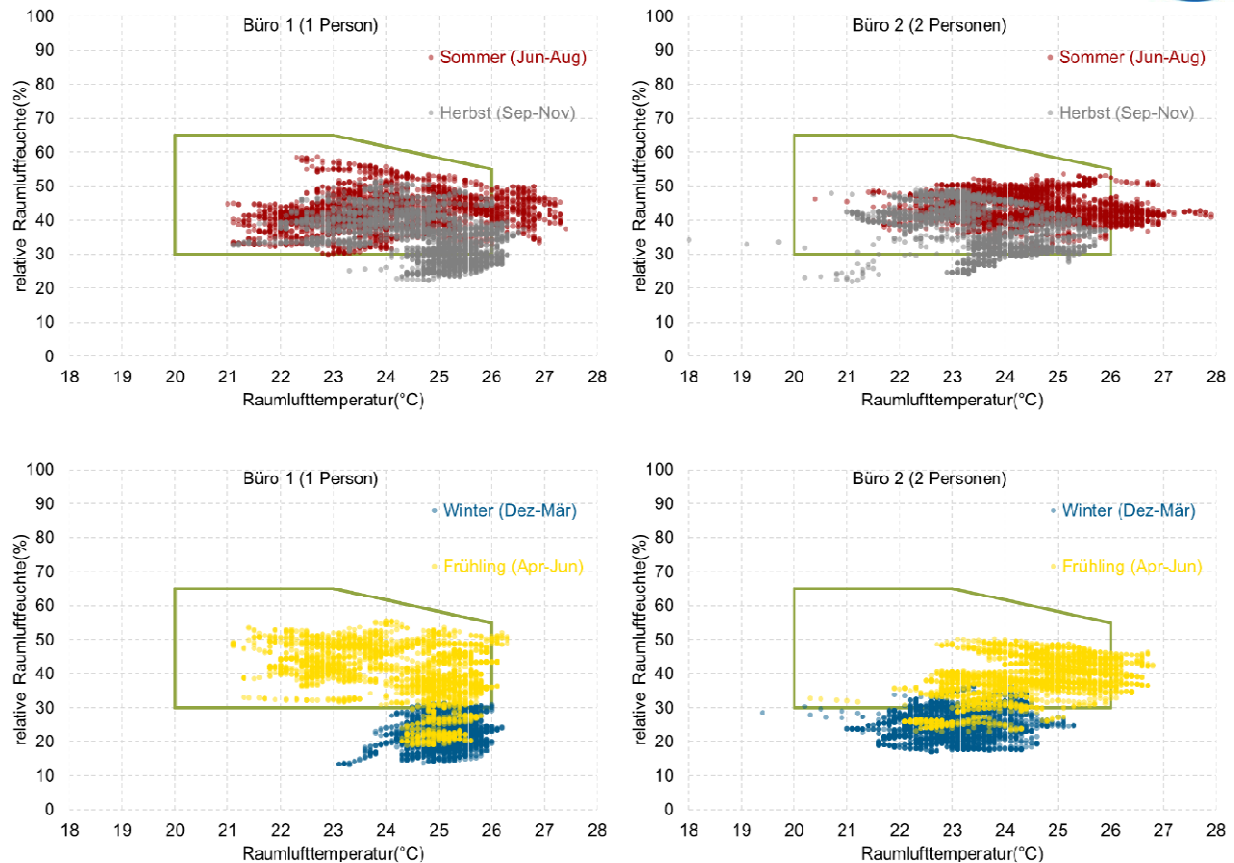


Abbildung 24: Komfortdiagramme; Wochenenden und Nachtstunden gefiltert

Fazit

Sind die Komforteinbußen in den Wintermonaten bezüglich der niedrigen Raumlufffeuchte für die Benutzer akzeptabel? Diesbezüglich ist eine Steigerung des Komforts durch Verwendung einfacher Luftbefeuchter (fraglich), einer Lüftungsanlage mit Feuchterückgewinnung oder Befeuchtungssystem möglich. All diese Maßnahmen gehen je nach System aber mit mehr oder weniger hohem Energieeinsatz und Kosten einher.

5.3 Raiffeisenbank Obdach-Weißkirchen

Allgemeine Projektbeschreibung

Die Raiffeisenbank Obdach-Weißkirchen sanierte ihre Bankstelle in Weißkirchen mit umfassenden Maßnahmen thermisch. Dabei wurden die oberste Geschosßdecke, die Wände und Decken gegen unbeheizte Räume, die Flachdächer und die Fassade mit entsprechender Wärmedämmung versehen, die bestehenden Fenster und Alu-Portale wurden durch energieeffiziente Konstruktionen (Dreischeiben-Verglasung, wärmegeämmte Profile) ersetzt.

Ausgangszustand:

<i>Eigentümer/ Betreiber</i>	<i>Raiffeisenbank Obdach/ Weisskirchen eGen</i>
<i>Ansprechpartner / Kontaktpersonen</i>	<i>Harald Pessenhofer</i>
<i>Standort</i>	<i>A- 8741 Weisskirchen, Kärntner Straße 7</i>
<i>Gebäudetyp</i>	<i>Bankfiliale</i>
<i>Errichtungsjahr Bestandsgebäude</i>	<i>1976</i>
<i>Größe (BGF)</i>	<i>826,7 m² vor Sanierung</i> <i>899,2 m² nach Sanierung</i>

5.3.1 Sanierungsmaßnahmen (Gegenüberstellung Alt-Neu)

5.3.1.1 Gebäudehülle

Die Raiffeisenbankfiliale in Obdach-Weißkirchen besteht aus 3 Geschossen (KG, EG und OG1). Das Kellergeschoss mit kompakt rechteckigem Grundriss wird teilweise direkt für Bankzwecke, teilweise für die Haustechnik verwendet. Das Erdgeschoss mit etwas größerem Grundriss und komplexerer Form dient der Nutzung als Bankfiliale mit öffentlichem Zugang und Back-Office-Bereichen. Das Obergeschoss mit etwas kleinerer Grundfläche wird zu 1/3 von der Bank als Sitzungssaal und Aufenthaltsbereich (Küche) genutzt, die restlichen 2/3 werden vermietet. Die oberste Geschossdecke grenzt an den unbeheizten Dachraum (Satteldach). Im Zuge der Sanierung wurden die massiven Außenwände mit 30 cm dicken Mineralschaumplatten, die massive oberste Geschossdecke mit 40 cm EPS-Platten und die Kellerdecke mit 10 cm Mineralschaumplatten wärmegeämmt. Die Fenster im Erdgeschoss wurden durch neue Modelle mit Dreischeibenverglasung ersetzt. Die Brutto-Grundfläche betrug vor der Sanierung 826,66 m² und nach der Sanierung 899,19 m². Der Fensterflächenanteil des Gebäudes (36%) ist moderat und die Fenster sind größtenteils an der Nord- und Westfassade zur Straße hin angeordnet. Die neuen Fenster im Erdgeschoss weisen einen U-Wert von 0,9 W/m²K und einen g-Wert von 0,48 auf. Die im Obergeschoss verbleibenden Fenster weisen einen U-Wert von 1,36 W/m²K und einen g-Wert von 0,58 auf.

Neu installiert wurde außerdem eine außenliegende Verschattung der Fenster an der Süd- und der Westfassade mittels Raffstores.

5.3.1.2 Gebäudetechnik

Heizen, Warmwasser, Kühlen, Lüften,

Der bestehende Fernwärmeanschluss der Bankfiliale wurde beibehalten, die Anschlussleistung wurde jedoch von 80 kW auf 20 kW reduziert. Das Warmwasser wurde und wird mittels Untertischspeicher elektrisch aufgeheizt. Vor als auch nach der Sanierung kamen keine Kühl- und Lüftungsgeräte zum Einsatz.

Beleuchtung, Verschattungseinrichtungen

Die Beleuchtungstechnik der Raiffeisenbank wurde während der Sanierung nicht verändert.

Photovoltaik, Solarthermie, sonstige Anlagen

Am Satteldach der Bankfiliale wurde eine 127 m² große Photovoltaikanlage mit 18,9 kWp installiert.

5.3.1.3 Heizenergiebedarf (Energieausweisberechnung)

Tabelle 13 zeigt die im Energieausweis berechneten Werte des Heizwärmebedarfs des Gebäudes im Referenzklima vor und nach der Sanierung. Die Energieausweisberechnung weist eine Reduktion des HWB-ref* um 153,9 kWh/m²a (=81,6%) im Zuge der Sanierung aus.

HWB-ref* lt. Energieausweis	
Vor Sanierung	Nach Sanierung
kWh/m ² a	kWh/m ² a
189	35

Tabelle 13: Vergleich Energiekennzahlen

5.3.2 EVM-Schema

Um das Energieverbrauchsverhalten und die Komfortparameter des Gebäudes nach der Sanierung bewerten zu können, wurde ein Monitoringsystem installiert. Dieses misst an relevanten Punkten in der Haustechnikanlage und im Gebäude Parameter wie zum Beispiel:

- Lufttemperatur

- Luftfeuchtigkeit
- Wärmemengen
- Stromverbrauch
- CO₂-Gehalt der Luft.

Die konkreten Datenpunkte in der Raiffeisenbank sind Abbildung 25 dargestellt. Das Monitoringsystem erfasst die Messwerte und Zählerstände viertelstündlich und speichert diese ab.

Zur Auswertung für diesen Bericht wurden Daten aus dem Monitoringsystem im **Messzeitraum** von 1.6.2012 bis 1.6.2013 herangezogen.

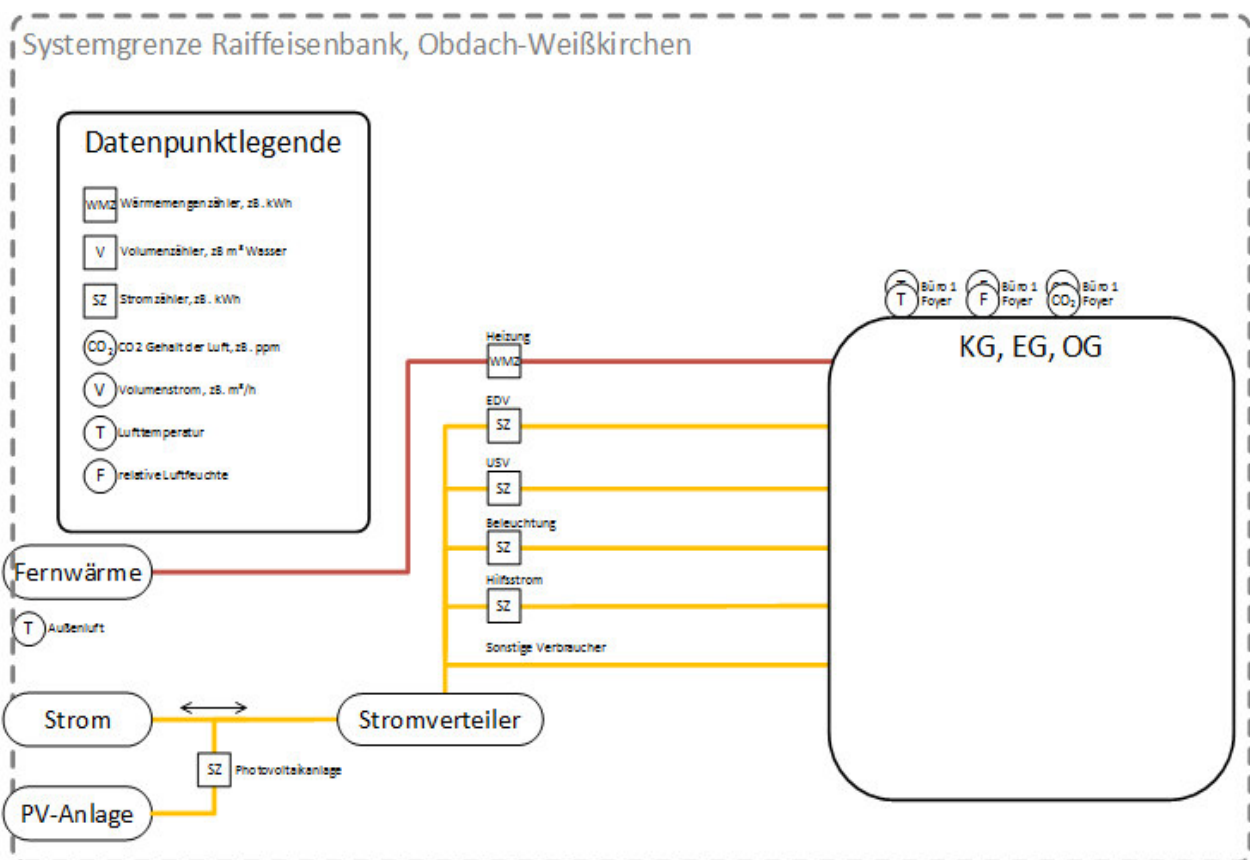


Abbildung 25: EVM-Schema mit Datenpunkten

5.3.3 Wirkt die Mustersanierung? Vergleich vor und nach Sanierung

Vor Sanierung	Nach Sanierung	Nach Sanierung
Verbrauch	Planung	EVM
t/a CO ₂	t/a CO ₂	t/a CO ₂
0	0	0

Tabelle 14: Berechnete, CO₂-äquivalente Emissionen durch Endenergie Heizen

Vor Sanierung; BGF=826,7 m ²	Nach Sanierung; BGF=899,2 m ²	Nach Sanierung; BGF=899,2 m ²
Verbrauch	Planung ¹³	EVM
kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
317,5	40,5	30,4 ¹⁴

Tabelle 15: Vergleich Endenergie Heizen vor und nach Sanierung

Anteil erneuerbare Energieträger am Gesamtenergieverbrauch des Gebäudes

Rund 86% des Gesamtenergieverbrauchs wurden durch erneuerbare Energieträger gedeckt.

