

Empfehlungen Demonstrationsgebäude

C. Pollak, D. Wertz, M. Heimberger, M. Leeb

Impressum:

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

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

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

Empfehlungen Demonstrationsgebäude

Christoph Pollak
researchTUb GmbH

Projektass. DI Dietrich Wertz,
Ao.Univ.Prof. DI Dr.techn. Karl Ponweiser
Institut für Energietechnik und Thermodynamik, TU Wien

DI Markus Heimberger
Institut für Elektrische Anlagen u. Energiewirtschaft, TU Wien

DI Markus Leeb, DI (FH) MSc Tamara Holzer, Univ.Ass. DI
Dr.techn. Azra Korjenic, Ao.Univ.Prof. DI Dr.techn. Thomas Bednar
Institut für Hochbau und Technologie, Forschungsbereich für
Bauphysik und Schallschutz

Wien, Jänner 2011

**Eine Publikation im Rahmen des HdZ-Leitprojektes „asperm Die Seestadt
Wiens – nachhaltige Stadtentwicklung“, erstellt im Subprojekt 2
„Gebäudeübergreifende Energie“**



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen	6
Kurzfassung	7
Abstract	9
1 Einleitung.....	11
1.1 Leitprojekt aspern plus.....	11
1.2 Subprojekt 2 „Gebäudeübergreifende Energieversorgung“	12
2 Ertragsoptimierung	13
2.1 Solarertrag.....	13
2.1.2 Dachflächen	14
2.1.3 Solarertragsabschätzung aus thermischem Kollektor	14
2.1.4 Solarertragsabschätzung aus PV-Fassade.....	16
2.2 Kleinwindkraftintegration – derzeit geringes Potential	22
3 Bauphysikalische Optimierung anhand der Planungen zu aspern IQ.....	23
3.1 Stand der Technik.....	23
3.2 Vorarbeiten zum Thema	23
3.3 Beschreibung der Neuerungen	23
3.4 Verwendete Methoden.....	23
3.4.1 Bilanzierung - Rechenmethode	24
3.4.2 Konversionsfaktoren.....	25
3.4.3 Primärenergiebedarf.....	25
3.5 Ergebnisse.....	27
3.5.1 Berechnung.....	27
3.5.2 Eingangsdaten Berechnung	27
3.5.3 Ergebnisse, Vergleich und Optimierung	37
3.5.4 Kombination der Optimierungen	52
3.5.5 Einfluss der verschiedenen Konversionsfaktoren	53
3.5.6 Ertrag	55

3.5.7	Bauform Plusenergiehaus	60
3.6	Empfehlungen	66
3.6.1	Planung.....	66
3.6.2	Geometrie	67
3.6.3	Aufbauten und Gebäudehülle	68
3.6.4	Gebäudetechnik - HKLS.....	68
4	Energieschiene.....	72
4.1	Grundidee.....	72
4.2	„Energieschiene“ zum Ausgleich von thermischen Quellen und Senken	72
4.2.1	Nutzung der „Energieschiene“ zum thermischen Ausgleich zwischen Gewerbe-/Laborgebäuden und Büros.....	74
4.2.2	Nutzung der „Energieschiene“ zum thermischen Ausgleich innerhalb eines Bürogebäudes	78
5	Warmwasseraufbereitung.....	80
5.1	Problemstellung	80
5.2	Untersuchte Varianten	80
5.2.1	Dezentrale Warmwasseraufbereitung mittels elektrischer Durchlauferhitzer	80
5.3	Gleichzeitigkeitseffekte bei Elektrischen Durchlauferhitzern	83
5.3.1	Nutzung der Energieschiene zur Trinkwarmwasserbereitstellung	86
5.4	Primärenergetischer Vergleich.....	87
5.4.1	Elektrische Durchlauferhitzer.....	87
5.5	Empfehlung	88
5.5.1	Bürobau	88
5.5.2	Wohnbau.....	88
6	Leistungsbilanz aspern IQ Strom.....	89
6.1	Rahmenbedingungen	89
6.2	Auswertung.....	94
7	Netzkonzept für das Baufeld.....	106
7.1	Rahmenbedingungen	106
7.2	Maximal-Szenario	109
7.3	Minimal Szenario	111
7.4	Gegenüberstellung	113

8	Ausblick und Empfehlungen	115
8.1	Planung	115
8.2	Geometrie.....	116
8.2.1	Bauform.....	116
8.2.2	Fassade	116
8.3	Aufbauten und Gebäudehülle	117
8.4	Gebäudetechnik - HKLS	117
8.4.1	Heizung.....	117
8.4.2	Kühlung.....	118
8.4.3	Be- und Entfeuchtung.....	119
8.4.4	Raumluftechnik.....	119
8.4.5	Beleuchtung	119
8.4.6	Warmwasser	119
8.4.7	Lift	120
8.4.8	Serverraum	120
8.5	Empfehlungen die thermischen Systeme betreffend	121
8.6	Durchlauferhitzer	122
8.7	Trafoposition.....	122
8.8	Demand Side Management (DSM)	123
9	Allgemeine Empfehlungen.....	124
10	Ausblick.....	124
10.1	Add On Photovoltaik Fassade.....	124
10.2	Nachtlüftung	124
10.3	Demand Side Management	125
10.4	Schutzkonzepte	125
11	Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis	125
12	Anhang.....	130

Abkürzungen

PV	Photovoltaik
ST	Solarthermie
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCA	Life Cycle Analysis (Lebenszyklusanalyse)
AP	Arbeitspaket
AWP	Absorptionswärmepumpe
IET	Institut für Energietechnik und Thermodynamik
AIT	Austrian Institute of Technology

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Im Rahmen des Subprojektes „Gebäudeübergreifende Energie“ (SP2) werden in diesem Bericht die laufenden Ergebnisse der Primärenergiebedarfsberechnungen aller Verbraucher des Gebäudes „Aspern IQ“ anhand von Optimierungen dargestellt sowie die elektrische Netzanbindung und die

Die Motivation ist es den Primärenergiebedarf des Bauwerkes soweit zu senken, dass man durch die Installation von Photovoltaikanlagen den Bedarf decken kann und zu zeigen wie gebäudeinterne und gebäudeexterne Energie bzw. Leistungsflüsse genutzt werden können.

Inhalte und Zielsetzungen

Aus den Besprechungen mit dem Projektplaner (ATP) haben sich folgende zu untersuchende Punkte herauskristallisiert:

- Lüftungsanlagenoptimierung
- Nachtlüftung und deren Umsetzung
- Feuchterückgewinnung und Diskussion der Entfeuchtungsgrenze
- Liftoptimierung plus Rückspeisung
- Vergleich von elektrischen Warmwasserbereitstellungssystemen
- Einsatz effizienter Geräte
- Grundwassernutzung
- Photovoltaikanlagen
- Bestimmung der Elektrischen Leistungsbilanz
- Bestimmung der Effekte einer thermischen „Energieschiene“

Die oben genannten Punkte wurden hinsichtlich der Energieersparnis, –ernte bzw. Austauschpotential betrachtet und sollen als Grundlage für die weiteren Projekte dienen.

Methodische Vorgehensweise

Um das Demogebäude zu berechnen und die verschiedenen Maßnahmen zu bewerten wurde in diesem Stadium des Projektes gängige Softwaretools (Excel, TRNSYS) verwendet.

Außerdem wurden die Erfahrungen der einschlägigen Planer aus den Vorprojekten übernommen und mit den neuen Planern abgestimmt und weitere Verbesserungsmaßnahmen ausgearbeitet.

Ein wichtiger Punkt ist auch die Literaturrecherche und die Abstimmung mit den Herstellern.

Ergebnisse

Die Entwicklung eines Plusenergiehauses ist, nach den Definitionen und Eingangsparametern in diesem Bericht, ein sehr schwieriges Unterfangen, welches einer sehr detaillierten Planung bedarf. Alle Planer, Architekt, Haustechniker, Lichtplaner, Bauphysiker, Geotechniker, Photovoltaikplaner..., der verschiedenen Gewerke müssen vom ersten Planungsstadium an gemeinsame Konzepte erarbeiten und weiterentwickeln. Nur so kann garantiert werden, dass der Primärenergiebedarf des ganzen Gebäudes auf ein erträgliches Maß gesenkt werden kann, um mit Photovoltaikanlagen am und auf dem Bauwerk den gesamten Energiebedarf zu decken. Hier ist der gesamte Energieaufwand für den Gebäudebetrieb inklusive einer standardisierten Büronutzung inbegriffen.

Wenn alle vorhergehenden Punkte beachtet werden, das Grundstück nicht zu sehr verschattet, der Modulwirkungsgrad der Photovoltaik über 12 % liegt und alle möglichen Flächen damit ausgestattet sind, dann ist es möglich ein Plusenergiehaus herzustellen.

Weiters wurde festgestellt, dass sämtlicher PV Ertrag sich am Baufeld – unter der Annahme dass ie anderen Gebäude „konventionell“ umgesetzt werden verwerten lässt und das ein Gebäudeübergreifender Wärmeaustausch unter der Annahme einer der Ansiedlung eines Fertigungsbetrieben im Ergeschoßbereich minimale Primärenergetische Vorteile lukrieren würde. Eine Warmwasseraufbereitung mit elektrischen Durchlauferhitzern erscheint im Bürobereich vertretbar, wenngleich ein Monitoring im Betrieb empfohlen wird, um dies für Folgeprojekte abzusichern.

Abstract

This report shows the current results of the whole building primary energy demand calculations of "Aspern IQ" as a part of the subproject, "Gebäudeübergreifende Energie" (SP2). The motivation behind the project is to reduce the building primary energy demand to the extent that the energy demand can be met using photovoltaic systems and to re-use Energy within and without the building as far as possible.

Contents and Objectives

The following research items were agreed upon with the project coordinator, ATP:

- Night ventilation and implementation methodology
- Moisture recovery and determination of the dehumidification set point
- Elevator optimization and energy recovery
- Comparison of electric hot water supply systems
- Use of efficient appliances
- Use of Groundwater
- Photovoltaic systems
- Determination of the power balance (electric)
- Determination of the effects of a local heat exchange system („Energieschiene“)

The above mentioned points were considered with respect to energy conservation or rather energy harvesting, and should serve as the basis for future projects.

Methods

SW tools (Excel, TRNSYS) been used to calculate the various evaluation criteria for the demonstration building to this point.

In addition, the experiences of the respective planners were carried over from the preliminary design study and fine tuned with the new project coordinator to develop further improvements.

Background research and coordination with the manufacturers are also key points.

Results

The development of a Plus Energy House (building) is very difficult to define. It requires extremely detailed planning following the definitions and input parameters in this report. All project coordinators, the architect, building services engineers, lighting designer, building physicist, geotechnical engineer, photovoltaic consultant, other specialty consultants, and the various trades must establish the same concept during the first planning stage and work together to further develop the same idea. Only in this way can it be guaranteed that the primary energy demand of the whole building can be reduced to a degree that the entire energy demand can be supplied with the photovoltaic system. In this model, standardized office use is included in the building energy expenditure.

If all the above points are followed, the selected building site is not severely shaded, the photovoltaic module efficiency is over 12%, and all possible surfaces covered with photovoltaic panels, then it is possible to build a Plus Energy House. Moreover it was revealed, that all electric energy can be used at the site, if the surrounding buildings are erected conventionally (i.e. as energy efficient office buildings without local energy production) and that the inter-building exchange of heat shows only very limited advantages in terms of primary energy if small manufacturing facilities reside in the ground floor area. The preparation of warm water seems via electric flow heaters seems justifiable (in terms of optimization of primary energy consumption), however a detailed monitoring is recommended in order to verify this for later projects.

1 Einleitung

1.1 Leitprojekt aspern plus

Aspern ist die bedeutendste Stadterweiterungsmaßnahme, die in Wien seit der Gründerzeit je initiiert wurde und eines der größten Stadtentwicklungsprojekte Europas. Das Planungsgebiet umfasst 240 ha, so viel wie 340 Fußballfelder oder die gemeinsame Fläche des 7. und 8. Wiener Gemeindebezirks. Die Stadt soll in mehreren Bauphasen und über die Dauer von mindestens zwei Jahrzehnten errichtet werden.

Insgesamt wird ein Stadtteil für 20.000 Einwohner und 20.000 Arbeitsplätze geschaffen. Im Österreichischen Städteranking würde aspern damit ungefähr gleich auf liegen mit Städten wie Baden, Amstetten oder Mödling.

Das Leitprojekt „aspern Die Seestadt Wiens – nachhaltige Stadtentwicklung“ beruht auf 4 Säulen:

1. Freiraum und Mikroklima (Zusammenhang zwischen Freiraum und Gebäude)
2. Gebäudeübergreifende Energieversorgung und –nutzung (Zusammenarbeit über Gebäudegrenzen hinweg)
3. Demonstrationsvorhaben aus den Bereichen Wohnen, Büro, Produktion (konkrete Anwendung dieser Ergebnisse) und Mobilitätsmaßnahmen
4. Monitoringsysteme (Begleitung und Evaluierung sichern Optimierung und Wiedereinsatz)

Die wichtigsten Ziele des Projektes sind:

- Umsetzung konkreter Demonstrationsprojekte als Leuchtturmprojekte für die weitere Siedlungsentwicklung
- Überdurchschnittliche Gebäudestandards und Anwendung der geplanten EU-Gebäuderichtlinie vor rechtlicher Verpflichtung dazu, d.h. Plus Energie Häuser in den Demonstrationsvorhaben
- Weiterentwicklung von Vorprojekten wie ADRES (Energie der Zukunft), Gebäudeintegration/ÖNROM Plus (HdZ PLUS) et al in konkrete Anwendungsprojekte
- Erkennen von Potentialen für effiziente Gebäude durch Optimierung von Freiräumen
- Förderung der Zusammenarbeit zwischen Investoren zur Schaffung von Synergien im Energiebereich
- Begleitung der Projekte und laufendes Monitoring zur anschließenden Eigenevaluierung und Rückfluss in weitere Vorgaben bei Gebäudeentwicklung Kurzinformation über Leitprojekt und graphische Darstellung der Subprojekte

Der hier vorliegende Bericht ist Teil des Subprojekts 2 „Gebäudeübergreifende Energie“, das sich, anhand der folgenden Tabelle erläutert, in das Gesamtprojekt einordnen lässt.

Subprojekt	Ergebnis	Zweck
Freiraum und Mikroklima	Maßnahmenkatalog für Gebäude und Freiraum	Synergetische Betrachtung von Gebäude und Umfeld (Wechselwirkungen)
Gebäudeübergreifende Energieversorgung	Vorgaben für Demonstrationsprojekte; konkrete Musterlösungen	Weiterentwicklung von Vorprojekten (z.B. ADRES), Optimierung über Gebäude hinweg
Demonstrationsvorhaben	Musterprojekt im Bereich Wohnen, Arbeiten, Gewerbe	Leuchtturmprojekt für weitergehende Siedlungsentwicklung
Investive Mobilitätsmaßnahmen	Musterprojekt in Verbindung mit Demonstrationsprojekt	Leuchtturmprojekt für weitergehende Siedlungsentwicklung
Qualitätssicherung/monitoring	Systemlösungstool;	Sicherstellung und Überprüfung der geforderten Qualitäten
Energieverbrauchsmonitoring	Vorgaben für Systemlösung (Pflichtenheft); Vorgaben für Demonstrationsvorhaben	Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs (inkl. Verbrauch durch Nutzer)

Tabelle 1: Übersicht und Erklärung der Subprojekte im Leitprojekt „aspern plus“ (Quelle: Projektantrag)

1.2 Subprojekt 2 „Gebäudeübergreifende Energieversorgung“

Im Rahmen dieses Projektes sollen umfassende Konzepte für lokale siedlungsbezogene Energieverteilssysteme thermischer und elektrischer Energie sowie deren Wechselwirkung mit der Bauausführung und der Raumplanung entwickelt werden. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse werden im ersten Schritt dazu verwendet, Handlungsempfehlungen für eine optimale energetische Kopplung zwischen den Demogebäuden und den dort anzutreffenden Nutzgruppen zu erstellen. Um einen weiteren stufenweisen Einsatz der untersuchten Ansätze zu erreichen wird basierend auf einer vertieften Analyse eine Roadmap erstellt, die die Implementierung geeigneter Konzepte im Zuge des Ausbaus der Seestadt anleiten wird. Weiters wird ein Prototyp für eine toolbasierte Handlungsanleitung für das anlassbezogene optimale Einbinden von Betriebsstandorten in den lokalen Energieverbund entwickelt. Dieser beruht auf der Integration der Teilmodelle „thermischer Energieaustausch“, „elektrischer Energieaustausch“ und „Wechselwirkung Netzinfrastruktur und Gebäude“.

Die städtischen Struktur von ASPERN+ und die Vorgaben zu den Randbedingungen des ASPERN+-Demogebäudes eröffnen zahlreiche Möglichkeiten im Bereich einer fortschrittlichen Energieversorgung. Im Rahmen des gegenständlichen Berichts werden deshalb Aspekte zu folgenden Energiebereitstellungssystemen näher analysiert:

- Solarenergie (thermisch und elektrisch)
- (Kleinst)wärmepumpen
- Kleinwindkraft

2 Ertragsoptimierung

Am Standort aspern – die Seestadt Wien wird voraussichtlich neben solarer Energieerzeugung und Windkraft auch die Nutzung von Geothermie zur Verfügung stehen. Für erstere werden hier die für das erste Demogebäude Überlegungen bzw. Berechnungen zusammengefasst. Das Geothermiekraftwerk wird wegen seines Temperaturniveaus in das Wiener Fernwärmenetz Wärme einspeisen und nicht zur Stromerzeugung genutzt werden. Daher wird empfohlen sämtlichen Wärmebedarf – sofern nicht innerhalb des Gebäudes Abwärme als unvermeidlicher „Abfall“ zur Verfügung steht – über die Fernwärme zu decken. Da eine Systemabgrenzung innerhalb des Fernwärmenetzes nicht sinnvoll erscheint, wurde für die Primärenergetische Bewertung der Fernwärme als Primärenergiefaktor der GEMIS-Wert 0,8 herangezogen.

2.1 Solarertrag

2.1.1.1 Vorarbeiten

Im Rahmen der FFG-Projekte ADRES und GEBIN steht das IET im ständigen Wissensaustausch mit einschlägigen Forschungsinstituten und Systemanbietern bzw. Systemdienstleistern. In diesem Zusammenhang sind das Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft und der Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz des Instituts für Hochbau und Technologie auf Seiten der Forschungspartner zu nennen. Im Bereich der „Praxispartner“ sind es vor allem Firmen aus dem Bereich der Gebäudeausrüstung sowie eine Reihe von Österreichischen Energie-Netzbetreibern. Es gibt eine reiche Auswahl an Literatur im Bereich der standortoptimierten Integration erneuerbarer Energiewandler. Schwerpunktmäßig wurden für die einzelnen Wandler folgende Quellen herangezogen:

Photovoltaik	[Hae07] Häberlin, H.: „Photovoltaik – Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen“, AZVerlag, Aarau, 2007
Solarthermie	[Kal06] Kaltschmitt, M. et al.: „Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte“, Springer, Berlin, 2006
Thermische Systeme	[Rec01] Recknagel, H. et al.: „Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, Ausgabe 01/02, Oldenbourg Industrieverlag München

Alle weiteren Quellen sind in der Literaturliste angeführt.

2.1.2 Dachflächen

Die verwendeten Dachflächen sind in Kapitel 3.5.6.1 Photovoltaik angeführt. Es werden sowohl die Dachfläche von Bauteil B als auch die Dachfläche von Bauteil A zur Nutzung herangezogen. Zur Fassadenstruktur des Demogebäudes wurden in Abstimmung mit dem mit der Projektabwicklung betrauten Technischen Büro ATP verschiedene Varianten miteinander verglichen.

2.1.3 Solarertragsabschätzung aus thermischem Kollektor

Am Beginn der Diskussionen zum gegenständlichen Objekt wurde die Möglichkeit der thermischen Sonnenenergienutzung erörtert.

Es gibt im Bereich der thermischen Solaranlagen eine starke Abhängigkeit der solaren Erträge vom Temperaturniveau, auf dem die Kollektoren betrieben werden (Abbildung 2.1). Für das gegenständliche Projekt sollen die thermischen Heizlasten sehr gering sein und über die Bauteilaktivierung sollten nur niedrige Systemtemperaturen benötigt werden und auch temporär Speichervorgänge durchführbar sein. Aus dieser Sicht würde sich die Integration solarthermischer Systeme für das Demoprojekt anbieten.

In Übereinstimmung mit den in der einschlägigen Literatur (z.B. [Str04], [Kal06], [Pol09]) angegebenen Werten haben sich bei Simulationsläufen am IET für Solarkollektoren mit einem Betriebs-Temperaturniveau von ca. 30-40°C und Vorlauftemperaturen von ca. 50-60°C Ertragswerte im Bereich von 300 bis 600 kWh pro Quadratmeter Kollektorfläche und Jahr ergeben.

Aufgrund der zu erwartenden thermischen Überschüsse im Sommer und in der Übergangszeit sowie dem generell sehr niedrigen Bedarfsniveau, insbesondere im betrachteten Bürogebäude, würde die Installation solarthermischer Systeme für das Demoprojekt jedoch aus derzeitiger Sicht eher wenig Sinn haben.

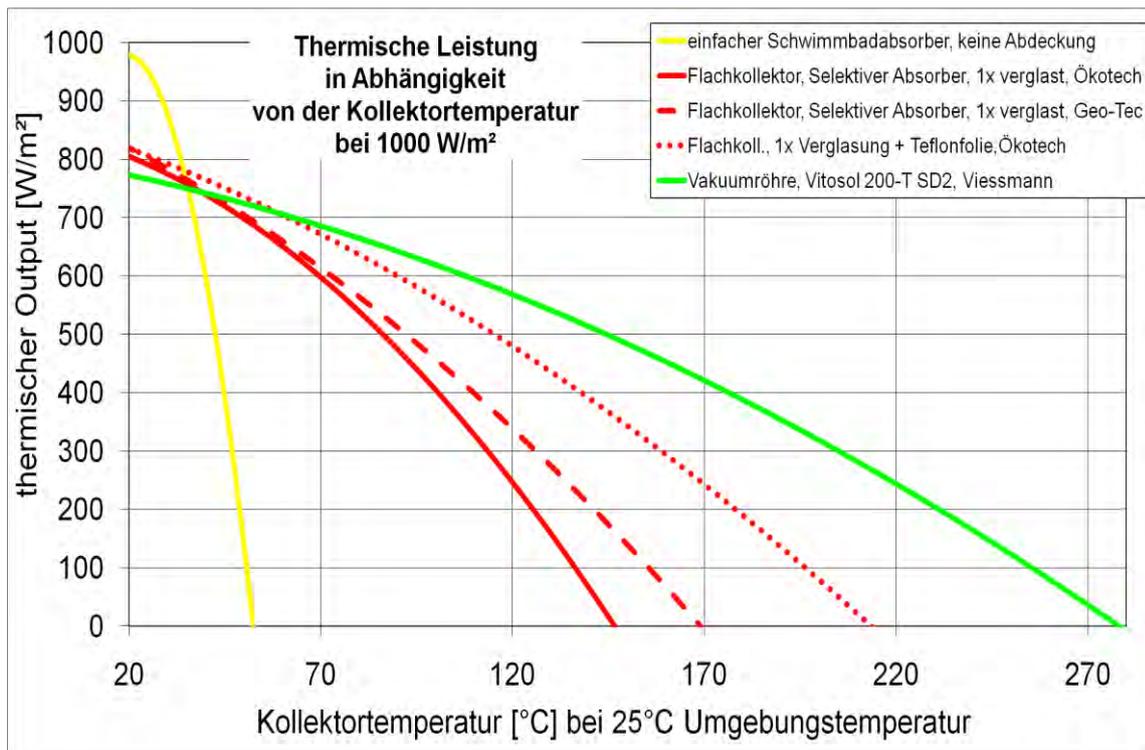


Abbildung 2.1: Mit steigenden Systemtemperaturen sinkt der Wirkungsgrad von solarthermischen Kollektoren. Dargestellt sind Wirkungsgrade von nicht-abgedeckten Schwimmbadabsorbern (gelb), einfach verglasten Flachkollektoren (rot) und Vakuumröhren (grün);

Insbesondere aufgrund der Tatsache, dass für den Betrieb der „Energieschiene“ (s. Kapitel 4.2) elektrische Energie benötigt wird, wurde in erster Linie auf die PV-Integration eingegangen. Weiters würden Solarthermie und die Energieschiene gewissermaßen um das „niedrige Temperaturniveau“, das beide Systeme mit gutem Wirkungsgrad bereit stellen können, konkurrieren.

Ein weiterer Grund, wieso die Nutzung der Sonnenenergie in erster Linie über die Umwandlung in elektrische Energie erfolgen sollte, liegt im Bereich der einfacheren Gestaltungsmöglichkeiten auf Seiten der Architektur. Hier fällt beispielsweise der Vorteil, dass Verkabelungen leichter durchgeführt werden können als Verrohrungen, ins Gewicht.

Diese grundsätzliche Feststellung, dass im betrachteten Anwendungsfall beim derzeitigen Informationsstand der photovoltaischen Sonnennutzung der Vorzug gegenüber der thermischen Nutzung zu geben ist, liegt auch auf einer Linie mit den Erkenntnissen der Studie „Nach Aspern“ des AIT aus dem Jahre 2009 [Pol09, S.13], in der zur Frage der PV-Integration zu lesen ist: „Aus primärenergetischer Sicht ist es zu empfehlen, (...) bei der Dach- und Fassadenflächenwidmung die Priorität eher auf Photovoltaikanlagen als auf solarthermische Kollektoren zu setzen. Diese Empfehlung ist auch in Hinblick auf die langfristig erwartete Kostenreduktion von Photovoltaikmodulen vertretbar.“

Auch auf die Frage der primärenergetischen Bewertung wird in dieser Studie eingegangen, wobei das Argument, dass „über die tiefe Geothermie bzw. die vorhandene Fernwärme der Wärme ein niedriger Primärenergiefaktor zugewiesen wird“, im Laufe des laufenden SP2 noch einer detaillierteren Analyse unterzogen werden sollte, wenn dynamische Primärenergiefaktoren bzw. spezifische Emissionsfaktoren definiert werden.

In diesem Zusammenhang lässt sich nämlich festhalten, dass es für den quantitativen Vergleich verschiedener Energieformen, d.h. konkret für die Reduktion des Problems auf eine Kennzahl, den Primärenergiefaktor, sehr viele verschiedene Ansätze gibt, die aber alle keinen Anspruch auf universelle Gültigkeit erheben können. Besonders bei gekoppelter Erzeugung ist die Zuweisung der Emissionen auf die elektrische und thermische Energie sehr schwierig und es gibt verschiedene Bilanzierungsansätze, die zu stark unterschiedlichen Bewertungen führen. In [Poe08] und [VIK06] sind diese Methoden zusammengefasst und es wird auf die Problematik der Verwendung der Vergleichskennwerte eingegangen.

Zur Bewertung der jahreszeitlichen Abhängigkeit der Emissions- bzw. Konversionsfaktoren, insbesondere der Fernwärme, sollen in den nächsten Monaten in Zusammenschau mit den verwandten Forschungsprojekten auch dynamische Kennwerte errechnet werden, die sich aus den unterschiedlichen Einsatzplänen der Kraftwerksparks ergeben. Dadurch soll für zukünftige Rechnungen die unterschiedliche Wertigkeit bzw. das unterschiedliche Emissionsvolumen pro umgesetzter Energieeinheit (elektrisch wie thermisch) zum Ausdruck kommen.

2.1.4 Solarertragsabschätzung aus PV-Fassade

Für die grundsätzliche Konzeption von gebäudeintegrierten Photovoltaikanlagen steht eine reiche Auswahl an aktueller Literatur zur Verfügung [Hae07], [Kal06], [Fec09], [Vie10]. Neben den oben dargestellten physikalischen Überlegungen, wieso die Integration von Photovoltaik in Gebäude, insbesondere in Bürogebäude, besonders viel Sinn hat, werden von Fechner et al. in [Fec09, S.2/1] folgende Gründe angeführt, die sich insbesondere auf das gegenständliche Demoprojekt anwenden lassen:

- Die solaren Einstrahlungswerte übertreffen jene von europäischen Nachbarn zum Teil signifikant (z. B. Deutschland)
- Die Akzeptanz der PV in der Bevölkerung ist hervorragend
- Es gibt qualifizierte KMU, die Installationen vornehmen könnten, viele neue Arbeitsplätze wären die Folge
- Es gibt viele verwandte Industrien, für die die PV ein neues Geschäftsfeld sein könnte (z. B. Glasindustrie)
- Moderne Architekturlösungen haben in Österreich einen hohen Stellenwert

In der Studie wird auf alle grundlegenden Aspekte der PV-Integration im Detail eingegangen, insbesondere auf technische Möglichkeiten und Erfahrungen aus „Best-practice“-Projekten. Dies soll deshalb an dieser Stelle nicht mehr Gegenstand näherer Betrachtungen sein sondern auf die konkreten Fragestellungen zur PV-Integration im Projekt Aspern IQ eingegangen werden.



Abbildung 2.2: Im rot markierten Bereich wird die Solarfassade angenommen [Tru10];

Unter Anwendung üblicher ingenieurmäßiger Regeln (Dimensionierung, Ertragsabschätzung, Aspekte der Abschattung etc.) wurden zunächst in Abstimmung mit ATP verschiedene Varianten zur PV-Integration in die engere Wahl genommen.

Abbildung 2 zeigt die Lage der zukünftigen PV-Fassade innerhalb des Gebäudes. Die Gesamtfläche der Fassade, exklusive Erdgeschoß, beträgt ca. 440 m². Die Fläche der Solarmodule ergibt sich individuell für den jeweiligen Fall. Die Fassade weist eine Abweichung von 40 Grad von Süden auf, ist also im Bereich zwischen SSO und SO, allerdings näher nach SO, orientiert.

2.1.4.1 PV-Ertragsergebnisse aus ingenieurmäßiger Abschätzung

Eine erste Ertragsabschätzung für die in die Betrachtung aufgenommene Süd-Ost Fassade ergibt für alle Modulneigungen zwischen 10 und 70 zumindest 95% des Ertrags einer optimal ausgerichteten Anlage. Je nach genauer Ausführung sollten 950 bis 1000 kWh/kWp als spezifischer Photovoltaikertrag realistisch sein. Dies genügt für eine grobe Orientierung bzw. eine Kontrolle der späteren Simulationsergebnisse. Weiterführende Rechengrundlagen fin-

den sich in [Hae07, S. 57]. Darin wird gesondert auf die Situation gestaffelter Solararrays eingegangen.

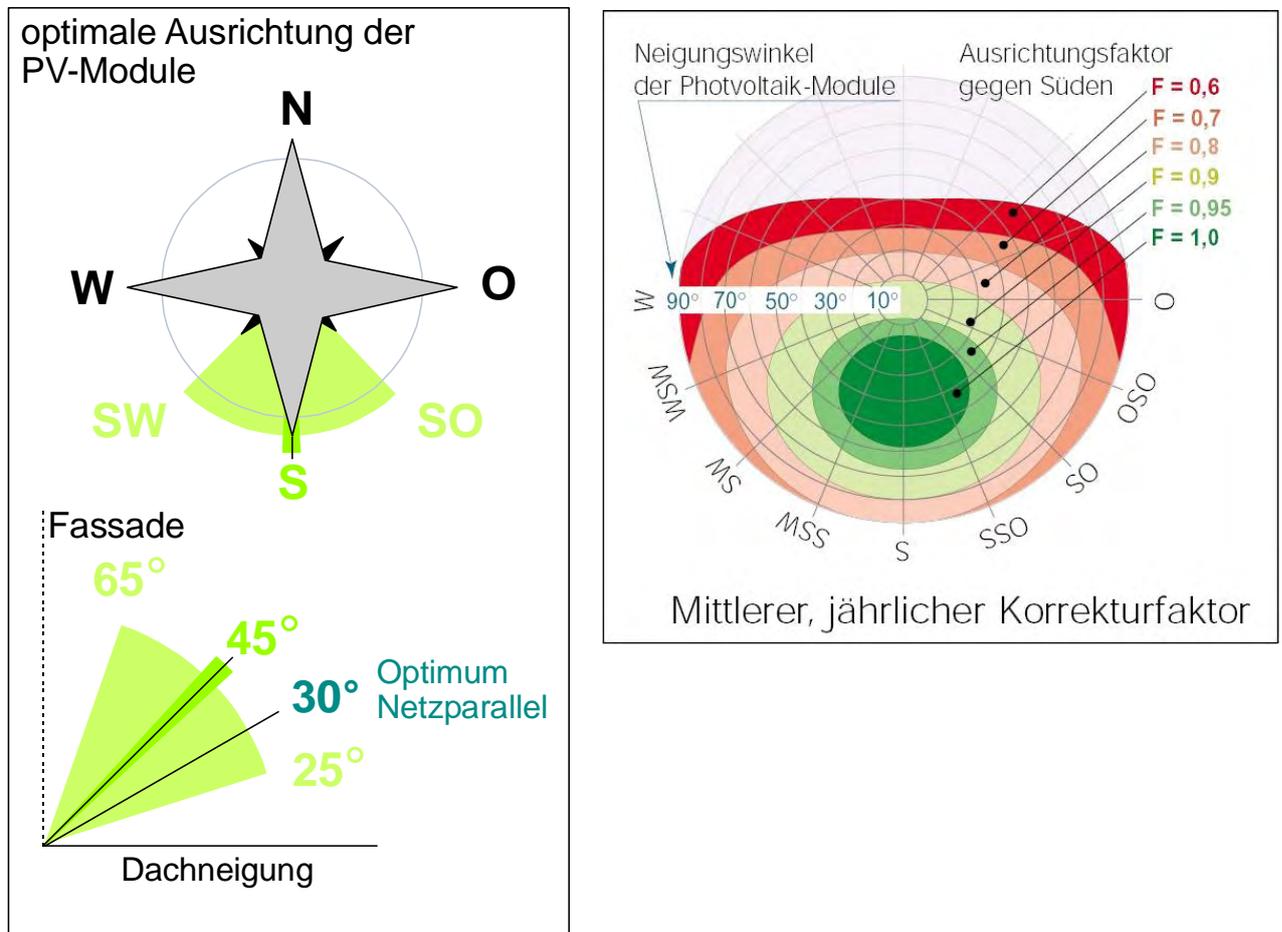


Abbildung 2.3: Für eine einfache Ertragsabschätzung genügt es, über übliche Anlagenwirkungsgrade, die Strahlungssummen und die Orientierung der Flächen Bescheid zu wissen; Quelle: [Sib99]

ATP konkretisierte die Varianten einer PV-Integration in Zusammenarbeit mit einschlägig tätigen Unternehmen und sorgte für einen Know-How-Austausch im Rahmen der Simulationsarbeit. Dabei wurden Datenblätter der geplanten Module und technische Restriktionen in der Praxis besprochen.