Zusammenfassung

Die Daten aus dem EVM zeigen, dass die geplanten Energieeinsparungen durch die Sanierungsmaßnahmen im vorliegenden Messzeitraum erreicht wurden.

Hinsichtlich der Behaglichkeit im Gebäude bestünde Optimierungspotential, wobei diese Maßnahmen mit Investitions- und laufenden Kosten für Strom verbunden wären.

Tabelle 15 zeigt den Vergleich der Endenergie¹⁵ für Heizzwecke vor und nach der Sanierung. Der Wert vor der Sanierung wurde im Zuge der Mustersanierung vom

¹³ Quelle Energieausweis: HEB nur für Raumheizung = HWB + HTEB-WW

¹⁴ Bereinigt mit HGT 12/20: Referenz Mittelwert der HGTs im Zeitraum 1. Juni bis 31. Mai der Jahre 08/09, 09/10, 10/11, 11/12 – HGT: 3882 Kd. Verglichen mit den HGTs im Messzeitraum 1.6.2012 bis 31.5.2013 – HGT = 3816 Kd. Im Messzeitraum gab es somit um 66 (2%) HGT weniger als im Referenzzeitraum. Damit ergibt sich eine Berichtigung des Wertes von 29,9 kWh/m²a auf 30,4 kWh/m²a.

¹⁵ Die Vergleichbarkeit des im Energieausweis berechneten Heizwärmebedarfs und Kühlbedarfs (HWB und KB) einer thermischen Gebäudezone mit gemessenen Wärmemengen ist aus mehreren Gründen nicht direkt gegeben. Einerseits sind die berechneten Werte für das Gebäude vor und nach der Sanierung gute Anhaltspunkte um die Verbesserung der thermischen Qualitäten des Objektes zu bewerten. Andererseits sind die gemessenen Werte stark vom tatsächlichen Wetter und Benutzerverhalten im jeweiligen Messzeitraum abhängig.

Projektverantwortlichen erfasst und stellt einen tatsächlichen Verbrauchswert über ein Jahr dar. Der Planwert nach der Sanierung wurde dem Energieausweis entnommen. Der im EVM ermittelte Wert nach der Sanierung repräsentiert die Endenergie für Heizzwecke aus dem Fernwärmeanschluss im Zeitraum von 1.6.2012 bis 1.6.2013.

Im Detail wurden von 1.6.2012 bis 1.6.2013 nach der Sanierung 26,9 MWh (29,9 kWh/m²; HGT bereinigt: 29,3 kWh/m²) aus dem Fernwärmenetz für Heizzwecke bezogen. Vor der Sanierung waren dies 262,5 MWh (317,5 kWh/m²). Da vor, als auch nach der Sanierung Energie aus dem Fernwärmenetz mit biogenen Brennstoffen bezogen wurde, ergibt dies CO₂-Emissionen vor und nach der Sanierung in der Höhe von 0 t. Die bei diesen Berechnungen verwendeten CO₂-Emissionsfaktoren wurden aus dem Dokument zur Förderungsberechnung für Betriebliche Umweltförderung der Kommunal Kredit Public Consulting entnommen und betragen für Fernwärme aus Biomasse 0 kg CO₂/kWh.¹⁶

Daher ergibt sich aufgrund der Diskrepanz zwischen dem tatsächlichen Messzeitraum und der theoretischen Berechnungsgrundlagen eine große Unsicherheit bezüglich der Vergleichbarkeit von Kennwerten zwischen Messung und Berechnung. Darüber hinaus sind HWB und KB theoretische Bedarfsgrößen einer thermischen Zone ohne messbaren Charakter. Gemessene Wärmemengen hingegen sind lokale zuordenbare Größen im Energieverteilsystem.

¹⁶ http://www.publicconsulting.at/uploads/_infoblatt_frdungsberechnung.pdf

5.3.4 Detaillierergebnisse Energieverbrauchsmonitoring

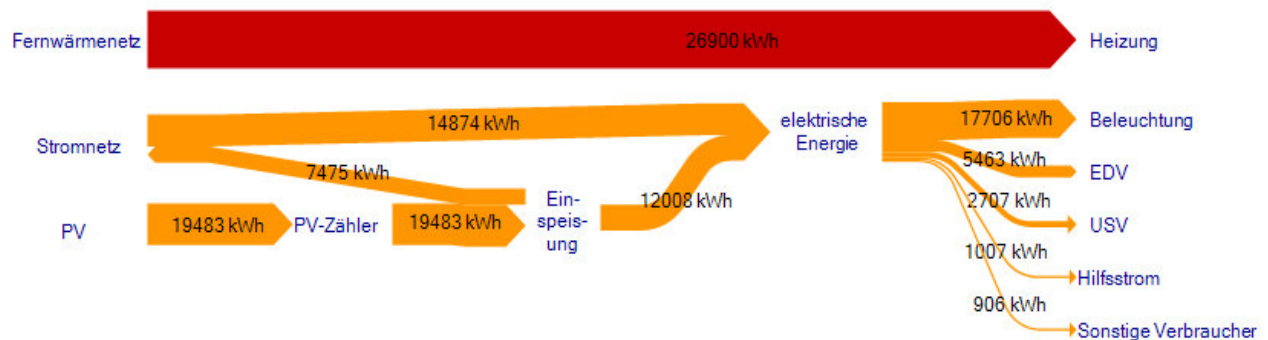


Abbildung 26: Energiefluss Bilanz 1.6.2012 bis 1.6.2013

5.3.4.1 Heizenergieverbrauch

Im sanierten Bürogebäude stellt weiterhin ein Fernwärmeanschluss mit niedrigerer Leistung (20 kW statt 80 kW) die Wärme für Heizzwecke zur Verfügung. Ein Wärmemengenzähler zeichnet die für Heizung bezogene Energie auf. In Abbildung 27 ist die Monatsbilanz dieses Datenpunktes Betrachtungszeitraum dargestellt. Darin ist zu erkennen, dass von Oktober 2012 bis April 2013 geheizt wurde und die Anlage in den restlichen Monaten nicht aktiv war. In Summe lieferte der Fernwärmeanschluss 26,9 MWh (29,92 kWh/m²) in das Heizsystem des Gebäudes.

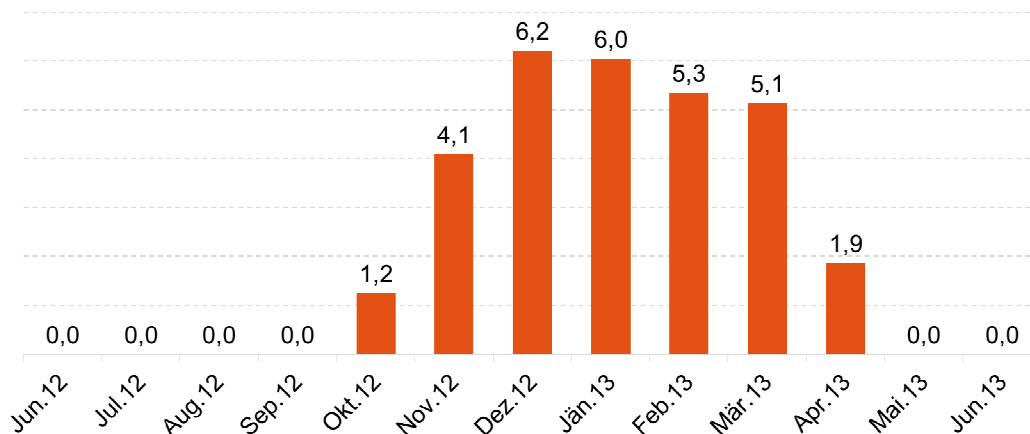


Abbildung 27: Monatsbilanz Fernwärmebezug in kWh/m²

Stromverbrauch

Wie in Abbildung 25 dargestellt, kommen im EVM des Bürogebäudes fünf Stromzähler zum Einsatz. An der Wurzel des Stromnetzes im Haus wurde kein Stromzähler angebracht. Die installierten Stromzähler erfassen spezifische Unterstromnetze die von Interesse für die Auswertung sind. Dabei ist zu beachten, dass die Unterzähler nicht so angeordnet wurden, dass durch diese sämtliche Unternetze erfasst werden. Daher liefert die Summe der

Unterzähler nicht den Gesamtzählerstand. In Summe zeichneten die Unterzähler im Betrachtungszeitraum 29,0 MWh elektrische Energie auf. Von 1.6.2012 bis 1.6.2013 beträgt der Verbrauch 26,9 MWh (30 kWh/m²). Der Jahresverbrauch vor der Sanierung betrug 33,7 MWh (41 kWh/m²).

Beleuchtung

Am Beleuchtungssystem der Bankfiliale wurden im Zuge der Sanierung keine wesentlichen Veränderungen vorgenommen. Der Energiebedarf der Beleuchtung ist über das ganze Jahr relativ gleichmäßig verteilt. Die maximale Leistung betrug 6,1 kW. Insgesamt wurden von 1.6.2012 bis 1.6.2013 17,7 MWh (20 kWh/m²) Strom für die Beleuchtung gebraucht. In detaillierten Analysen der Messwerte waren keine Auffälligkeiten, die auf Fehlfunktionen hinweisen würden, zu erkennen. Die Steuerung der Beleuchtung ist zum Großteil an den Bedarf, also die Öffnungs- und Arbeitszeiten der Bankfiliale angepasst und optimiert.

Abbildung 28: Tages- und Wochengang der Beleuchtung von Juni bis Oktober zeigt jedoch, dass über die Mittagspause (12:00 bis 14:00 Uhr) kein Ausschalten des Lichts stattfindet.

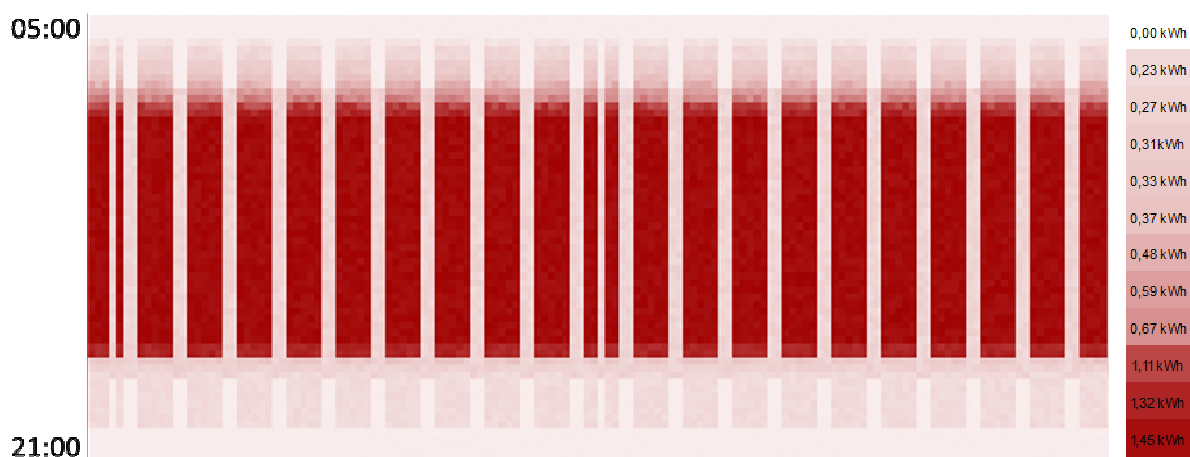


Abbildung 28: Tages- und Wochengang der Beleuchtung von Juni bis Oktober

Fazit

Der Strombedarf für Beleuchtung während der Mittagspause beträgt an die 3.500 kWh/a. Dies entspricht dem Jahresstromverbrauch eines durchschnittlichen Österreichischen Haushalts.

Bezugnehmend auf die Mittagspause besteht in jedem Fall Optimierungspotential. Ein Tausch der Leuchtmittel auf LED wäre ebenfalls anzudenken.

Photovoltaikanlage

Am Dach des Bankgebäudes wurde im Zuge der Sanierung eine 127 m² große Photovoltaikanlage mit 18,9 kWp installiert. Die Anlage funktioniert als Überschusseinspeisung, sprich vorhandene Energie wird bei Bedarf primär dem Gebäude zugeführt, der Überschuss wird ins Netz eingespeist. Im Zeitraum von 1.6.2012 bis 1.6.2013 lieferte diese Anlage 19,5 MWh elektrische Energie bei einer Maximalleistung von 18,4 kW. Die Spitzenleistung der Anlage liegt somit knapp unter dem Planwert 18,9 kWp, der Ertrag liegt um 0,5 MWh über dem Planwert. Die Analyse der Gleichzeitigkeit zwischen allen Verbrauchszählern und dem PV-Stromzähler zeigt, dass im genannten Zeitraum 45% des Stromverbrauchs der Bank durch den Ertrag der Photovoltaikanlage gedeckt wurden. Abbildung 29 zeigt den Deckungsgrad der PV-Anlage. Würde die insgesamt von der Photovoltaikanlage gelieferte Energie konventionell aus dem Stromnetz bezogen werden, so entspräche dies (mit einem Emissionsfaktor von 0,37 kg CO₂/kWh) einer Emission von 7,2 t CO₂.

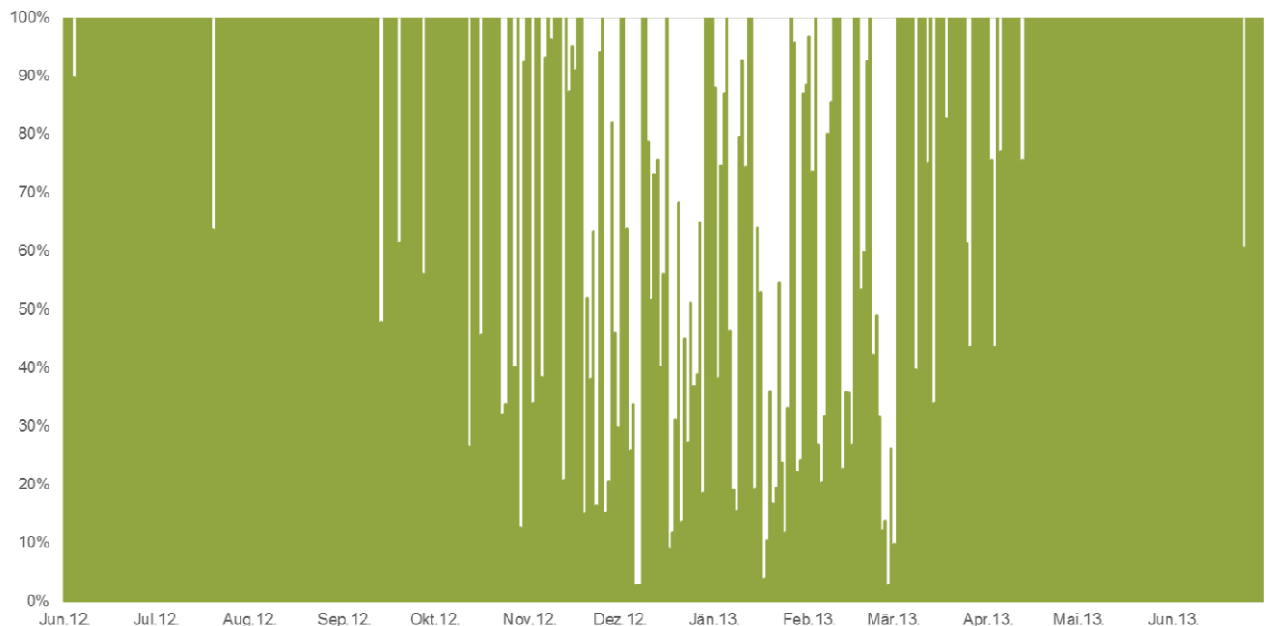


Abbildung 29: Deckungsgrad der PV-Anlage gegenüber dem elektr. Lastprofil der Raiffeisenbank Obdach-Weißkirchen

Fazit

Die Photovoltaikanlage lieferte 19,5 MWh/a bei einer Maximalleistung von 18,4 kW. 45% des gemessenen Stromverbrauchs konnten direkt durch den Ertrag der Photovoltaikanlage gedeckt werden. Die Planwerte bezüglich Ertrag wurden dabei um 0,5 MWh überschritten und bezüglich der Spitzenleistung um 0,5 kW unterschritten.

5.3.4.2 Behaglichkeit und CO₂-Konzentration

Um die personenbezogenen Komfortparameter im Gebäude zu erfassen, wurden an verschiedenen Stellen relative Feuchtigkeit, Temperatur und der CO₂-Gehalt der Luft gemessen.

Die Auswertung der Messwerte ergab, dass die CO₂-Konzentration der Luft in beiden Büros überwiegend ausreichend niedrig ist, 50% der Messwerte sind im Bereich von maximal 584 ppm. Die Maximalwerte liegen bei 1.087 ppm (Büro) und 880 ppm (Foyer) und traten im Messzeitraum nur an drei Tagen Ende Oktober 2012 auf. Die Tagesmaxima treten meist zu Mittag und zur Nachmittagszeit auf. Der maximal zulässige Grenzwert am Arbeitsplatz von 5.000 ppm ist zu keinem Zeitpunkt annähernd erreicht. CO₂-Konzentrationen bis 1.000 ppm werden von Personen als angenehm empfunden. Die manuelle Fensterlüftung der betrachteten Büros ist diesbezüglich ausreichend. Im Jahresprofil ist zu sehen, dass mit sinkender Außentemperatur die CO₂-Konzentration etwas ansteigt, was darauf hinweist, dass in diesen Zeiten weniger oft und kürzer gelüftet wird.

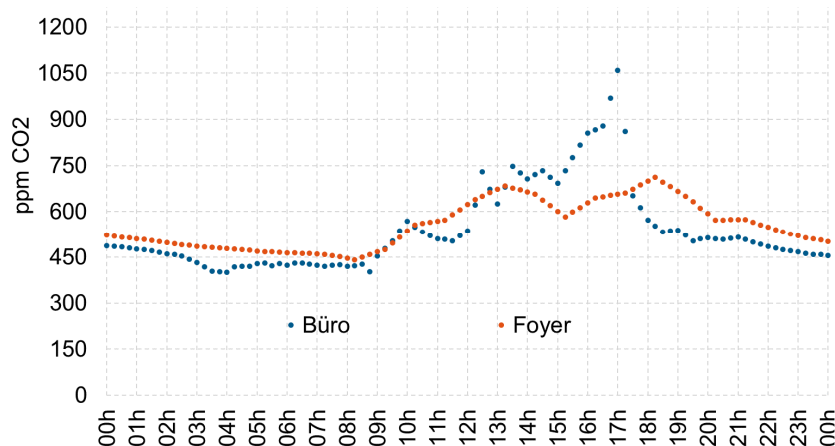


Abbildung 30: Tagesverlauf der CO₂ Konzentration vom 22.02.2013

Abbildung 31 zeigt die Komfortdiagramme¹⁷ für Büro und Foyer. Im Sommer treten in beiden Zonen deutliche Überwärmungen mit bis zu 28°C und bis zu 68% relative Luftfeuchtigkeit auf. Im Herbst und Frühling liegen die Messpunkte Größtenteils im Komfortbereich. Im Frühling wurden jedoch ebenfalls Überwärmungen bis 28°C aufgezeichnet. Im Winter liegt etwa die Hälfte der Messwerte außerhalb des Komfortbereichs, wobei hier die relative Luftfeuchtigkeit problematisch ist und aufgrund der Beheizung auf bis zu 12% absinkt. Die Lufttemperaturen liegen in beiden Zonen innerhalb des Komfortbereichs, aber es ist deutlich

¹⁷ Erklärung Diagramm: In dieser Darstellung sollten möglichst alle Datenpunkte innerhalb der grünen Zone sein. Dieser Bereich kennzeichnet den Bereich mit Raumluftzuständen, die von den meisten Menschen als angenehm und komfortabel bezeichnet werden. Davon abweichend ist die Luft entweder zu trocken/zu feucht und/oder zu kalt/zu warm. Im Sinne der jahreszeitlichen Zuordenbarkeit sind die Datenpunkte für jedes Büro in die vier Zeitspannen Sommer bis Frühling unterteilt.

zu erkennen, dass das Büro im Durchschnitt auf ein niedrigeres Temperaturniveau konditioniert wird, als das Foyer. Im Büro herrschen meist Temperaturen von 20°C bis 23°C, im Foyer 21,5°C bis 24°C.

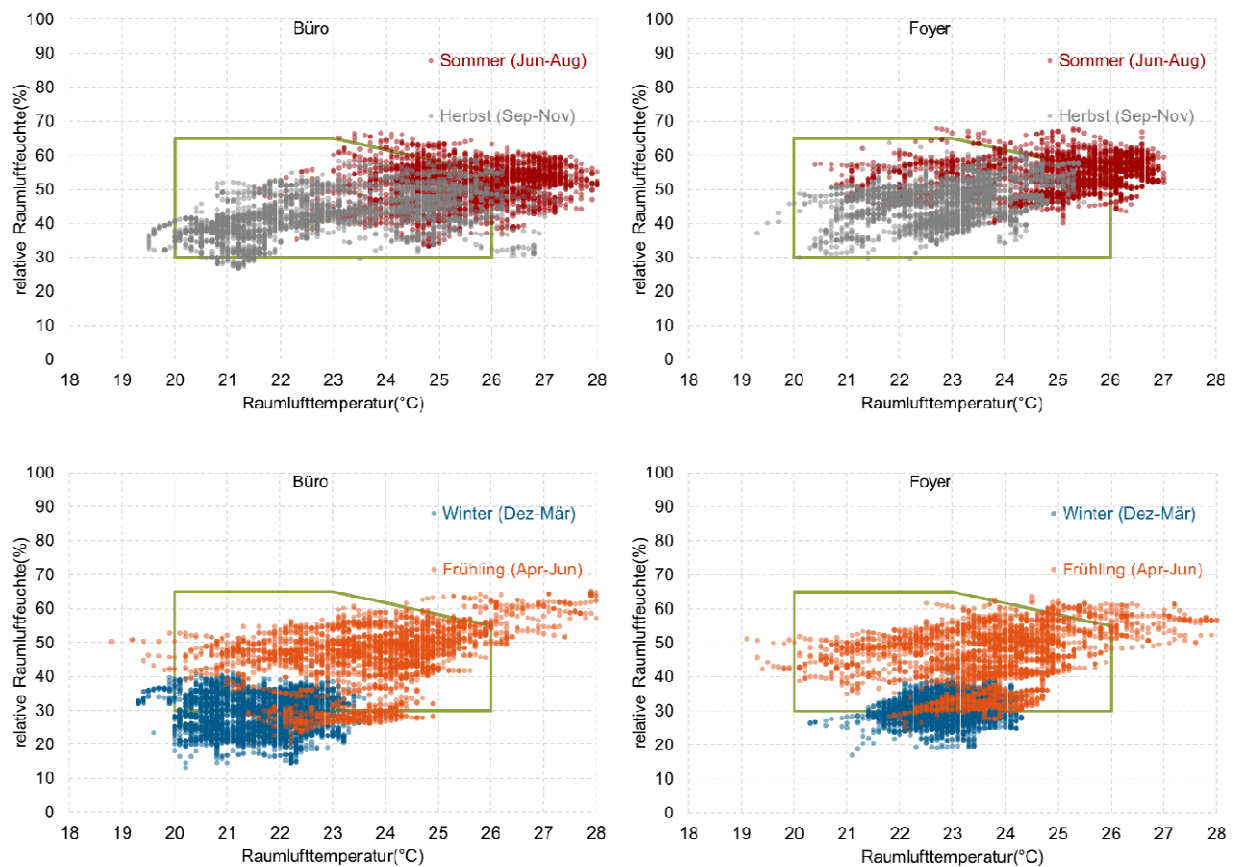


Abbildung 31: Komfortdiagramme; Wochenenden und Nachtstunden gefiltert

Fazit

Ist die trockene Raumluft (niedrige Raumluftfeuchte) in den Wintermonaten für die Nutzer akzeptabel¹⁸? Diesbezüglich wäre eine Steigerung des Komforts durch Verwendung von mobilen Luftbefeuchtern möglich. Ein Einbau einer Lüftungsanlage mit Feuchterückgewinnung oder Befeuchtungssystem könnte ebenfalls Abhilfe schaffen. Diese Maßnahme erscheint jedoch aufgrund der erst getätigten Generalsanierung als nicht realistisch. All diese Maßnahmen gehen, je nach System, mit einer Erhöhung des Energieverbrauchs und damit der Betriebskosten einher.