Die Idee einer „Add-On-Fassade“ wurde neben einer Lösung mit einzelnen Vordachstrukturen (je 1 Vordach pro Geschoß) unter Verwendung von TRNSYS genau simuliert. Auf die Frage der gegenseitigen Modulabschattungen wurde dabei besonderes Augenmerk gelegt.

Ausführung als Add-On Fassade

Bei der Ausführung als Add-On Fassade sind die Module lamellenförmig unter einem bestimmten Anstellwinkel an einem Gerüst angebracht, wie in der folgenden Abbildung dargestellt.

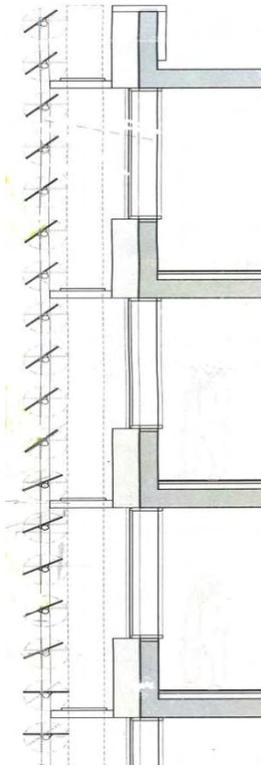


Abbildung 2.4: Add-On Fassade [Tru10]

Diese Ausführung bietet die Möglichkeit, die Lichtverhältnisse in den Räumen durch Variation der Anstellwinkel und des Panelabstandes zu regulieren. Ein weiterer Grundgedanke dieser Auslegung ist die Entwicklung einer „Modulfassade“, welche an beliebigen Gebäuden angebracht werden kann.

Gegen die Idee, derartige bewegliche Photovoltaik-Elemente zu verwenden, sprechen aus der praktischen Erfahrung allerdings einige schwerwiegende Gründe:

- Die auf die Anlage wirkenden Windbelastungen lassen sich durch weniger Aufwand von starren Systemen beherrschen.
- Die partielle Verschattung der einzelnen Solarzellen senkt den Wirkungsgrad der Anlage erheblich.
- Bewegliche Systeme bedürfen einer Wartung.
- Wie häufig die Situation eintritt, dass die Photovoltaik in vollständiger oder fast vollständiger Abschattungsstellung den optimalen Ertrag erzielen würde, aber gleichzeitig eine ungefähr waagrechte Drehung aus Sicht der Innenraumbeleuchtung notwendig wäre, ließe sich nur nach einer umfassenden Lichtsimulation, beispielsweise mit

der Software Radiance, seriös beurteilen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Zielkonflikt zwischen Innenraumbeleuchtung und Solarstromertrag häufig und noch dazu gerade an jenen Tagen auftritt, an denen der Strombedarf durch Innenbeleuchtung besonders hoch ist.

Anordnung der Module als Vordach

Bei dieser Ausführung sind die Module in Form eines Vordachs unterhalb der Fenster angebracht, wie in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** der folgenden Abbildung dargestellt:

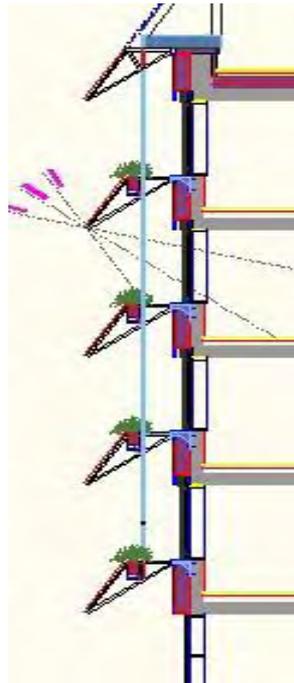


Abbildung 2.5: Vordach-Fassade [Tru10]

Diese Ausführung bietet gegenüber der Add-On Fassade eine Reihe an Vorteilen. Neben einer einfacheren Konstruktion und einem höheren Wirkungsgrad sind die Module über einen Wartungsgang leichter zugänglich.

Es wurden dennoch mehrere Varianten bei verschiedenen Winkeln untersucht. Die Vorgehensweise dazu sowie die verwendeten Eingabeparameter für die Software TRNSYS sind in A.2 detailliert dokumentiert. Eine besondere Herausforderung stellte die Berücksichtigung der gegenseitigen Abschattung der Module dar. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Add-On Fassade:

	Solarzellen	
Neigung	Monokristallin	Multikristallin

0°	16234 kWh	14758 kWh
20°	25497 kWh	22926 kWh
30°	25485 kWh	22914 kWh
45°	24507 kWh	22054 kWh
60°	22470 kWh	20260 kWh

Modulanordnung als Vordach:

Neigung	Solarzellen	
	Monokristallin	Multikristallin
0°	29920 kWh	26962 kWh
20°	31057 kWh	27949 kWh
30°	30755 kWh	27685 kWh
45°	29243 kWh	26370 kWh
60°	26487 kWh	23962 kWh

Die Aufteilung auf die einzelnen Monate des Jahres ergeben sich für Mono- bzw. Multikristalline Zellen wie in der folgenden Abbildung dargestellt.

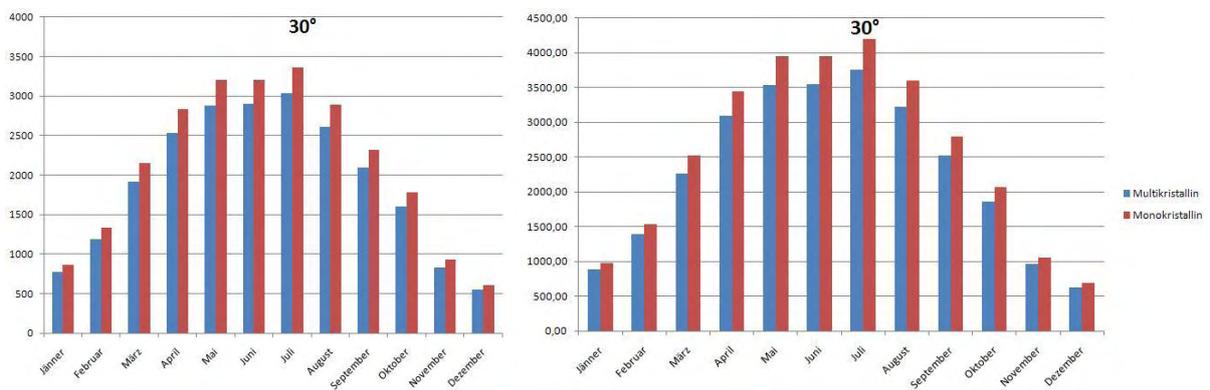


Abbildung 2.6: Simulierte Erträge aus der PV-Anlage unter Berücksichtigung gegenseitiger Abschattung für Add-On-System (links) und Vordachvariante (rechts).

Als spezifische Erträge ergeben sich:

Variante: Add-On Fassade

Neigung	Monokristallin	Multikristallin
0°	678 kWh/kWp	701 kWh/kWp
20°	1065 kWh/kWp	1090 kWh/kWp
30°	1064 kWh/kWp	1089 kWh/kWp
45°	1023 kWh/kWp	1048 kWh/kWp
60°	938 kWh/kWp	963 kWh/kWp

Variante: Vordach

Neigung	Monokristallin	Multikristallin
0°	1090 kWh/kWp	1118 kWh/kWp
20°	1132 kWh/kWp	1159 kWh/kWp
30°	1121 kWh/kWp	1148 kWh/kWp
45°	1061 kWh/kWp	1094 kWh/kWp
60°	965 kWh/kWp	994 kWh/kWp

Die Ergebnisse der „ingenieurmäßigen Kalkulation“ und der genauen Simulation liegen damit erwartungsgemäß nahe beieinander.

Die Werte zeigen, dass die höchsten Erträge bei einem Anstellwinkel von ca. 20° erreicht werden könnten. Dies stellt allerdings nur den theoretisch bzw. optimalen Bedingungen idealen Anstellwinkel für diese Fassade und für diese geografische Lage dar; die Montage mit 20° wäre aber wesentlich aufwändiger und teurer als eine Variante mit 45 oder 60° Modulneigung. So müsste zum Beispiel die Unterkonstruktion aufgrund des höheren Gewichts, u.a. wegen eventueller Schneelasten, wesentlich aufwendiger gestaltet werden und auch die Selbstreinigung würde unter einem flachen Winkel leiden. Aus diesem Grund wird häufig ein geringfügiger Wirkungsgradabfall aufgrund der höheren Anstellung in Kauf genommen.

2.2 Kleinwindkraftintegration – derzeit geringes Potential

Neben der Add-On-Fassade mussten auch zunächst visionär wirkende Ansätze wie die Integration von Windkraft in die Add-On-Fassade aufgrund der Wechselwirkung mit der PV auf der einen Seite und aufgrund von genehmigungstechnischen sowie physikalischen Hürden auf der anderen Seite relativ schnell ausgeschieden werden.

Zu groß wäre in diesem Fall außerdem die Gefahr von Vibrationseintrag ins Gebäude oder von Schatten- und Eiswurf gewesen. Im speziellen Fall der dezentralen Windenergienutzung erlaubt auch das Angebot an Kleinanlagen noch keine Empfehlung für diese Technologie [AEE10a].

3 Bauphysikalische Optimierung anhand der Planungen zu aspern IQ

3.1 Stand der Technik

Für die Berechnungen von Plus-Energie Gebäuden gibt es in Bezug auf die Bilanzierung bzw. auf das „Plus“ zurzeit noch keine einheitlichen Berechnungsarten. Die Bewertung nach der OIB-Richtlinie [OIB10] nach derzeitigem Stand reicht hier nicht mehr aus, da die Konversionsfaktoren (oder auch Primärenergiefaktoren) für die verschiedenen Energieträger noch nicht veröffentlicht sind und so die Vergleichbarkeit der Gebäude mit verschiedenen Systemen nicht möglich ist. Wie man das „Plus“, also die Erträge im Haus bzw. über die Systemgrenze in die Versorgungsnetze, bilanziert gibt es derzeit mehrere Vorschläge. Bisher hat sich aber noch kein Vorschlag durchgesetzt.

3.2 Vorarbeiten zum Thema

Die Haus der Zukunft Projekte „PEB - Marktreifes Plus-Energie-Büro“ und „ÖNormen Plus-Energie - Erstes rechtssicheres Nachweisverfahren für Plus-Energie Gebäude durch komplette Überarbeitung der ÖNORMEN“ fungieren als Basis für dieses Projekt.

Das Projekt PEB befindet sich gerade in der finalen Phase und der Endbericht wird am Ende dieses Jahres fertig sein. In diesem Projekt werden 3 verschiedenen Bürokomplexe hinsichtlich der maximalen Senkung des Primärenergieverbrauchs untersucht. Manche Erfahrungen aus diesem Projekt können für das vorliegende übernommen werden.

ÖNORM Plus bildet die rechnerische Grundlage für das behandelnde Projekt. Die Überarbeitung der Normen ist notwendig, um Plus-Energie Gebäude richtig abzubilden und sie vergleichbar zu machen. Weiters wird vielleicht eine Überarbeitung bzw. Berechnungen für manche Default-Werte notwendig.

3.3 Beschreibung der Neuerungen

Die Neuerungen bzw. Vorteile gegenüber dem Ist-Stand kommen am Besten im Punkt 3.5.3 „Ergebnisse, Vergleich und Optimierung“ zur Geltung und werden in diesem Kapitel beschrieben.

3.4 Verwendete Methoden

Um das Demogebäude zu berechnen und die verschiedenen Maßnahmen zu bewerten wurde in diesem Stadium des Projektes gängige Softwaretools (Excel) verwendet.

Außerdem wurden die Erfahrungen der einschlägigen Planer aus den Vorprojekten übernommen und mit den neuen Planern abgestimmt und weitere Verbesserungsmaßnahmen ausgearbeitet.

Ein wichtiger Punkt ist auch die Literaturrecherche und die Abstimmung mit den Herstellern.

3.4.1 Bilanzierung - Rechenmethode

Im „IEA Annex 53 – Total Energy Use in Buildings: Analysis & Evaluation Methods“ [IEA10] werden Rechenmethoden und Validierungsmethoden erarbeitet und validiert. Die in dieser Arbeitsgruppe erarbeitete Bilanzdarstellung wird im folgenden Bild dargestellt:

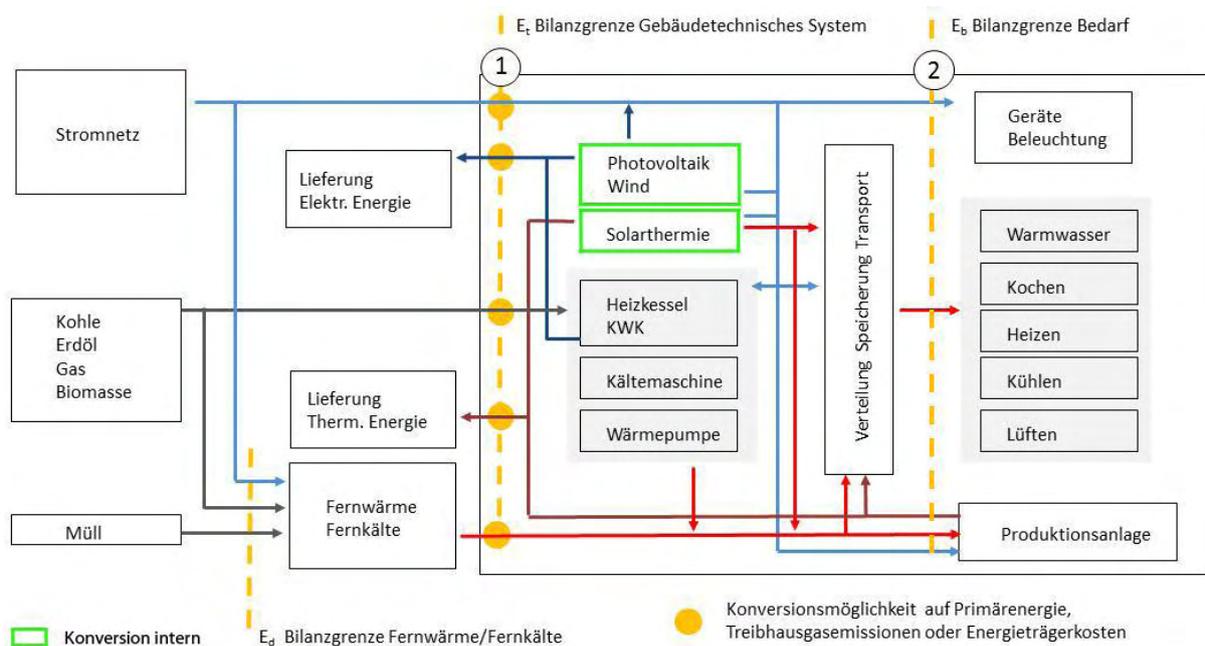


Abbildung 2.7: Bilanzierungsgrenzen (Quelle: IAE Annex 53)

In diesem Bild sind drei Grenzen abgebildet:

- Bilanzgrenze E_d Fernwärme/Fernkälte
- Bilanzgrenze E_t Gebäudetechnisches System
- Bilanzgrenze E_b Bedarf

Die Bilanzgrenze E_b Bedarf und E_t Gebäudetechnisches System wird auch in den ÖNormen zur Erstellung des Energieausweises verwendet. Unklar ist zurzeit noch wie man mit der Konversion in der Systemgrenze (Grundstück) bilanziert wenn man am Grundstück die Erträge der Solarthermie, Wind und Photovoltaik für das Gebäude selbst verwendet und wie man konvertiert, wenn man in das Netz einspeist.

3.4.2 Konversionsfaktoren

Die zukünftigen Konversionsfaktoren stehen für Österreich noch nicht fest, daher werden für die anschließenden Berechnungen des Primärenergiebedarfs die Konversionsfaktoren lt. Herrn DI Zelger (Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie IBO), um vergleichbar zu bleiben, verwendet. Das IBO berechnet für das Projekt Aspern IQ den Primärenergiebedarf mittels Simulationen.

- Strom 2,6 kWh/kWh UCTE-Mix, GEMIS
- Fernwärme 0,8 kWh/kWh GEMIS

Um den Einfluss der Faktoren auf die Ergebnisse darzustellen, werden in Punkt 3.5.5 noch strategische Konversionsfaktoren verwendet:

- Strom 3,5 kWh/kWh
- Fernwärme 1,0 kWh/kWh

Diese beruhen auf den Ansatz, dass für jeden Neubau der Strom importiert werden muss und somit den europäischen Mix aufweist. Die Fernwärme wurde mit 1,0 angenommen.

Es wird auch mit den aktuellen Primärenergiefaktoren, aus GEMIS vom Umweltbundesamt [AEE10], in Punkt 3.5.5 verglichen:

- Strom 2,074 kWh/kWh
- Fernwärme 1,580 kWh/kWh

Hier stellt sich die große Bandbreite der Primärenergiefaktoren dar. Für den Strom errechnet sich ein Faktor 1,68 zwischen der kleinsten und der größten Annahme und für die Fernwärme ein Faktor von 1,975. Dieser Einfluss und Unterschied wird später mit einer Graphik noch plakativer dargestellt.

3.4.3 Primärenergiebedarf

Der Primärenergiebedarf für die Energiebereitstellung enthält sämtliche Faktoren der Primärenergieerzeugung mit den Vorketten (einschließlich der Materialvorleistungen und Hilfsenergien) für die Förderung, Aufbereitung, Umwandlung, den Transport und die Verteilung der betrachteten Energieträger. Die Ermittlung der Faktoren erfolgt durch Modellierung der entsprechenden Prozessketten. [Din07]

Die Berechnungen des Primärenergiebedarfs schließen den gesamten Energieverbrauch des Gebäudes ein. Er setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- Heizung
 - Heizen

- Nachheizen nach Entfeuchten
- Pumpenstrom Wärmeverteilung
- Übergabeverluste
- Regelung
- Kühlung
 - Raumkühlung
 - Serverräume
 - Entfeuchten
 - Pumpenstrom Kälteverteilung
- Raumluftechnik
 - Ventilatorstrom
 - Befeuchten
 - Luftklappensteuerung
- Beleuchtung
 - Beleuchtung
 - Anwesenheitsmelder
- Warmwasser
- Lift
- Arbeitsplatzgeräte
 - Monitor, Computer, Telefon, Gadgets,...
- Weitere Geräte
 - Kopierer, Flatscreens
 - Bewegungsmelder (Pissoir,...)
 - Jalousiensteuerung
- Teeküche
 - E-Herd
 - Kaffeemaschine,...

3.5 Ergebnisse

3.5.1 Berechnung

Die folgenden Berechnungen werden mit dem am Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz entwickelten Tabellenkalkulationsprogramm für Nichtwohngebäude durchgeführt. Die Grundlage der Berechnungen bilden alle einschlägigen ÖNormen zur Erstellung des Energieausweises. Der Heizwärmebedarf und Kühlbedarf wird mittels Monatsbilanzverfahren berechnet, wobei die inneren Lasten aller Geräte, Personen, Aktivierung des Sonnenschutzes, Raumlufteinrichtung usw. mit Stundenwerten eruiert werden und erst dann in die monatliche Bilanzierung übernommen werden.

Die Berechnung des Primärenergiebedarfs bezieht sich nicht auf die Energiebezugsfläche sondern auf die konditionierte Bruttofläche.

3.5.2 Eingangsdaten Berechnung

3.5.2.1 Ausgangsobjekt

Die Eingangsdaten basieren auf dem Technischen Bericht vom 10.06.2010 und den Plänen vom 2.06.2010 der ATP Wien Planungs GmbH.

3.5.2.2 Geometrie

Das Gebäude besteht aus insgesamt sechs Geschossen. Die Tiefgarage und das Erdgeschoß sind gänzlich miteinander verbunden. Ab dem ersten Obergeschoß teilt sich das Gebäude in zwei Bauteile auf, wobei Bauteil A vier Geschosse und Bauteil B zwei Geschosse aufweist. Zwischen diesen Bauteilen verbindet ein Gang mit einer Liftlobby diese zwei Bauteile. Die konditionierte Bruttofläche beträgt 8368 m².

Außengeometrie:	
Anzahl Geschosse:	4 bzw. 2 OG ein EG voll + TG
Geschoßhöhe:	OG 3,45 m; EG 4,95 m; TG 3,52 m
Abmessungen:	OG 2x 51,60 x 19,60 m; EG 50 x 46 m ; TG 58,26 x 52,36 m

Die Orientierung des Gebäudes beträgt 41° aus Norden.

Grundriss:

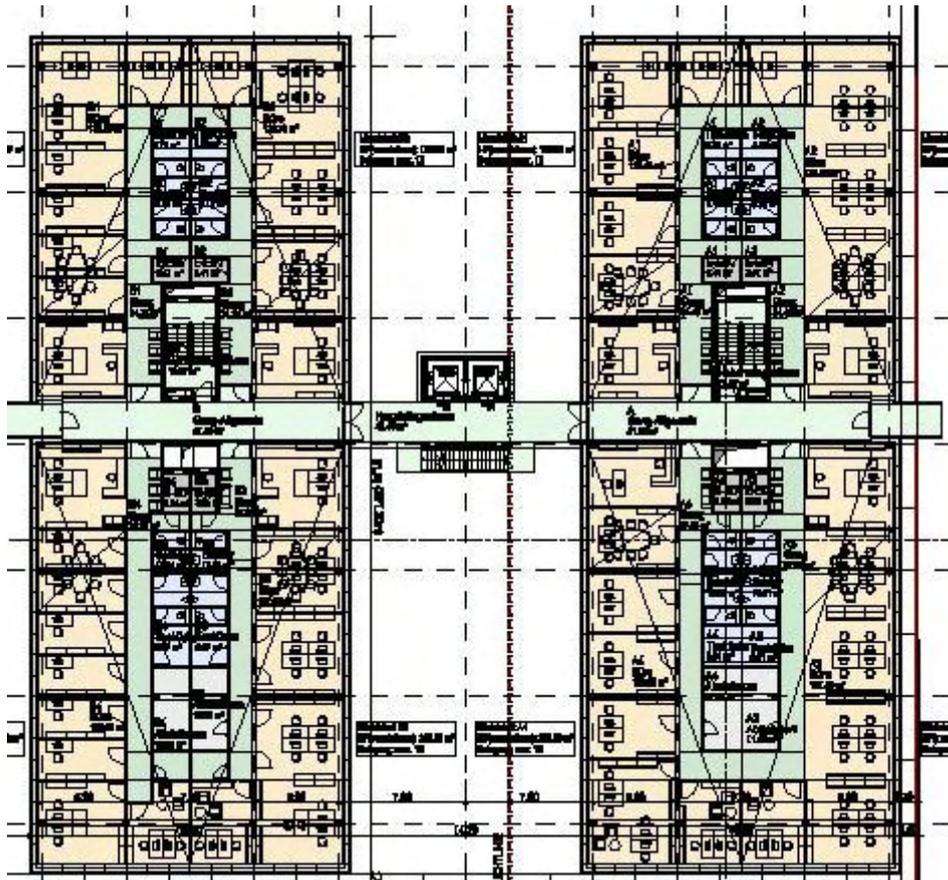


Abbildung 3.2: Regelgeschoß (Quelle: ATP)

3.5.2.3 Fassade

In diesen Berechnungen wird ein Lichtband untersucht. Eine Lochfassade würde eventuell bauphysikalisch, hinsichtlich des Primärenergiebedarfs, bessere Werte aufweisen, ist aber nicht Stand der Technik und hat eine geringe Akzeptanz im Bürobau. Die Parapetthöhe beträgt 80 cm und es wird kein Sturz ausgebildet. Diese Ausführung bildet für die Beleuchtung das Optimum, da die Nutzenebene ebenfalls auf 80cm situiert ist. Die Add-On Fassade wird in diesem Stand der Berechnung nicht berücksichtigt.

3.5.2.4 Aufbauten

Die U-Werte für die opaken Bauteile entsprechen Passivhausstandard:

Opake Bauteile:	
Flachdach:	$U = 0,10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Außenwand:	$U = 0,14 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

3.5.2.5 Heizung

Als Heizungssystem wird Fernwärme verwendet. Die Verluste an der Übergabestation betragen 4 %. Für die Regelung der Heizung und Kühlung wird Gesamt ein Strombedarf von 625 W angenommen. Dies entspricht einem Wert von ca. 0,075 W/(m².BGF). Dieser Wert entspricht einer Schätzung. Reale Messwerte bzw. Angaben von Herstellern konnten leider nicht eruiert werden.

Heizung:	Fernwärme
Regelung:	625W
Radiatoren; Leitungslängen jeweils für Heiz- bzw. Kühlleitungen	
Verteilleitung unkonditioniert:	15 m
Verteilleitung konditioniert:	15 m
Steigleitung unkonditioniert:	25 m
Steigleitung konditioniert:	60 m
Anbindeleitung:	300 m
Dämmung der Leitungen: 3/3	0,24 W/mK
Dämmung der Armaturen:	
Verteilleitung unkonditioniert:	$f_{\text{ero},1} = 1,50$
Verteilleitung konditioniert:	$f_{\text{ero},1} = 1,50$
Steig-,Stich- und Anbindeleitungen unkonditioniert:	$f_{\text{ero},2} = 1,25$
Steig-,Stich- und Anbindeleitungen konditioniert:	$f_{\text{ero},2} = 1,25$

3.5.2.6 Kühlung

Für die Kühlung wird eine luftgekühlte Kompressionskältemaschine verwendet. Absorptionskältemaschinen bzw. Sorptionskältemaschinen sind in dieser Projektphase noch nicht untersucht worden. In weiterer Folge sollten auch noch Kompressionskältemaschinen mit höheren Nennkälteleistungszahlen berechnet werden.

Kühlung:	Kühlung in der Zone
Kompressionskältemaschine luftgekühlt	
Schraubenverdichter mit Steuerschieberegelung	
Kältemittel:	R134a
Vorlauf:	14 °C
Feuchteanforderung	ohne Toleranz
Nennkälteleistungszahl:	3.7
Teillastfaktor:	1.14
Jahreskälteleistungszahl:	4.22

3.5.2.7 Be- und Entfeuchtung

Die Feuchtegrenze für das Befeuchten liegt bei 6 g/kg. Bei 22°C stellen sich somit mindestens 37 % relative Luftfeuchte ein. Dieser Wert ist schon sehr gering und ein Herabsetzen dieser Grenze hat negative Auswirkungen auf die Behaglichkeit. Der Entfeuchter arbeitet ab einer Grenzfeuchte von 9g/kg. Bei 25°C stellen sich somit maximal 47 % relative Luftfeuchte ein. Hier ist noch Einsparpotential vorhanden, da die Behaglichkeitsgrenze auf 60% angehoben werden kann.

Die Feuchtegrenzen für die Raumluft stellen sich wie folgt dar:

Entfeuchtung:	auf 9 g/kg
---------------	------------

Befeuchtung:	auf 6 g/kg
--------------	------------

3.5.2.8 Raumluftechnik

Der Strombedarf der Lüftungsanlage liegt, bei konventionellen Raumluftechniksystemen, bei ca. 1,0 Wh/m³. Lt. Herrn DI Zelger (Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie IBO) beträgt dieser Wert in der Vorentwurfsphase 0,72 Wh/m³.

Lüftung:	Zeitgesteuerte Lüftung
Mindestaußenluftvolumenstrom pro Person:	42 m ³ /h.Person
Mindestaußenluftvolumenstrom pro Raum (Keine Personen anwesend):	10 m ³ /h.Raum
Wärmerückgewinnung:	η = 80%
Strombedarf:	0,72 Wh/m ³
Pressung Zuluft:	1100 Pa
Pressung Abluft:	714 Pa

3.5.2.9 Luftdichtheit

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle beträgt $n_{50} = 0,6$ 1/h und entspricht somit Passivhaustauglichkeit.

3.5.2.10 Bauweise

Die spezifische Kapazität der Bauweise entspricht $f_{BW} = 20$ Wh/(K.m³)

3.5.2.11 Raumtemperaturen

Die erforderlichen Raumtemperaturen entsprechen den Werten, welche auch im Energieausweis gefordert sind.

Raumtemperaturen:	
Heizen mit Fernwärme	$T_i = 20^\circ\text{C}$
Kühlen mit einer Kompressionskältemaschine auf	$T_i = 26^\circ\text{C}$

3.5.2.12 Beleuchtung

Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke ergibt sich aus der angegebenen installierten Leistung. Die Berechnung der Beleuchtungsenergie wurde mit Hilfe der [Din07] Teil 4 erstellt, wobei die vorliegende Berechnung auf Stundenbasis beruht und die [Din07] nur Jahres- bzw. Monatsmittelwerte berechnet.

Beleuchtung Büroräume:	
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:	$E_m = 500 \text{ lx}$
Beleuchtungsart:	direkt/indirekt
Vorschaltgerät:	EVG
Lampenart:	Leuchtstofflampen stabförmig
Kontrollart:	selbstausschaltend; Automatischer Dimmer
Sehaufgabe:	
Fläche der Sehaufgabe pro Person:	$A_s = 2,0 \text{ m}^2$
Wartungswert der Beleuchtungsstärke im Umgebungsbereich:	$E_u = 347 \text{ lx}$
ergibt installierte Leistung:	18 W/m^2

Beleuchtung Mittelzone:	
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:	$E_m = 200 \text{ lx}$
Beleuchtungsart:	direkt
Vorschaltgerät:	EVG
Lampenart:	Leuchtstofflampen stabförmig
Kontrollart:	selbstausschaltend; Automatischer Dimmer
ergibt installierte Leistung:	9 W/m^2

3.5.2.13 Fenster

Es werden hocheffiziente Fenster mit Dreischeibenverglasung verwendet.

Fenster:	Wärmeschutzverglasung dreifach
Wärmedurchgangskoeffizient:	$U=0,6 \text{ W/m}^2$
Geamtenergiedurchlassgrad:	$g=0,5$
Lichttransmissionsgrad:	$\tau_e=0,39$
Erhöhung des U-Wertes vom Glas um 30% um Rahmen und Abstandhalter zu berücksichtigen:	$U_w=0,83 \text{ W/m}^2$
Rahmenanteil:	$F_F = 0,20$
Minderungsfaktor für Verschattung:	$F_S = 0,75$
Minderungsfaktor für Verschmutzung (Solare Gewinne):	$F_V = 0,98$
Minderungsfaktor für Versprossung:	$k_1 = 0,80$
Minderungsfaktor für Verschmutzung (Beleuchtung):	$k_2 = 0,90$
Minderungsfaktor für nicht senkrechten Lichteinfall (ist auf Vertikal umgerechnet):	$k_3 = 1,00$

3.5.2.14 Sonnenschutz

Die Add-On Fassade wurde bei diesem Berechnungsstand nicht berücksichtigt.

Sonnenschutz:	$g_{\text{tot}} = 0,06$
Außenjalousie 45°-Stellung grau	$\tau_{\text{eff,SA}} = 0,032$
Schwelle für die Aktivierung des Sonnenschutzes bei einer Gesamtbestrahlungsstärke:	200 W/m ²
Schwelle für die Aktivierung des Sonnenschutzes bei einer Direktstrahlung auf die Fassade:	0 W/m ²
Steuerung des Sonnenschutzes:	Automatisch mit Luxmetern

3.5.2.15 Nutzung und Betriebszeiten

Nutzung:	Büro
Belegung: Flächenbedarf der ersten Person:	10 m ²
Flächenbedarf jeder weiteren Person:	10 m ²
Ergibt 62 Personen pro Geschoß.	
Relative Nutzung:	70%
Arbeitszeit:	Montag bis Freitag 8.00 bis 18.00 Uhr

3.5.2.16 Personenlasten

Es wird für jede Person, jeden Raum und jede Stunde stochastisch berechnet wie viele Personen pro Raum anwesend sind und so die Lasten ermittelt. Auch die Geräte „schalten“ sich nur ein, wenn eine Person anwesend ist.

Innere Lasten:						
Innere Lasten pro Person:						80 W/Person
Innere Lasten pro Arbeitsplatz:						
Geräte pro Arbeitsplatz	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Nutzung (von bis Uhrzeit)	
Arbeitsplatzrechner bzw. Notebook						
1 Stück	70.0 W	70 %	3.20 W	60 min/h		8 h 18 h
Monitor 19"						
1 Stück	27.0 W	70 %	8.00 W	60 min/h		8 h 18 h
Telefon						
1 Stück	8.0 W	70 %	8.00 W	60 min/h		8 h 18 h
Radio Ladegeräte Gadgets						
1 Stück	2.0 W	70 %	2.00 W	60 min/h	[W]	8 h 18 h
Summe/Arbeitsplatz						
	107.0 W			21.20 W	[W]	

3.5.2.17 Aufzug

Es wird nach der VDI4707 [VDI09] ein Lift der Energiebedarfsklasse B verwendet.

Lift: (VDI4707)	Energiebedarfsklasse B	
Nutzungskategorie 2	gering/selten	
kleines Büro und Verwaltungsgebäude mit 2 bis 5 Geschoßen		
Durchschnittliche Fahrtzeit in Stunden pro Tag	t_{fahren}	0.5 h
Energiebedarf Stillstand	$P_{\text{stillstand,Max}}$	100 W
Energiebedarf für das Fahren	$E_{\text{Fahren,spez,Max}}$	0.84 mWh/(kg.m)
Nennlast:	Q	1000 kg
Geschwindigkeit:	v_{nenn}	1.00 m/s
Förderhöhe:	h	9.40 m

3.5.2.18 Warmwasser

Es werden 102 Stück Kleinspeicher mit 10l Wasservolumen angesetzt.

Warmwasser:	Kleinspeicher	
	102 Stück	5,00 Liter pro Person und Arbeitstag

3.5.2.19 Server

Die Server laufen auf Dauerbetrieb mit der unten angegebenen Leistung 8760 Stunden im Jahr.

Server:	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf pro Gerät	Nutzung (von bis Uhrzeit)
34 Stück	150 W	100 %	150 W	60 min/h	1314 kWh/a	0 h bis 24 h

3.5.2.20 Geräte

Die Berechnung der Geräte folgt einem eigenen Ansatz. Die Verbrauchsdaten entstammen der Internetquelle www.topten.ch, Messungen und Annahmen.

Der Berechnungsalgorithmus wird am Beispiel des Kopierers erklärt. Das Gerät hat eine Leistung im Betrieb von 1320 W und im Stand-By 80 W. In der Nutzungszeit von 8 bis 18 Uhr berechnet sich für jeden Kopierer im Gebäude über eine Zufallszahl bei einer Wahrscheinlichkeit von 50% ob dieser in dieser Stunde läuft oder nicht. Weil ein Kopierer selten eine Stunde am Stück durchläuft wird er mit 18 Minuten/Stunde beschränkt. Dadurch ergibt sich ein eigenes Lastprofil für jeden einzelnen Tag. Der jährliche Verbrauch pendelt sich für einen

Kopierer auf 1160 kWh/a ein. Mit den anderen Geräten wird dies ebenso gehandhabt, wobei z.B. der E-Herd nur zu Mittag läuft.