Im Frühling und Sommer tritt starke Überwärmung auf, die wahrscheinlich von inneren Lasten und der Außenlufttemperatur verursacht werden. Eine Fensterlüftung – am besten

¹⁸ Trockene Luft in Räumen geht nicht mit einer thermischen Sanierung einher. Diese Problematik tritt generell in beheizten Räumen auf.

Querlüftung – über die Nachtstunden wäre eine kostenlose Möglichkeit, um dem entgegen zu wirken. Die Reduktion der internen Lasten (z.B. energieeffiziente sowie leistungsarme EDV-Geräte) würde der Überwärmung ebenfalls entgegenwirken.

Der Einbau einer mechanischer Lüftung, Befeuchtung und Kühlung bedingen Komfortgewinne aber auch einen höheren Energieeinsatz und CO₂-Emissionen.

Eine Alternative wäre eine aktive Kühlanlage, die direkt von der Photovoltaikanlage gespeist wird. So würde zumindest kein Strom aus dem öffentlichen Netz für Kühlzwecke verwendet werden.

5.4 ATS

Allgemeine Projektbeschreibung

Die Firma ATS-Datenverarbeitung ist im Bereich Forschung-, Entwicklung und Produktion von Elektronik und Software für Gebäude- und Sicherheitstechnik tätig. Auf dem Firmengelände in Gruberau im Wienerwald (NÖ) befinden sich drei Gebäude: das Hauptgebäude sowie zwei verbundene Entwicklungsgebäude.

Das Hauptgebäude wurde bereits 1998 thermisch saniert. Konsequenterweise wurden jetzt die beiden Entwicklungsgebäude mit einer gesamten Bruttogeschossfläche von 670,9 m² zeitgemäß saniert. Die Gebäudehülle wurde thermisch verbessert und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sowie einem 30 m langen Luft- Erdreich Wärmetauscher eingebaut.

Die Effizienz der vorhandenen Wärmepumpe wurde durch zwei zusätzliche Tiefenbohrungen sowie aktive Regeneration des Erdreichs durch Kühlen der Zuluft im Sommer verbessert. Die Kunstlichtanlage wurde mit einer tageslicht- und bewegungsabhängigen Steuerung nachgerüstet und ineffiziente Leuchtmittel wurden auf LED umgestellt. Im Bereich der Raumheizung und -kühlung kam eine neue Einzelraumregelung mit Präsenzerfassung zum Einsatz. Zusätzlich wurde eine 75 m² Photovoltaikanlage errichtet. Das Gebäude verfügt bereits über eine thermische Solaranlage, die zur Warmwasserbereitung für die Kantine und zur Heizungsunterstützung eingesetzt wird.

Ausgangszustand:

<i>Eigentümer/ Betreiber</i>	<i>ATS GesmbH&Co KG</i>
<i>Ansprechpartner / Kontaktpersonen</i>	<i>Dr. Franz J. Brichacek</i>
<i>Standort</i>	<i>A-2392 Wienerwald, Gruberau 48</i>
<i>Gebäudetyp</i>	<i>Bürogebäude</i>
<i>Errichtungsjahr Bestandsgebäude</i>	<i>1989</i>
<i>Größe (BGF)</i>	<i>670,9 m² vor und nach Sanierung</i>

5.4.1 Sanierungsmaßnahmen (Gegenüberstellung Alt-Neu)

5.4.1.1 Gebäudehülle

Das Büro- und Produktentwicklungsgebäude besteht aus zwei unterschiedlich großen und mit einer Brücke verbundenen Gebäudeteilen. Der größere Komplex, indem der Haupteingang, Büros, die Entwicklung und Produktion, ein Lager, eine Werkstatt sowie ein Demonstrationsraum situiert sind, ist ebenerdig mit einem Flachdach und teilweise großen Glasfassaden ausgeführt. Dieser Gebäudeteil weist eine Brutto-Grundfläche von 420,2 m² auf. Das kleinere Objekt beinhaltet einen Besprechungsraum, einen Aufenthaltsraum mit

Küche sowie weitere kleine Büros und hat eine Brutto-Grundfläche von 250,7 m². Im Zuge der Sanierung wurden die bestehenden Fassadenflächen und die Dachkonstruktion mit einer Wärmedämmschicht neu hergestellt und die opaken Fassadenelemente getauscht. Die Außenwände des Gebäudes wurden in einer mit 18 cm EPS Wärmedämmung ausgebildet und weisen einen U-Wert von 0,08 W/m²K auf. Die Dachkonstruktion mit einer 30 cm dicken Schicht EPS weist einen U-Wert von 0,12 W/m²K auf. Die neuen Fenster mit 3-Scheibenverglasung haben einen U-Wert von 0,7 W/m²K. Das Besondere an den meisten der großflächigen Fassadenteile ist die Funktion der Verschattung mittels elektrisch schaltbarer Gläser. Dabei werden durch Anlegen einer elektrischen Spannung die Gläser automatisch verdunkelt.

5.4.1.2 Gebäudetechnik

Heizen, Kühlen, Lüften, Warmwasser

Schon vor der Sanierung war eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden, einer elektrischen Antriebsleistung von 3,5 kW und einer thermischen Heizleistung von 16,9 kW in Betrieb. Diese erzielte eine Jahresarbeitszahl von 4,09. Als Kältemittel kommt R407C zum Einsatz. Eine zirka 60 m² Solaranlage dient zur WW-Aufbereitung und Heizungsunterstützung. Mittels Radiatoren und einer Fußbodenheizung wird Wärme in die Räume eingebracht. Im Sommer wird die Zuluft über Luft-Erdwärmetauscher vorgekühlt und über die Freie-Kühlung der Erdsonden gekühlt. Die Frischluft wird über drei dezentrale Lüftungsgeräte bereit gestellt.

Beleuchtung, Verschattungseinrichtungen

Die Beleuchtung wurde mit Präsenzmeldern, einer tageslichtabhängigen Steuerung und dimmbaren LED-Leuchtmitteln ausgestattet. So können Beleuchtungsstärke und Farbtemperatur ferngesteuert und an die Mitarbeiter angepasst werden.

Südseitige Fensterflächen wurden mit einer Spezialfunktion versehen, welche sich durch Anlegen einer elektrischen Spannung automatisch verdunkeln.

Photovoltaik, Solarthermie, sonstige Anlagen

Photovoltaikanlage:	75 m ² (60 Module) mit einer Gesamtleistung von 14,4 kWp Realisiert als Überschusseinspeisung
Solaranlage:	59,4 m ² mit CPC Kollektoren

5.4.1.3 Heizenergiebedarf (Energieausweisberechnung)

Tabelle 16 zeigt die im Energieausweis berechneten Werte des Heizwärmebedarfs des Gebäudes im Referenzklima vor und nach der Sanierung.

		HWB-ref* lt. Energieausweis	
		Vor Sanierung	Nach Sanierung
		kWh/m²a	kWh/m²a
Gebäude (420,2m² _{BGF})	VHQ2	160,3	27,7
Gebäude (250,7m² _{BGF})	VHQ3	126,4	29,6

Tabelle 16: Vergleich Energiekennzahlen

5.4.2 EVM-Schema

Um das Energieverbrauchsverhalten und die Komfortparameter des Gebäudes nach der Sanierung bewerten zu können wurde ein Monitoringsystem installiert. Dieses misst an relevanten Punkten in der Haustechnikanlage und im Gebäude Parameter wie zum Beispiel:

- Lufttemperatur
- Wärmemengen
- Stromverbrauch

Das Monitoringsystem erfasst die Messwerte und Zählerstände viertelstündlich und speichert diese ab. Zur Auswertung für diesen Bericht wurden Daten aus dem Monitoringsystem im Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2013 herangezogen. Die Datenpunkte des EVM sind Abbildung 32 dargestellt.

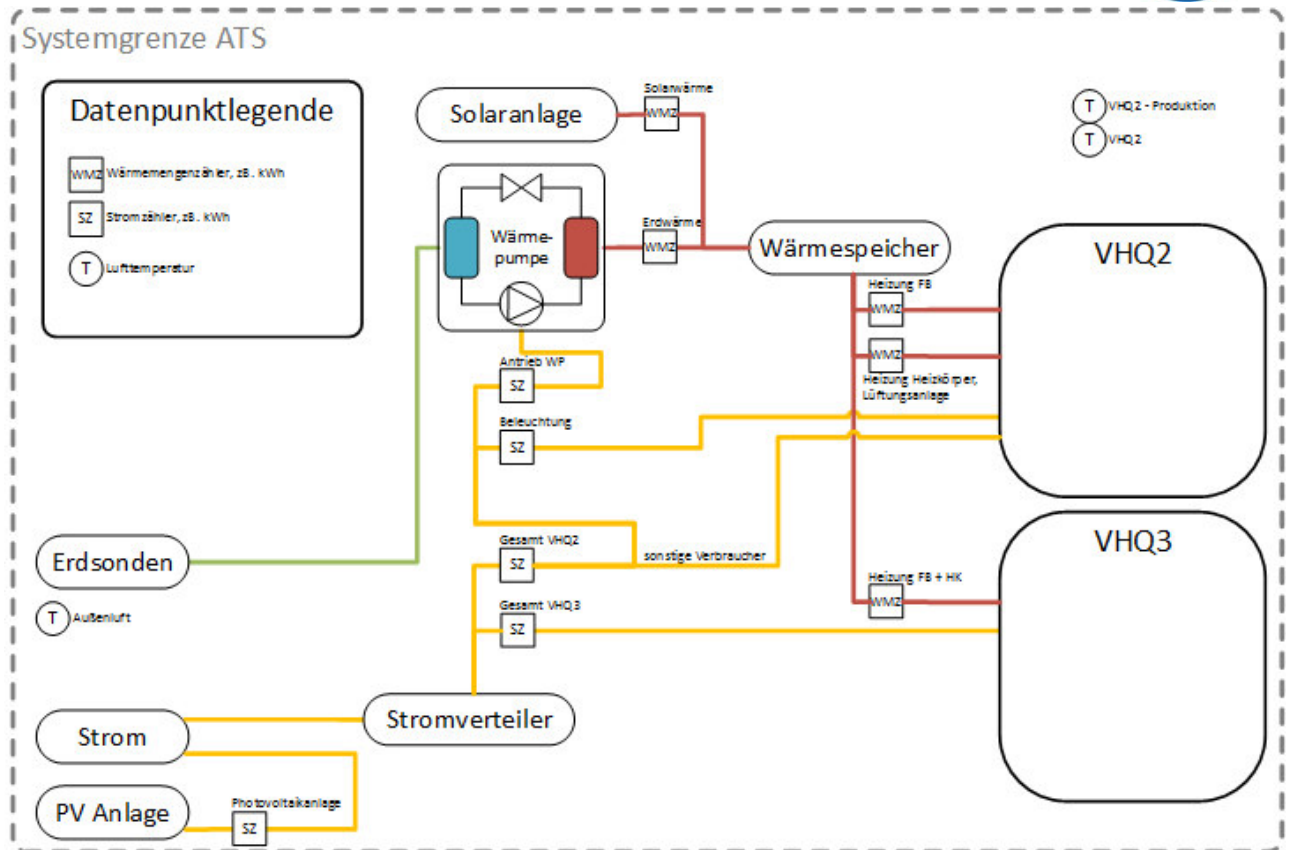


Abbildung 32: EVM-Schema mit Datenpunkten

5.4.3 Wirkt die Mustersanierung? Vergleich vor und nach Sanierung

Die folgenden CO₂-äquivalenten Emissionsergebnisse und Endenergieverbrauchs-
ergebnisse basieren auf den Angaben der Einreichunterlagen vor der Sanierung und den
gemessenen Werten durch das EVM nach der Sanierung sowie den CO₂ Faktoren aus der
KPC-Förderberechnung.

Vor Sanierung	Nach Sanierung	Nach Sanierung
Verbrauch	Planung	EVM
t/a CO ₂	t/a CO ₂	t/a CO ₂
16,5	2,1	2,02

Tabelle 17: Berechnete, CO₂-äquivalente Emissionen durch Heizen und Warmwasser

Vor BGF=670,9 m ²	Sanierung; Nach BGF=670,9 m ²	Sanierung; Nach BGF=670,9 m ²
Verbrauch	Planung	EVM
kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
66,31	8,4	8,15

Tabelle 18: Vergleich Endenergie Heizen und Warmwasser vor und nach Sanierung

Anteil erneuerbare Energieträger am Gesamtenergieverbrauch des Gebäudes

Rund 84% des Gesamtenergieverbrauchs wurden durch erneuerbare Energieträger gedeckt.

Zusammenfassung

Die Daten aus dem EVM im vorliegenden Messzeitraum zeigen, dass die geplanten Energieeinsparungen durch die Sanierungsmaßnahmen erreicht wurden.

Erläuterungen

Tabelle 18 zeigt den Vergleich der Endenergie¹⁹ für Heizen und Warmwasser vor und nach der Sanierung. Der Wert vor der Sanierung (Spalte 1) wurde im Zuge der Mustersanierung vom Projektverantwortlichen erfasst und stellt einen tatsächlichen Verbrauchswert über ein Jahr dar. Der Planwert nach der Sanierung (Spalte 2) wurde ebenfalls vom Projektverantwortlichen angegeben und stellt eine erste Schätzung auf Basis des Energieausweises dar. Der im EVM ermittelte Wert nach der Sanierung (Spalte 3) repräsentiert die Endenergie für den Betrieb von der Wärmepumpe, Solaranlage, Lüftungsanlage und sonstige Verbraucher, jedoch ohne Beleuchtung, im Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2013. Trotz des realen Charakters der Werte in Spalte 1 und 3, ist beim Vergleich dieser beiden Werte zu beachten, dass unterschiedliche Nutzung und Wetterbedingungen starken Einfluss auf den Betrag dieser Werte haben.

Im Messzeitraum nach der Sanierung wurde durch die Wärmepumpe 8.859 kWh Strom bezogen, um damit 28.752 kWh Wärme zur Verfügung zu stellen. Die PV-Anlage produzierte

¹⁹ Die Vergleichbarkeit des im Energieausweis berechneten Heizwärmebedarfs und Kühlbedarfs (HWB und KB) einer thermischen Gebäudezone mit gemessenen Wärmemengen ist aus mehreren Gründen nicht direkt gegeben. Einerseits sind die berechneten Werte für das Gebäude vor und nach der Sanierung gute Anhaltspunkte um die Verbesserung der thermischen Qualitäten des Objektes zu bewerten. Andererseits sind die gemessenen Werte stark vom tatsächlichen Wetter und Benutzerverhalten im jeweiligen Messzeitraum abhängig. Daher ergibt sich aufgrund der Diskrepanz zwischen dem tatsächlichen Messzeitraum und der theoretischen Berechnungsgrundlagen eine große Unsicherheit bezüglich der Vergleichbarkeit von Kennwerten zwischen Messung und Berechnung. Darüber hinaus sind HWB und KB theoretische Bedarfsgrößen einer thermischen Zone ohne messbaren Charakter. Gemessene Wärmemengen hingegen sind lokale zuordenbare Größen im Energieverteilungssystem.

innerhalb der zwölf Monate 14.057 kWh elektrische Energie. Zusätzlich wurden 6.787 kWh (10,1 kWh/m²) Strom aus dem EVU-Netz bezogen. Diese Menge elektrischer Energie aus dem Stromnetz verursacht CO₂-Emissionen in der Höhe von 2,5 t und 2,02 t wenn man den Beleuchtungsstrom von 1.319 kWh nicht berücksichtigt. Vor der Sanierung wurden 44.487,4 kWh (66,3 kWh/m²) in Form von Strom verbraucht. Dies entspricht 16,5 t CO₂. In Tabelle 17 sind die CO₂-Emissionen gegenübergestellt. Daraus ergibt sich für das vorliegende Gebäude im 1.1.2013 bis 31.12.2013 eine Einsparung von 14,48 t CO₂ im Vergleich zum Jahr vor der Sanierung. Die bei diesen Berechnungen verwendeten CO₂-Emissionsfaktoren wurden aus dem Dokument zur Förderungsberechnung für Betriebliche Umweltförderung der Kommunal Kredit Public Consulting entnommen.²⁰

5.4.4 Detailergebnisse Energieverbrauchsmonitoring

5.4.4.1 Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass die Sanierung wirkt und die Haustechnik bis auf die Wärmelieferung durch die Solaranlage gut funktioniert.

5.4.4.2 Energieflussbild

Die Abbildung 33 zeigt das Energieflussbild des Gebäudes der Firma ATS.

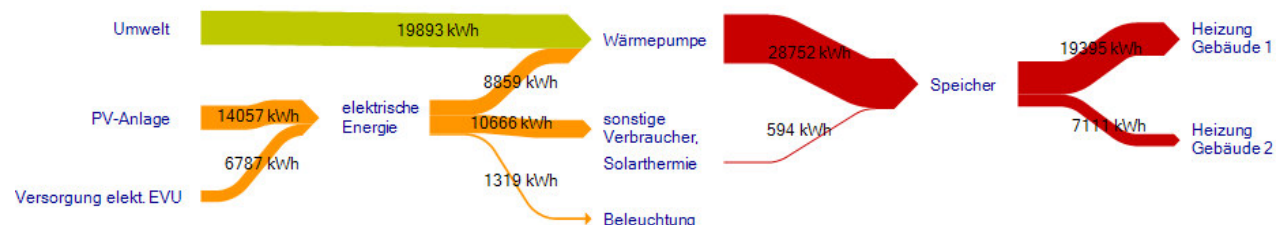


Abbildung 33: Energiefluss Bilanz 1.1.2013 bis 31.12.2013

5.4.4.3 Heizwärmeverbrauch

Im sanierten Bürogebäude stellt eine Sole-Wasser Wärmepumpe mit Erdsonden u.a. die Wärme für Heizzwecke zur Verfügung. Drei Wärmemengenzähler für VH2 und 3 zeichnen die Wärmemenge auf, die an Radiatoren und Fußbodenheizung geschickt wird. In Abbildung 34 ist die Monatsbilanz dieser Heizwärme in kWh/m²_{BGF} im Betrachtungszeitraum dargestellt.

Heizwärmeverbrauch: 26.506,00 kWh/a

²⁰ http://www.publicconsulting.at/uploads/_infoblatt_frderungsberechnung.pdf

Heizwärmeverbrauch spez.: 39,5 kWh/m²_{BGFa}

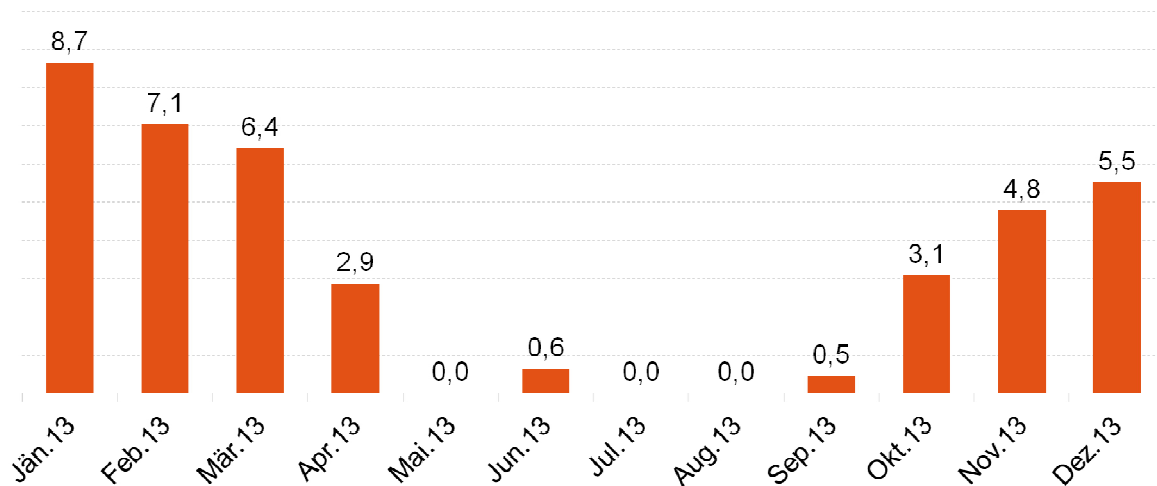


Abbildung 34: Monatsbilanz Heizwärme in kWh/m²

Im Juni wurde geheizt, da die Außenlufttemperatur unter 10°C und die Raumlufttemperatur unter 20°C sank.

Wärmepumpe

Die Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden dient zur Erwärmung des Speichers für die Heizkreise im Winter. Die Erdsonden werden zu dem im Sommer zur freien Kühlung der Zuluft verwendet.

Gelieferte Wärmemenge:	28.752 kWh
Stromverbrauch:	8.859 kWh
Jahresarbeitszahl:	3,25

Fazit

Bei den gemessenen Werten der Wärmepumpe ist zu beachten, dass beim Stromverbrauch auch der Verbrauch der Pumpe für den Kühlkreislauf der Lüftungsanlagen mit gemessen wurde. Somit ist das Ergebnis der Jahresarbeitszahl (JAZ) nicht ganz korrekt. Im Vergleich ist die aktuelle JAZ gegenüber der JAZ vor der Sanierung von 4,09 deutlich geringer, dem sollte nachgegangen werden.

Solaranlage

Die Solaranlage dient zur Warmwasserbereitung und zur Heizungsunterstützung.

Gelieferte Wärmemenge:	594 kWh/a
------------------------	-----------

Fazit

Die gelieferte Wärmemenge von einer zirka 60 m² große Anlage für ein Jahr ist als gering zu bezeichnen und sollte überprüft werden. Standarderträge für Solaranlagen liegen zwischen 450 und 600 kWh pro Quadratmeter Kollektorfläche und Jahr.

Anmerkung Gebäudeeigentümer

Der Wärmemengenzähler der Solaranlage war defekt und wurde im September 2014 getauscht.

5.4.4.4 Stromverbrauch

Wie in Abbildung 32 dargestellt, kommen im EVM des Bürogebäudes vier Stromzähler zum Einsatz. Pro Gebäude gibt es einen Hauptstromzähler mit dem der gesamte Stromverbrauch des Objekts erfasst wird. Im Gebäude VHQ2 gibt es für die Wärmepumpe sowie die Beleuchtung jeweils weitere Subzähler.

Insgesamt wurde 20.844 kWh elektrische Energie verbraucht. Davon wurden 14.057 kWh von der PV-Anlage bereit gestellt. Der Rest wurde dem Stromnetz entnommen.

Gesamtstromverbrauch:	20.844 kWh/a
Gesamtstromverbrauch spez.:	31,07 kWh/m ² _{BGF} a

Beleuchtung

Die Beleuchtung des Bürogebäudes wird tageslichtabhängig gesteuert und berücksichtigt die Anwesenheit von Personen. Zudem werden LED Leuchtmittel eingesetzt. In Abbildung 35 ist der spezifische Stromverbrauch für die Beleuchtung in Gebäude VHQ2 (420,2 m²) ersichtlich. In Summe wurde für das Gebäude VHQ2 von 1.1.2013 bis 31.12.2013 1.319 kWh (3,14 kWh/m²) elektrische Energie für Beleuchtungszwecke bezogen.