Weitere Geräte:	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Kopierer						8 h
34 Stück	1320 W	50 %	80.00 W	18 min/h	1160 kWh/a	18 h
Flatscreen (Präsentationszwecke)						8 h
34 Stück	164 W	100 %	0.20 W	60 min/h	470 kWh/a	18 h
Mikrowelle						11 h
34 Stück	600 W	40 %	5.00 W	30 min/h	131 kWh/a	14 h
E-Herd						12 h
34 Stück	2000 W	100 %	5.00 W	30 min/h	303 kWh/a	13 h
Kühlschrank						0 h
34 Stück	80 W	100 %	10.00 W	60 min/h	189 kWh/a	24 h
Kaffeemaschine						8 h
34 Stück	550 W	100 %	3.60 W	7 min/h	194 kWh/a	18 h
Teekoher						8 h
34 Stück	1500 W	40 %	0.00 W	4 min/h	117 kWh/a	18 h
Geschirrspüler						8 h
34 Stück	500 W	13 %	5.00 W	60 min/h	335 kWh/a	18 h

Sonstige Geräte:	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Brandmelder						0 h
308 Stück	0.5 W	100 %	0.5 W	60 min/h	4 kWh/a	24 h
Hinweisschilder						0 h
64 Stück	8.0 W	100 %	8.0 W	60 min/h	70 kWh/a	24 h
Bewegungsmelder Allgemein Piss...						0 h
102 Stück	0.5 W	100 %	0.5 W	60 min/h	4 kWh/a	24 h
Switch Internet		pro Arbeitsplatz	ein Anschluss			8 h
1 Stück	1.31 W	100 %	0.75 W	60 min/h	8 kWh/a	18 h
Switch Internet		pro Arbeitsplatz	ein Anschluss			8 h
1 Stück	1.31 W	100 %	0.75 W	60 min/h	8 kWh/a	18 h
Bewegungsmelder Beleuchtung			pro Arbeitsplatz	ein Anschluss		0 h
1 Stück	0.5 W	100 %	0.5 W	60 min/h	4 kWh/a	24 h
Kabel-Modem						0 h
34 Stück	13.0 W	100 %	13.0 W	60 min/h	114 kWh/a	24 h
W-Lan Router						0 h
34 Stück	6.0 W	100 %	6.0 W	60 min/h	53 kWh/a	24 h
USV	von Servern abhängig	Wirkungsgrad 90 %	von Servern abhängig	60 min/h	von Servern abhängig	0 h
						24 h

	Leistung	Stand-By	Laufzeit	Leistung pro Aktivierung
Jalousiensteuerung				
256 Stück	108.0 W	0.00 W	55 sec	1.65 Wh
Luftklappensteuerung				
0 Stück	1.0 W	0.40 W	75 sec	0.021 Wh

Der Strombedarf der Jalousiensteuerung bilanziert sich nicht in die inneren Gewinne des Gebäudes, da die Motoren extern liegen und somit keinen Wärmebeitrag leistet. Die Server, Switches, Kabel-Modem, USVs und W-Lan Router scheinen auch nicht in der Wärmegewinnbilanz auf, weil diese Geräte sich im Serverraum befinden und dieser extra gekühlt wird. Das heißt, dass die Kältemaschine das ganze Jahr in Betrieb ist, um die Serverräume auf einer gewissen Temperatur zu halten.

3.5.3 Ergebnisse, Vergleich und Optimierung

Die in Kapitel 3.5.2 angegebenen Werte sind die Eingangsdaten für die Berechnung des Ausgangsobjektes in 3.5.3.1. Bei den Optimierungen stellen die **rot geschriebenen Texte und Werte** die Veränderung gegenüber dem Ausgangsobjekt dar.

Für die folgenden Berechnungen wurden diese Primärenergiefaktoren verwendet:

- Strom 2,6 kWh/kWh
- Fernwärme 0,8 kWh/kWh

In den folgenden Diagrammen werden auf Grund der Übersichtlichkeit folgende Werte ausgewiesen:

- Heizung
- Kühlung
- Raumluftechnik inklusive Be- und Entfeuchtung
- Warmwasser
- Beleuchtung
- Lift
- Strom
 - Arbeitsplatzgeräte (Notebooks)
 - Weitere Geräte (Kopierer,...)
 - Teeküche (Kaffemaschine,...)

3.5.3.1 Ergebnis Ausgangsobjekt

Die Berechnung mit den zuvor genannten Werten ergibt für den Entwurf folgenden Primärenergiebedarf:

Entwurf

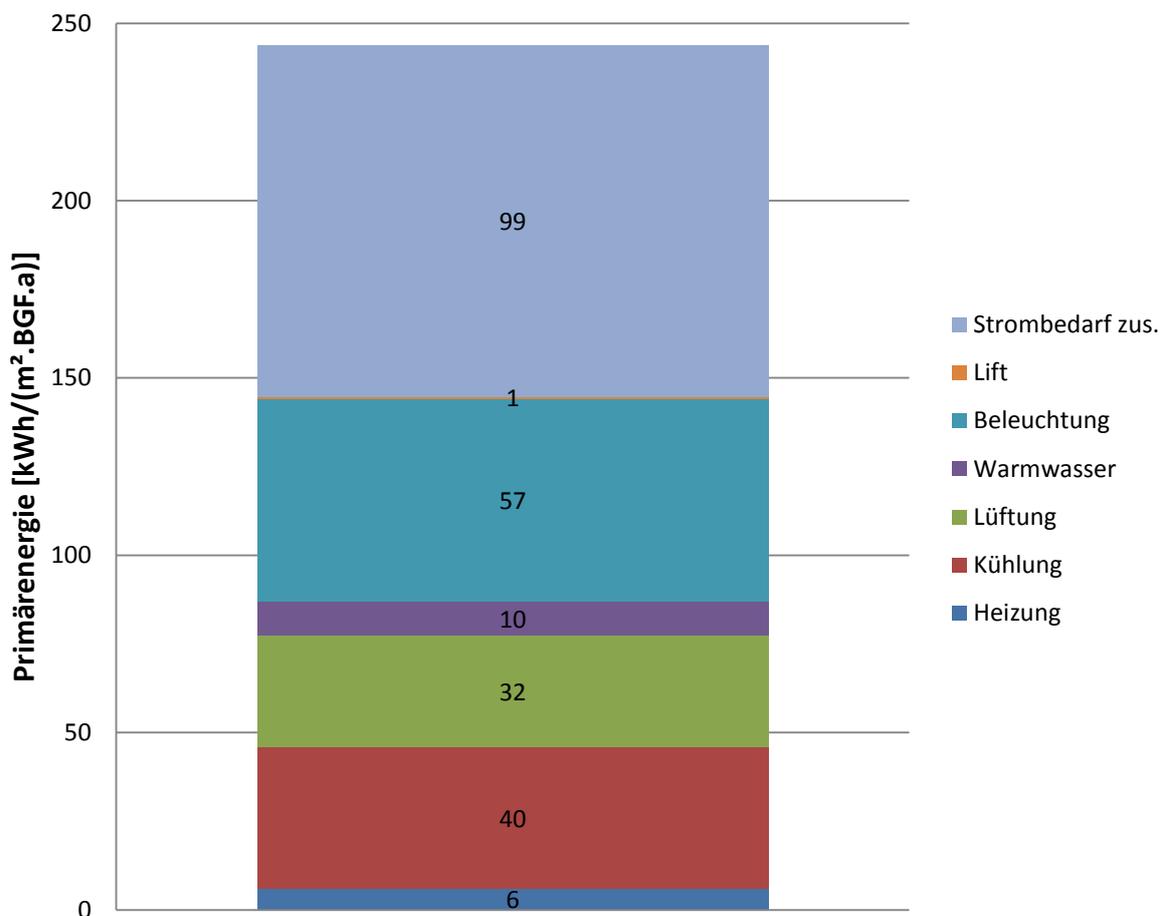


Abbildung 3.3: Primärenergiebedarf Ausgangsobjekt

Der gesamte Primärenergiebedarf beträgt $244 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{BGF}_{\text{Kond.}} \cdot \text{a})$. Die großen Verbraucher sind die Kühlung, die Lüftung, die Beleuchtung und der zusätzliche Strombedarf. Diese vier Komponenten machen ca. 93 % des gesamten Verbrauchs aus. Durch die Ausführung des Gebäudes in Passivhausstandard beträgt der Primärheizenergiebedarf $\text{ca.} 6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{BGF}_{\text{Kond.}} \cdot \text{a})$, das sind 2,5 % des gesamten Primärenergiebedarfs.

3.5.3.2 Lüftungsoptimierung

Grundsätzlich müssen bei der Optimierung des Lüftungssystems folgende Punkte eingehalten werden:

Optimierungsmaßnahmen für die Ausführung von Luftkanälen

1. Einsatz von Diffusoren nach Ventilatoren. In der Praxis werden 10-20 % der von den Ventilatoren erzeugten Druckdifferenz aufgrund von plötzlichen Querschnittsänderungen verschenkt.
2. Vermeidung von Formstücken. Bei in der Vergangenheit ausgeführten Anlagen von Luftleitungssystemen betragen die Druckverluste bis zu 70% der Leitungsdruckverluste.
3. Querschnittsoptimierung der Luftkanäle. In klimatisierten Gebäuden entfielen in der Vergangenheit ca. 30-50 % der Energiekosten pro Jahr auf den Betrieb von Pumpen und Ventilatoren. Daher ist es sinnvoll für die Luftvolumenströme in den Hauptkanälen eine Querschnittsoptimierung durchzuführen. Richtgeschwindigkeiten bei der Auslegung sind den optimalen Strömungsgeschwindigkeiten nicht gleichzusetzen.
4. Auswahl eines geeigneten Ventilators, maximaler Wirkungsgrad im Nennlastbereich. Bei stark wechselnden Volumenströmen Ventilatoren mit flachen Wirkungsgradverlauf.
 - a. Radialventilatoren Trommelläufer (Laufschaufeln in Drehrichtung gekrümmt), Wirkungsgrad zwischen 57-73%
 - b. Radialventilatoren Hochleistungsläufer (Laufschaufeln rückwärts gekrümmt), Wirkungsgrad zwischen 85-89% z.B.: ETAvent der Energiesparventilator
 - c. Axialventilatoren, für große Volumenströme, Wirkungsgrad zwischen 85-90%
5. Anpassen des Lüftungsvolumenstroms an die Raumbelastung (CO₂ Sonden oder Luftqualitätssensoren)
6. Pro 1000 PA Druckerhöhung erhöht sich die Ablufttemperatur von 1 m³ Luft um 1°C. Wenn Anlagen zur Wärmerückgewinnung nur in den Wintermonaten betrieben werden, sollten Abluftventilatoren vor der Wärmerückgewinnung (drückend) anordnen. Bei Anlagen zur Wärmerückgewinnung, welche auch in den Sommermonaten (Kälterückgewinnung) betrieben werden ist anzudenken ob der Einsatz eines 2ten, saugend angeordneten, Ventilators energetisch sinnvoll ist. Die Umgehung des „Winterventilators“ in der Abluft könnte dann über einen Bypass erfolgen.
7. Wärmedämmungsoptimierung der Luftkanäle durchführen. Wärme bzw. Kälteenergie, welche auf dem Weg zwischen dem Ort der Erzeugung (Quelle) und dem Ort des

Verbrauchs (Senke) nicht verloren geht (Luftschächte, Kellerräume usw. müssen weder beheizt noch gekühlt werden), muss auch nicht durch einen vergrößerten Volumenstrom ersetzt werden.

8. Neubewertung von Filterstandzeiten

Im Passivhausprojektierungspaket ist, für den Strombedarf der Lüftung, ein Grenzwert von 0,45 Wh/m³ angeführt. Wenn aber die vorherigen Punkte eingehalten werden kann man diesen noch auf 0,30 Wh/m³ abmindern:

Lüftung:	Bedarfsgerechte Lüftung
Mindestaußenluftvolumenstrom pro Person:	35 m ³ /h.Person
Mindestaußenluftvolumenstrom pro Raum (Keine Personen anwesend):	10 m ³ /h.Raum
Wärmerückgewinnung: 93% sind nur mit KVS möglich, Keine WRG	η = 93%
Strombedarf:	0,30 Wh/m³
Pressung Zuluft:	436 Pa
Pressung Abluft:	320 Pa

Die Wärmerückgewinnung mit 93% kann nur mit KVS (Kreislaufverbundsystem) erreicht werden. Bei dieser Anlage kann man aber keine Feuchterückgewinnung heranziehen. Um bedarfsgerecht lüften zu können müssen CO₂ oder Luftqualitätssensoren und gesteuerte Luftklappen eingebaut werden. Der Mindestaußenluftvolumenstrom 35 m³/(h.Person) resultieren aus der Arbeitsstättenverordnung. [Bun09]

Optimierung der Lüftungsanlage

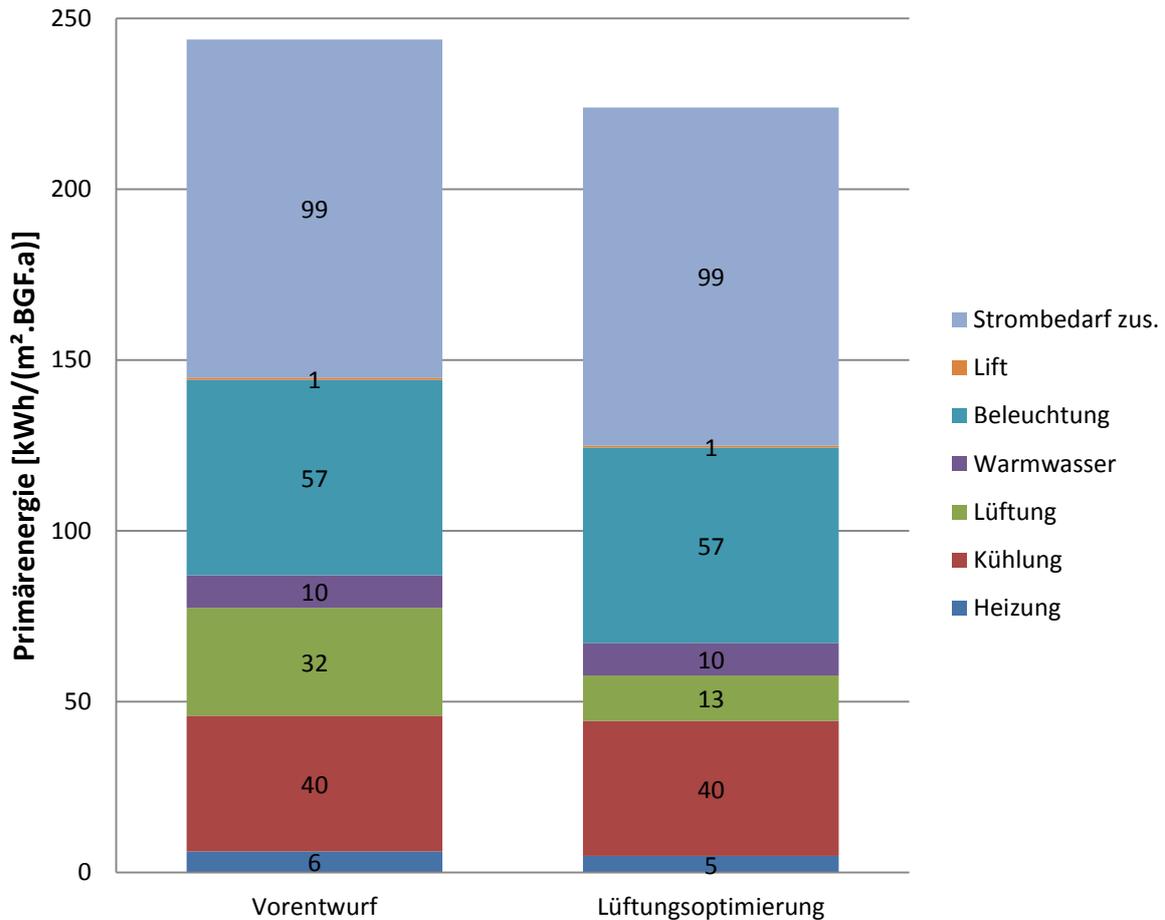


Abbildung 3.4: Lüftungsoptimierung

Mit diesen Maßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf der RLT-Anlage von 32 kWh/(m².BGF_{Kond.a}) auf 13 kWh/(m².BGF_{Kond.a}).

3.5.3.3 Nachtlüftung

Der Einsatz einer Nachtlüftung hat den Vorteil, dass man die Nacht dazu nutzt das Gebäude abzukühlen und somit den Energiebedarf der Kältemaschine reduziert. Die Kernlüftung über das Stiegenhaus ist schon erprobt und Stand der Technik. Probleme bereiten die Installation von Motoren zur Öffnung der Fenster, weil Einbruchschutz und Dauerhaftigkeit der Motoren noch nicht ausgereift sind. Angenommen ist eine Installation der Motoren bei jedem zweiten Fenster.

Sommernachtlüftung im Kern:	$n = 10.000 \text{ m}^3/\text{s}$
Sommernachtlüftung in Büros:	Thermisch, keine Luftströmungen
Jedes 2 Fenster ist mit einem Stellmotor ausgestattet.	
Fensteröffnungsgröße:	Offen 1,90 x 0,55 m bzw. Gekippt 1,90 x 0,55 x 0,12 m

Die folgende Graphik zeigt den Einfluss der Kernlüftung mit teilweise geöffneten Fenstern (12cm) und der Kernlüftung mit gänzlich geöffneten Fenstern.

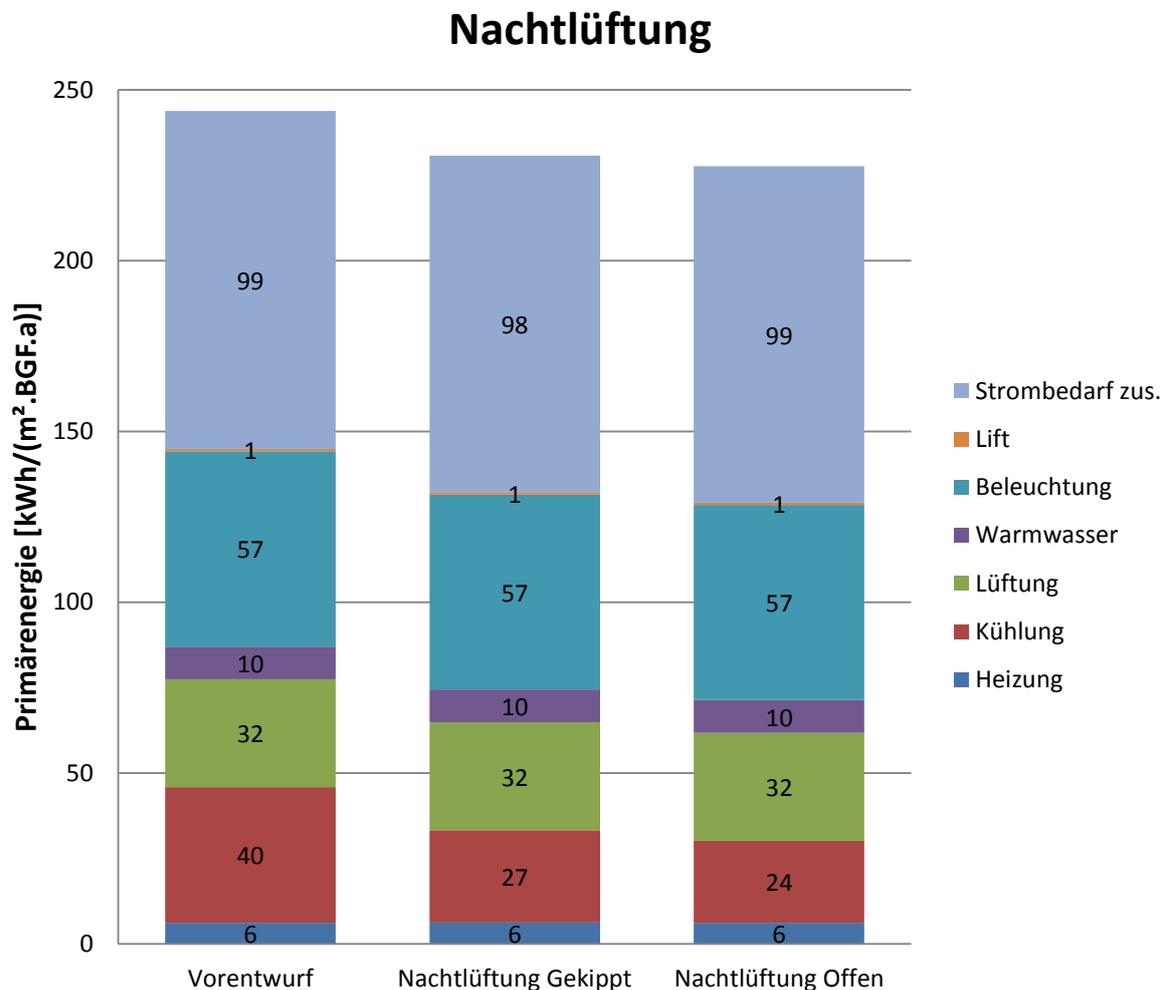


Abbildung 3.5: Nachtlüftung

Durch den Einsatz der Nachtlüftung kann man den Primärkühlenergiebedarf um ca. 13 kWh/(m².BGF_{Kond}.a) senken.

3.5.3.4 Feuchterückgewinnung + Entfeuchtungsgrenze

Die Feuchtegrenze für die Entfeuchtung liegt bei 9g/kg. Durch eine Erhöhung dieser Grenze kann man den Primärenergiebedarf wieder deutlich senken und spart sich außerdem Energie für das Nachheizen. Bei 11 g/kg und einer Temperatur von 25 °C ergibt sich eine relative Luftfeuchtigkeit von ca. 57%. Hier muss auch kontrolliert werden, ob es ein Problem mit der Oberflächentemperatur der Bauteilaktivierung gibt. Bei 11 g/kg absoluter Feuchte und 22°C Oberflächentemperatur stellt sich eine relative Feuchte von 68 % ein. Dieser Wert liegt weit unter den Grenzwerten für Schimmelbildung (80%) und Kondensat (100 %).

Ein weiteres Einsparpotential liegt im Einsatz von Rotationswärmetauschern. Bei diesen ist es möglich eine Feuchterückgewinnung zu implementieren.

Feuchterückgewinnung: $\eta = 70\%$

Entfeuchtung: auf 11 g/kg

Feuchterückgewinnung + Entfeuchtungsgrenze

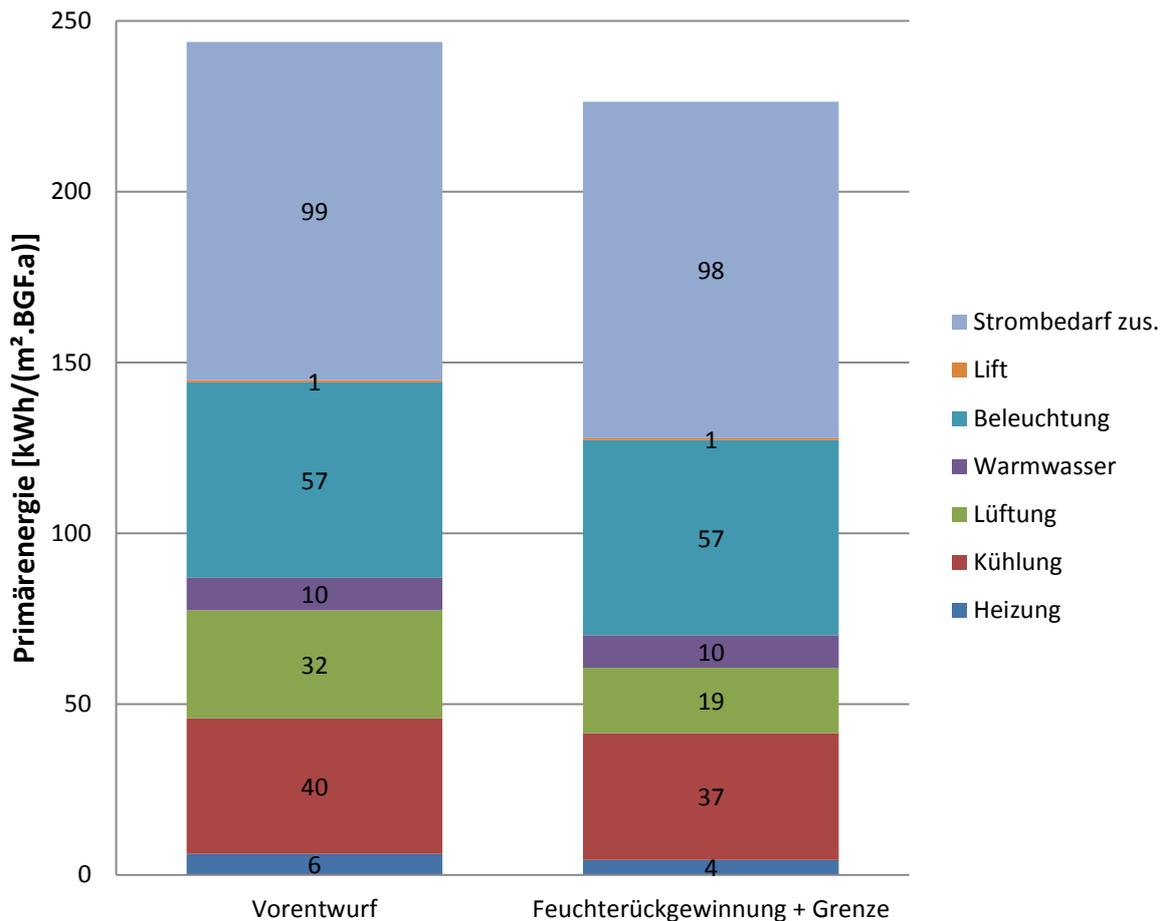


Abbildung 3.6: Feuchterückgewinnung und Anheben der Feuchtegrenze

Der Einfluss dieser Maßnahme ist schwieriger zu erkennen. Der Strombedarf von Befeuchten und Entfeuchten steckt in der Lüftung. Das Nachheizen für die Entfeuchtung ist in der Heizung integriert und das Entfeuchten im Kühlenergiebedarf.

3.5.3.5 Lift und Warmwasser

Durch den Einsatz von Aufzügen der Energiebedarfsklasse A nach VDI 4707 [VDI09] und einer Rückspeisung der Bremsenergie in das Netz kann dieser Bedarf weiter gesenkt werden und Erträge erzielt werden.

Lift: (VDI4707)		Energiebedarfsklasse A
Nutzungskategorie 2	gering/selten	
kleines Büro und Verwaltungsgebäude mit 2 bis 5 Geschoßen		
Durchschnittliche Fahrtzeit in Stunden pro Tag	t_{fahren}	0.5 h
Energiebedarf Stillstand	$P_{\text{stillstand,Max}}$	50 W
Energiebedarf für das Fahren	$E_{\text{Fahren,spez,Max}}$	0.56 kWh/(kg.m)
Nennlast:	Q	1000 kg
Geschwindigkeit:	v_{nenn}	1.00 m/s
Förderhöhe:	h	9.40 m

Die Warmwasserbereitstellung wird von Kleinspeichern auf Durchlauferhitzer umgestellt. Dadurch spart man die Bereitstellungsverluste. Zu prüfen ist, ob diese Variante auf Grund der hohen Anschlussleistung in Frage kommt. Der Einsatz von Solarthermie wird in diesen Berechnungen nicht berücksichtigt sollte aber noch untersucht werden.

Lift + Warmwasser

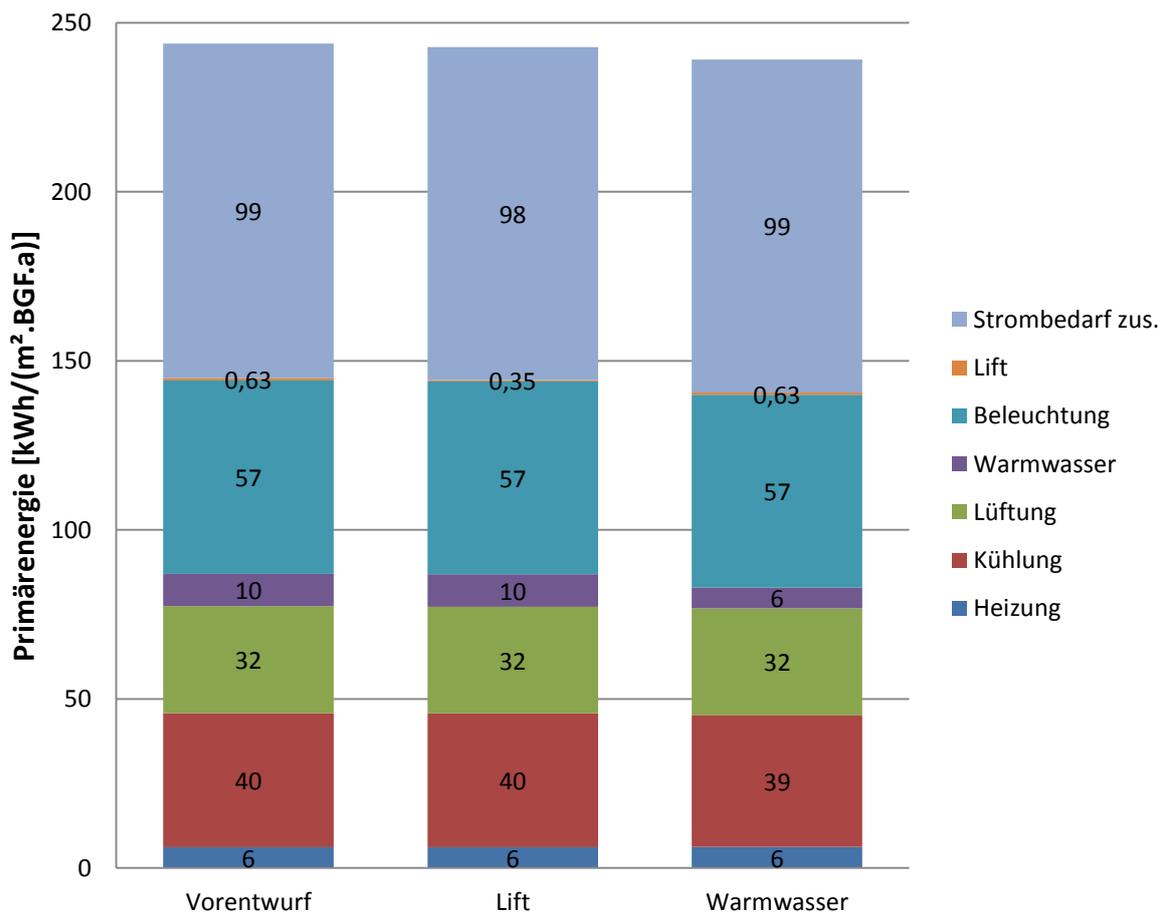


Abbildung 3.7: Lift und Warmwasser

Durch den Einsatz effizienter Lifte beträgt die Einsparung ca. $0,28 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{BGF}_{\text{Kond. a}})$. Die Warmwasserbereitstellungsenergie sinkt um $4,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{BGF}_{\text{Kond. a}})$ bei der Verwendung von Durchlauferhitzern.

3.5.3.6 Effiziente Geräte und Optimierung der Beleuchtung

Der Einsatz von effizienten Geräten und die Optimierung der Beleuchtung schlagen sich doppelt auf den Primärenergiebedarf. Die Energie die nicht als Strom eingesetzt wird muss die Kältemaschine im Sommer auch nicht abführen und der Strom für die Geräte reduziert sich auch um einen sehr großen Anteil. Das Heizen schlägt sich wegen dem viel kleineren Primärenergiefaktor der Fernwärme primärenergetisch nicht so stark zu Buche.

- Geräte

Die folgende Liste der Geräte stammt hauptsächlich von verschiedenen Websites, welche im Literaturverzeichnis angegeben sind.

Die Liste der eingesetzten Geräte:

	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf pro Gerät	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Server:						0 h
34 Stück	50 W	100 %	50 W	60 min/h	438 kWh/a	24 h

Weitere Geräte:	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Kopierer						8 h
34 Stück	535 W	50 %	2.66 W	18 min/h	242 kWh/a	18 h
Flatscreen (Präsentationszwecke)						8 h
34 Stück	20 W	100 %	0.70 W	60 min/h	61 kWh/a	18 h
Mikrowelle						11 h
34 Stück	600 W	40 %	1.00 W	30 min/h	95 kWh/a	14 h
E-Herd						12 h
34 Stück	2000 W	100 %	0.50 W	30 min/h	264 kWh/a	13 h
Kühlschrank						0 h
34 Stück	55 W	100 %	1.00 W	60 min/h	128 kWh/a	24 h
Kaffeemaschine						8 h
34 Stück	140 W	100 %	0.00 W	7 min/h	44 kWh/a	18 h
Teekoher						8 h
34 Stück	1500 W	40 %	0.00 W	4 min/h	117 kWh/a	18 h
Geschirrspüler						8 h
34 Stück	360 W	13 %	1.00 W	60 min/h	216 kWh/a	18 h

Sonstige Geräte:	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Brandmelder						0 h
308 Stück	0.2 W	100 %	0.2 W	60 min/h	2 kWh/a	24 h
Hinweisschilder						0 h
0 Stück	2.0 W	100 %	2.0 W	60 min/h	0 kWh/a	24 h
Bewegungsmelder Allgemein Pissoir...						0 h
102 Stück	0.2 W	100 %	0.2 W	60 min/h	2 kWh/a	24 h
Switch Internet pro Arbeitsplatz ein Anschluss						8 h
1 Stück	0.96 W	100 %	0.38 W	60 min/h	5 kWh/a	18 h
Switch Internet pro Arbeitsplatz ein Anschluss						8 h
1 Stück	0.96 W	100 %	0.38 W	60 min/h	5 kWh/a	18 h
Bewegungsmelder Beleuchtung pro Arbeitsplatz ein Anschluss						0 h
1 Stück	0.2 W	100 %	0.2 W	60 min/h	2 kWh/a	24 h
Kabel-Modem						0 h
34 Stück	8.0 W	100 %	8.0 W	60 min/h	70 kWh/a	24 h
W-Lan Router						0 h
34 Stück	4.0 W	100 %	4.0 W	60 min/h	35 kWh/a	24 h
USV		Wirkungsgrad				0 h
von Servern abhängig		95 %	von Servern abhängig	60 min/h	von Servern abhängig	24 h

	Leistung	Stand-By	Laufzeit	Leistung pro Aktivierung
Jalousiensteuerung				
256 Stück	108.0 W	0.00 W	55 sec	1.65 Wh
Luftklappensteuerung				
218 Stück	1.0 W	0.40 W	75 sec	0.021 Wh

- Beleuchtung

Durch eine Lichtplanung kann man die installierte Leistung um einen großen Anteil senken. So kommt man in Büroräumen statt auf 18 W/m² auf 5 W/m². Auf diese installierte Leistung kommt man nur, wenn man davon ausgeht, dass der Umgebungsbereich nur eine Beleuchtungsstärke von 100 lx und nicht von 300 lx aufweist. Der Bereich der Sehaufgabe beträgt weiterhin eine Beleuchtungsstärke von 500 lx und beschreibt eine Fläche von 2 m² pro Person. Das Ganze setzt entweder eine sehr gute Planung voraus, wo genau ein Arbeitsplatz ist, oder man bewerkstelligt das Ganze mit einer flexiblen Beleuchtung. Das heißt, dass man Stehleuchten verwendet und diese mit dem Schreibtisch wandern.