Stromverbrauch Beleuchtung:	1.319 kWh/a
Stromverbrauch spez. Beleuchtung:	3,14 kWh/m ² _{BGF} a
Anteil am Gesamtstromverbrauch:	6 %

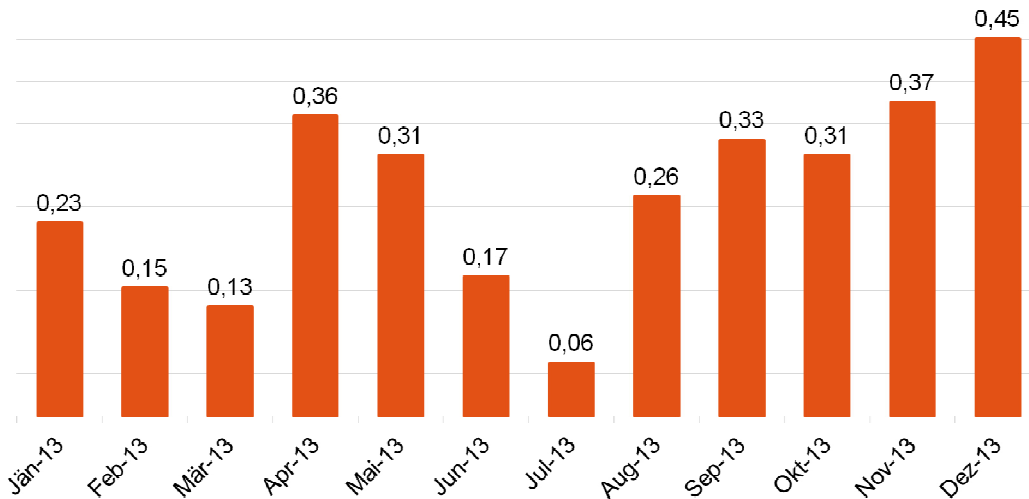


Abbildung 35: Monatsbilanz Stromzähler für Beleuchtung im Gebäude VHQ2 in kWh/m²

5.4.4.5 Behaglichkeit

Um die Behaglichkeit in den Räumlichkeiten analysieren zu können wurden auch Raumlufttemperaturen gemessen.

Abbildung 36 zeigt das Komfortdiagramm²¹ für den Produktionsbereich im Gebäude. Bis auf ein paar extreme Sommertage liegen die Messwerte innerhalb des Komfortbereichs. Im Winter wird es kaum kälter als 21°C. Die Werte unterhalb der 20°C Linie sind Werte an betriebsfreien Tagen bzw. Feiertagen, wobei die Räume durch die Abschaltung der Heizung leicht abkühlen.

²¹ Erklärung Diagramm: In dieser Darstellung sollten möglichst alle Datenpunkte innerhalb der gelben Zone sein. Dieser Bereich kennzeichnet den Bereich mit Raumluftzuständen, die von den meisten Menschen als angenehm und komfortabel bezeichnet werden. Temperaturwerte zwischen gelber und roter Linie werden kurzzeitig noch als angenehm empfunden. Davon abweichend ist die Raumlufttemperatur in Abhängigkeit zur Außenlufttemperatur entweder zu kalt/zu warm. Es werden nur die Werte an Wochentagen zwischen 7:00 und 20:00 Uhr dargestellt.

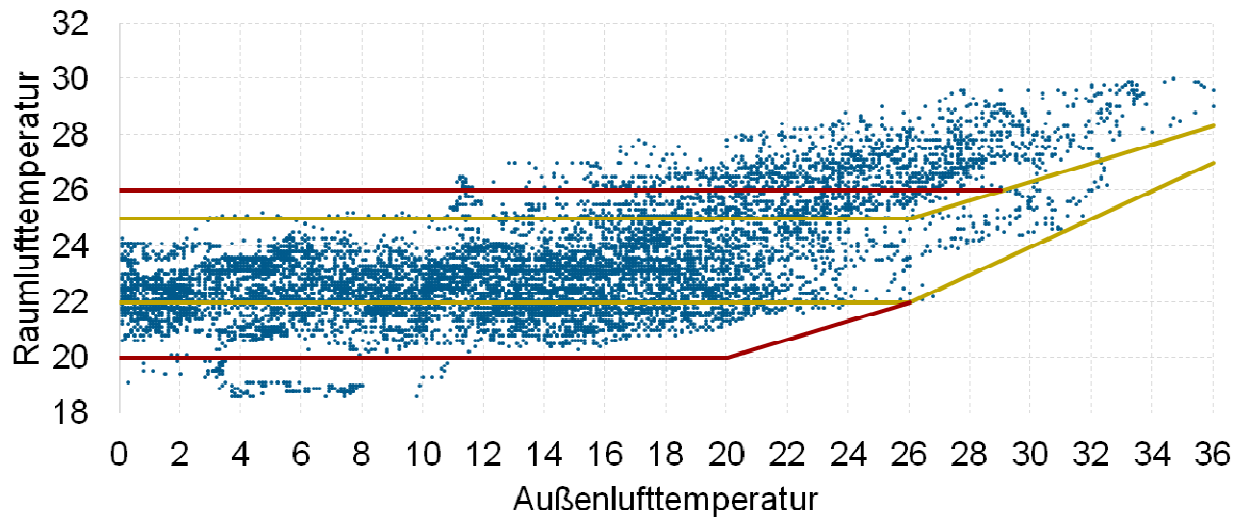


Abbildung 36: Komfortdiagramm: Behaglichkeit Raumlufttemperatur zu Außenlufttemperatur im Entwicklungs- und Produktionsraum

In Abbildung 37 wird die Außenlufttemperatur der Raumlufttemperatur in der Produktion im Zeitraum Juli und August 2013 gegenüber gestellt. Im Sommer steigt die Raumlufttemperatur kaum höher als 30°C an, wobei die Tagesspreizung zwischen Min- und Maximalwert meist bei 2,5°C liegt. Die Möglichkeit der natürlichen Nachtlüftung wird scheinbar nicht genutzt.

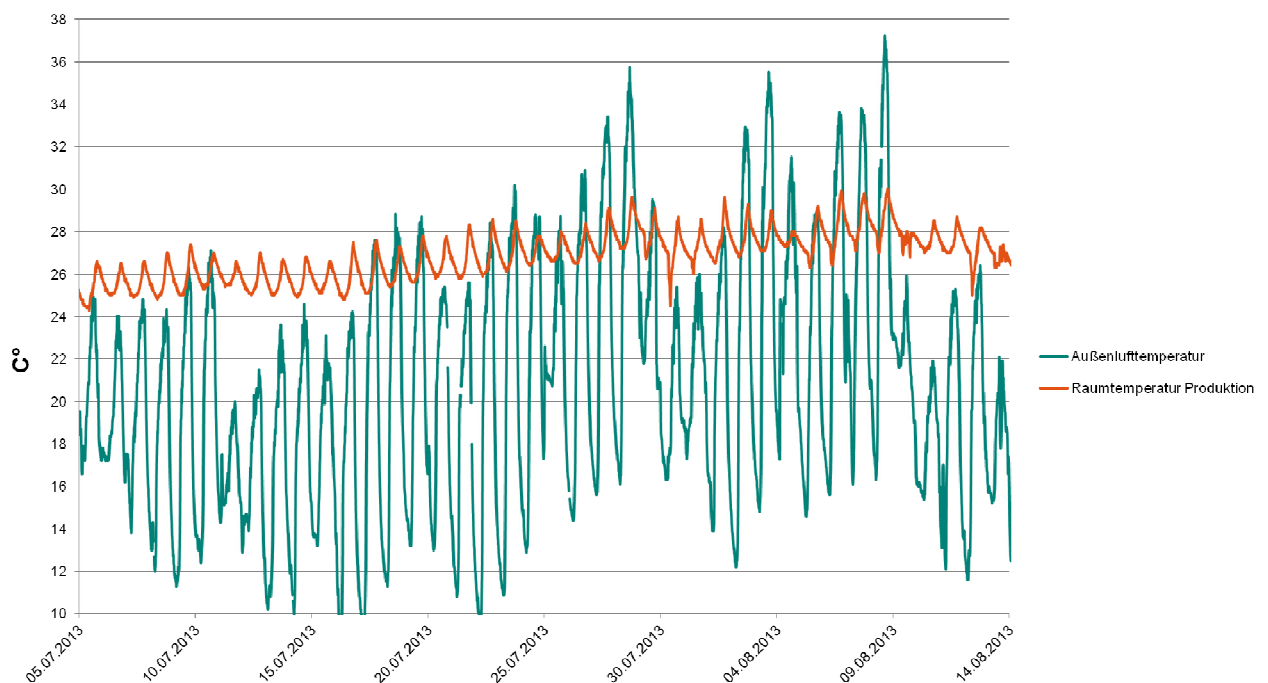


Abbildung 37: Außenlufttemperatur zu Raumlufttemperatur im Sommer 2013

Fazit

Es sollten die Benutzer befragt werden, ob die Komforteinbußen in den Sommermonaten bezüglich der hohen Raumlufthtemperaturen für sie akzeptabel sind! Diesbezüglich wäre beispielsweise eine Steigerung des Komforts durch stärkere Nachtabkühlung möglich.

Anmerkung Gebäudeeigentümer

Der Temperaturfühler in der Produktion ist in der Nähe eines Fensters situiert und wird möglicherweise durch die Sonneneinstrahlung beeinflusst. Laut Mitarbeiter gab es in den Sommermonaten keine Unbehagen bezüglich zu hoher Raumlufthtemperatur. Die Positionierung des Messfühlers soll geändert und eventuell eine Optimierung des Lüftungsbetriebs im Sommer in Betracht gezogen werden

5.5 Köstenbauer

Allgemeine Projektbeschreibung

Mag. Heinz Köstenbauer sanierte das im Jahr 1977 errichtete Bürogebäude. Das Gebäude besteht aus 3 beheizten Geschossen (Unter-, Erd- und Obergeschoss) mit einer gesamten Bruttogeschossfläche von 937 m². An der Außenwand wurde ein Vollwärmeschutz aus 20 cm Mineralschaumplatte, im Perimeterbereich 16 cm XPS und am Dach 30 cm Zellulosewärmedämmung angebracht.

Die vorhandenen Fenster wurden durch neue Holz-Wärmeschutzfenster (mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung) ersetzt. Die bestehende Lüftungszentrale verfügte über keine Wärmerückgewinnung und wurde durch ein Gerät mit hocheffizienten Zu- und Abluftventilatoren und einem Rotationswärmetauscher mit Wärmerückgewinnungsgrad 80% ersetzt. Die Wärmeversorgung basierte auf einer Ölzentralheizung.

Im Zuge der Sanierung des Gebäudes erfolgte ein Umstieg auf Fernwärme aus dem örtlichen Biomasseheizwerk. Zusätzlich wurden die bestehenden Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen der Energieklasse A ersetzt. Die gesamte Heizungsanlage wurde hydraulisch neu einreguliert und den neuen Anforderungen bezüglich der geringeren Massenströme angepasst. Im Untergeschoss wurden energieeffiziente T5-Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten anstelle der alten Leuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten eingesetzt. Zusätzlich zu den oben genannten Maßnahmen wurde eine 142 m² Photovoltaikanlage errichtet

Ausgangszustand:

<i>Eigentümer/ Betreiber</i>	<i>Mag. Heinz Köstenbauer</i>
<i>Ansprechpartner / Kontaktpersonen</i>	<i>Mag. Heinz Köstenbauer / Mag. Eva-Maria Pichler</i>
<i>Standort</i>	<i>A-8230 Hartberg, Stefan-Seedoch-Allee 14</i>
<i>Gebäudetyp</i>	<i>Bürogebäude</i>
<i>Errichtungsjahr Bestandsgebäude</i>	<i>1977</i>
<i>Größe (BGF)</i>	<i>937 m² vor und nach Sanierung</i>

5.5.1 Sanierungsmaßnahmen

5.5.1.1 Gebäudehülle

Das Bürogebäude besteht aus einem dreigeschossigen, rechteckigen Gebäude, welches Büroräume auf allen 3 Ebenen aufweist. Das Untergeschoss befindet sich teilweise unter der Geländeoberkante und das Dach wurde als Walmdach ausgeführt. Das Gebäude weist eine Brutto-Grundfläche von 937 m² auf. Im Zuge der Sanierung wurden die bestehenden Fassadenflächen und die Dachkonstruktion mit einer Wärmedämmschicht neu hergestellt

und die opaken Fassadenelemente getauscht. Die Außenwände des Gebäudes wurden in einer mit 20 cm Wärmedämmung mit Mineralschaumplatten ausgebildet und weisen einen U-Wert von 0,19 W/m²K auf. Die Dachkonstruktion mit einer 30 cm dicken Zellulosewärmeschicht weist einen U-Wert von 0,11 W/m²K auf. Die neuen Holz-Wärmeschutzfenster mit 3-Scheibenverglasung haben einen U-Wert von 0,9 W/m²K.

5.5.1.2 Gebäudetechnik

Heizen, Kühlen, Lüften, Warmwasser

Die Heizwärme wird mittels 16kW Fernwärmeanschluss sicher gestellt. Die Verteilung der Heizenergie erfolgt mittels Radiatoren und Heizregister der Lüftungsanlage. Die Frischluft wird über eine zentrale Lüftungsanlage bereit gestellt. Das Warmwasser wird durch Untertischboiler erwärmt.

Beleuchtung, Verschattungseinrichtungen

Die Beleuchtung wurde durch energieeffiziente T5-Leuchten im Untergeschoß getauscht. Das Erdgeschoß und 1. Obergeschoß verfügten bereits über energieeffiziente T5-Leuchten. Eine Baumreihe vor der Südfassade dient als natürliche Verschattung.

Photovoltaik Anlage

Photovoltaikanlage: 142 m² (71 Module) mit einer Gesamtleistung von 18,9 kWp
Realisiert als Direkteinspeisung in das EVU-Netz

5.5.1.3 Heizenergiebedarf (Energieausweisberechnung)

Tabelle 19 zeigt die im Energieausweis berechneten Werte des Heizwärmebedarfs des Gebäudes im Referenzklima vor und nach der Sanierung.

	HWB-ref* lt. Energieausweis	
	Vor Sanierung	Nach Sanierung
	kWh/m ² a	kWh/m ² a
Gebäude (937m ² _{BGF})	120,06	21,95

Tabelle 19: Vergleich Energiekennzahlen

5.5.2 EVM-Schema

Um das Energieverbrauchsverhalten und die Komfortparameter des Gebäudes nach der Sanierung bewerten zu können wurde ein Monitoringsystem installiert. Dieses misst an relevanten Punkten in der Haustechnikanlage und im Gebäude Parameter wie zum Beispiel:

- Lufttemperatur
- Wärmemengen
- Stromverbrauch

Das Monitoringsystem erfasst die Messwerte und Zählerstände viertelstündlich und speichert diese ab. Zur Auswertung für diesen Bericht wurden Daten aus dem Monitoringsystem im Zeitraum von 1.11.2013 bis 31.10.2014 herangezogen. Die Datenpunkte des EVM sind in Abbildung 38 dargestellt.

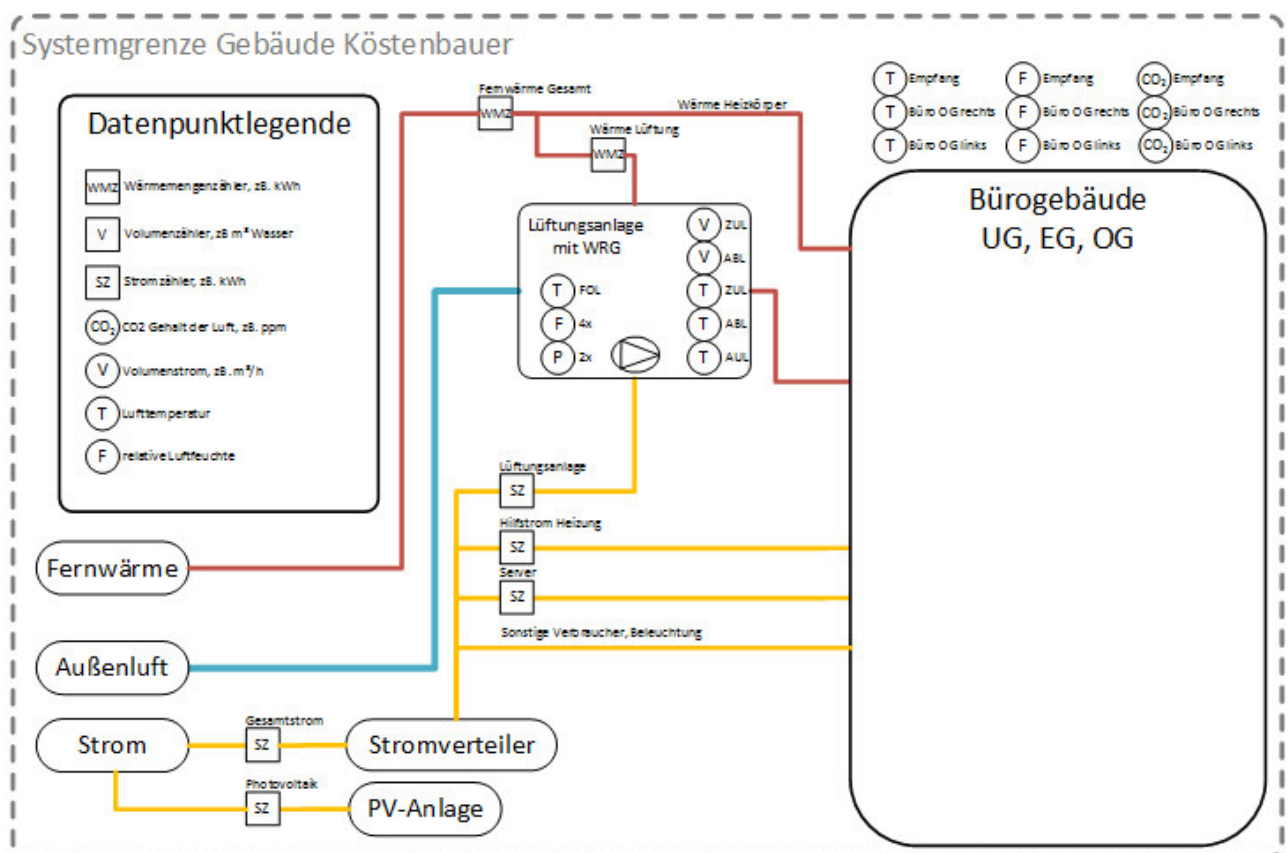


Abbildung 38: EVM-Schema mit Datenpunkten

5.5.3 Wirkt die Mustersanierung? Vergleich vor und nach Sanierung

Die folgenden CO₂-äquivalenten Emissionsergebnisse und Endenergieverbrauchsergebnisse basieren auf den Angaben der Einreichunterlagen vor der Sanierung und den gemessenen Werten durch das EVM nach der Sanierung sowie den CO₂ Faktoren aus der

KPC-Förderberechnung. Der CO₂ Wert nach Sanierung ist aufgrund der Versorgung durch biogene (Hackschnitzel) Fernwärme und Bezug von Ökostrom null.

Vor Sanierung	Nach Sanierung	Nach Sanierung
Verbrauch	Planung	EVM
t/a CO ₂	t/a CO ₂	t/a CO ₂
29,9	0	0

Tabelle 20: Berechnete, CO₂-äquivalente Emissionen durch Heizen

Vor BGF=937 m ²	Sanierung; Nach BGF=937 m ²	Sanierung; Nach BGF=937 m ²
Verbrauch	Planung	EVM
kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
91,21	25,72	30,04

Tabelle 21: Vergleich Endenergie Heizen vor und nach Sanierung

Anteil erneuerbare Energieträger am Gesamtenergieverbrauch des Gebäudes

100% des Gesamtenergieverbrauchs wurden durch erneuerbare Energieträger gedeckt.

Zusammenfassung

Die Daten aus dem EVM im vorliegenden Messzeitraum zeigen, dass die geplanten Energieeinsparungen durch die Sanierungsmaßnahmen erreicht wurden. Durch eine Optimierung der Lüftungsbetriebszeiten könnte die Einsparung noch verbessert werden.

Erläuterungen

Tabelle 21 zeigt den Vergleich der Endenergie²² für Heizen vor und nach der Sanierung. Der Wert vor der Sanierung (Spalte 1) wurde im Zuge der Mustersanierung vom

²² Die Vergleichbarkeit des im Energieausweis berechneten Heizwärmebedarfs und Kühlbedarfs (HWB und KB) einer thermischen Gebäudezone mit gemessenen Wärmemengen ist aus mehreren Gründen nicht direkt gegeben. Einerseits sind die berechneten Werte für das Gebäude vor und nach der Sanierung gute Anhaltspunkte um die Verbesserung der thermischen Qualitäten des Objektes zu bewerten. Andererseits sind die gemessenen Werte stark vom tatsächlichen Wetter und Benutzerverhalten im jeweiligen Messzeitraum abhängig. Daher ergibt sich aufgrund der Diskrepanz zwischen dem tatsächlichen Messzeitraum und der theoretischen Berechnungsgrundlagen eine große Unsicherheit bezüglich der Vergleichbarkeit von Kennwerten zwischen Messung und Berechnung. Darüber hinaus sind HWB und KB theoretische Bedarfsgrößen einer thermischen

Projektverantwortlichen erfasst und stellt einen tatsächlichen Verbrauchswert über ein Jahr dar. Der Planwert nach der Sanierung (Spalte 2) wurde ebenfalls vom Projektverantwortlichen angegeben und stellt eine erste Schätzung auf Basis des Energieausweises dar. Der im EVM ermittelte Wert nach der Sanierung (Spalte 3) repräsentiert die Endenergie für Wärme sowie Strom für den Betrieb von Heizung und Lüftungsanlage. Trotz des realen Charakters der Werte in Spalte 1 und 3, ist beim Vergleich dieser beiden Werte zu beachten, dass unterschiedliche Nutzung und Wetterbedingungen starken Einfluss auf den Betrag dieser Werte haben.

Im Messzeitraum nach der Sanierung wurde durch die PV-Anlage innerhalb der zwölf Monate 20.323 kWh elektrische Energie produziert. In Summe wurden 30.559 kWh Strom aus dem EVU-Netz bezogen. Für den Betrieb von Heizung und Lüftungsanlage (Hilfsstrom) wurden 5.857 kWh elektrische Energie verbraucht. Durch den Bezug von Ökostrom verursacht diese Menge elektrischer Energie keine CO₂-Emissionen. Vor der Sanierung wurden 85.460 kWh (91,2 kWh/m²) in Form von Wärmeenergie durch den Heizkessel (Heizöl) verbraucht. Dies entspricht 29,9 t CO₂. In Tabelle 20 sind die CO₂-Emissionen gegenübergestellt. Daraus ergibt sich für das vorliegende Gebäude im Zeitraum von 1.11.2013 bis 31.10.2014 eine Einsparung von 29,9 t CO₂ im Vergleich zum Jahr vor der Sanierung. Die bei diesen Berechnungen verwendeten CO₂-Emissionsfaktoren wurden aus dem Dokument zur Förderungsberechnung für Betriebliche Umweltförderung der Kommunal Kredit Public Consulting entnommen.²³

5.5.4 Detailergebnisse Energieverbrauchsmonitoring

5.5.4.1 Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass die Sanierung wirkt und die Haustechnik bis auf die Betriebszeiten der Lüftungsanlage gut funktioniert.

5.5.4.2 Energieflussbild

Die Abbildung 39 zeigt das Energieflussbild des Gebäudes der Firma Köstenbauer.

Zone ohne messbaren Charakter. Gemessene Wärmemengen hingegen sind lokale zuordenbare Größen im Energieverteilungssystem.

²³ http://www.publicconsulting.at/uploads/_infoblatt_frdungsberechnung.pdf

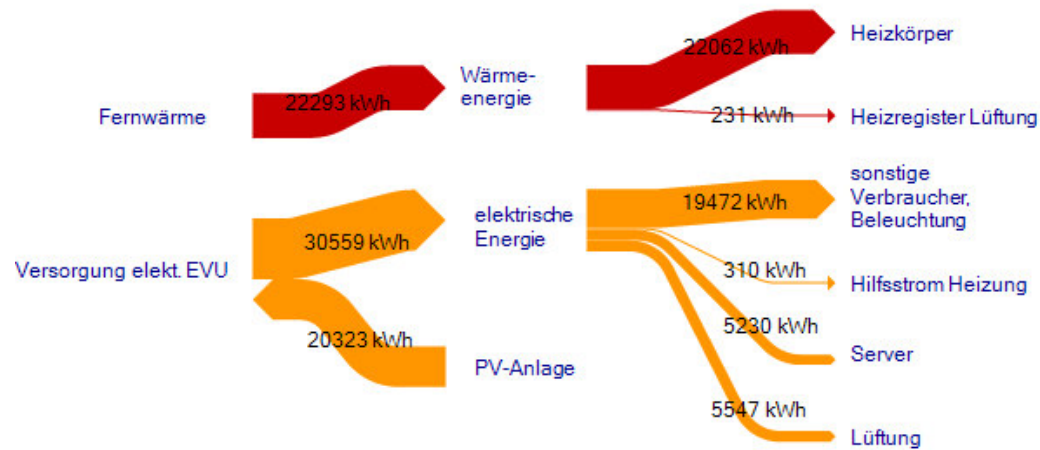


Abbildung 39: Energiefluss Bilanz 1.11.2013 bis 31.10.2014

5.5.4.3 Heizwärmeverbrauch

Im sanierten Bürogebäude stellt die örtliche Fernwärme die Wärme für Heizzwecke zur Verfügung. Zwei Wärmemengenzähler zeichnen die Wärmemenge auf, die an Radiatoren und Lüftungsanlage geschickt wird. In Abbildung 40 ist die Monatsbilanz dieser Heizwärme in kWh/m²_{BGF} im Betrachtungszeitraum dargestellt. Bei der Betrachtung des Tagesprofils für den Wärmeverbrauch ist ein sehr gut gesteuerter Heizbetrieb mit Nacht- und Wochenendabsenkung der Heizkurve zu erkennen.