Durch automatisches Dimmen und Anwesenheitssensoren wird der jährliche Energiebedarf noch weiter gesenkt.

Beleuchtung Büroräume:	
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:	$E_m = 500 \text{ lx}$
Beleuchtungsart:	direkt/indirekt
Vorschaltgerät:	EVG
Lampenart:	Leuchtstofflampen stabförmig
Kontrollart:	selbstausschaltend; Automatischer Dimmer
Sehaufgabe:	
Fläche der Sehaufgabe pro Person:	$A_S = 2,0 \text{ m}^2$
Wartungswert der Beleuchtungsstärke im Umgebungsbereich:	$E_u = 100 \text{ lx}$
ergibt installierte Leistung (Lichtplaner) :	5 W/m^2

Dabei ist aber auch zu beachten, dass beim Sonnenschutz das ideale Gleichgewicht zwischen Gesamtenergiedurchlassgrad und Lichttransmissionsgrad besteht.

Sonnenschutz:	$g_{\text{tot}} = 0,10$
Außenjalousie 45°-Stellung weiß	$\tau_{\text{eff,SA}} = 0,19$
Schwelle für die Aktivierung des Sonnenschutzes bei einer Gesamtbestrahlungsstärke:	200 W/m ²
Schwelle für die Aktivierung des Sonnenschutzes bei einer Direktstrahlung auf die Fassade:	0 W/m ²
Steuerung des Sonnenschutzes:	Automatisch mit Luxmessern

Im Kernbereich wird die Beleuchtung von den installierten 9 W/m² auf 4 W/m² gesenkt. In diesen Bereichen ist das Licht in der Nutzungszeit eingeschaltet. Diese Absenkung erreicht man z.B. durch Einsetzen von modernen Leuchtmitteln wie LED-Technologie.

Beleuchtung Mittelzone:	
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:	$E_m = 100 \text{ lx}$
Beleuchtungsart:	direkt
Vorschaltgerät:	EVG
Lampenart:	Leuchtstofflampen stabförmig
Kontrollart:	selbstausschaltend; Automatischer Dimmer
ergibt installierte Leistung(Angabe Pokorny) :	4 W/m^2

Effiziente Geräte + Beleuchtung

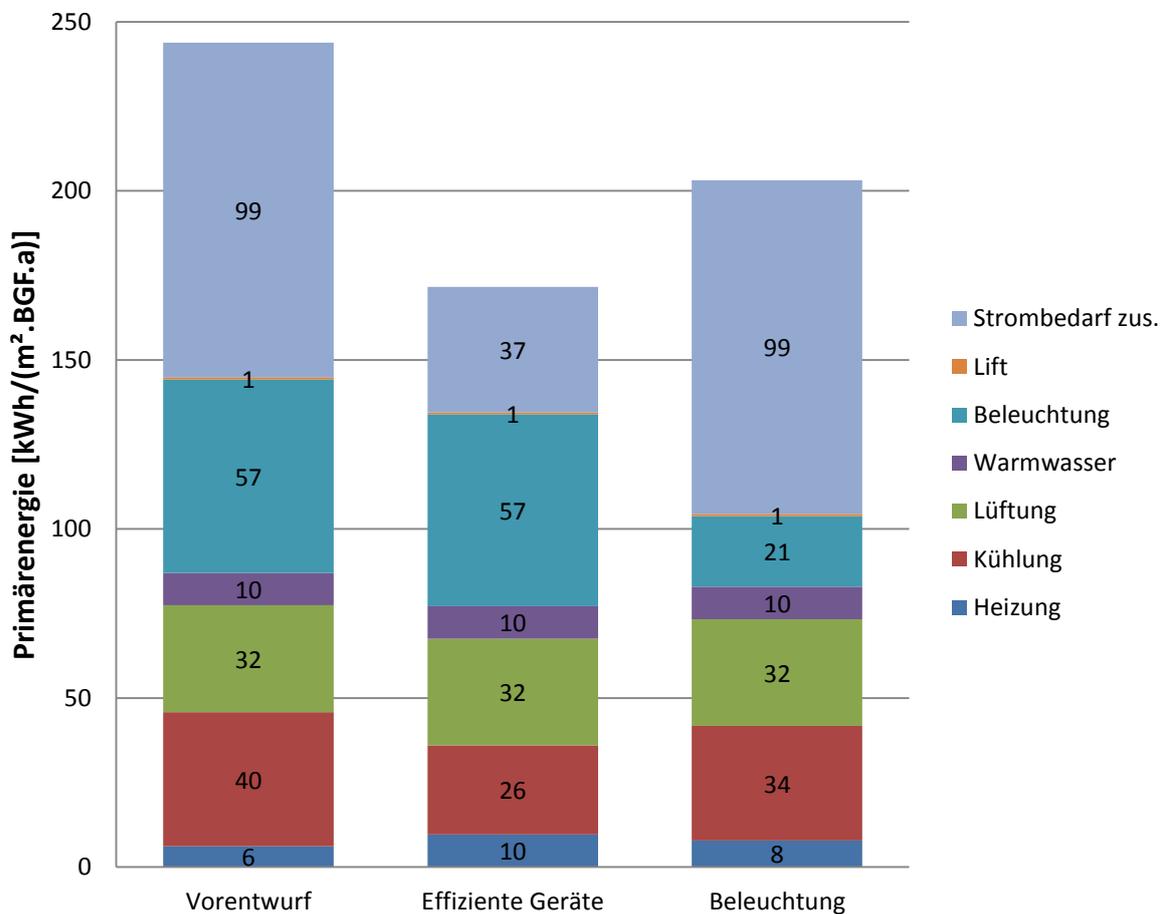


Abbildung 3.8: Effiziente Geräte und Optimierung der Beleuchtung

Der Einfluss der Geräte und Beleuchtung auf den Primärenergiebedarf ist beträchtlich. Bei der Verwendung von effizienten Geräten verringert sich der Primärenergieaufwand von 99 kWh/(m².BGF_{Kond.}.a) auf 37 kWh/(m².BGF_{Kond.}.a). Auch die Optimierung der Beleuchtung hat einen großen positiven Impact und senkt sich um 36 kWh/(m².BGF_{Kond.}.a). Positiver

Nebeneffekt beider Einsparungen ist die Senkung des Kühlenergiebedarfs, durch die geringeren inneren Lasten. Das hat aber auch den Nachteil, dass der Heizenergiebedarf dadurch ansteigt. Dieser Anstieg ist aber nicht so eklatant, da der Konversionsfaktor der Fernwärme viel kleiner ist als der für Strom.

3.5.3.7 Grundwassernutzung anstatt einer Kältemaschine

Am Standort „Seestadt Aspern“ ist eine Grundwassernutzung zum Kühlen des Gebäudes möglich, da der Grundwasserkörper groß genug ist und noch keine weiteren Kältenutzungen im Umkreis in Betrieb sind. Die Grundwassernutzung ist eher eine Ausnahme und kann nicht für jeden Standort beliebig eingesetzt werden. In dieser Berechnung wird bei „Kühlung“ nur mehr der Pumpenstrom für das Versorgen der Bauteilaktivierung ausgewiesen. Da man diese Maßnahme, auf Grund der unterschiedlichen Grundwasservorkommnisse, nicht überall anwenden kann, geht sie nicht in die Berechnung des Optimums ein. Es können nicht beliebig viele Gebäude nebeneinander das Grundwasser zum Kühlen nutzen, da das Grundwasser immer höhere Temperaturen erreicht. Darum müssen solche Grundwassernutzungen wasserrechtlich bewilligt werden.

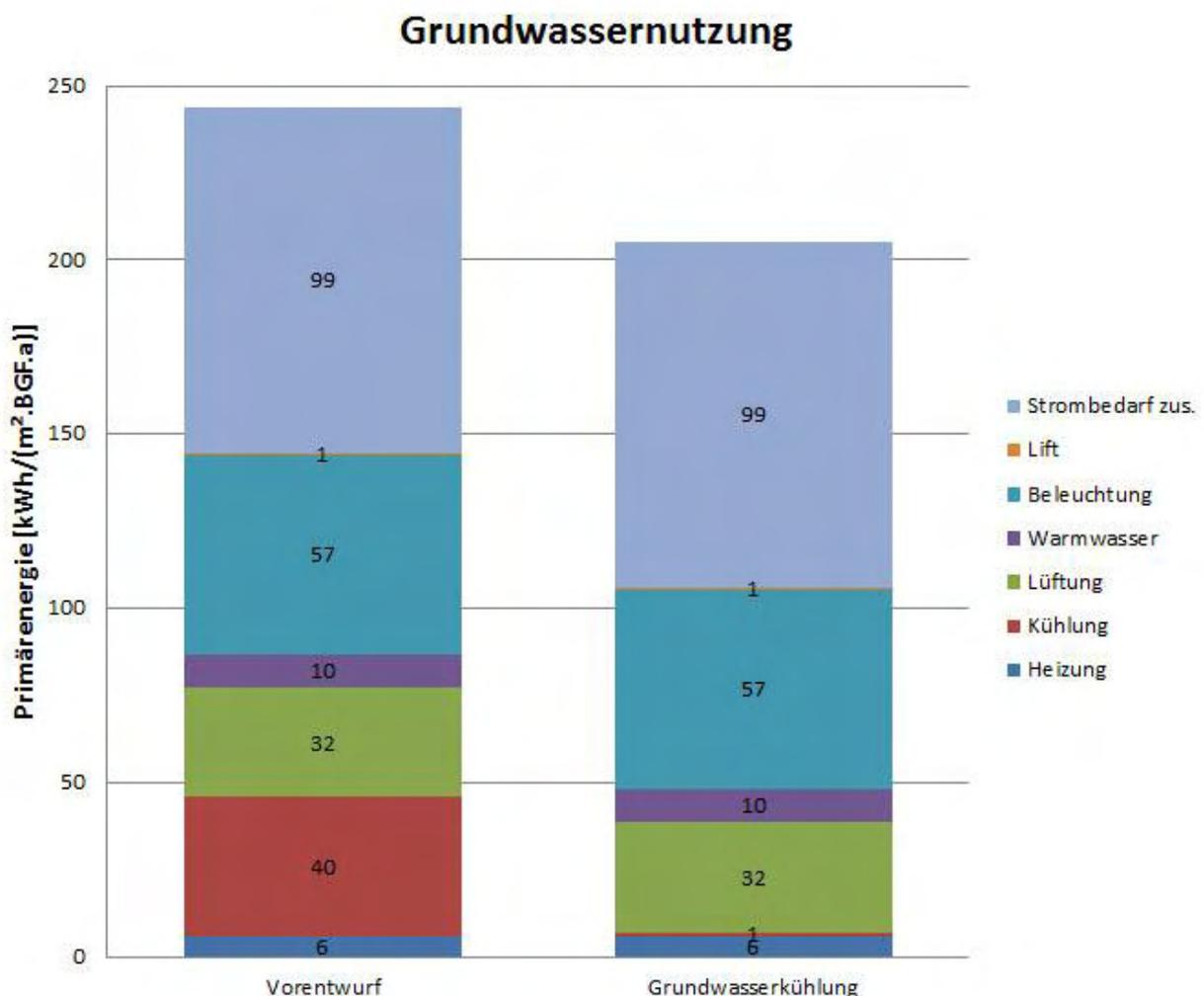


Abbildung 3.9: Grundwassernutzung anstatt der Kältemaschine

Diese Maßnahme hat einen sehr großen Einfluss auf den Primärkühlenergiebedarf und senkt diesen von $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{BGF}_{\text{Kond. a}})$ auf $1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{BGF}_{\text{Kond. a}})$ ab.

3.5.3.8 Nutzung der Serverabwärme zum Heizen mittels Energieschiene

In den vorigen Berechnungen wurde angenommen, dass das ganze Jahr über der Serverraum gekühlt wird. Folglich kann man im Winter die erzeugte Wärme der benutzten Server zum Heizen verwenden. Daraus resultiert weiter der Vorteil diese Wärme nicht mehr Kühlen zu müssen. Darum erhält man in der folgenden Graphik eine Einsparung beim Kühlen und beim Heizen. Damit der Einfluss dieser Maßnahme nicht überbewertet wird, wurden effiziente Geräte im Serverraum verwendet. (sh.3.5.3.6) Für den Betrieb der Energieschiene wurde je Serverraum eine Pumpe mit einer Dauerleistung von 20 Watt angenommen.

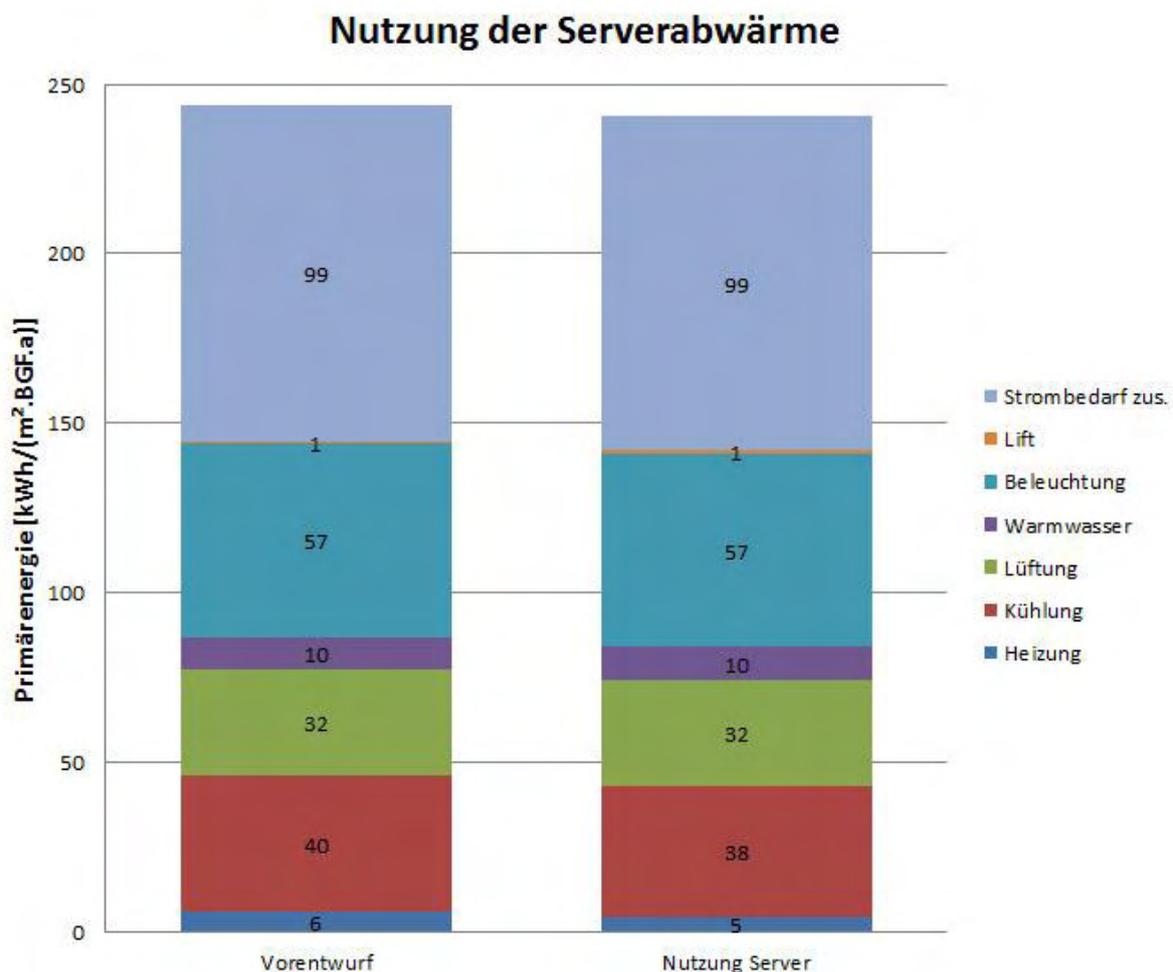


Abbildung 3.10: Nutzung der Serverabwärme

Durch die Nutzung der Serverabwärme kann man beim Kühlen ca. $1,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{BGF}_{\text{Kond. a}})$ und beim Heizen $1,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{BGF}_{\text{Kond. a}})$ einsparen.

3.5.4 Kombination der Optimierungen

In der Kombination der Optimierung wurde die Grundwasserkühlung nicht mit einbezogen, da Grundwasser nicht an jedem Standort in ausreichender Mächtigkeit zur Verfügung steht. Die Nutzung der Serverabwärme wurde auch nicht berücksichtigt.

3.5.4.1 Optimum 1 – Ohne Nachtlüftung

Diese Variante beinhaltet alle oben genannten Optimierungspunkte bis auf die Nachtlüftung und die Grundwasserkühlung:

- Lüftung Wärmerückgewinnung 80%
- Liftoptimierung
- Energieeffiziente Geräte
- Beleuchtung
- Warmwasser
- Feuchterückgewinnung + Feuchtegrenze auf 11 g/kg

Bei der Verwendung eines Rotationswärmetauschers werden keine besseren Wirkungsgrade als 80% erreicht.

3.5.4.2 Optimum 2 – Mit Kernlüftung und 12cm geöffneten Fenstern

Diese Variante beinhaltet alle oben genannten Optimierungspunkte (ausgenommen Grundwasserkühlung) mit Kern- und Fensterlüftung gekippt:

- Lüftung Wärmerückgewinnung 80%
- Liftoptimierung
- Energieeffiziente Geräte
- Beleuchtung
- Warmwasser
- Feuchterückgewinnung + Feuchtegrenze auf 11 g/kg
- Nachtlüftung Kern und gekippte Fenster

3.5.4.3 Optimum 3 – Mit Kernlüftung und gänzlich geöffneten Fenstern

Diese Variante beinhaltet alle oben genannten Optimierungspunkte (ausgenommen Grundwasserkühlung) mit Kern- und Fensterlüftung offen:

- Lüftung Wärmerückgewinnung 80%
- Liftoptimierung
- Energieeffiziente Geräte
- Beleuchtung
- Warmwasser
- Feuchterückgewinnung + Feuchtegrenze auf 11 g/kg
- Nachtlüftung Kern und offene Fenster

Optimum

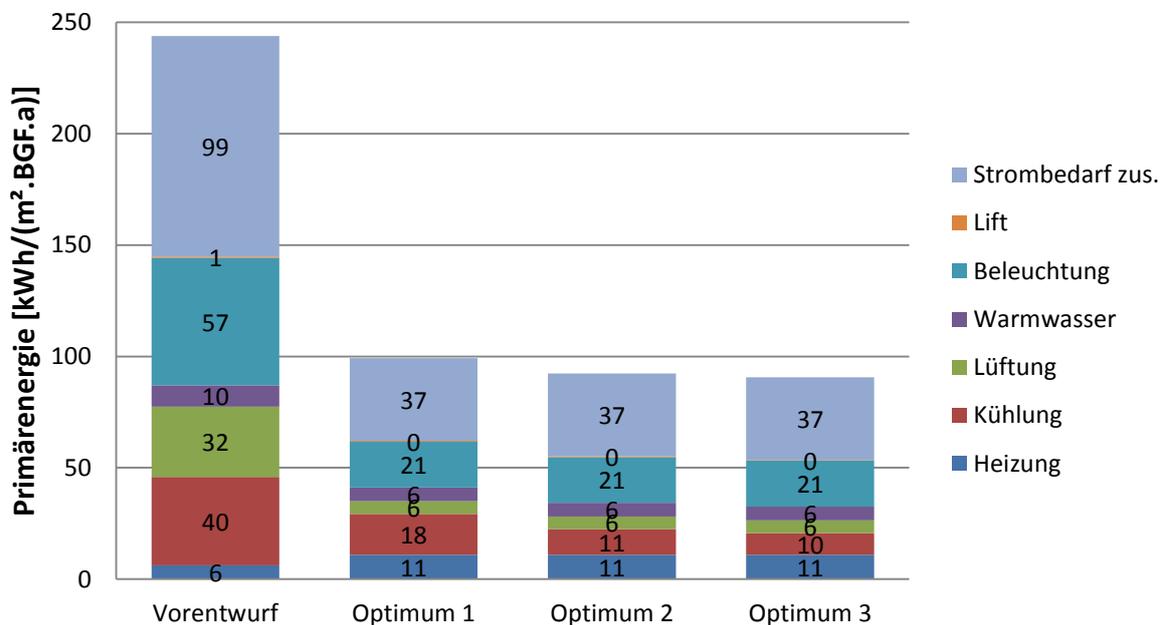


Abbildung 3.11: Vergleich der verschiedenen optimierten Varianten mit dem Vorentwurf

Bei der Kombination aller Maßnahmen, die vorher einzeln berechnet wurden, ergeben sich Werte, welche nur mehr 40 % des Primärenergiebedarfes vom Vorentwurf benötigen.

3.5.5 Einfluss der verschiedenen Konversionsfaktoren

In diesem Kapitel soll der Einfluss und Wichtigkeit der Konversionsfaktoren auf die Ergebnisse dargestellt werden. Anhand am Beispiel „Optimum 1“ aus dem vorherigen Kapitel 3.5.4.3 werden mit drei verschiedenen Annahmen der Primärenergiebedarf für das Gebäude berechnet:

Wie schon in Kapitel 3.4.2 beschrieben:

Erste Variante: (IBO DI Zelger)

- Strom 2,6 kWh/kWh UCTE-Mix, GEMIS
- Fernwärme 0,8 kWh/kWh GEMIS

Zweite Variante: (Strategisch)

- Strom 3,5 kWh/kWh
- Fernwärme 1,0 kWh/kWh

Dritte Variante: (GEMIS)

- Strom 2,074 kWh/kWh
- Fernwärme 1,580 kWh/kWh

Vergleich der verschiedenen Konversionsfaktoren anhand Optimum 1

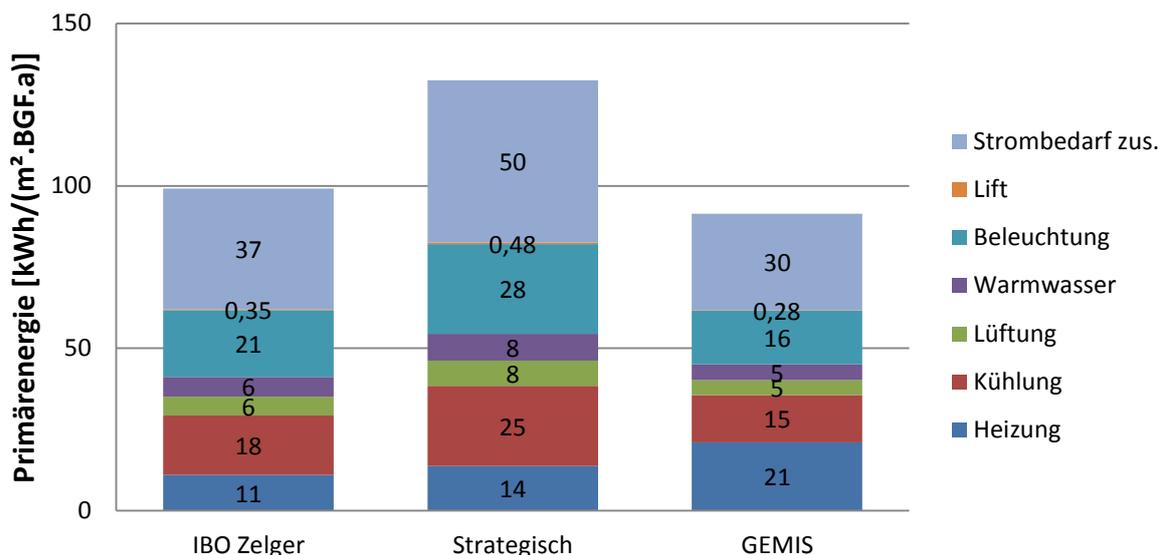


Abbildung 3.12: Vergleich der verschiedenen Konversionsfaktoren anhand „Optimum 1“

Die Auswirkung der verschiedenen Primärenergiefaktoren sind in Abbildung 3.12 dargestellt. Anhand dieser Graphik wird klar, dass Grenzen für den Primärenergiebedarf nur mit dazugehörigen Faktoren aussagekräftig sind. Mit diesen drei verschiedenen Faktoren ergibt sich ein Unterschied von ca. 42 kWh/(m²·BGF_{Kond}·a). Das entspricht einer Erhöhung von 46% des Bedarfs der Variante „GEMIS“ zur „Strategischen“ Variante.

3.5.6 Ertrag

3.5.6.1 Photovoltaik

Photovoltaikanlagen werden sehr oft eingesetzt und sind die beste Möglichkeit am Grundstück Strom zu erzeugen. Die besten Wirkungsgrade erreicht man bei einer südlichen Orientierung und einer Neigung von 30° aus der Horizontalen. Darum ist es naheliegend die Anlage am gesamten Dach zu montieren. Ideal ausgerichtet erzielen die Anlagen, mit handelsüblichen Modulwirkungsgraden von ca. 11%, 130 kWh/(m².PV.a). Die südlich orientierten vertikalen Flächen bringen aber auch ca. 80 kWh/(m².PV.a). In der folgenden Abbildung sind die Neigungen und die Orientierung der PV Fläche in Abhängigkeit des Ertrages dargestellt:

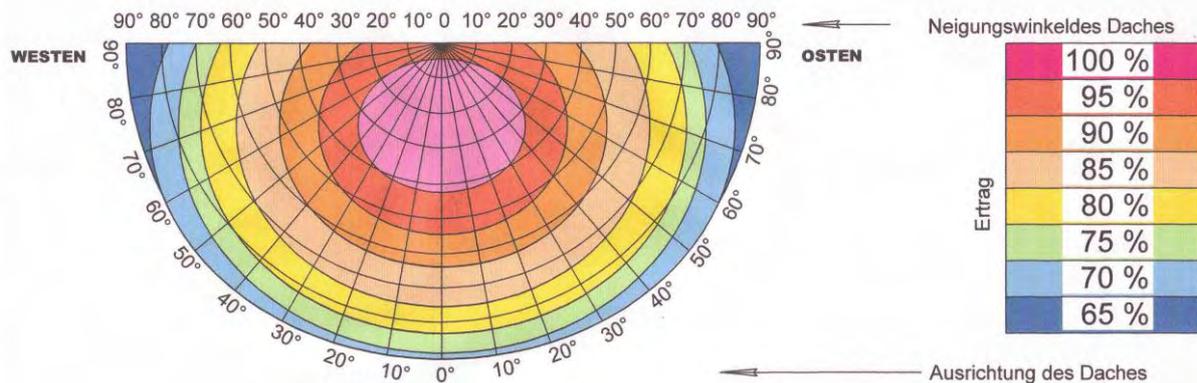


Abbildung 3.13: Ausrichtung Photovoltaik (Quelle: <http://www.bodechrist.de/>)

Die Abbildung 3.13 zeigt, dass man mit der Neigung und dem Azimut einen gewissen Spielraum hat und trotzdem einen hohen Ertrag erzielen kann. Und auch mit vertikal ausgerichteten Modulen erreichen wir Erträge von ca. 70 % bei einer Orientierung Südwest bis Südost. Somit hat man ein breites Spektrum an Orientierungen und Neigungen die den Einsatz von Photovoltaikanlagen ermöglichen.

Photovoltaik-Ertragsberechnung aufgrund der Flächenaufstellung von ATP-Becker:

Die Photovoltaikanlage wird auf dem Dach und den beiden südlich orientierten Fassaden aufgebracht. Die Flächendaten und Gesamtwirkungsgrade wurden von ATP Becker übernommen. Die Erträge wurden mittels stundenbasierenden Wetterdaten mit einem selber entwickelten Softwaretool berechnet.

Aufstellung der Flächen:

Photovoltaik-Anlage Dach Technik Bauteil A:		
Fläche 1:	Ausrichtung 229° Südwest Neigung 8°	310 m ²
Wirkungsgrad:	Angaben Atp-Becker	10,96 %
Verschmutzungsfaktor:		1.00
Wechselrichter:		1.00

Photovoltaik-Anlage Gebäudeintegriert Technik:		
Fläche 2:	Ausrichtung 229° Südwest 90° Neigung	103 m ²
Wirkungsgrad:	Angaben Atp-Becker	10,72 %
Verschmutzungsfaktor:		1.00
Wechselrichter:		1.00

Photovoltaik-Anlage Gebäudeintegriert Technik:		
Fläche 3:	Ausrichtung 139° Südost 90° Neigung	30 m ²
Wirkungsgrad:	Angaben Atp-Becker	10,99 %
Verschmutzungsfaktor:		1.00
Wechselrichter:		1.00

Photovoltaik-Anlage Gebäudeintegriert Add On Fassade:		
Fläche 4:	Ausrichtung 140° Südost 60° Neigung	287 m ²
Wirkungsgrad:	Angaben Atp-Becker	10,47 %
Verschmutzungsfaktor:		1.00
Wechselrichter:		1.00

Photovoltaik-Anlage Dach Bauteil B:		
Fläche 5:	Ausrichtung 140° Südost 30° Neigung	320 m ²
Wirkungsgrad:	Angaben Atp-Becker	11,45 %
Verschmutzungsfaktor:		1.00
Wechselrichter:		1.00

Interne Konvertierung:

Anders als bei Ecoinvent 2004, dort werden interne Konversionsfaktoren verwendet, werden die Erträge der Photovoltaikanlage auf die Bedarfsseite umgerechnet. Es wird angenommen, dass drei Jahre des Ertrages einer ideal ausgerichteten PV-Anlage zur Herstellung an Primärenergie aufgewendet werden muss. Dieser Primärenergieeinsatz wird auf eine Lebensdauer von 20 Jahren gerechnet und durch die konditionierte Bruttofläche dividiert. Somit wird der Herstellungsaufwand mitgezogen. In der nächsten Darstellung werden die Erträge mit den Gewinnen gegenübergestellt.

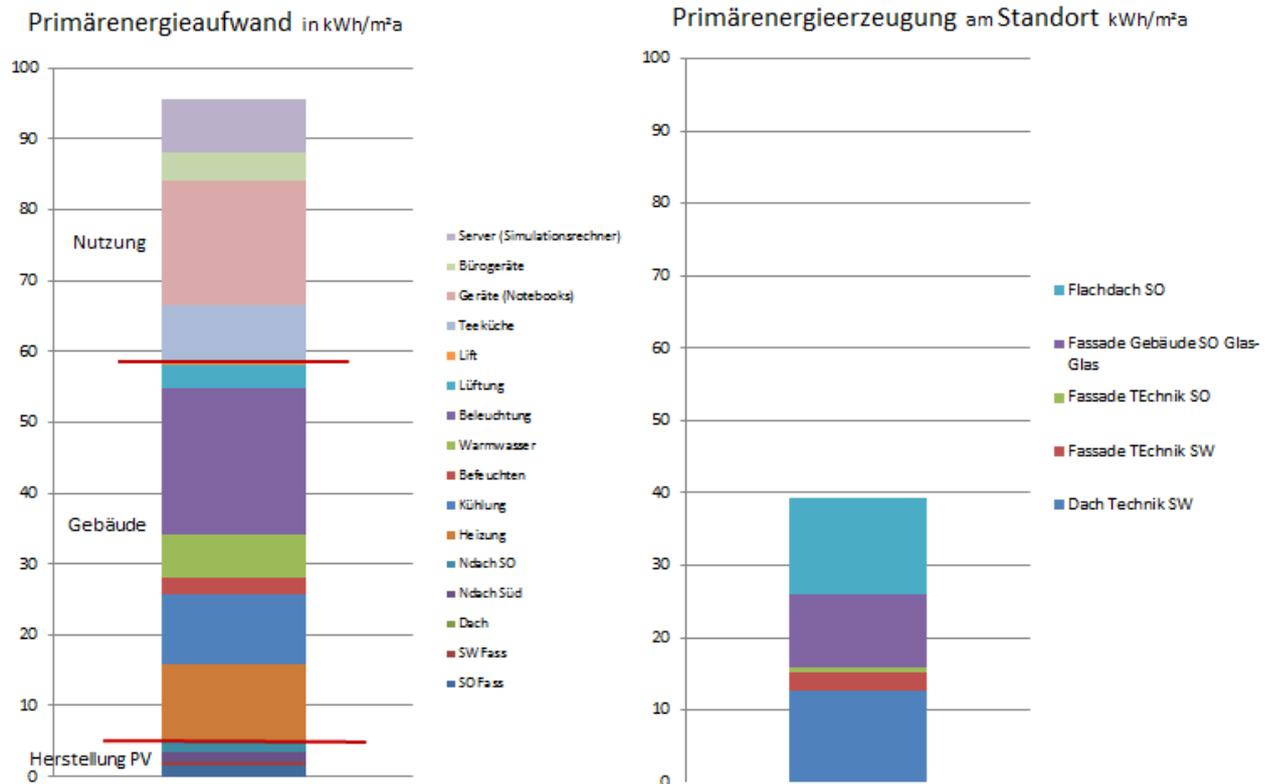


Abbildung 3.14: Vergleich von Aufwand „Optimum 3“ und Ertrag

Der Primärenergieaufwand überragt den Ertrag um ca. 56 kWh/(m².BGF_{Kond.}a). Auch der Betrieb des Gebäudes wird durch die Photovoltaikanlage noch nicht abgedeckt. Der Primärenergiebedarf für den Betrieb, d.h. ohne den Strombedarf für Server, Bürogeräte, Arbeitsplatzrechner und Teeküche, beträgt 58,4 kWh/(m².BGF_{Kond.}a) und die Erzeugung 39,3 kWh/(m².BGF_{Kond.}a).

Photovoltaik-Ertragsberechnung aufgrund der optimierten Flächen:

Bei dieser Variante werden alle möglichen Flächen für das Projekt „Aspern IQ“ mit einer PV-Anlage bestückt. In der Phase des Vorentwurfes werden am Dach von Bauteil A 310 m² verbaut. Es wird auf die gebäudeintegrierten vertikalen Module in den Wänden der Technikzentrale verzichtet und das gesamte Dach mit weiteren Modulen verbaut. Hier gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder man verlegt die Gebäudetechnikzentrale in den Keller, dann könnte man die gesamte Fläche nutzen, oder man montiert eine auskragende Stahlkonstruktion auf die Gebäudezentrale und nutzt so eine größere Fläche aus. In dieser Höhe ergibt sich, unter Einhaltung der Grenzen aus der Bauordnung, eine ausnutzbare Breite des Gebäudes von ca. 15 m, (Grundlage Schnitt A-A; ATP) somit verdoppelt sich die PV-Fläche am Baukörper A zu 750 m². Die Südöstlich orientierte PV bestückte Add On Fassade wird nicht verändert, aber zusätzlich kommt noch am Bauteil A im dritten und vierten Geschoß eine Add On Fassade mit integrierten Photovoltaikmodulen. Am Bauteil B wird das gesamte Dach (1000m²)

mit PV-Modulen ausgestattet. Dafür wird die Orientierung analog der anderen Dachfläche verändert.

Die grüne Schrift zeigt die Veränderung gegenüber der vorigen Berechnung.

Aufstellung der Flächen:

Photovoltaik-Anlage Dach Technik Bauteil A:			
Fläche 1:	Ausrichtung 229° Südwest Neigung 8°	ca. Verdoppelung	775 m ²
Wirkungsgrad:			10,96 %
Verschmutzungsfaktor:			1.00
Wechselrichter:			1.00

Photovoltaik-Anlage Gebäudeintegriert Technik:			
Fläche 2:	Ausrichtung 229° Südwest 90° Neigung	entfällt	0 m ²
Wirkungsgrad:			10,72 %
Verschmutzungsfaktor:			1.00
Wechselrichter:			1.00

Photovoltaik-Anlage Gebäudeintegriert Technik:			
Fläche 3:	Ausrichtung 139° Südost 90° Neigung	entfällt	0 m ²
Wirkungsgrad:			10,99 %
Verschmutzungsfaktor:			1.00
Wechselrichter:			1.00

Photovoltaik-Anlage Gebäudeintegriert Add On Fassade Südost:			
Fläche 4:	Ausrichtung 140° Südost 60° Neigung	gleichbleibend	287 m ²
Wirkungsgrad:			10,47 %
Verschmutzungsfaktor:			1.00
Wechselrichter:			1.00

Photovoltaik-Anlage Dach Bauteil B:			
Fläche 5:	Ausrichtung 229° Südwest 8° Neigung	ca. Verdreifachung	1000 m ²
Wirkungsgrad:			11,45 %
Verschmutzungsfaktor:			1.00
Wechselrichter:			1.00

Photovoltaik-Anlage Gebäudeintegriert Add On Fassade:	
Fläche 6: Ausrichtung 229° Südwest 60° Neigung Zus. Geschoß 3 und 4 Baut. A	175 m ²
Wirkungsgrad:	10,47 %
Verschmutzungsfaktor:	1.00
Wechselrichter:	1.00



Abbildung 3.15: Vergleich von Aufwand „Optimum 3“ und Ertrag bei maximaler Bestückung von PV-Modulen auf „Aspern IQ“

Bei einer vollen Bestückung aller möglichen Flächen und der Senkung des Primärenergiebedarfs auf ein Minimum kann der Ertrag der Photovoltaikanlage schon annähernd den Bedarf decken. Der Verbrauch übersteigt den Ertrag noch um ca. 13 kWh/(m²·BGF_{Kond}·a). Bei einer Verwendung von Modulen mit einem besseren Wirkungsgrad und einer optimierten Geometrie wird dieser Unterschied auch noch ausgeglichen.

3.5.6.2 Energierückspeisung Lift

Die neuesten Aufzüge verschiedener Hersteller ermöglichen eine Energierückspeisung. Durch die optionale Energierückgewinnungsfunktion dieser Antriebe kann bis zu 30 % der Bremsenergie des Aufzugs als Strom wieder in das Netz gespeist werden.



Abbildung 3.16: Getriebeloser Aufzugsynchronmotor mit Energierückgewinnung (Quelle: KONE GmbH)

Bei dem vorliegenden Objekt beträgt die rückgewinnbare Primärenergie $0,11 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{BGF}_{\text{Kond. a}})$.

3.5.6.3 Wind

Windkraftanlagen sind am freien Feld schon erprobt und Stand der Technik, aber im Rahmen einer Siedlungsentwicklung empfehlen wir Windräder am Haus nicht. Vorher müssen noch der Umgebungslärm, Eiswurf und andere Probleme der Windkraftanlagen genauer erforscht werden um diese im Siedlungsgebiet zu implementieren.

3.5.7 Bauform Plusenergiehaus

In diesem Kapitel wird anhand des Bauteiles A untersucht, mit wie vielen Geschoßen man die beste Jahresbilanz aufweist. Hierfür ist es notwendig ein Maximum an PV-Flächen am Gebäude zu integrieren. Dafür wurde angenommen, dass die Südost- und Südwestfassade Add On Fassaden sind und diese mit Photovoltaik ausgestattet werden. Die Add On Fassade wird ab dem ersten Obergeschoß ausgeführt und pro weiteres Geschoß kommt diese Fläche hinzu. Die Photovoltaikfläche am Dach variiert, im Gegensatz zur Fassadenfläche, nicht mit der Geschoßhöhe. Hier wird von einem Maximum ausgegangen und die Bruttodachfläche angenommen.

Als Primärenergiefaktoren wurden für Strom $2,6 \text{ kWh/kWh}$ und für die Fernwärme $0,8 \text{ kWh/kWh}$ wie in 3.5.3 verwendet. Die interne Konversion für die Photovoltaik wurde wie in Punkt 3.5.6.1 beschrieben gerechnet.

Auch für das Erdgeschoß wird der gleiche Grundriss und gleiche Nutzung wie im Regelbürogeschoß, siehe Abbildung 3.2, verwendet. Die Bruttogeschoßfläche beträgt 1011 m^2 . Es wurde kein Bedarf für eine Tiefgarage oder anderwärtige Nutzungen im Keller einberechnet.

Für die Gegenüberstellung werden die Annahmen von Optimum 3 übernommen:

Diese Variante beinhaltet alle in Punkt 3.5.3 genannten Optimierungspunkte (ausgenommen Grundwasserkühlung) mit Kern- und Fensterlüftung offen:

- Lüftung Wärmerückgewinnung 80%
- Liftoptimierung
- Energieeffiziente Geräte
- Beleuchtung
- Warmwasser
- Feuchterückgewinnung + Feuchtegrenze auf 11 g/kg
- Nachtlüftung Kern und offene Fenster

Für alle Varianten werden folgende Wirkungsgrade verwendet:

Modulwirkungsgrad:	12 %
Verschmutzungsfaktor:	0.90
Wechselrichter:	0.98

3.5.7.1 Variante 1 – 2 Geschoße

PV-Flächen:

Photovoltaik-Anlage Dach:	
Fläche 1: Ausrichtung 229° Südwest Neigung 8°	1011 m ²
Photovoltaik-Anlage ADD-On Fassade SW:	
Fläche 2: Ausrichtung 229° Südwest 60° Neigung	88 m ²
Photovoltaik-Anlage ADD-On Fassade SO:	
Fläche 3: Ausrichtung 139° Südost 60° Neigung	33 m ²

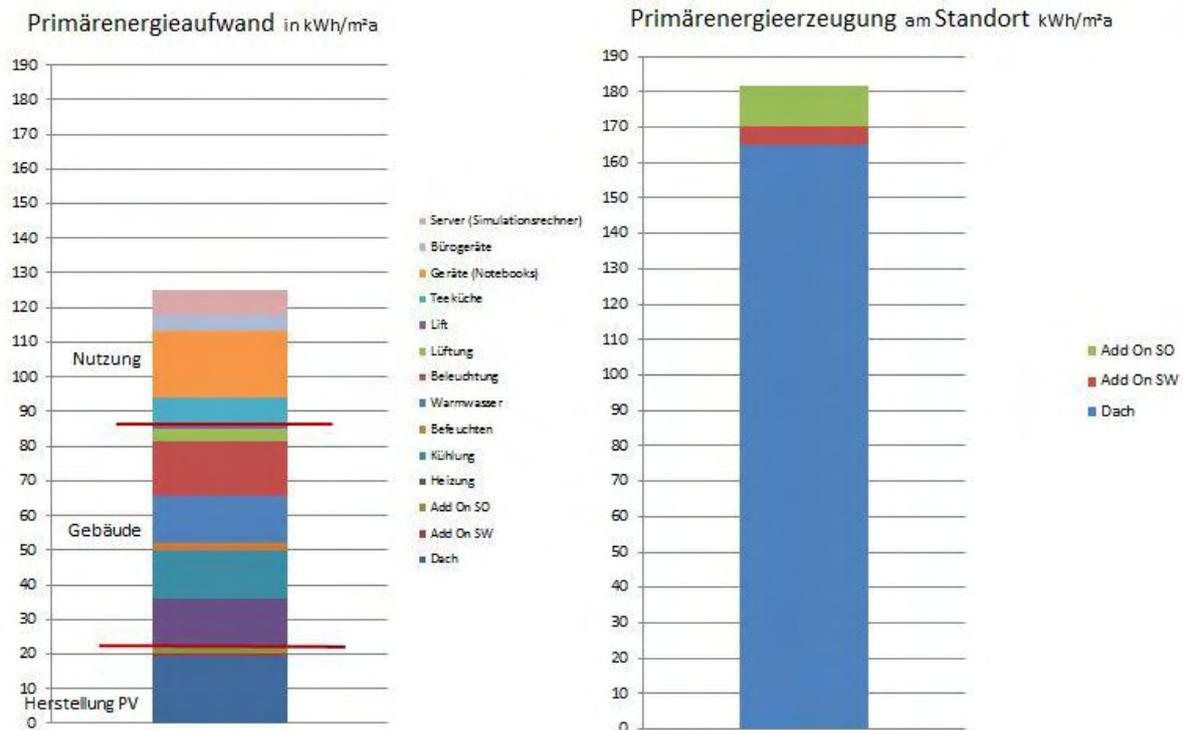


Abbildung 3.17: Vergleich von Aufwand „Optimum 3“ und Ertrag bei einem Modellgebäude mit 2 Geschößen

Bei einem sehr gut optimierten Gebäude und einem großen Verhältnis Dach zu Bruttofläche, kann man ein Plusbürohaus generieren. Der Primärenergieaufwand ist zwar höher, wegen der unkompakten Bauform, aber die große Photovoltaikfläche am Dach macht diesen Umstand wieder wett. Der Ertrag übersteigt den Verbrauch um ca. 57 kWh/(m².BGF_{Kond.-a}). Dieses Szenario ist aber zu überdenken, da man einen riesigen Grundstücksplatzbedarf für geringe Büroflächen benötigt.

3.5.7.2 Variante 2 – 3 Geschöße

Flächen:

Photovoltaik-Anlage Dach:		
Fläche 1:	Ausrichtung 229° Südwest Neigung 8°	1011 m ²
Photovoltaik-Anlage ADD-On Fassade SW:		
Fläche 2:	Ausrichtung 229° Südwest 60° Neigung	175 m ²
Photovoltaik-Anlage ADD-On Fassade SO:		
Fläche 3:	Ausrichtung 139° Südost 60° Neigung	66 m ²

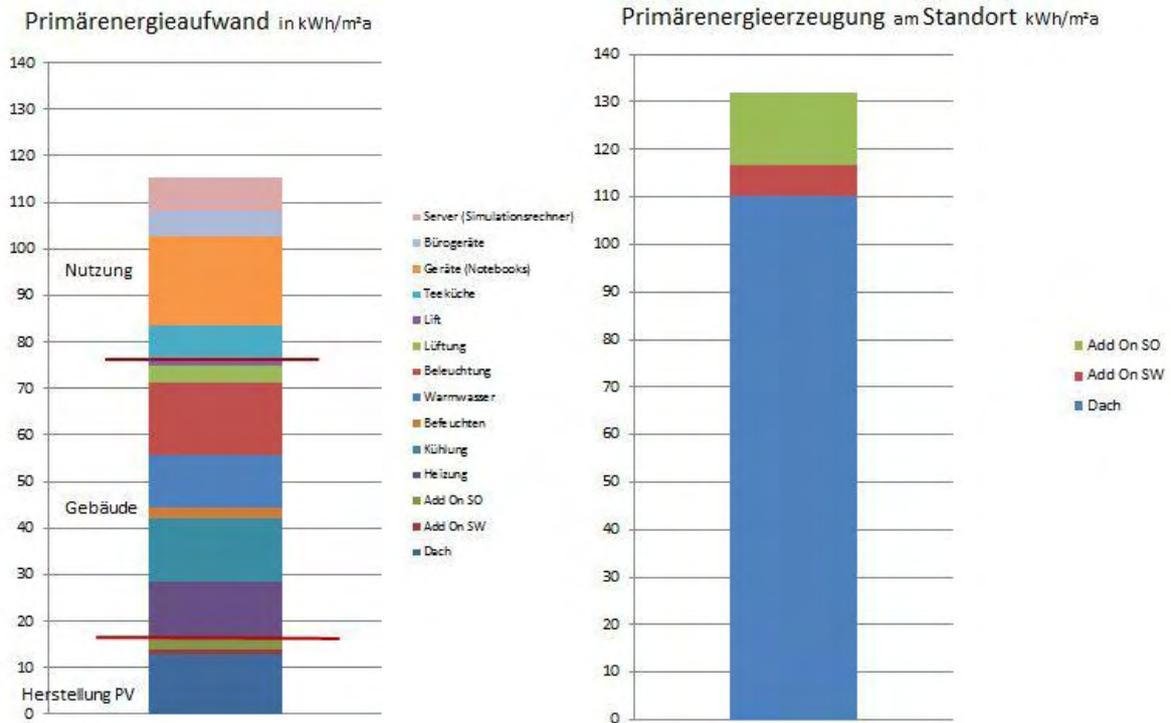


Abbildung 3.18: Vergleich von Aufwand „Optimum 3“ und Ertrag bei einem Modellgebäude mit 3 Geschossen

Das gleiche Gebäude mit 3 Geschossen weist auch eine positive Energiebilanz über das Jahr auf. Der Ertrag übersteigt bei dieser Variante den Verbrauch um ca. 18 kWh/(m²·BGF_{Kond}·a).

3.5.7.3 Variante 3 – 4 Geschöße

Flächen:

Photovoltaik-Anlage Dach:		
Fläche 1:	Ausrichtung 229° Südwest Neigung 8°	1011 m ²
Photovoltaik-Anlage ADD-On Fassade SW:		
Fläche 2:	Ausrichtung 229° Südwest 60° Neigung	263 m ²
Photovoltaik-Anlage ADD-On Fassade SO:		
Fläche 3:	Ausrichtung 139° Südost 60° Neigung	99 m ²

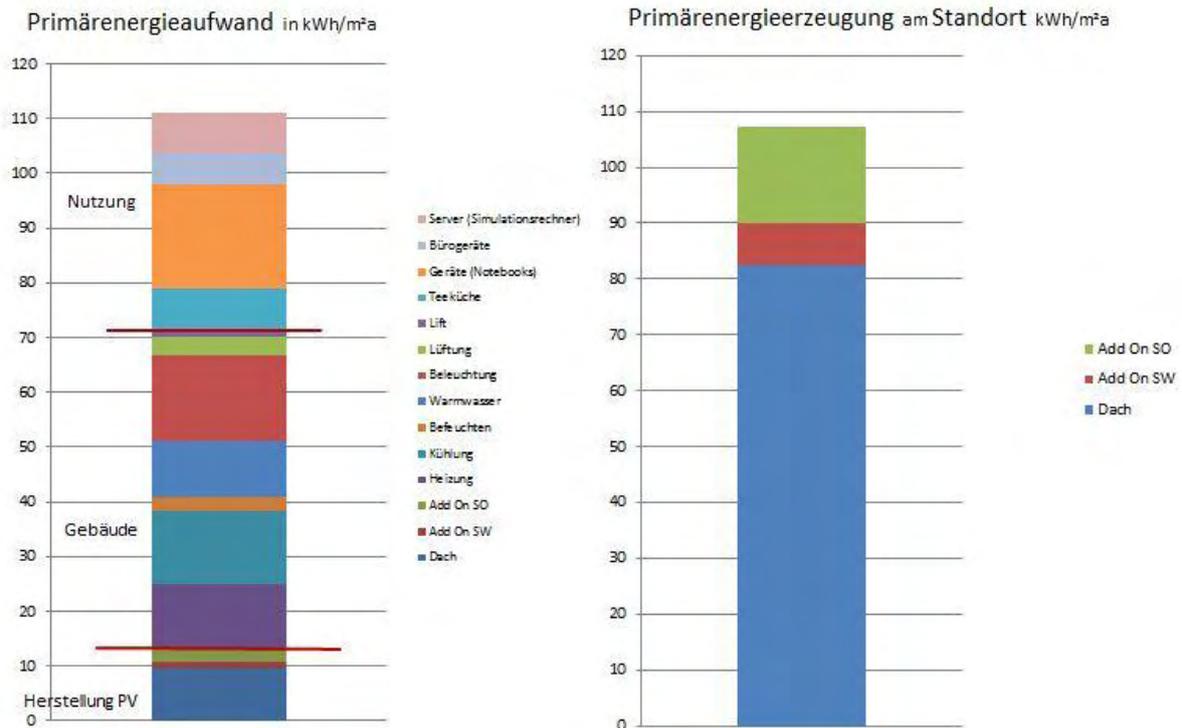


Abbildung 3.19: Vergleich von Aufwand „Optimum 3“ und Ertrag bei einem Modellgebäude mit 4 Geschossen

Ab 4 Geschossen dreht sich die Bilanz um. Das Gebäude verbraucht mehr, als die PV-Anlage liefert. Der Verbrauch übersteigt bei dieser Variante den Ertrag um ca. 3 kWh/(m².BGF_{Kond.-a}). Der Primärenergieaufwand ist auf 111 kWh/(m².BGF_{Kond.-a}), gegenüber der Variante mit zwei Geschossen um 14 kWh/(m².BGF_{Kond.-a}), gesunken.

3.5.7.4 Variante 4 – 5 Geschoße

Flächen:

Photovoltaik-Anlage Dach:		
Fläche 1:	Ausrichtung 229° Südwest Neigung 8°	1011 m²
Photovoltaik-Anlage ADD-On Fassade SW:		
Fläche 2:	Ausrichtung 229° Südwest 60° Neigung	350 m²
Photovoltaik-Anlage ADD-On Fassade SO:		
Fläche 3:	Ausrichtung 139° Südost 60° Neigung	132 m²

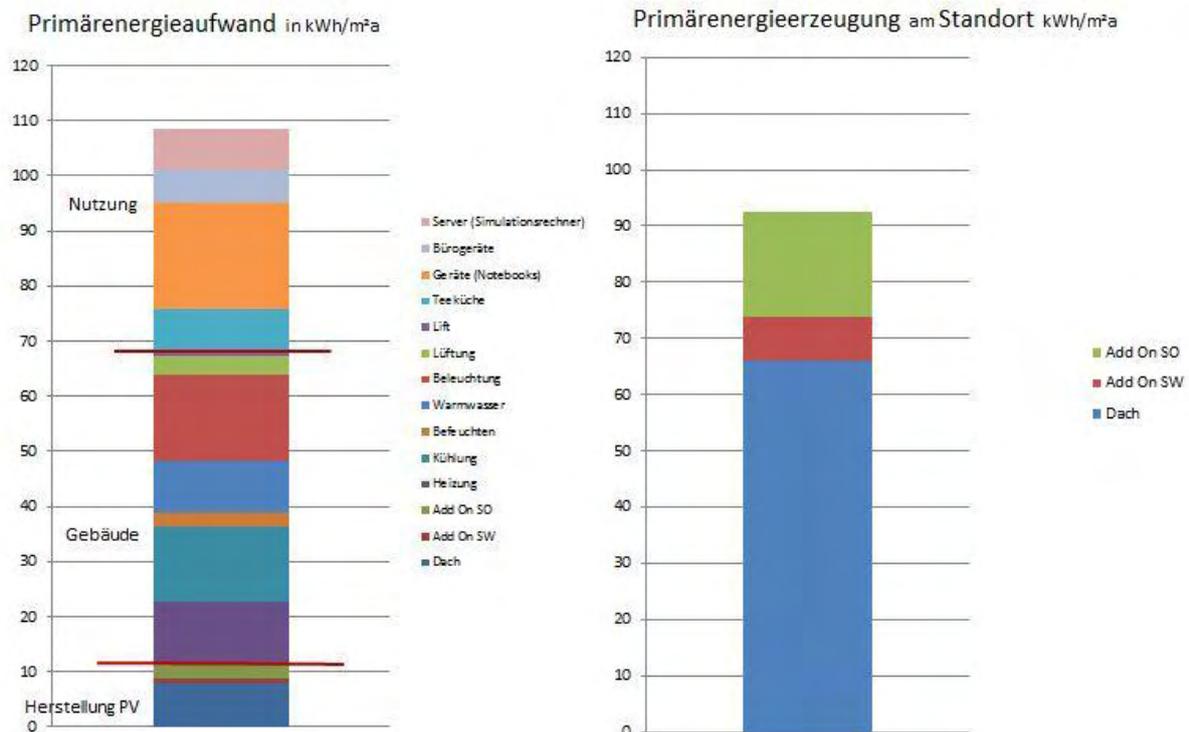


Abbildung 3.20: Vergleich von Aufwand „Optimum 3“ und Ertrag bei einem Modellgebäude mit 5 Geschößen

Dadurch, dass das Gebäude immer kompakter wird und die Herstellung der Photovoltaik auf eine größere Bruttofläche bezogen wird, kann man den Primärenergiebedarf noch um $2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{BGF}_{\text{Kond. a}})$ senken. Das ändert aber nichts an dem, dass primärenergetisch mehr verbraucht als erzeugt wird. Die Deckung des Gebäudebetriebes geht sich in diesem Szenario noch aus.

Weitere Varianten mit mehr als 5 Geschößen werden hier nicht weiter berechnet, weil die „wachsende“ PV-Fläche an der Add On Fassade den Verbrauch eines Geschößes niemals abdecken kann. Folglich sinkt bei allen weiteren Berechnungen der Ertrag bezogen auf die konditionierte Bruttofläche während sich der Primärenergiebedarf nur mehr marginal verkleinert.

3.5.7.5 Resümee zur Bauform

Für ein Plusenergiebüro muss man alle zur Verfügung stehenden Flächen mit einer Photovoltaikanlage ausrüsten um ein „Plus“ zu generieren. Der Primärenergiebedarf ist in den vorigen Berechnungen schon auf ein Minimum reduziert. Einsparpotential besteht noch in der Kälteversorgung (sh. 3.5.3.7 Grundwasser), durch den Einsatz der sogenannten Energieschiene (sh. 4. Energieschiene) und der weiteren Verbesserung aller Geräte. Der Modulwirkungsgrad der Photovoltaikmodule ist bei diesen Berechnungen auf 12 % gesetzt. Mittlerweile sind schon Module auf dem Markt mit Modulwirkungsgraden von 19,3 % [Sol10]. Wenn

diese Module zum Einsatz kommen deckt der Ertrag den Primärenergieverbrauch von 7 Geschossen.

Diese Berechnungen beziehen sich nur auf die Bauform, die dem Regelgeschoß entspricht, d.h. man kann nicht davon ausgehen, dass Gebäude mit einer kleineren Dachfläche auch bei 4 Geschossen das Optimum erreicht haben. Das Optimum ergibt sich deswegen bei der Variante 3 mit 4 Geschossen, da der Verbrauch und die Produktion annähernd gleich sind. Bei dieser Bauform (1011m² Dachfläche) sieht man auch, dass der Input der PV-Anlage auf dem Dach einen viel wesentlicheren Anteil bringt, als die PV-Fläche der Add On Fassade. Bei kleineren Gebäuden wäre dieser Unterschied nicht so eklatant, da der Faktor Fassadenfläche zu Grundfläche Dach größer wird.

3.6 Empfehlungen

In diesem Kapitel werden allgemeine Empfehlungen angeführt, welche notwendig sind, um Gebäude energetisch optimal auszunutzen.

Grundsätzlich muss, um ein „Plusenergiehaus“ zu erlangen, der Primärenergiebedarf auf ein Minimum reduziert werden, um über das Jahr gesehen eine positive Energiebilanz zu erreichen.

3.6.1 Planung

Alle Planer sollen so früh wie möglich in die Entwurfsphase eingebunden werden. So ist es möglich aus allen Gewerken das Bestmögliche herauszuholen. Folgende Planer müssen (sollen) eingesetzt werden:

- Architekt
- Fassadenplaner
- Photovoltaikplaner
- Lichtplaner
- Bauphysiker
- HKLS-Planer
 - Heizung
 - Kühlung
 - Lüftung
 - Alternative Energiequellen

- Statiker

Die vorher genannten Professionisten sollten schon eine gewisse Erfahrung im „Passivhausbau“ gesammelt haben. Für die genaue Dimensionierung der Anlagen sind auch dynamische Simulationen notwendig um die richtige Heiz- bzw. Kühllasten zu eruieren. Für diese Berechnungen sind im Vorfeld aber auch viele Daten über den zukünftigen Betrieb notwendig.

3.6.2 Geometrie

3.6.2.1 Bauform

Die Geometrie hängt sehr stark vom Grundstück ab. Grundsätzlich soll man ja kompakt planen, um den Primärenergiebedarf für das Heizen und Kühlen zu senken. Kompaktheit bedeutet die Fläche der Gebäudehülle im Verhältnis zum Volumen so klein wie möglich zu gestalten. Andererseits wird so aber auch die mögliche Photovoltaikfläche vermindert. Folglich gibt es für jedes Grundstück die ideale Bauform (wie in 3.5.7 für das Bürohaus dargestellt). Daher ist es die große Aufgabe den Spagat zwischen der Minimierung des Primärenergiebedarfs und der Maximierung der Photovoltaikflächen zu schaffen. Es ist außerdem darauf zu achten, dass die Bauform am Grundstück so gewählt wird, dass sich die verschiedenen Gebäude bzw. Gebäudeteile so wenig wie möglich verschatten.

3.6.2.2 Fassade

Die Fassade soll auf der einen Seite ein Maximum an Tageslicht in den Raum bringen, aber auf der anderen Seite so wenig Wärmetransport wie möglich zulassen. Die Wärmedurchgangskoeffizienten für transparente Bauteile liegen noch immer viel höher als bei den opaken Bauteilen. Folglich verliert man über die Fensterfläche mehr Wärme als über die Wand. Während solare Gewinne im Winter wünschenswert sind erhöhen diese im Sommer den Kühlenergiebedarf. Aus diesen Punkten muss jetzt der ideale Mittelweg aus:

- Hohe Tageslichtnutzung
- Blendschutz
- Kleine solare Einträge im Sommer
- Sonnenschutz
- Orientierung
- Ausblick für die Nutzer
- Hohe solare Einträge im Winter gefunden werden.

Primärenergetisch liefert eine Lochfassade mit einem kleinen Fensteranteil die besten Ergebnisse. Diese Variante wurde aber nicht weiter verfolgt, da im Bürobau die Akzeptanz zu

kleinen Fensterflächen nicht gegeben ist. Die primärenergetischen Berechnungen liefern auch keine Ergebnisse hinsichtlich der Zufriedenheit der Mitarbeiter am Arbeitsplatz. Einen Bezug nach Außen sollten aber alle Nutzer am Arbeitsplatz haben. Daher ist naheliegend, dass das Fensterband oder Lichtbandfassade ohne Sturz den idealen Mittelweg darstellt. Ein Sturz hat große negative Einflüsse auf den Beleuchtungsenergiebedarf und wird darum ausgeschlossen. Das Parapett kann bis zu maximal einer Höhe von einem Meter ausgeführt werden. Die Nutzenebene der Beleuchtung im Bürobau liegt bei 0,8 m [DIN07]. D.h.: Der opake Parapettbereich hat keinen negativen Einfluss auf die erforderliche Beleuchtungsenergie, sondern nur positive Einflüsse auf den gesamten Primärenergiebedarf.

Um die solaren Gewinne im Winter besser zu nützen, könnte man zwei getrennte Systeme installieren. Einen innenliegenden Blendschutz für den Winterbetrieb um die solaren Gewinne besser zu nutzen und einen externen Sonnenschutz für den Sommer um den Kühlbedarf zu reduzieren.

3.6.3 Aufbauten und Gebäudehülle

Die Aufbauten müssen generell dem Passivhausstandard entsprechen und können z.B. von der Internetplattform [BAU10] entnommen werden. Auf dieser Plattform befinden sich alle Bauteile aus dem Passivhausbauteilkatalog [Ibo08]. Auch die Luftdichtheit der Gebäudehülle muss Passivhausstandard betragen und darf den n_{50} -Wert von 0,6 1/h nicht überschreiten. Zielführend wäre es auch diesen Wert zu unterschreiten. Auch die Fenster z.B.[PAS10] oder Pfosten-Riegel-Konstruktionen z.B.[SCH10] müssen einen sehr geringen U-Wert aufweisen.

3.6.4 Gebäudetechnik - HKLS

3.6.4.1 Heizung

Die richtige Bereitstellung der Wärme ist von Projekt zu Projekt genau abzuklären, da die Randbedingungen immer sehr unterschiedlich sind. Auch die Primärenergiefaktoren haben einen großen Einfluss auf die Wahl der Bereitstellungsenergie. (sh.3.5.5)

Es gibt folgende Möglichkeiten zur Beheizung der Anlage:

- Erdwärme (Tiefensonden,...)
- Geothermie (Heißquelle,...)
- Fernwärme (Müllverbrennungsanlage, KWK,...)
- Grundwasser (Energiebrunnen,...)
- Holzprodukte (Pellets,...)
- Solarthermie
- (Erdgas)

- (Heizöl)

Fossile Brennstoffe sind hinsichtlich der Nachhaltigkeit des Projektes nicht anzustreben.

Abgesehen von der Bereitstellung ist es auch wichtig alle Steig-, Anbinde- und Verteilleitungen ausreichend (3/3) zu dämmen und außerdem alle Armaturen zu dämmen. Das Abgabesystem sollte eine großflächige Fußbodenheizung bzw. Bauteilaktivierung sein um die Vorlauftemperaturen gering zu halten. Gleichzeitig kann im Sommer über das gleiche System gekühlt werden.

3.6.4.2 Kühlung

Auch bei der Kühlung ist es von vielen Randbedingungen abhängig welche Bereitstellungsart die Richtige ist. Auch die Primärenergiefaktoren haben einen großen Einfluss auf die Wahl der Bereitstellungsenergie. (sh.3.5.5)

Es gibt folgende Anlagentypen:

- Kompressionskältemaschine
 - Strom
- Absorptionskältemaschine
 - Fernwärme oder Geothermie
 - Hilfsstrom
- Sorptive Kühlung
 - (Fern)Wärme und Grundwasser
 - Hilfsstrom

Wie schon bei der Heizanlage gibt es keine allgemeine Empfehlung sondern nur ein Hinweis auf die verschiedenen Technologien. Welche Technologie zu welchem Bauwerk auf welches Grundstück das Beste ist, kann man erst in der Planungsphase klären.

Auch die Leitungen und Armaturen der Kälteversorgung müssen analog der Heizleitungen gedämmt sein.

3.6.4.3 Be- und Entfeuchtung

Während die Befeuchtungsgrenze mit 6 g/kg und 22°C schon an der Behaglichkeitsgrenze liegt hat man gegenüber der Standardentfeuchtungsgrenze von 9 g/kg noch Einsparpotential. Es reicht vollkommen aus diese Grenze auf 11 g/kg zu senken. Hier ergeben sich Werte, welche noch weit unter der Schwülekurve (von Lancaster-Castens-Ruge) [Rai68] liegen.

Auch die Oberflächentemperatur zum Kühlen kann man noch unter 22°C senken, da die re-

lative Luftfeuchtigkeit hier nur 68% ergibt und man bis zu ca. 80 % gehen kann. Dies ermöglicht eine höhere Kühlkapazität.

3.6.4.4 Raumluftechnik

Allgemein müssen die Punkte im Kapitel 3.5.3.2 eingehalten werden um energieeffiziente Anlagen auslegen zu können. Vor allem für den HKLS-Planer ist es hier von besonderer Bedeutung schon in der frühen Planungsphase eingebunden zu werden, um die Querschnitte möglichst groß zu wählen und so wenige Umlenkungen wie möglich zu planen. Um eine genaue Betrachtung des Lüftungssystems zu ermöglichen sind Lüftungsisometrien und Druckverlustberechnungen notwendig. Nur so kann man vernünftige Aussagen über den Energieverbrauch treffen.

3.6.4.5 Beleuchtung

Durch den Einsatz eines Lichtplaners kann man schon im Vorfeld, mit dem Herabsetzen von elektrischer installierter Leistung, Beleuchtungsenergie im Betrieb sparen. Zurzeit stellen die hocheffiziente Leuchtstofflampen (T5) die beste Lösung für den Bürobetrieb dar. [OÖE10] Die Leuchtdiode LED (Light Emitting Diode) entwickelt sich aber schnell weiter und ist es nur eine Frage der Zeit bis die Lichtausbeute der LED-Technologie die der Leuchtstofflampen übertrifft.

3.6.4.6 Warmwasser

Der Bedarf an Warmwasser ist im Bürobetrieb nicht sehr hoch. Darum bietet es sich auch eine elektrische Bereitstellung an. Energetisch haben die Durchlauferhitzer, da sie keine Speicherverluste haben, einen Vorteil. Ob diese Annahme aufgrund der höheren Anschlussleitung auch zielführend ist, haben die Kollegen in Kapitel 5.2.1 eruiert.

Ein Einsatz von solarthermischen Modulen ist bei höherem Warmwasserbedarf zu prüfen.

3.6.4.7 Lift

Durch die VDI 4707 Energieeffizienz – Aufzüge [VDI09] sind die Hersteller aufgefordert worden, ihre Liftanlagen effizienter zu gestalten. Auf alle Fälle sollten Liftanlagen in „Plusenergiegebäuden“ mindestens den Anforderungen der Energiebedarfsklasse A entsprechen. Weiters soll man noch prüfen ob eine Rückspeisung der Bremsenergie durch einen regenerativen Antrieb sinnvoll ist. Die Energierückspeisung erreicht ca. 30% des Energiebedarfs bei hocheffizienten Liften über das Jahr gesehen.

3.6.4.8 Serverraum

Die Server sollten möglichst gebündelt mit speziellen Serverschränken gekühlt werden. Damit besteht die Möglichkeit die Abwärme der Server zu nutzen. Diese Wärme wird dann an

die Energieschiene (s. Kapitel 4) weitergegeben und kann weiter von der Gebäudetechnik genutzt werden.



Abbildung 3.21: LCP-Kühlung von Servern (Quelle: Rittal Schaltschränke GmbH)

3.6.4.9 Geräte

Bei der Planung eines „Plusenergiebüros“ ist es ganz wichtig, dass man sich mit dem Thema der effizienten Geräte auseinandersetzt. Mit dem Einsatz von effizienten Geräten kann man sich sehr viel Energie sparen. (sh. 3.5.3.6) Darum ist es von Nöten schon früh mit den zukünftigen Nutzern zu Planen und einen Gerätecatalog (sh. Literatur: EnergyStar, TopTen...) zu erstellen. Hier müssen alle Komponenten, vom Bewegungsmelder bis zum Server, betrachtet und ausgewählt werden. Nur so kann man im Vorhinein gute Aussagen über den gesamten Primärenergiebedarf des Gebäudes machen. Kennt man die zukünftigen Nutzer nicht, kann man auch den neuen Mietern Empfehlungslisten für effiziente Geräte zukommen lassen und diese mit ihnen diskutieren. Hier soll auch angemerkt sein, dass eine Bauteilaktivierung eine begrenzte Kühlleistung hat und somit die Verwendung von ineffizienten Geräten, durch die höheren inneren Gewinne, einen negativen Einfluss auf die Kühlung hat.

...

4 Energieschiene

4.1 Grundidee

Der Versuch, das für das Projektkonsortium neue Kleinstwärmepumpensystem „Energieschiene“ in die Betrachtungen mit einzubeziehen, soll neue Möglichkeiten einer exergetisch sinnvollen Bereitstellung von Trinkwarmwasser eröffnen. Insbesondere der Energieaustausch zwischen Energiequellen und Energiesenken innerhalb der Gebäudegrenzen sollen mit dem Einsatz dieser Technik in Zukunft auch bei kleinen Temperaturdifferenzen funktionieren.

4.2 „Energieschiene“ zum Ausgleich von thermischen Quellen und Senken

Ein Lösungsansatz zur Bereitstellung thermischer Energie innerhalb des Demogebäudes stellt das Konzept der „Caloris Komfort-Klimatisierung“ der Firma Colt¹ dar.

Am 10. September 2010 erfolgte eine Besichtigung, in deren Rahmen durch zwei Vertreter des IET (Karl Ponweiser, Dietrich Wertz) Informationen über das System selbst, die Einbindung des Systems in die Gebäudestruktur sowie die Einholung von Informationen zu dessen Betriebsweise in einer Baustelle in Wien erfolgte. Dazu erfolgte eine Begehung des „UNIQA-Tower“ in der Praterstraße 1, 1020 Wien. An diesem Standort soll ein 5-Sterne-Plus-Hotel entstehen, in dem durch Anwendung des Systems „Energieschiene“ unter Ausnutzung der Möglichkeit des Ausgleichs thermischer Quellen und Senken angewendet werden; Von Herrn Detlef Merk, dem Vertreter der Firma Colt, wurden dem IET dabei folgende Informationen vermittelt:

- Das Temperaturniveau der „Energieschiene“ soll in einer ersten Probephase konstant im Bereich von 20 °C gehalten werden und sich später im Bereich 15-30°C bewegen.
- Das System wird lediglich zur Raumluftkonditionierung verwendet.

Eine genaue Beschreibung des Systems „Colt-Caloris Komfort-Klimatisierung“ der Firma Colt befindet sich im Anhang A.1.

¹ Colt International Licensing Ltd

Das Konzept, thermische Quellen und Senken durch den Einsatz von Kleinstwärmepumpen innerhalb eines Gebäudes so weit wie möglich auszugleichen, kann aus Sicht der optimalen Exergienutzung einen Beitrag zur nachhaltigen Versorgung des ASPERN+-Demogebäudes liefern. Eine endgültige Beurteilung, ob und in welchen Bereichen das konkrete System sinnvoll einsetzbar sein könnte, wäre derzeit sicher verfrüht. Zunächst sollte das Betriebsverhalten in der Praxis weiter beobachtet werden. Thermodynamische Überlegungen zum Potential von Kleinstwärmepumpen für die Anforderungen in Aspern IQ wurden im bisherigen Projektverlauf vorgenommen und sind in den folgenden Kapiteln erläutert.

Eine endgültige Beurteilung, ob und unter welchen Bedingungen der Einsatz dieses Prinzips auch praktisch realisierbar ist bzw. die theoretisch zu erwartenden Vorteile tatsächlich erzielt werden können, werden die Erfahrung im oben beschriebenen Objekt zeigen.

4.2.1 Nutzung der „Energieschiene“ zum thermischen Ausgleich zwischen Gewerbe-/Laborgebäuden und Büros

Ein Szenario zum Einsatz der Energieschiene in Aspern IQ wurde folgenermaßen definiert: Im Abstand von 200 Metern von einem Bürogebäude – für das Projekt also am gleichen Bau-
feld-, wird ein Gewerbegebäude angenommen. Dieses produziert in Abhängigkeit des aktuellen Energieverbrauchs und den Umgebungsbedingungen in gewissen Betriebszuständen thermische Überschüsse.

Es ist wenig zielführend, allgemeine Betrachtungen zu einer unmittelbaren Nutzung der thermischen Energie von allen zukünftig denkbaren Anlagen und Geräten anzustellen. In der praktischen Anwendung ist eine sinnvolle Nutzung der Abwärme auf dem Temperaturniveau, auf dem diese zur Verfügung steht, nicht immer möglich. Deshalb, und aufgrund der vielen zum Teil stochastisch verteilten Leistungen auf der wärmeabgebenden und wärmeabnehmenden Seite, ist es kaum möglich, generell gültige und gleichzeitig sinnvolle Aussagen zu einem optimalen Wärmerückgewinnungssystem zu treffen. Aufgrund der Begrenztheit thermischer Leitungssysteme (bestimmte Mindesttemperaturen müssen im Allgemeinen garantiert werden, weshalb sich z.B. viele Prozesse nicht zur Kühlung mit Medien von mehr als 60°C nutzen lassen usw.) und vielen praktischen Einschränkungen (Einsatzhäufigkeit, Speicherproblematik, Restriktionen, Leistungsbilanzen,...) sind die praktischen Möglichkeiten der Einspeisung in ein konventionelles Nahwärmenetz stark begrenzt.

Eine Vorarbeit zu einer möglichst weitgehenden Nutzung niederexergetischer Energie würden Vorhaben des AIT und seiner Partner zur Analyse von Niedrigsttemperaturnetzen (ca. 40°C Vorlauftemperaturniveau; eingereichtes Forschungsprojekt im Rahmen der Ausschreibung Neue Energien 2020, 8.9.2010) darstellen, an dem die TU Wien allerdings nicht mehr beteiligt ist.

Aus Sicht effektiver Exergieausnutzung wäre es zwar stets am besten, ein dargebotenes Temperaturniveau möglichst in vollständiger Höhe, d.h. im zur Verfügung stehenden Maß abzüglich der Grädigkeit der Wärmetauscher, auszunutzen. Da die „Energieschiene“ im Rahmen von SP2 ohnedies bereits für die Frage der Trinkwarmwasserbereitstellung genauer analysiert wurde (siehe Kapitel 4.2), soll auch an dieser Stelle eine Ertragsabschätzung unter Einsatz dieses Systems vorgenommen werden.

Die „Energieschiene“ nutzt bei diesem Szenario in Kühlmedien enthaltene Energie in erster Linie über den Umweg der Raumluft. In einigen Fällen wird sich jedoch auch eine unmittelbare Zufuhr der Medien in den Energieschienen-Strang bewerkstelligen lassen, insbesondere dort, wo die Energie bereits in einem wasserführenden Strang erfasst wurde bzw. sich über einen entsprechenden Wärmetauscher führen lässt. Für abrasive, verunreinigte oder chemisch aggressive Medien oder bei Anlagen mit selten auftretendem Wärmeüberschuss wird hingegen die Verwendung derartiger Wärmetauscher nicht möglich oder nicht ratsam und deshalb nur der Umweg über die Raumluft umsetzbar sein.

Durch die Möglichkeit, der Raumluft thermische Energie zu entziehen und sie an einer anderen Stelle dem Gebäude wieder zuzuführen, kann eine Nutzung von energetischen Überschüssen also relativ unabhängig vom aktuell betrachteten Gerät genutzt werden. Dem stehen allerdings exergetische Nachteile gegenüber, weil sich naturgemäß hohe „Temperaturverluste“ (und damit Exergieeinbußen) ergeben, oder, anders betrachtet, den Kompressoren viel Exergie in Form elektrischer Energie zugeführt werden muss.

Als Datengrundlage für das Ausmaß der thermischen Einträge in ein betrachtetes Gebäude aufgrund von Maschineneinsätzen bzw. zur Abschätzung, in welchem Ausmaß dem Raum thermische Energie entzogen werden soll, wurde eine an der TU Wien erstellte Studie als Grundlage herangezogen. In dieser Diplomarbeit wurden die Potentiale der Abwärmenutzung von Werkzeugmaschinen in einem Fertigungstechnik-Labor genau analysiert. Dabei wurden insbesondere die Verbrauchsprofile der elektrischen Geräte und Maschinen vermessen. Die Ergebnisse aus der Messung sind in [Leo10] detailliert dargestellt. Die groben „Eckdaten“ des in der Diplomarbeit untersuchten Laborgebäudes lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

24 voll angestellte Mitarbeiter, zusätzlich sind durchschnittlich Personen im Ausmaß von 3 „Vollzeitäquivalten“ anwesend;

- Das Fertigungstechnik-Labor hat knapp über 1000m² Grundfläche;
- Das Labor beinhaltet neben eine Küche, Bürogeräten und Klimaanlage vor allem eine Reihe von leistungsstarken Maschinen (Drehmaschinen, Fräsmaschinen, Schleifmaschinen, Erodiermaschinen, Pressen, Sägen usw.) und einen Kompressor.
- Der thermische Verbrauch für die Heizungsanlage liegt bei 130 MWh pro Jahr; Für den elektrischen Energiebedarf wurden ca. 150 MWh/Jahr ermittelt.

Folgende Erkenntnisse aus der Studie können für das SP2 herangezogen werden:

- Für das gegenständliche Projekt wird ein Szenario angenommen, bei dem die thermische Energie im Betrieb zu einem Drittel der thermischen Nahwärmeleitung zugeführt wird.
- Das Leitungssystem stellt eine Verlängerung der „Energieschiene“ über die Gebäudegrenze hinaus dar. Der Transport des Mediums erfolgt mit niedrigem Temperaturniveau, nämlich dem des Kühlmediums; die Temperatur wird mit Hilfe der Kompressionswärmepumpe erst in unmittelbarer Nähe des Abnehmers auf das notwendige Temperaturniveau gehoben. Dies bewirkt geringere Verluste im Vergleich zu einem Betrieb des Wärmenetzes auf der Kondensatorseite der „Colt-Caloris“-Wärmepumpe. Eine einfache Kalkulation zeigt, dass die thermischen Verluste, auch in den Wintermonaten und selbst für längere Leitungslängen, in relativ engen Grenzen gehalten werden können.

- Aufgrund der guten Dämmstandards im Bereich der Wohngebäude wird davon ausgegangen, dass nur ein Drittel der auf Seiten des produzierenden Betriebs / Laborbetriebs insgesamt verbrauchten elektrischen Energie in die Energieschiene eingespeist werden kann. Zusätzlich wird angenommen, dass die an einzelnen Tagen anfallende Energie gespeichert werden kann. Die Speicherkapazität im System ist dieser Forderung anzupassen.
- Thermische Energie wird dem Kühlkreis auf einem Temperaturniveau von 30°C, mit 25°C in das lokale Wärmenetz eingespeist und soll abgabeseitig mit ca. 45°C vorliegen. Die Colt Caloris Wärmepumpe wird dem zu Folge pauschal mit einem Jahresnutzungsgrad von 3,5 kalkuliert. (Rechnung im Anhang A.3 bzw. weiterführend: [Wer09])
- Von folgenden Erträgen kann dabei ausgegangen werden [Leo10, S. 18], wobei sich die folgenden Durchschnittswerte auf ein ganzes Jahr beziehen:

125 Arbeitstage mit hohem Energieumsatz	496,51 kWh/d
125 Arbeitstage mit geringem Energieumsatz	412 kWh/d
115 Tage „Feiertagsbetrieb“	290,5 kWh/d

Daraus errechnet sich ein gewichtetes Mittel von 402,66 kWh/d, wovon ein Drittel genutzt werden soll.

Die getroffenen Randbedingungen sind in der Rechnung im Anhang detailliert dargestellt. Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

SUMME^{2/3}:	48990 kWh	Von den Geräten abgeführte, nutzbare th. Energie
SUMME VERLUSTE:	5906 kWh	Verluste während des Transports
Differenz	43084 kWh	Nutzbare thermische Energie am "Colt Caloris"-Gerät

44807 kWh	Primärenergieaufwand bei Einsatz der Energieschiene
	Primärenergieaufwand für die Bereitstellung der gleichen Energiemenge aus Fernwärme
48254 kWh	wärme

Der primärenergetische Vergleich zeigt, dass unter den getroffenen Annahmen, insbesondere der Entfernung von 200 m zwischen dem Ort der thermischen Überschüsse und dem Ort des thermischen Bedarfs, der Einsatz von Fernwärme ähnlich zu bewerten wäre wie die Verwendung eines Niedertemperatur-Nahwärmenetzes samt Temperaturhub durch ein Wärmepumpensystem am Ort des Verbrauchs. Zu beachten ist bei dem Vergleich, dass die Abwärmemengen – je nach Gewerbebetrieb – mehr oder weniger stochastisch verfügbar

² Es wird davon ausgegangen, dass ein Drittel der von den Geräten abgeführten, thermischen Energie dem Leitungssystem zugeführt werden kann.

sind. Die Fernwärme ist hingegen permanent verfügbar. Auskunft, welche Abwärmemengen in der Praxis tatsächlich genutzt werden können und wie eine optimale Konzeption für das thermisch/elektrische Gesamtsystem aussehen soll, können naturgemäß erst mit Hilfe einer umfassenden Systemsimulation beurteilt werden.

Dazu müsste zunächst eine Festlegung erfolgen, welche Maschinen zu welchem Zeitpunkt zum Einsatz kommen werden. Das ist zum derzeitigen Planungszeitpunkt aber noch weitestgehend offen.

Eine Erhöhung des COP (bzw. der sich daraus ergebenden Jahresarbeitszahl) einer Wärmepumpe könnte beispielsweise durch Vergrößerung der Anlagenleistung oder der Laufzeiten eintreten. Als ein Alternativszenario wurde deshalb die oben dargestellte Situation noch dahingehend variiert, dass die kleinen, dezentralen Wärmepumpen durch ein Gerät mit einem größeren und deshalb effizienteren Kompressor ersetzt wurden, der sich direkt in der Produktionshalle befindet. Der angenommene COP des Systems wurde dabei von 3,5 auf 4,5 angehoben. Im Gegenzug wurde der Wärmetransport mit einer mittleren Temperatur von 45°C angenommen, woraus sich wesentlich höhere Verluste ergeben. Als Ergebnisse erhält man gegenüber der obenstehenden Rechnung:

SUMME/3:	48990 kWh	Von den Geräten abgeführte, nutzbare th. Energie
SUMME VERLUSTE:	10718 kWh	Verluste während des Transports
Differenz	38272 kWh	Nutzbare thermische Energie am "Colt Caloris"-Gerät

36393 kWh	Primärenergieaufwand bei Einsatz der Energieschiene
	Primärenergieaufwand für die Bereitstellung der gleichen Energiemenge
30618 kWh	aus Fernwärme

Es zeigt sich also, dass diese Variante gegenüber der Fernwärmelösung sogar noch weiter zurückfallen würde.

Das Ausmaß der thermischen Erträge ist allerdings naturgemäß sehr stark von der tatsächlichen, späteren Nutzung abhängig. (Nutzung als Forschungs-/Entwicklungslabor, produzierender Betrieb, 1-Schicht, 2-Schicht oder 3-Schichtbetrieb usw.). Im Falle eines kontinuierlich produzierenden Gewerbebetriebs würde sich die abzuführende thermische Energie gegenüber einem hier angenommenen Forschungs-/Entwicklungslabor dementsprechend vervielfachen, was wiederum für eine Abwärmennutzung sprechen würde. Die oben stehenden Betrachtungen können deshalb nur als Denkanstoß für die Ausrichtung des Demoprojekts angesehen werden. Durch das geschaffene Excel-Tool [Exc10] lassen sich natürlich noch viele weitere Varianten kalkulieren.

4.2.2 Nutzung der „Energieschiene“ zum thermischen Ausgleich innerhalb eines Bürogebäudes

4.2.2.1 Kühlbedarf Serverraum

Laut Auskunft des Zentralen Informatik Dienstes (ZID) der TU Wien können für die Verlustwärme von einfachen Servern ca. 800 W veranschlagt werden. Diese Server decken den Bedarf von ca. 20 Arbeitsplätze bei „normalen“ Büroanwendungen, d.h. keine zentralen Simulationsrechnungen, sondern nur Kommunikation ab.

Bei Berücksichtigung von weiteren Applikationen des Servers, wie z.B. Fileserver-Anwendungen soll etwa 1000W pro Einheit berücksichtigt werden. Für ein redundantes System ist die Leistung entsprechend zu verdoppeln.

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass bei diesen Vorgaben die Verwendung neuer Hardware unterstellt wurde und keine weiteren Faktoren wie Fenster (solare Einstrahlung) oder Personen im Serverraum berücksichtigt wurden.

Da kein genaues Nutzerverhalten unterlegt werden kann, wird für die Serverräume eine Extremwertplanung angestellt. D.h. es soll eine Kühlauslegung erfolgen, sodass der Serverraum komplett mit Equipment aufgefüllt werden kann.

Extremwertbeispiel für einen 19“ Serverschrank:

Sollte es zu keiner vertraglichen Einschränkung für die Büromieter kommen, so kann nicht ausgeschlossen werden, dass einer der Mieter den EDV-Raum mit dem Maximum an Servern auffüllt.

Bei einem 42HE (Höheneinheiten) Schrank, Grundmaße 800 x 1000mm, können bis zu 42 Einzeleinheiten mit einer Höhe von 1 HE verbaut werden. Wird angenommen, dass 1 Gerät 800W verbraucht so kommt man auf $42 \times 800W = 33.600W$ pro Schrank. Es muss dann natürlich noch berücksichtigt werden, wie viele dieser Racks in einen Serverraum gestellt werden können, groben Abschätzungen entsprechend passen zwei dieser Racks in einen $3,65m^2$ EDV-Raum.

Dieser Wert muss für die Kühlung berücksichtigt werden, falls keine rechtlichen Einschränkungen auferlegt werden. Entsprechenden Herstellerangaben zufolge, können die Server in einem Temperaturbereich von $10^{\circ}C - 35^{\circ}C$ betrieben werden, was eine wesentliche Information für die Energieschiene darstellt. [DEL10]

In Abbildung 4.1 sind die beiden Varianten einander gegenübergestellt, von ATP wird es aufgrund der Ausschreibung aber zu einer Limitierung von ca. 7kW pro Serverraum kommen.

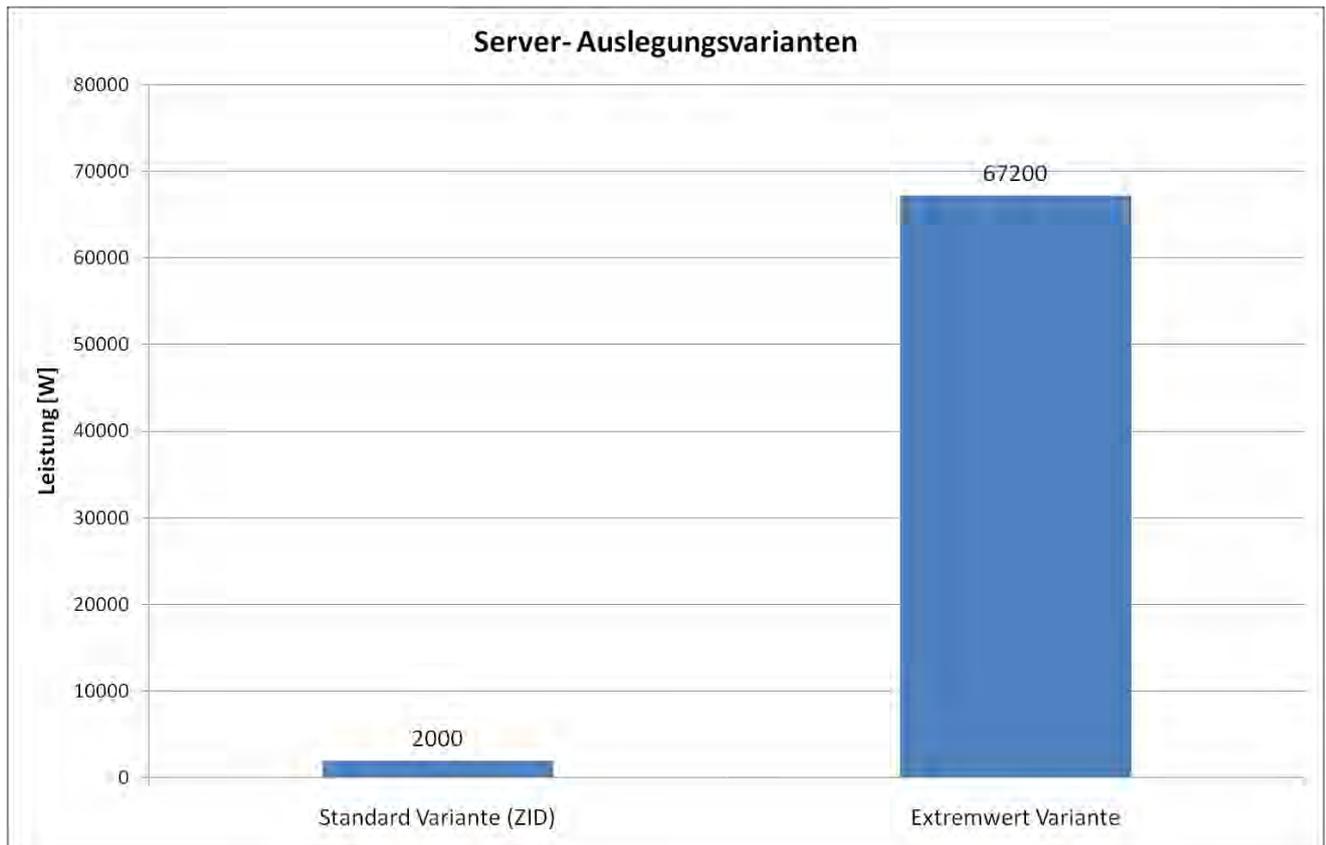


Abbildung 4.1: Serverauslegung, Standard- und Extremwertbeispiel

4.2.2.2 Nutzung der Energieschiene für den Serverraum

Aufbauend auf den Ergebnissen der Planung des elektrischen Netzes im Demogebäude kann auch in diesem Bereich ein Szenario zur Abwärmenutzung aufgestellt werden. Der beispielsweise in [Del10] angegebene Temperaturbereich von 10 bis 35°C Betriebstemperatur für die Server käme der „Energieschiene“ entgegen; So wie im Falle des Gewerbebetriebs ist deshalb auch in diesem Fall ist die Annahme von 30°C als Temperaturniveau der Verdampferseite gerechtfertigt.

Als Annahme zu den Leistungen der Server kann geschätzt werden, dass im Mittel je zwei Server zu je wie Kilowatt in einer Geschoßeinheit im Betrieb sein werden; da der eine Gebäudeteil vier und der andere Teil zwei Stockwerke besitzt ergeben sich insgesamt $2 \times 4 \times 2 \text{ kW} + 2 \times 2 \times 2 \text{ kW} = 24 \text{ kW}$ an permanent abzuführender thermischer Leistung. Dies ergibt bei 8760 Vollaststunden 210.40 kWh pro Jahr.

Nimmt man auch an, dass 1/3 der Energie tatsächlich nutzbar sind, so ergeben sich auch hier ca. 70.000 kWh. In Hinblick auf die Nutzbarkeit dieser Energie kann deshalb im Wesentlichen von den gleichen Voraussetzungen ausgegangen werden wie in Kapitel 4.2.1.

Für eine seriöse Beurteilung des tatsächlich verfügbaren Energie und der sinnvollen, maximalen Transportlänge, muss ein besserer Wissensstand zur Frage des konkreten Geräteeinsatzes feststehen.

Der Einsatz direkt mit Wasser gekühlter Rechner ist heute eher unüblich, würde aber die Abwärmenutzung für das System „Energieschiene“ aufgrund des Entfalls des Luft/Wasser-Wärmetauschers und den damit verbundenen Grädigkeiten weiter vereinfachen. Technisch wurden bereits Versuche in Richtung einer Markteinführung wassergekühlter Rechner unternommen. Ein Beispiel dafür ist etwa der 2,7 GHz Power Mac G5 der Firma Apple.

5 Warmwasseraufbereitung

5.1 Problemstellung

5.2 Untersuchte Varianten

5.2.1 Dezentrale Warmwasseraufbereitung mittels elektrischer Durchlauferhitzer

In diesem Abschnitt soll der elektrische Aufwand für die dezentrale Warmwasseraufbereitung berücksichtigt werden. Es werden dabei zwei Szenarien durchgespielt.

- Erstens ein „minimal Szenario“ (Szenario A), das bedeutet, es wird der Anwendung entsprechend kleinsten zur Verfügung stehenden elektrischen Durchlauferhitzer verwendet.
- Zweitens ein „Standard Komfort Szenario“ (Szenario B), das heißt, welche Leistung muss der Durchlauferhitzer aufweisen, damit man üblichen Komfort zur Verfügung stellen kann.

Abbildung zeigt einen Planausschnitt eines Obergeschosses für das Szenario A, d.h. es wird bei jedem Wasserentnahmepunkt ein eigener Durchlauferhitzer, mit der geringsten zur Verfügung stehenden Leistung installiert. Da angemerkt wurde in jedem WC und in jeder Teeküche jeweils einen Durchlauferhitzer zu installieren sind hier sechs rote Linien angeführt, wovon jede einen Durchlauferhitzer widerspiegelt.

Abbildung hingegen zeigt eine Hybrid-Version, welche als Szenario B bezeichnet wird. Bei diesem Szenario werden räumlich nahe liegende Wasserentnahmepunkte durch einen leistungsstärkeren Durchlauferhitzer versorgt und hydraulisch zusammengeschaltet. Deshalb sind nur zwei rote Linien, für jeweils zwei Waschbecken und zwei orange für die Teeküchen dargestellt.

Es würden sich jede Menge Varianten der elektrischen und hydraulischen Aufteilung erge-

ben, z.B. alle vier WC Anlagen an einen größeren Durchlauferhitzer anzubinden, oder elektrisch jeweils zwei auf ein leistungsstärkeres Kabel anzuschließen. Um den Bericht übersichtlich zu halten, werden hier einige Szenarien durchgespielt und die entsprechenden Vor- und Nachteile aufgezeigt.

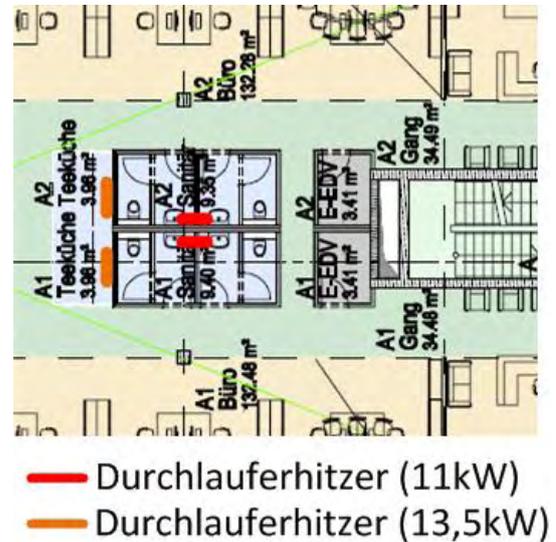
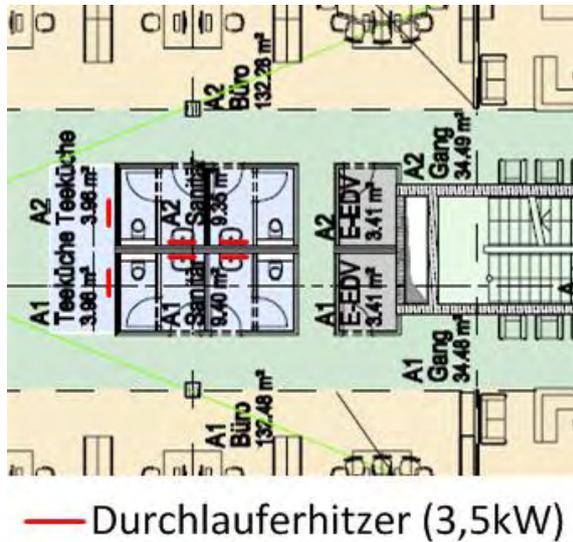


Abbildung 5.1: Planausschnitt Obergeschoss Szenario A

Abbildung 5.2: Planausschnitt Obergeschoss Szenario B

Es gibt eine Vielzahl an Herstellern von elektrischen Durchlauferhitzern, z.B. Stiebel Eltron, AEG, CLAGE um nur einige zu nennen. Da die Geräte in den unterschiedlichen Kategorien, wie einfache Waschbecken-Nutzung oder Duschanwendungen, bei allen Herstellern in den gleichen Leistungsbereichen angesiedelt sind und die Datenblätter bei CLAGE ausführlicher zur Verfügung stehen, wird in Folge immer auf CLAGE verwiesen.

5.2.1.1 Szenario A

Entsprechend dem Szenario A ist bei jeder Entnahmestelle ein eigener Durchlauferhitzer vorgesehen, daraus ergeben sich 80 Stück a 3,5kW für die Waschbecken und zweimal 18kW für die beiden Duschen im Erdgeschoss.

Tabelle 2: Gesamtleistung Szenario A

Kategorie	Stück	Leistung	Summe
Waschbecken	80	3,5kW	280kW
Dusche	2	18kW	36kW

Summe	316kW
-------	-------

5.2.1.2 Szenario B

Entsprechend dem Szenario B, wird eine Hybridlösung untersucht. Dementsprechend wurden je nach Möglichkeit immer mehrere Entnahmestellen zusammengefasst.

Tabelle 3: Gesamtleistung Szenario B

Kategorie	Stück	Leistung	Summe
Waschbecken kombiniert	27	11kW	297kW
Waschbecken einzeln	3	3,5kW	10,5kW
Teeküche	24	13,5kW	324kW
Dusche	2	27kW	54kW
		Summe	685,5kW

Wenn die gesamte zusätzlich zu installierende Leistung von beiden Szenarien verglichen wird, ist ersichtlich, dass im Szenario B die Spitzenlast mehr als doppelt so hoch ist. Trotz Zusammenfassung wird mehr Leistung benötigt, das liegt an der großzügigeren Auslegung und der damit verbundenen Komfortsteigerung.

Um einen Komferteinblick in der Warmwasserbereitung mit Durchlauferhitzer zu geben, werden in folgender Tabelle 4 die Warmwasserpotentiale der Geräte angegeben.

Tabelle 4: Heizpotential [CLA10a], [CLA10b], [CLA10c]

Typ	Durchfluss	ΔT^3
CLAGE MDX3	2l/min	25K
	2,5l/min	20K
	3l/min	17K
	3,5l/min	14K
CLAGE CBX13	4l/min	48K
	5l/min	39K
	6l/min	32K

³ Kaltwasser kann um ΔT erwärmt werden, zB $10^\circ\text{C}+25^\circ\text{C}=35^\circ\text{C}$

	7l/min	27K
CLAGE CBX11	4l/min	39K
	5l/min	31K
	6l/min	26K
	7l/min	22K
CLAGE DSX18	9,2l/min	28K
CLAGE DSX27	13,8l/min	28K

Für Abschätzungen üblicher Wasserdurchflüsse, wurden einfache Durchflussmessungen durchgeführt. Bei vollständig geöffnetem Einhandmischer ergab sich eine Menge von ca. 12l/min und für einen, dem Händewaschen entsprechender Durchfluss ca. 5l/min. Laut DIN EN 255-3 wird für die Hausreinigung und geringfügige Abgabemengen ein Wasserverbrauch von 4l/min \pm 0,5l/min veranschlagt und für einen Duschvorgang kann man mit 10l/min \pm 0,5l/min rechnen, wobei jeweils immer eine Temperaturerhöhung von 45K zugrunde gelegt wird.

Es ist deutlich ersichtlich, dass die Durchlauferhitzer diese Werte nicht immer erreichen können, weshalb ein Kompromiss zwischen Komfort und installierter Leistung gewählt werden muss.

5.3 Gleichzeitigkeitseffekte bei Elektrischen Durchlauferhitzern

Um das Realisierungspotential abschätzen zu können wird untersucht, welche Gleichzeitigkeit auf Gebäudeebene für das Zapfverhalten und somit den Betrieb der Durchlauferhitzer mindestens gegeben sein muss. Die Betriebsgrenzen der Komponenten müssen natürlich eingehalten werden. Dabei wird die Versorgung mittels 630kVA Trafo und einem elektrischen Energieverbrauch ohne Durchlauferhitzer von 300kW (Daten von ATP) angenommen. Abbildung zeigt den Sachverhalt der Gleichzeitigkeit, wobei ein g von 0 (nur theoretisch) bedeuten würde, das nie ein Gerät in Betrieb ist und ein g von 1, dass alle Durchlauferhitzer im Gebäude gleichzeitig in Betrieb sein können.

Abbildung 5.3 zeigt die Gleichzeitigkeit nach Sander. Legt man eine Mitarbeiteranzahl von 18 pro Büroeinheit zugrunde und 24 dieser Einheiten für das gesamte Gebäude so kommt man auf 432 Mitarbeiter. Was für die Gleichzeitigkeit einen Wert von ca. 0,25 bedeutet, da man sich bereits außerhalb des dargestellten Bereiches befindet welcher bei 357 Personen endet. Aufgrund des flachen Verlaufes der beiden Diagramme oberhalb von 250 Personen kann

dieser Wert gut angenähert werden. Die blaue Kurve im Diagramm berücksichtigt zusätzlich noch einen Verlust von 15% aufgrund der Verteilung des Warmwassers innerhalb des Gebäudes, die rote Kurve beinhaltet keine Verluste.

Wird diese Gleichzeitigkeit von 0,25 auf Abbildung umgelegt, so bedeutet dies, dass sich für eine 100%-ige Trafoauslastung keine Probleme ergeben. Bei einer nur 60%-igen Trafoauslastung erreicht Szenario A genau den Grenzwert und Szenario B überschreitet ihn sogar, somit wäre eine Realisierung mit einem 630kVA Trafo für diesen einen Fall nicht möglich.

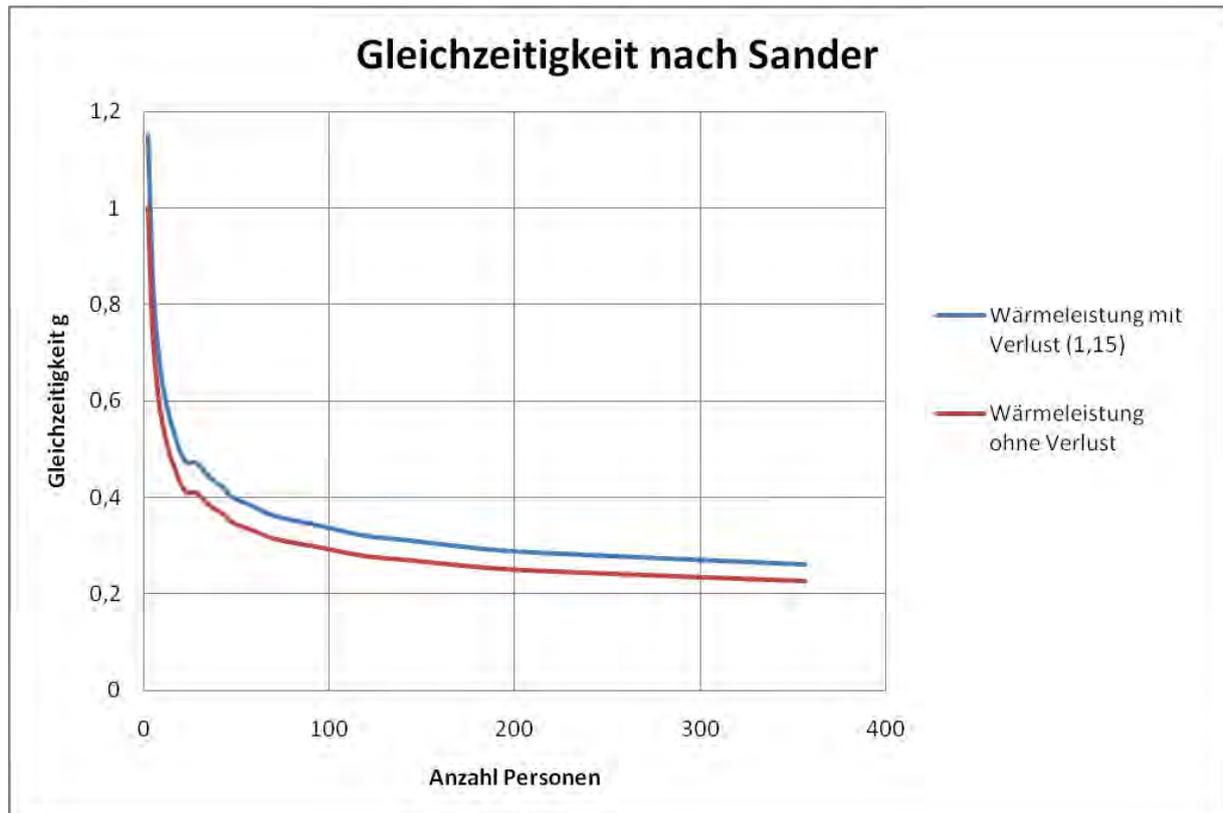


Abbildung 5.3: Gleichzeitigkeit nach Sander

100% Trafoauslastung

In diesem Auslastungsfall, stellt die Rote horizontale Linie in Abbildung 5.4 die Lastgrenze für die Durchlauferhitzer dar. Es ist ersichtlich, dass Szenario A nie ein Leistungsproblem für den Trafo darstellt, da die Gesamtleistung, d.h. 300kW für das Gebäude (ohne Durchlauferhitzer) plus 316kW für die Durchlauferhitzer nie die 630kVA Grenze erreichen. Anders sieht das im Szenario B aus, sollte eine Gleichzeitigkeit von ca. 48% oder mehr auftreten, so übersteigt die im Gebäude auftretende Leistung die Trafoleistung.

60% Trafoauslastung

Bei dieser Betrachtungsform wird die Grenze durch die Grüne Linie Abgebildet.

Energieversorger betreiben Transformatoren häufig nur bis zu einer Auslastung von 60%, um noch Spielraum für etwaige Spitzen zu haben.

Wird für diesen Wert eine Gleichzeitigkeitsanalyse angestellt, so sieht man, dass beide Szenarien die Grenze überschreiten, Szenario A bei einer Gleichzeitigkeit von 25% und Szenario B bei 11%.

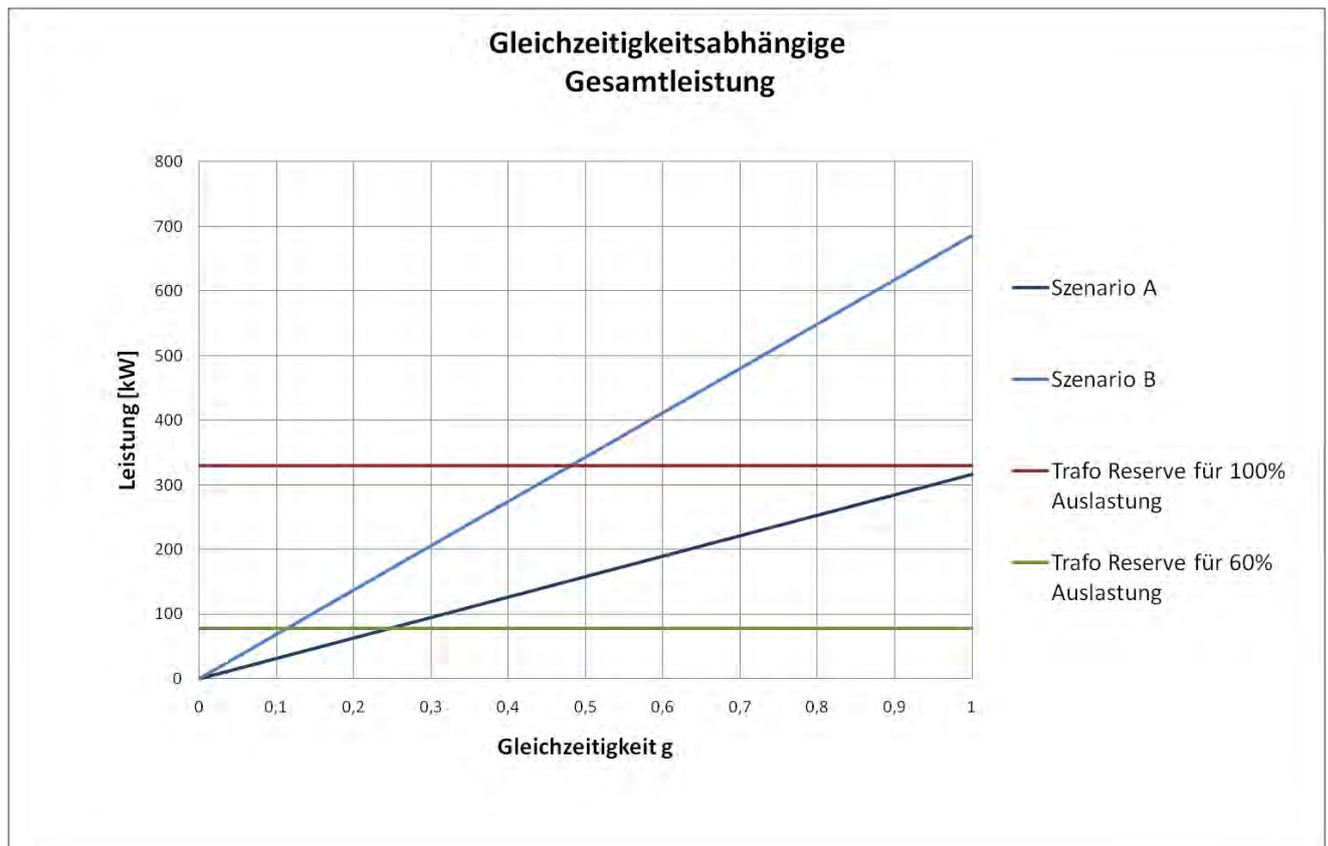


Abbildung 5.4: Gleichzeitigkeits abhängige Gesamtleistung und Trafo Reserve

Bei Annahme von 25% Gleichzeitigkeit kann mit den in Tabelle 5 angegebenen Leistungswerten gerechnet werden.

Tabelle 5: Gesamtleistung für beide Szenarien

Szenario	Gebäude-Grundleistung	Durchlauferhitzer Zusatzleistung	Summe	630kVA Trafo Auslastung
A	300kW	79kW	379kW	60,2%
B	300kW	171,4kW	471,4kW	74,8%

5.3.1 Nutzung der Energieschiene zur Trinkwarmwasserbereitstellung

In Abstimmung mit dem Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft wurden folgende Varianten für die Brauchwasserbereitung betrachtet:

- „Elektrisch Minimalszenario“ und „Elektrisch Komfortszenario“: Die beiden Szenarien sind in D 3.1 näher beschrieben und lassen sich für die Vergleiche in diesem Bericht unter dem Titel „Lösung mit elektrischem Durchlauferhitzer“ subsummieren.
- Fernwärmeszenario: Dabei erfolgt die Berechnung auf Basis der am Beginn des Berichts angegebenen Primärenergiefaktoren für die Wiener Fernwärme und unter Einrechnung von thermischen Leitungsverlusten wie in A.3 dargestellt
- Szenario Energieschiene: Dabei wird unter Einrechnung von thermischen Leitungsverlusten sowie Speicherverlusten wie in A.3 dargestellt der Primärenergiebedarf für die elektrische Energie für die gebäudeinterne Abwärmenutzung berechnet.
- Alle drei Szenarien werden jeweils mit 3 unterschiedlichen Warmwasserbedarfen gerechnet, wobei von einem, sieben bzw. 20 L Warmwasserbedarf pro Mitarbeiter und Tag ausgegangen wird. Der erste Wert geht von einem sehr geringen Verbrauch aus, während der letzte Wert auch zukünftige Entwicklungen wie z.B. Bedarf nach Warmwasser für Duschen aufgrund eines hohen Radfahreranteils sowie den Bedarf des Reinigungspersonals inkludieren soll.

5.3.1.1 Warmwasseraufbereitung auf Basis anderer thermischer Systeme

Die oben beschriebenen Varianten wurden in MS Excel durchgerechnet. Dadurch ist eine neue Parametrierung jederzeit schnell möglich. Dabei wurden zunächst folgende denkbare Szenarien betrachtet:

Szenarien (L Warmwasser)	Szenario 1L	Szenario 7L	Szenario 20L
Energiebedarf pro Mitarbeiter [kWh]	0,0580	0,4060	1,1600
inkl. Wirkungsgrad Speicherwärmetauscher 97%	0,0598	0,4186	1,1959
th. Energiebedarf Gebäude inkl. Wirkungsgr. [kWh]	31,69	221,84	633,81
th. Energiebedarf Gebäude inkl. Rohr+Sp.Verluste [kWh]	55,74	245,89	657,86
el. Energiebedarf Gebäude inkl. Rohr+Sp.Verluste [kWh]	27,87	122,94	328,93

Annahmen:

thermische Leistung von Serverräumen 3500 W
 Temperaturniveau abgegebene thermische Leistung 10 °C

COP von Kleinstwärmepumpen bei Temperaturhub von 10 auf 35 und von 35 auf 60°C: 3

(in Anlehnung an Energieschiene der Fa. Colt, die allerdings für Raumklimatisierung gedacht ist)

COP_äq	1,8	durch Zweistufigkeit
COP_opt	2	optimierte Variante?
Annahme zu Speicherverlusten für V = 150 L	2	W/K
Anzahl Speicher	7	
Temperaturdiff. Speicher-Umgeb.	50	K
Verlustleistung Speicher Summe Gebäude	700	W
Speicherverluste über Periode	6132	kWh
Rohrleitungsverluste über Periode bei 50m Länge, 60°C	2646	kWh

In Zusammenschau mit den Varianten „Fernwärme“ und „elektrischer Durchlauferhitzer“ ergeben sich folgende Resultate:

Gesamtauswertung pro Tag

Varianten		El. Durchlauferhitzer	Fernwärmeszenario	Energieschiene
		-		
Primärenergieverbrauch [kWh]	Szenario 1L	81,06	83,89	72,46
	Szenario 7L	567,41	239,20	319,65
	Szenario 20L	1.621,18	575,73	855,22

Unter der Annahme des sehr niedrigen Primärenergiefaktors von 0,8 ist der Einsatz von Fernwärme hier naturgemäß allen anderen Systemen überlegen. Das Potential der Kleinwärmepumpen („Energieschiene“) ist stark von der Art der verfügbaren Abwärmern abhängig. Bei den „thermischen“ Systemen Fernwärme bzw. Energieschiene wirken sich die Verluste aus Leitung und/oder Speicher bei geringem Wasserumsatz jedenfalls naturgemäß stärker aus. Bei den im Bürobau wahrscheinlichen Szenarien mit geringem bzw. mittlerem Bedarf erreichen deshalb alle Systeme ähnliche Werte.

5.4 Primärenergetischer Vergleich

5.4.1 Elektrische Durchlauferhitzer

Bezüglich der Berechnung des Primärenergiebedarfes, wurden Rahmenbedingungen entsprechend der Tabelle im Anhang gesetzt. Bezüglich des CO₂-Äquivalent, wird für den elektrischen Kraftwerksmix auf Daten welche speziell für GEMIS Österreich von Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Werner Pölz generiert wurden gesetzt. In seiner Studie gibt er einerseits für den Kraftwerkspark ohne Importe von 2004-2007 274g/kWh CO₂-Äquivalent an. Unter Berücksichtigung der zusätzlichen Stromimporte veranschlagt er 415g/kWh für den gleichen Zeitraum. Da auch für zukünftige Szenarien mit Stromimporten zu rechnen ist, wird für die Berechnung in Tabelle 6 und Tabelle 7, 415g/kWh herangezogen. [AEE10]

Wobei Tabelle 6 die Werte auf Tagesbasis angibt und Tabelle 7, den Zeitraum eines Jahres berücksichtigt. Für die Umrechnung auf die Primärenergie wurde 2,6 als Wert herangezogen, dies bedeutet, dass für die Bereitstellung von 1kWh elektrischer Energie, Primärenergieträger mit einem Energieinhalt von 2,6kWh umgewandelt werden müssen.

Tabelle 6: Energieverbrauch pro Tag und dem Entsprechende CO2-Emission und Primärenergie

Variante	Energiebedarf gesamtes Gebäude [kWh]	CO2- Äquivalent [kg]	Primärenergie (Faktor 2,6) [kWh]
1 Liter	31,18	12,218	81,06
7 Liter	218,24	90,567	567,41
20 Liter	623,53	258,764	1621,18

Tabelle 7: Energieverbrauch pro Jahr und dem Entsprechende CO2-Emission und Primärenergie

Variante	Energiebedarf gesamtes Gebäude [kWh]	CO2- Äquivalent [kg]	Primärenergie (Faktor 2,6) [kWh]
1 Liter	11380	4722	29586
7 Liter	79657,6	33057	207105
20 Liter	227588,45	94449	591729

5.5 Empfehlung

5.5.1 Bürobau

Für die Demonstrationsgebäude wird daher empfohlen, die Warmwassernutzung aufzuzeichnen, um für künftige Vorhaben über eine gesicherte Grundlage für die Entscheidung hinsichtlich der Warmwasseraufbereitungsmethode zu verfügen

5.5.2 Wohnbau

Im Wohnbau ist wegen des weit höheren Warmwasserbedarfes eine solarthermische bzw. geothermische (über Fernwärmenetz) Warmwasseraufbereitung vorzuziehen.

6 Leistungsbilanz aspern IQ Strom

6.1 Rahmenbedingungen

In Abbildung 6.1 und Abbildung 6.2 sind die Lastprofile welche zugrunde gelegt wurden dargestellt. Der Kurvenzug entspricht dabei dem gängig verwendeten Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (VDEW)- Verlauf. Es gibt eine Vielzahl von Profilen, eines für Haushalt H0, drei für Landwirtschaft L0- L2 und die Bezeichnung G in der Profilbenennung kennzeichnet Gewerbeprofile, wovon insgesamt sieben unterschieden werden G0-G6. Des Weiteren erfolgt eine Aufteilung auf drei Jahreszeiten Sommer, Winter und Übergangszeit. G0 kennzeichnet Gewerbe allgemein und stellt den Mittelwert der Gesamtgruppe da. G1 ist speziell für Bereiche die nur werktags von 8h-18h besetzt sind zB. Büros, Arztpraxen, usw. ausgelegt. Gegenüber G0 ist bei G1 der geringe Grundlastverbrauch außerhalb der Arbeitszeiten und die höhere Lastspitze erkennbar. Des Weiteren ist für das G1 Profil der geringe Verbrauch am Wochenende ersichtlich.

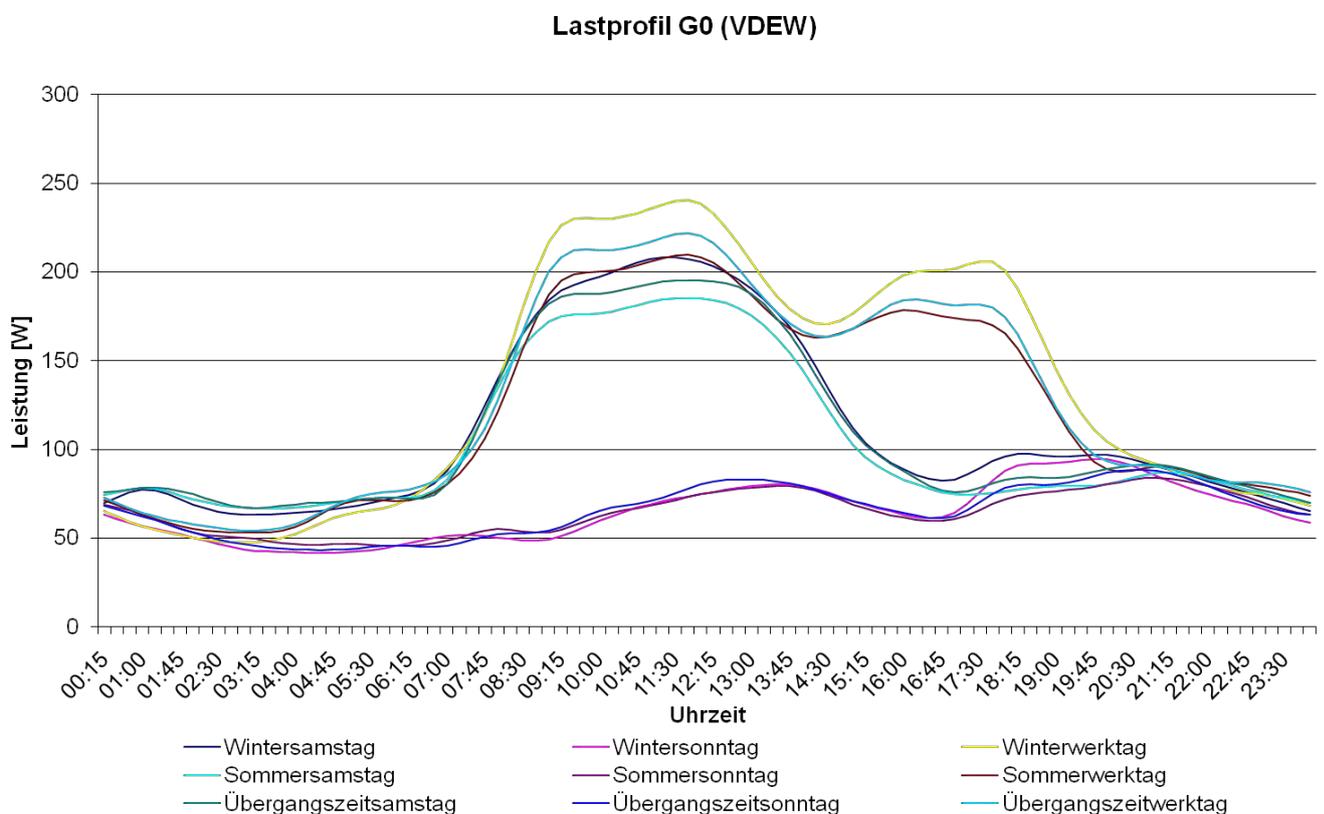


Abbildung 6.1: VDEW G0- Lastprofil für unterschiedliche Tage und Saisonen für 1000kWh/a

Lastprofil G1 (VDEW)

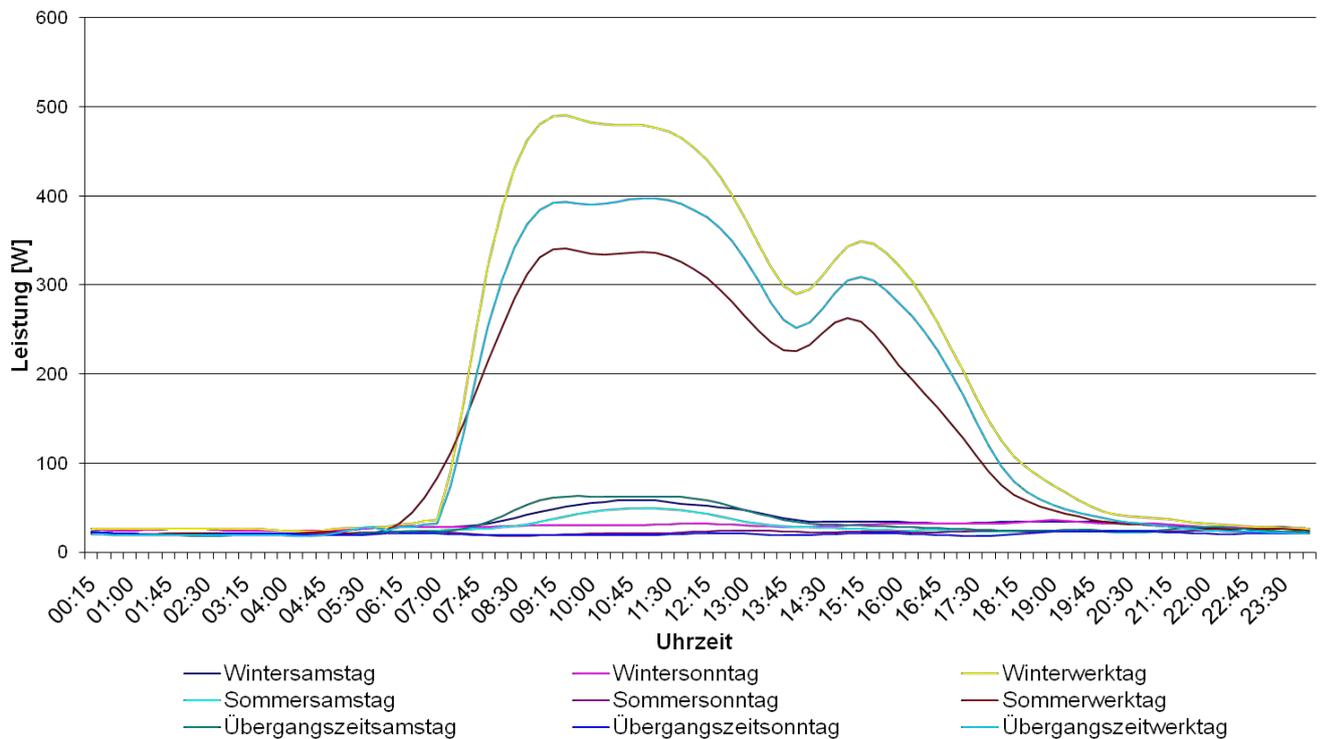


Abbildung 6.2: VDEW G1- Lastprofil für unterschiedliche Tage und Saisonen für 1000kWh/a

In Tabelle 8 und Tabelle 9 ist die Beschreibung der einzelnen Unterscheidungsfälle aufgelistet. Wie eingangs schon erwähnt, werden zwei Lastprofilvarianten unterschieden, des Weiteren erfolgt noch eine Aufteilung nach Anschlussleistung oder Jahresenergieverbrauch (Max, Min) und Ausbau der PV – Anlage.

Da ein Vergleich der beiden Fälle nur schwer möglich ist, da Energie und Leistung nicht gleichwertig sind, wurde für den Min-Fall das Lastprofil so skaliert, dass sich der besagte Wert von 279MWh/a als Verbrauch ergab.

Hierbei wird immer nur die Energiebilanz des Demogebäudes betrachtet, d.h. die vom Demogebäude verbrauchte Energie bzw. Anschlussleistung und die von der PV – Anlage erzeugten Energie, welche am Demogebäude installiert ist.

Tabelle 8: Szenariendefinition für Energieaustausch (Lastseitig)

Lastprofil	G0	G1
Variante		

Max.	Wurde in Anlehnung an den Anschlussleistungswert für das Demogebäude von 379kW welcher von ATP geliefert wurde erstellt. Unter Verwendung von G0 als Lastprofil für das Gebäude.	Wurde in Anlehnung an den Anschlussleistungswert für das Demogebäude von 379kW welcher von ATP geliefert wurde erstellt. Unter Verwendung von G1 als Lastprofil für das Gebäude.
Min.	Wurde in Anlehnung an ein von Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Thomas Bednar und DI Markus Leeb entwickeltes Szenario erstellt. Bei dem ein Jahresenergieverbrauch für das Demogebäude von 279MWh angegeben wurde. Unter Verwendung von G0.	Wurde in Anlehnung an ein von Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Thomas Bednar und DI Markus Leeb entwickeltes Szenario erstellt. Bei dem ein Jahresenergieverbrauch für das Demogebäude von 279MWh angegeben wurde. Unter Verwendung von G1.

Tabelle 9: Szenariendefinition für Energieaustausch (Einspeiseseitig)

Einspeise Variante der PV	
Normal	Für dieses Variante wurde von einer PV – Anlage mit einer installierten Leistung von 115kWp ⁴ entsprechend den Werten von ATP angenommen. Welche auf einem Teil des Daches und der Fassade montiert sind.
Vollausbau	Für dieses Variante wurde von einer PV – Anlage mit einer installierten Leistung von 310kWp ⁵ entsprechend den Werten von DI Markus Leeb angenommen. Hierbei wird die Anlage auf der gesamten Dachfläche und auf einem größeren Teil der Fassade montiert.

⁴ Für die Ertragsbestimmungen über den Betrachtungszeitraum eines Jahres, wurde auf Messwerte einer PV – Anlage in Linz zurückgegriffen.

⁵ Für die Ertragsbestimmungen über den Betrachtungszeitraum eines Jahres, wurde auf Messwerte einer PV – Anlage in Linz zurückgegriffen.

Bezüglich der PV- Anlagen soll darauf hingewiesen werden, dass nur eine reine Dachmontage simuliert wurde. Es wurde also angenommen, dass die 115kWp oder 310kWp komplett auf dem Dach montiert sind. Auch wenn dies nicht exakt der Realität (Fassadenintegrierte Anlage) entspricht, aber nur dadurch wurde es möglich auf reale Messwerte einer PV- Anlage in Linz zurückzugreifen.

Um ein Gefühl für die Leistungsunterschiede der einzelnen Geräteklassen zwischen Min - und Max - Variante zu bekommen. Soll kurz erläutert werden, welche Annahmen von ATP und Prof. Bednar getätigt wurden. In Tabelle 10 sind zwei Geräte einander gegenübergestellt. Da die Angaben von ATP kumulativ zum Beispiel für alle Verbraucher im Büro (Computer, Telefon, Beleuchtung) in W/m² Bürofläche und von Prof. Bednar in W pro Gerät gegeben war, ist eine umfangreichere direkte Gegenüberstellung leider nicht möglich. Von ATP wurde für das Demogebäude kumulativ 379kW Anschlussleistung inkl. Durchlauferhitzer genannt.

In Tabelle 11 und Tabelle 12 sind die Gerätetypen von Prof. Bednar und DI Leeb übernommen, für eine genauere Erklärung wird auf Kapitel 2.2.1.19 des Deliverables „Empfehlungen für Demogebäude betr. Bauphysik“ verwiesen.

Tabelle 10: Max- Min Leistungsklassen

Gerät \ Variante	Max (ATP-Werte)	Min (Prof. Bednar)
Arbeitsplatzrechner	200W	36W
Server	Limitierung bis max. 7kW	50W

Tabelle 11: Elektrische Geräteauflistung von Prof. Bednar und DI Leeb

Weitere Geräte:	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Kopierer						8 h
34 Stück	1320 W	50 %	80.00 W	18 min/h	1160 kWh/a	18 h
Flatscreen (Präsentationszwecke)						8 h
34 Stück	164 W	100 %	0.20 W	60 min/h	470 kWh/a	18 h
Mikrowelle						11 h
34 Stück	600 W	40 %	5.00 W	30 min/h	131 kWh/a	14 h
E-Herd						12 h
34 Stück	2000 W	100 %	5.00 W	30 min/h	303 kWh/a	13 h
Kühlschrank						0 h
34 Stück	80 W	100 %	10.00 W	60 min/h	189 kWh/a	24 h
Kaffeemaschine						8 h
34 Stück	550 W	100 %	3.60 W	7 min/h	194 kWh/a	18 h
Teekoher						8 h
34 Stück	1500 W	40 %	0.00 W	4 min/h	117 kWh/a	18 h
Geschirrspüler						8 h
34 Stück	500 W	13 %	5.00 W	60 min/h	335 kWh/a	18 h

Tabelle 12: Elektrische Geräteauflistung von Prof. Bednar und DI Leeb

Sonstige Geräte:	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Brandmelder						0 h
308 Stück	0.5 W	100 %	0.5 W	60 min/h	4 kWh/a	24 h
Hinweisschilder						0 h
64 Stück	8.0 W	100 %	8.0 W	60 min/h	70 kWh/a	24 h
Bewegungsmelder Allgemein						0 h
102 Stück	0.5 W	100 %	0.5 W	60 min/h	4 kWh/a	24 h
Switch Internet		pro Arbeitsplatz				ein Anschluss
1 Stück	1.31 W	100 %	0.75 W	60 min/h	8 kWh/a	8 h
Switch Internet		pro Arbeitsplatz				ein Anschluss
1 Stück	1.31 W	100 %	0.75 W	60 min/h	8 kWh/a	18 h
Bewegungsmelder Beleuchtung						pro Arbeitsplatz ein Anschluss
1 Stück	0.5 W	100 %	0.5 W	60 min/h	4 kWh/a	0 h
Kabel-Modem						0 h
34 Stück	13.0 W	100 %	13.0 W	60 min/h	114 kWh/a	24 h
W-Lan Router						0 h
34 Stück	6.0 W	100 %	6.0 W	60 min/h	53 kWh/a	24 h
USV	von Servern abhängig	Wirkungsgrad 90 %	von Servern abhängig	60 min/h	von Servern abhängig	0 h
						24 h

6.2 Auswertung

Aufbauend auf den eingangs erwähnten Fällen, erfolgt nun in meist tabellarischer Form die Auswertung.

In Tabelle 13 sind die vier Varianten für den normalen PV – Ausbau einander Energiemäßig für den Betrachtungszeitraum eines Jahres gegenübergestellt. Der Verbrauch bezieht sich auf die vom Demogebäude verbrauchte gesamte Energie.

Unter Einspeisung wird jene Energiemenge bezeichnet, bei der aufgrund von PV- Produktionsüberschuss, d.h. höhere Produktion als Verbrauch zum gleichen Zeitpunkt, Energie in das Netz eingespeist werden konnte, ebenfalls wieder über ein Jahr aufsummiert. Somit kann unter Einspeisung auch jene Energiemenge verstanden werden, welche innerhalb des Baufeldes C4 ausgetauscht werden könnte. Natürlich unter der Annahme, dass ein anderes Gebäude zum Beispiel aufgrund einer nicht Vorhandenen PV- Anlage zum Zeitpunkt der

Überproduktion des Demogebäudes selbst Energie benötigt und nicht auch zu viel produziert. In den Carpetdiagrammen (Abbildung 6.3 – Abbildung 6.8) sind die Zeiten der Überproduktion ersichtlich, welche meist Wochenenden im Sommer betreffen. Alle hier im Bericht angeführten Carpetplott beziehen sich immer nur auf das Demogebäude.

Tabelle 13: Energieumsetzung (normaler PV – Ausbau)

Lastprofil Variante	G0	G1
Max.	Verbrauch: 1592 MWh/a Erzeugung: 101 MWh/a Einspeisung ⁶ : 0 MWh/a	Verbrauch: 793 MWh/a Erzeugung: 101 MWh/a Einspeisung: 12,32 MWh/a
Min.	Verbrauch: 279 MWh/a Erzeugung: 101 MWh/a Einspeisung: 16,44 MWh/a	Verbrauch: 279 MWh/a Erzeugung: 101 MWh/a Einspeisung: 21 MWh/a

In Tabelle 14 sind diese Werte auf den Äquivalenten CO₂- Ausstoß umgerechnet, wobei entsprechend Kapitel 5.4.1, 415g/kWh als Wert herangezogen wurde. Unter „Verbrauch“ wird jene Menge CO₂ verstanden die vom Demogebäude ohne Berücksichtigung der PV- Anlage verbraucht wird. Durch die PV- Erzeugung wird herkömmlich produzierter Strom substituiert, dem entsprechen wirkt sich die PV- Anlage vorteilhaft aus, was durch das Minus berücksichtigt wird. „Resultierend“ ist die Differenz aus beiden erstgenannten Werten und somit jener CO₂- Wert der Resultierend für das gesamte Gebäude inklusive PV übrig bleibt.

Tabelle 14: CO₂-Äquivalent

Lastprofil Variante	G0	G1
Max.	Verbrauch: 660,68t/a Erzeugung: -41,92t/a Resultierend: 618,76t/a	Verbrauch: 329,1t/a Erzeugung: -41,92t/a Resultierend: 287,18t/a

⁶ Unter „Einspeisung“ wird jene Energiemenge verstanden, bei der zu bestimmten Zeiten aufgrund höherer Produktion als Verbrauch Energie in das übergeordnete Netz abgegeben werden kann.

Min.	Verbrauch: 115,79t/a Erzeugung: -41,92t/a Resultierend: 73,9t/a	Verbrauch: 115,79t/a Erzeugung: -41,92t/a Resultierend: 73,9t/a
------	---	---

Tabelle 15 zeigt die Werte auf die Primärenergie umgerechnet, wobei hier 2,6 als Umrechnungsfaktor herangezogen wurde. Es wurde nur der resultierende Gesamtverbrauch umgerechnet. Dies ist der Gebäudeverbrauch („Verbrauch“) abzüglich der PV- Erträge („Erzeugung“), darum wird hier nur jeweils ein Wert angeführt.

Tabelle 15: Primärenergie (Faktor 2,6)

Lastprofil \ Variante	G0	G1
Max.	Resultierender Verbrauch: 3877 MWh/a	Resultierender Verbrauch: 1799 MWh/a
Min.	Resultierender Verbrauch: 463 MWh/a	Resultierender Verbrauch: 463 MWh/a

In Tabelle 16 sind die maximale und minimale Leistung die während eines Jahres auftritt angegeben. Dabei beschreibt das Lastmaximum jenen Wert, der laut entsprechendem Lastprofil (G0, G1) und keiner PV- Erzeugung auftritt, dieser Wert entspricht somit der maximalen Anschlussleistung des Demogebäudes. Entsprechend den Vorgaben für die Max- Variante ergeben sich 379kW. Bei den Min- Varianten ergeben sich diese Werte aus der Anpassung der Lastprofile um einen jährlichen Energieverbrauch von 279MWh zu erreichen. Die Lastminimum- Werte geben den kleinsten aufgetretenen Leistungswert an, ein negativer Wert bedeutet, dass mit der entsprechenden Leistung rückgespeist wird.

Tabelle 16: Leistungsgrenzen

Lastprofil \ Variante	G0	G1
Max.	Lastmaximum: 379 kW Lastminimum: 13 kW	Lastmaximum: 379 kW Lastminimum: -70kW ⁷

⁷ Die Angabe des negativen Wertes bedeutet, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt durch die PV- Anlage mehr Leistung produziert wird, als vom Gebäude verbraucht wird.

Min.	Lastmaximum: 66 kW Lastminimum: -65 kW	Lastmaximum: 133 kW Lastminimum: -82 kW
------	---	--

Laut Auswertungen können die in Tabelle 13 angegebenen Einspeiseenergien „Einspeisung“ nicht in allen Fällen am Baufeld verwertet werden. Es wurde immer ein effizientes Demogebäude (Verbrauch 279MWh/a) zugrundegelegt und keine PV Anlagen an allen weiteren Gebäuden am Baufeld. Wenn G0 Profile sowohl für das Demogebäude und auch alle weiteren Gebäude am Baufeld C4 angenommen werden, ist die Energieabnahme am Baufeld möglich, wenn für die weiteren dort errichteten Gebäude ineffiziente Charakteristika angenommen werden (379kW Anschlussleistung). Dann kann die überschüssige Energie von nur einem weiteren Gebäude aufgebraucht werden. Legt man für die zusätzlichen Gebäude auch effiziente Standards zugrunde, so sind bereits drei weitere Gebäude nötig um die überschüssige Energie zu verbrauchen.

Bei der Annahme von G1 Lastprofilen für alle am Baufeld errichteten Gebäude ist kein gänzlicher Energieaustausch am Baufeld möglich, d.h. es muss Energie auf jeden Fall vom Baufeld abtransportiert werden.

Die Problematik bezüglich des Energieaustausches ist, dass es sich bei allen Gebäuden um Bürogebäude handeln wird, welche entsprechend gleiches Lastverhalten haben werden. Kommt es im Demogebäude durch die PV – Anlage zu Überproduktion, was meist nur im Sommer am Wochenende der Fall sein wird. Dann verbrauchen auch alle weiteren Gebäude selbst nicht viel Energie, wie speziell für G1 in Abbildung6.2 ersichtlich ist.

Abbildung 6.3 zeigt einen sogenannten Carpetplot für den G0 max normal- Fall, für das Demogebäude. Dabei sind auf der x- Achse die Tage des Jahres skaliert. Die y- Achse zeigt die Stunden pro Tag. Die Farbskalierung gibt die Leistung wieder, rot bedeutet, dass viel verbraucht wird, bei einer blauen Färbung wird rückgespeist.

Die orangen Bereiche vor 7h und nach 19h geben an, dass meist zwischen 100 – 150kW verbraucht wird. Die einzelnen, vertikalen, gelben Striche im roten Band spiegeln die Wochenenden wieder, an denen der Verbrauch geringer als an Wochentagen ist. In der Kernarbeitszeit von G0, welche zwischen 7h – 19h liegt und durch den hohen Verbrauch rot eingefärbt ist, sieht man um ca. 14h eine Leistungsverringerung. Die Dementsprechende orange Einfärbung in der Mitte des roten Bandes, und somit Reduzierung des Verbrauches ist durch die PV – Erzeugung begründet. Im ersten und letzten Viertel sieht man nur geringe Ansätze der Orangefärbung um die Mittagszeit. Im mittleren Bereich, wird die Ausprägung immer deutlicher, was durch die gesteigerte PV- Erzeugung im Sommer begründet ist.

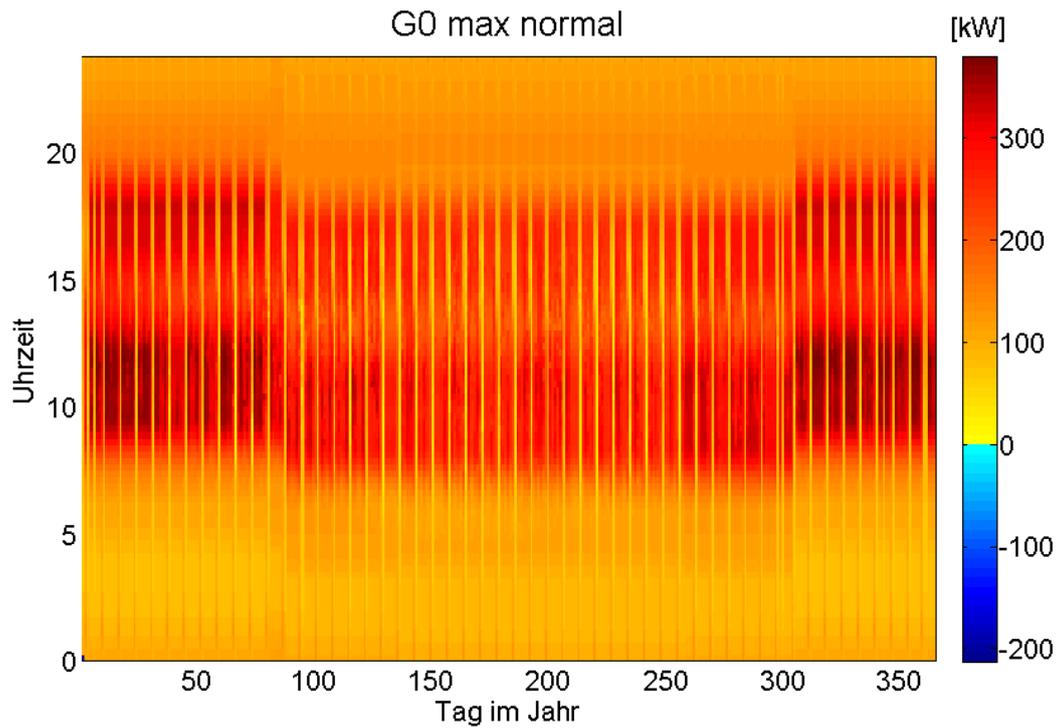


Abbildung 6.3: Leistungsbilanz für das G0 max normal- Szenario

Ein vergleichbarer Fall für den G1 max normal- Fall ist in Abbildung 6.4 dargestellt. Der gelbe Bereich (morgens und abends) liegt jetzt zwischen 0 – 50kW. Auffällig sind jedoch in den Sommertagen die vertikalen türkis Linien (Wochenenden), welche auf eine negative Leistungsbilanz hinweisen und somit Rückspeisung bedeuten.

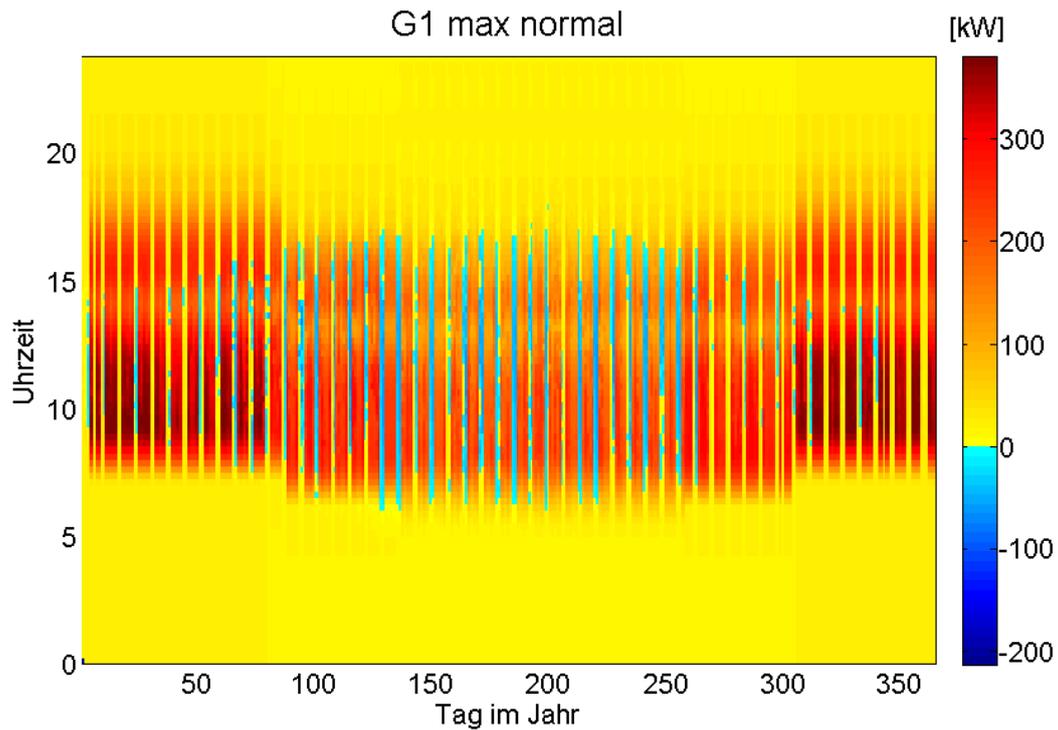


Abbildung 6.4: Leistungsbilanz für das G1 max normal- Szenario

Die beiden folgenden Abbildungen (Abbildung 6.5, Abbildung) zeigen die beiden Lastprofile für die Min- Variante. Wie zuvor schon erwähnt, beträgt die Anschlussleistung für das Demogebäude für den G0- Fall 66kW und für den G1- Fall 133kW.

Aufgrund der Gelbfärbung am Morgen und Abend sieht man, dass im G0 min- Fall etwa 25kW verbraucht werden. Der türkise, blaue, elliptische Bereich spiegelt die PV – Erzeugung wieder, welche im Frühjahr beginnend zum Sommer hin immer breiter wird, um im Herbst wieder abzunehmen.

Im G1 min normal - Fall sieht man, dass dieser stärker ausgeprägte Orangefärbungen hat, was mit der höheren Anschlussleistung begründet ist. Die elliptische Ausprägung wie im G0 min- Fall ist nicht so stark gegeben, durch die jedoch an Wochenenden reduzierte Grundlast, ergibt sich über ein Jahr summiert dennoch eine höhere rückgespeiste Energiemenge, durch die vertikalen türkisen Striche ersichtlich.

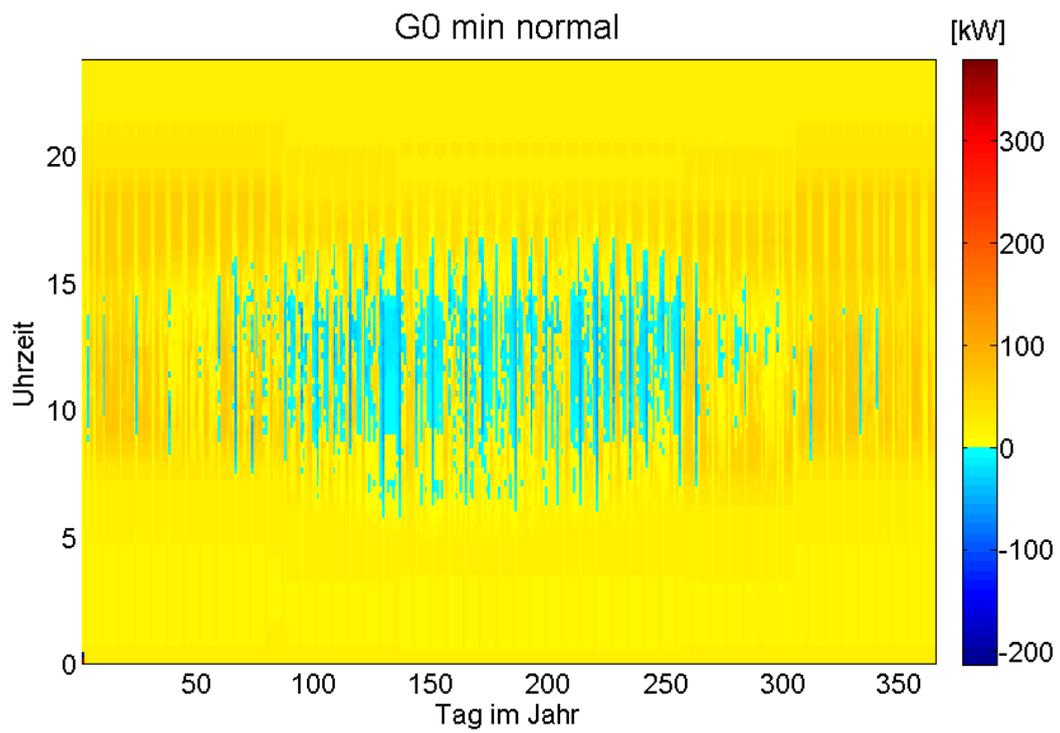


Abbildung 6.5: Leistungsbilanz für das G0 min normal- Szenario

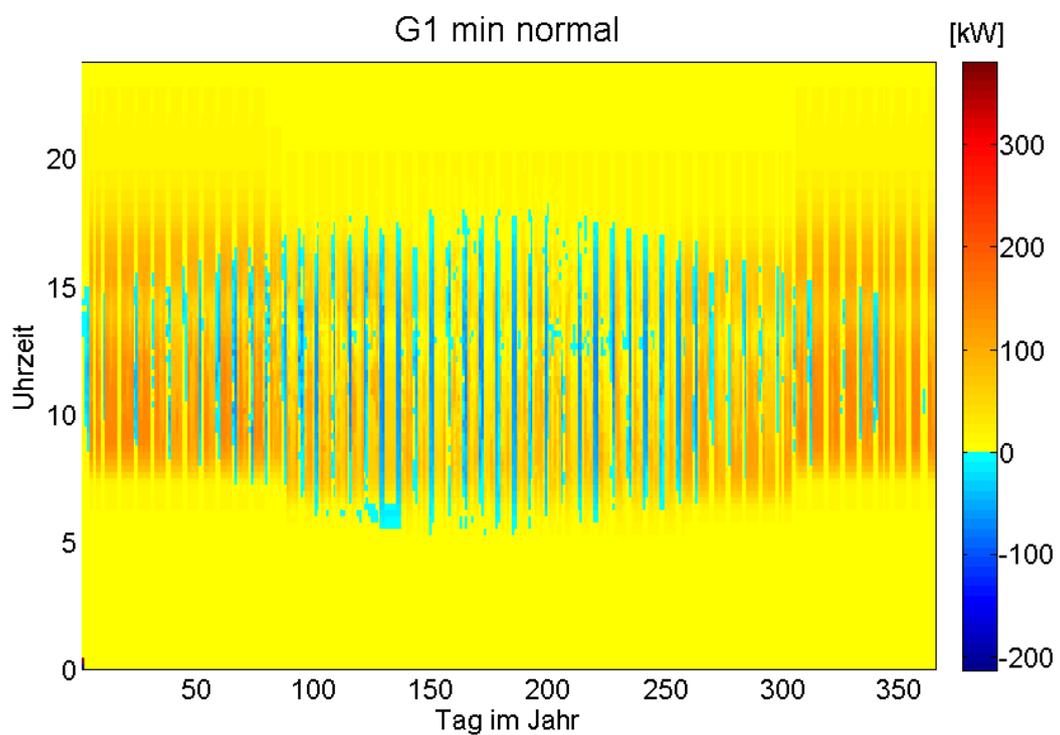


Abbildung 6.6: Leistungsbilanz für das G1 min normal- Szenario

Im Folgenden werden zwei Fälle mit einem PV Vollausbau untersucht. Hierbei wird eine am Aspern IQ (Demogebäude) gemäß DI Markus Leeb installiert PV- Anlage von 310kWp und ein Jahresenergieverbrauch von 279MWh/a entsprechend den Min – Varianten zuvor für das Gebäude angenommen. Dies stellt Extremwerte dar, sowohl im geringen Energieverbrauch des Gebäudes, als auch in der Platzausnutzung für die PV- Anlage.

Auch hierbei wird nur das Demogebäude betrachtet, der Energieverbrauch des Gebäudes und die aufgrund der 310kWp installierten PV- Anlage erzeugte Energie. Da es sich um eine Extremuntersuchung handelt, soll nur der Trend aufgezeigt werden und keine so detaillierte Untersuchung erfolgen, wie in den vorherigen Fällen.

Abbildung6.7 und Abbildung6.8 zeigen wieder Carpetplots, jeweils für das Extrem- Szenario, einmal für ein Lastprofil G0 und einmal für G1. Für den G0- Fall ist der elliptische (blau, türkis) Bereich besser ausgeprägt, was wieder an den geringeren Lastspitzen an den Werktagen liegt. Des Weiteren ist die Orangeausprägung während der Arbeitszeit (7h – 18h) nicht so stark.

Es sind auch Vergleiche innerhalb eines Lastprofiles möglich, dies bedeutet alle drei Fälle für G0 oder für G1. Hierbei sieht man, dass bei G0 max normal beginnend noch keine Rückspeisung erfolgt, welche für G0 min normal schon in Ansätzen ersichtlich ist und bei G0 min Vollausbau sehr stark ausgeprägt ist.

Ähnliche Tendenzen zeigen sich für die drei G1- Fälle.

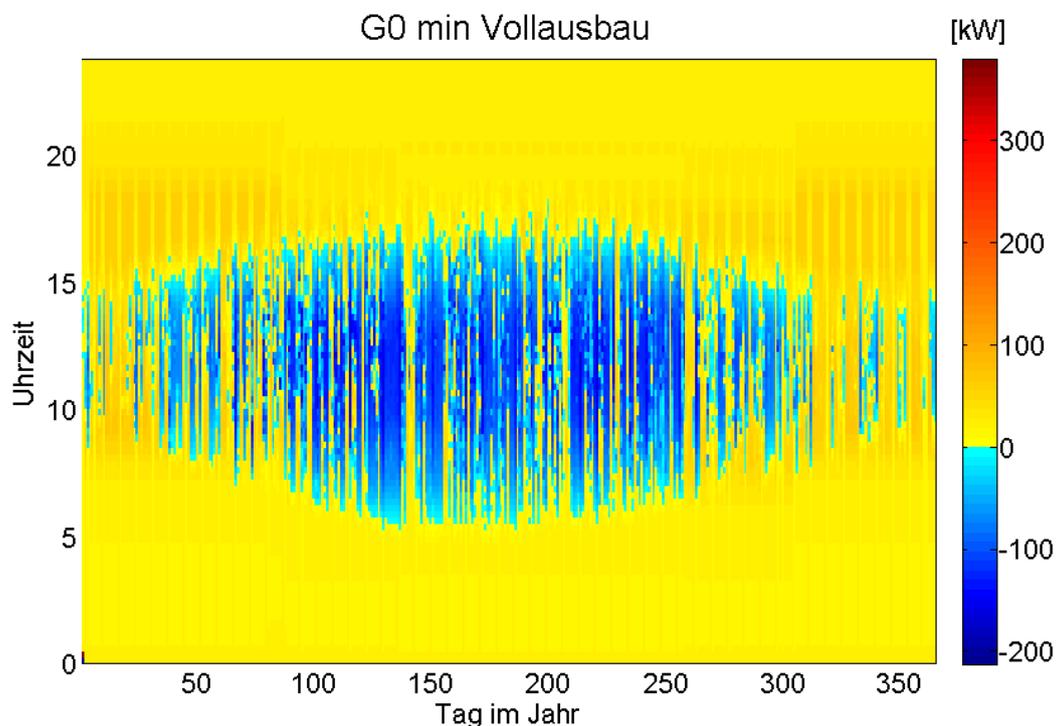


Abbildung 6.7: Leistungsbilanz für das G0 min Vollausbau- Szenario

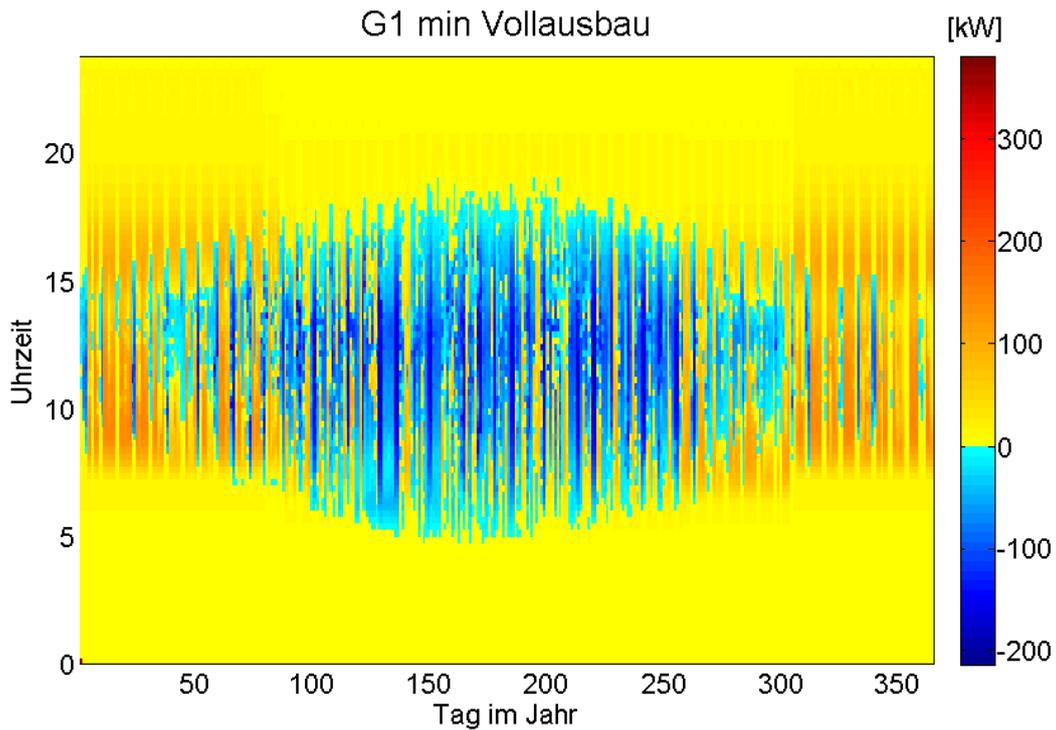


Abbildung 6.8: Leistungsbilanz für das G1 min Vollobau- Szenario

Tabelle 17 zeigt einige Kennwerte für das Vollobau PV – Szenario. Das Lastmaximum gibt die maximale Anschlussleistung des Demogebäudes an, sie korrespondiert mit den Werten aus Tabelle 16 für das Min normal – Szenario. Was aufgrund der Annahme, dass es sich um ein effizientes Gebäude handelt auch so sein soll. Das „Lastminimum“ bezieht die maximale Einspeiseleistung, was durch den negativen Wert ausgedrückt ist. Aufgrund der schon mehrmals erwähnten geringeren Grundlast ist dieser Wert für G1 höher. Auffällig ist jetzt jedoch das die Einspeiseenergie für G0 höher ist als für G1, was in Tabelle 13 noch umgekehrt war.

Tabelle 17: Kenndaten für die Vollobau – Szenarien

Lastprofil	G0 min Vollobau	G1 min Vollobau
Kenndaten		
Lastmaximum	66kW	133kW
Lastminimum	-191kW	-215kW
Einspeiseenergie	Verbrauch: 279 MWh/a Erzeugung: 251 MWh/a Einspeisung: 132 MWh/a	Verbrauch: 279 MWh/a Erzeugung: 251 MWh/a Einspeisung: 115 MWh/a

Da die Carpetplots (Abbildung 6.3 – Abbildung6.8) immer die Gesamtenergiebilanz, d.h. Verbrauch minus PV- Erzeugung, für das Demogebäude darstellen. Wird in den Abbildung6.9 – Abbildung6.12 immer ein charakteristischer Tag herausgegriffen. Wobei sich diese Abbildungen auf ein effizientes Gebäude mit zugrundegelegtem G0- Profil und maximalen PV Ausbau (laut DI Markus Leeb 310kWp) beziehen. Dementsprechend handelt es sich um tageweise Ausschnitte aus Abbildung6.7, wobei nicht die Gesamtenergiebilanz sondern der Verbrauch und die Erzeugung separat dargestellt sind, um ein Gefühl für die Relation zwischen Verbrauch und Erzeugung zu bekommen. Es wurde vier unterschiedliche Tage angeführt, ein Wintertag mit relativ schlechtem Wetter (geringer Sonnenschein), einmal ein Übergangstag mit schönem und schlechtem Wetter und ein Sommertag mit schönem Wetter. Die roten PV- Kurven wurden entsprechend Messwerten einer realen Anlage in Linz erstellt.

Die herausgegriffenen Tagesverläufe sind kein Gewähr für irgendwelche Extrema, d.h. es können durchaus Tage mit geringerem PV- Ertrag zu allen Jahreszeiten vorhanden sein (Übergang Schlechtwetter, mit geringerem PV- Ertrag).

Wie schon einmal hier im Bericht angedeutet, wurde für die PV- Anlage nur eine reine Dachmontage simuliert. Es wurde also angenommen, dass die 310kWp komplett auf dem Dach montiert sind. Auch wenn dies nicht exakt der Realität (Fassadenintegrierte Anlage) entspricht, aber nur dadurch wurde es möglich auf reale Messwerte einer PV- Anlage in Linz zurückzugreifen. Durch diese Einschränkung, stimmen die Erzeugungskurven (rot) nicht exakt mit der Realität überein. Sie würden etwas breiter und flacher ausfallen (speziell in Abbildung6.10 und Abbildung6.12. Die Verbreiterung ergäbe sich aus dem flachen Sonnenstand am Morgen und Abend, was eine bessere Einstrahlung auf eine vertikale Fläche bedeutet. Die Abflachung wird durch die geringe Sonneneinstrahlung auf die vertikale Fläche zur Mittagszeit begründet.

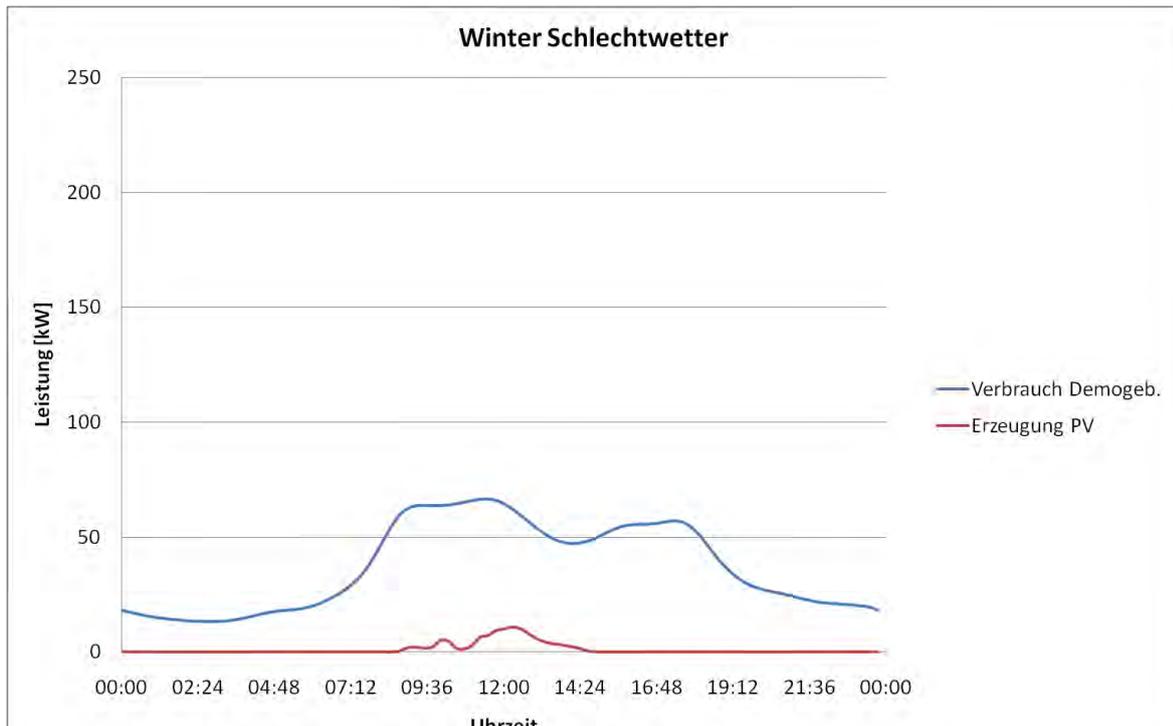


Abbildung 6.9: Tagesleistungsverlauf für das Demogebäude und PV- Anlage für einen Schlechtwetter Winter- tag

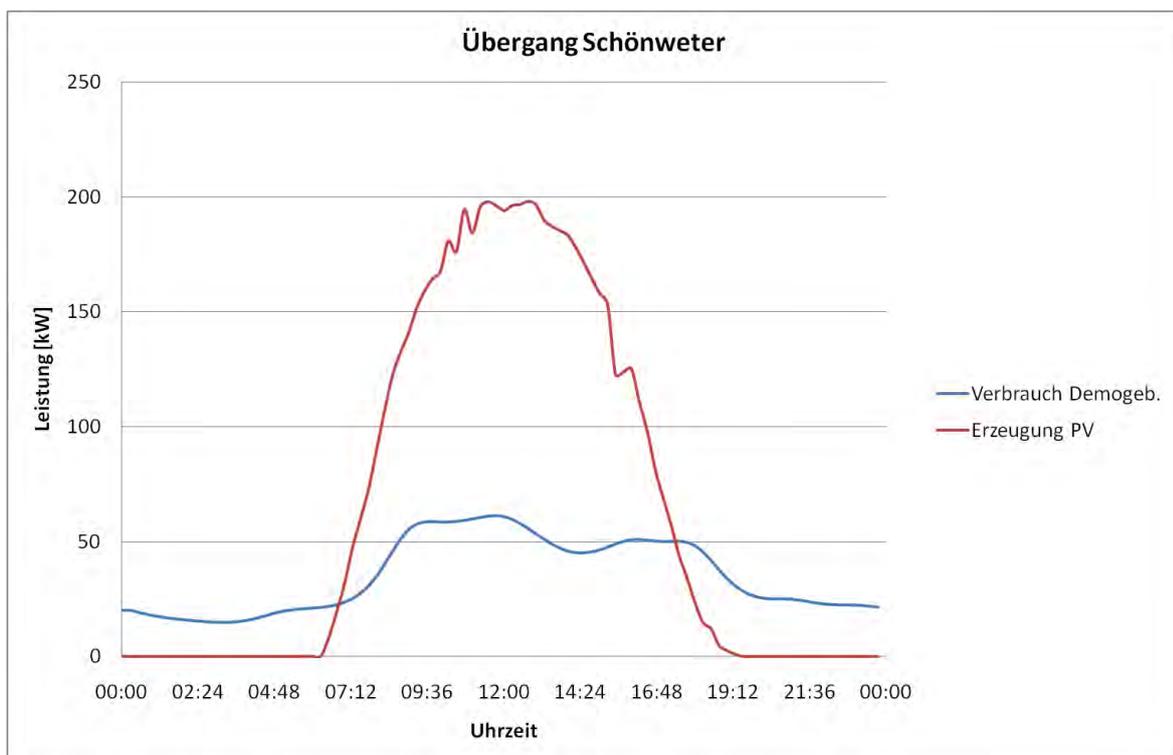


Abbildung 6.10: Tagesleistungsverlauf für das Demogebäude und PV- Anlage für einen Schönwetter Über- gangstag

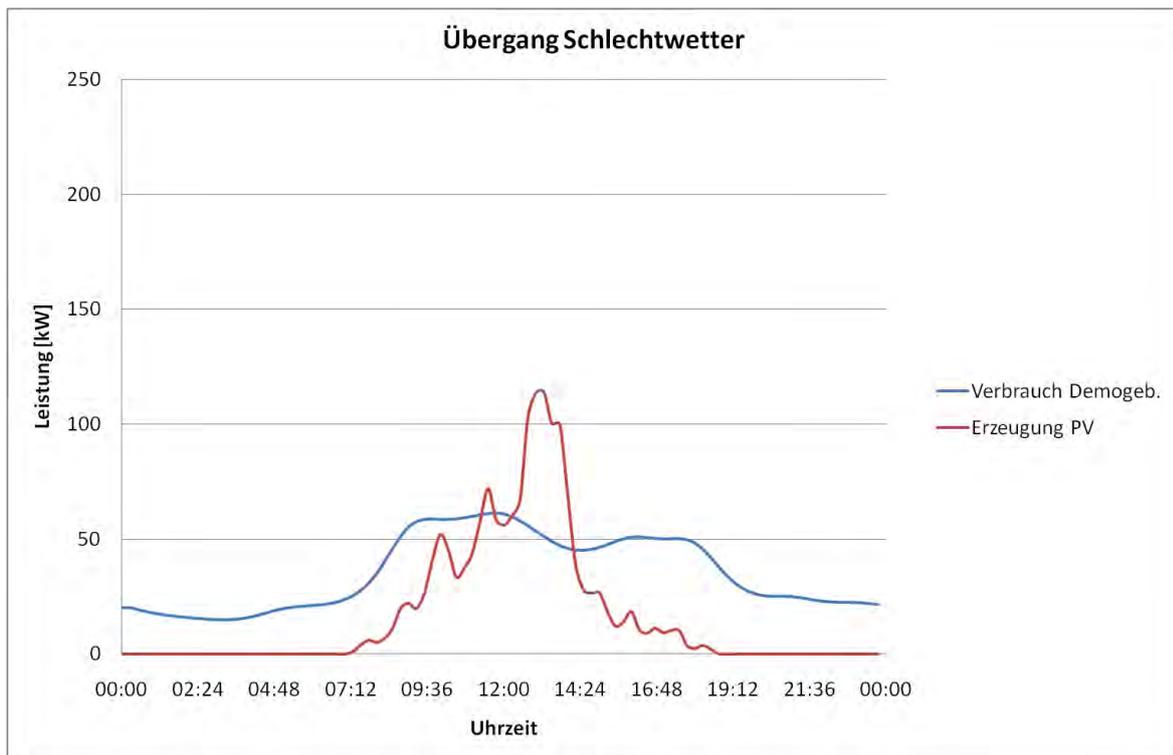


Abbildung 6.11: Tagesleistungsverlauf für das Demogebäude und PV- Anlage für einen Schlechtwetter Übergangstag