Heizwärmeverbrauch: 22.292,50 kWh/a

Heizwärmeverbrauch spez.: 23,8 kWh/m²_{BGF}a

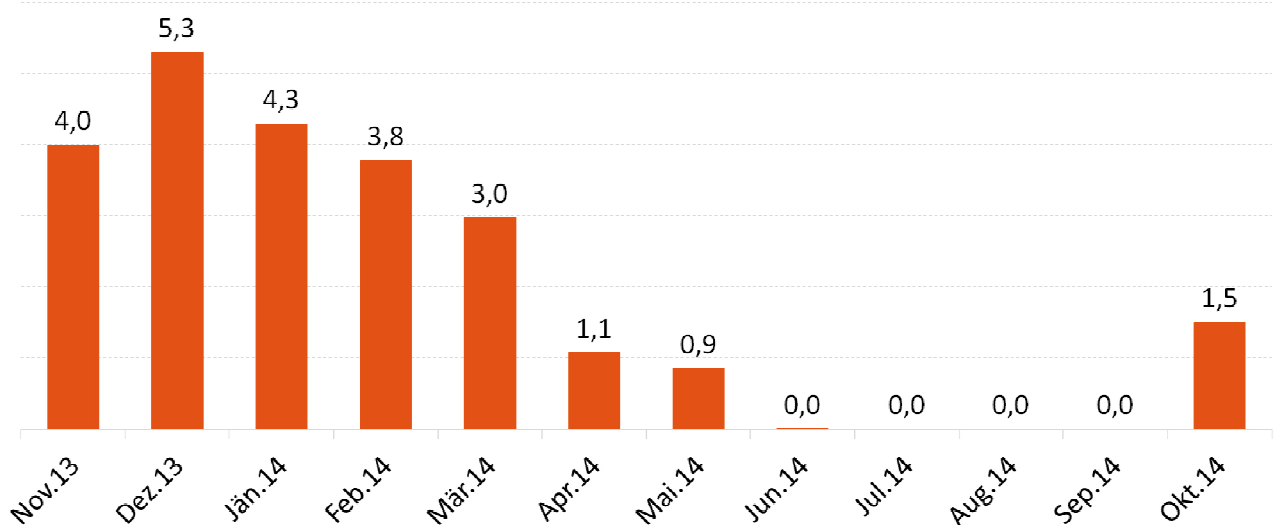


Abbildung 40: Monatsbilanz Heizwärme in kWh/m²

5.5.4.4 Stromverbrauch

Wie in Abbildung 38 dargestellt, kommen im EVM des Bürogebäudes fünf Stromzähler, ein Hauptstrom- und drei Substromzähler sowie ein Stromzähler für die PV-Lieferung, zum Einsatz.

Insgesamt wurde 30.559 kWh elektrische Energie verbraucht. Davon wurden 20.323 kWh von der PV-Anlage geliefert und direkt in das EVU-Netz eingespeist.

Gesamtstromverbrauch: 30.559 kWh/a

Gesamtstromverbrauch spez.: 32,58 kWh/m²_{BGFa}

Photovoltaikanlage

Die PV-Anlage hat eine Gesamtleistung von 18,9 kWp. Sie lieferte im Betrachtungszeitraum für den Standort typische Ertragswerte. Der gesamte PV-Ertrag wird direkt ins EVU-Netz eingespeist.

Stromertrag: 20.323 kWh/a

Stromertrag spezifisch: 1.075,3 kWh/kWp

In Abbildung 41 wird der PV-Ertrag über den Betrachtungszeitraum dargestellt. Diese Ertragsverteilung ist typisch für eine PV-Anlage in dieser Region und diesem Betrachtungszeitraumes.

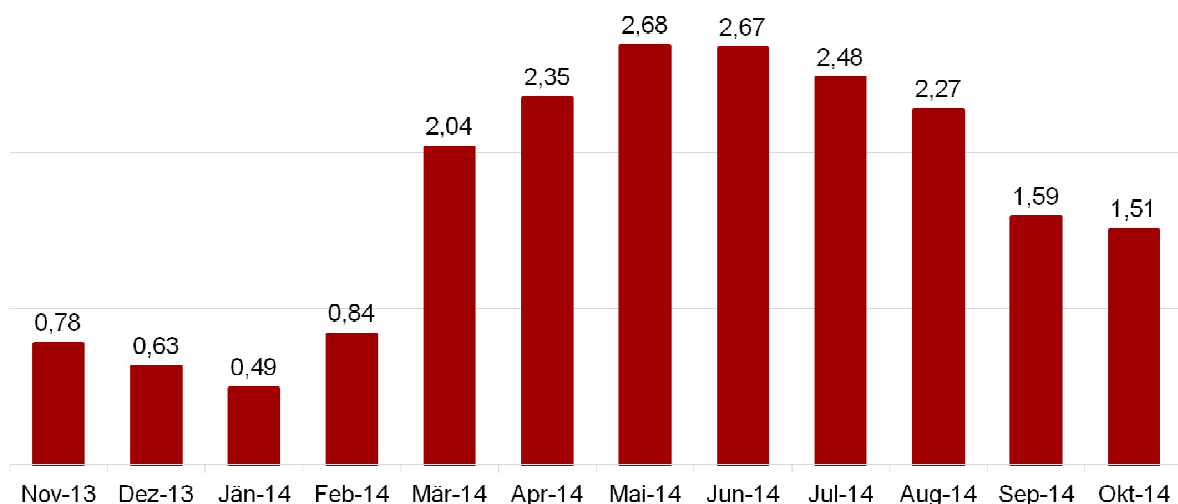


Abbildung 41: PV-Ertrag pro Monat in MWh

Lüftungsanlage

Bei der Lüftungsanlage konnte ein durchgehender Betrieb der Anlage über den gesamten Betrachtungszeitraum beobachtet werden. In Summe wurden von der Anlage für den

Betrachtungszeitraum 5.547 kWh Strom verbraucht. Davon wurden zirka 3.219 kWh (ca. 58%) außerhalb der Betriebszeiten (Mo bis Fr. von 6:00 bis 20:00 Uhr) und an den Wochenenden bezogen. In den Sommermonaten wurde während der Nachtstunden die kühlere Außenluft zur Kühlung verwendet.

Stromverbrauch Lüftungsanlage: 5.547 kWh/a

Anteil am Gesamtstromverbrauch: 18 %

Fazit

Die Lüftungsanlage läuft 24h pro Tag. Durch eine Optimierung der Betriebszeiten der Lüftungsanlage könnte der Stromverbrauch reduziert werden.

Anmerkung Gebäudeeigentümer

Es werden die Einstellungen der Lüftungsanlage gemeinsam mit dem Techniker überprüft und optimiert.

5.5.4.5 Behaglichkeit

Um die Behaglichkeit in den Räumlichkeiten analysieren zu können wurde auch Raumlufttemperaturen, relative Luftfeuchten und CO₂-Werte gemessen.

CO₂ in ppm:

Die CO₂ Werte in den beiden Referenzbüros im Obergeschoß haben eine tägliche Konzentration im Bereich zwischen 500 und 900ppm. Nur an wenigen vereinzelten Tagen wurden 1000ppm überschritten. Der Höchstwert lag im Betrachtungszeitraum bei 1281ppm. Im Empfang liegen die täglichen Werte zwischen 400 und 850ppm. Der Höchstwert lag bei 851ppm. Diese Werte entsprechen laut ÖNORM EN 13779 einer hohen bis speziellen Raumluftqualität.

Relative Luftfeuchtigkeit:

Die Messungen zeigen, dass die Luft in den Wintermonaten mit Werten unter 30% relativer Luftfeuchte zu trocken ist.

Raumlufttemperaturen:

Abbildung 42 zeigt das Komfortdiagramm²⁴ für das Büro im OG links im Gebäude. Die Messwerte liegen zum Größten Teil alle innerhalb des Komfortbereichs. Die Diagramme für den Empfang und das Büro im OG links sehen ähnlich aus.

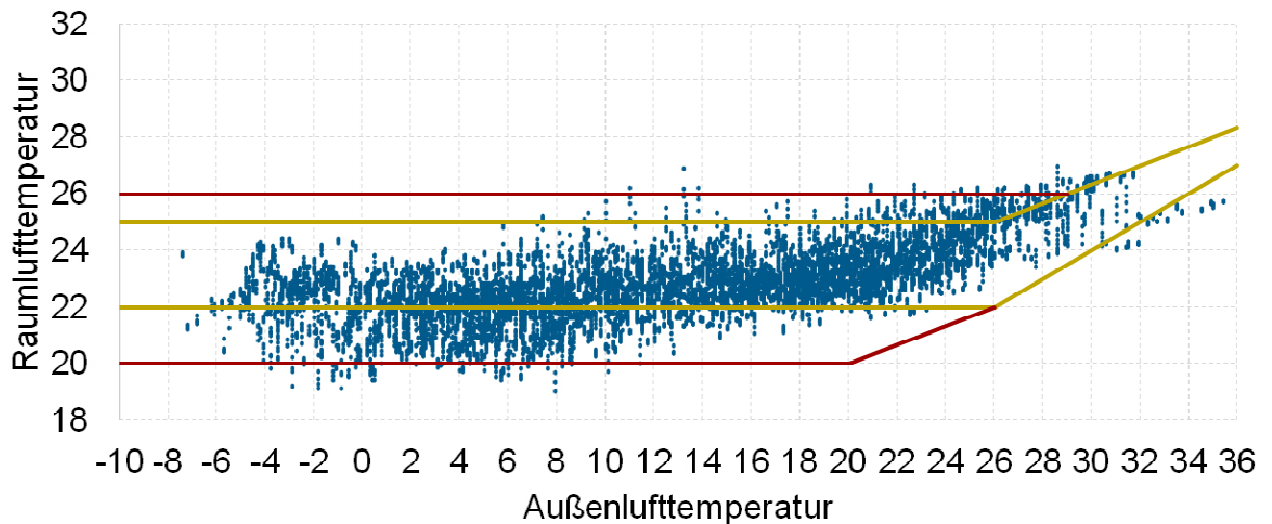


Abbildung 42: Komfortdiagramm: Behaglichkeit Raumlufttemperatur zu Außenlufttemperatur in Büro im OG links

²⁴ Erklärung Diagramm: In dieser Darstellung sollten möglichst alle Datenpunkte innerhalb der gelben Zone sein. Dieser Bereich kennzeichnet den Bereich mit Raumlufzuständen, die von den meisten Menschen als angenehm und komfortabel bezeichnet werden. Temperaturwerte zwischen gelber und roter Linie werden kurzzeitig noch als angenehm empfunden. Davon abweichend ist die Raumlufttemperatur in Abhängigkeit zur Außenlufttemperatur entweder zu kalt/zu warm. Es werden nur die Werte an Wochentagen zwischen 7:00 und 20:00 Uhr dargestellt.

IMPRESSUM

Verfasser

e7 Energie Markt Analyse GmbH
Walcherstraße 11/43
1020 Wien

Tel: +43-1-907 80 26

Fax: +43-1-907 80 26-10

E-Mail: office@e-sieben.at

Web: <http://www.e-sieben.at>

AutorInnen

Christoph Kuh (Projektleiter)
Klemens Leutgöb, Christoph Lugmeyer,
Stephan Ledinger, Siegfried Manschein,
Gregor Högler (Projektpartner Manschein
GmbH)

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
E-Mail: office@klimafonds.gv.at
Web: www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige
Verantwortung für den Inhalt dieses
Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise
die Meinung des Klima- und Energiefonds
wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die
Weiternutzung der hier enthaltenen
Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH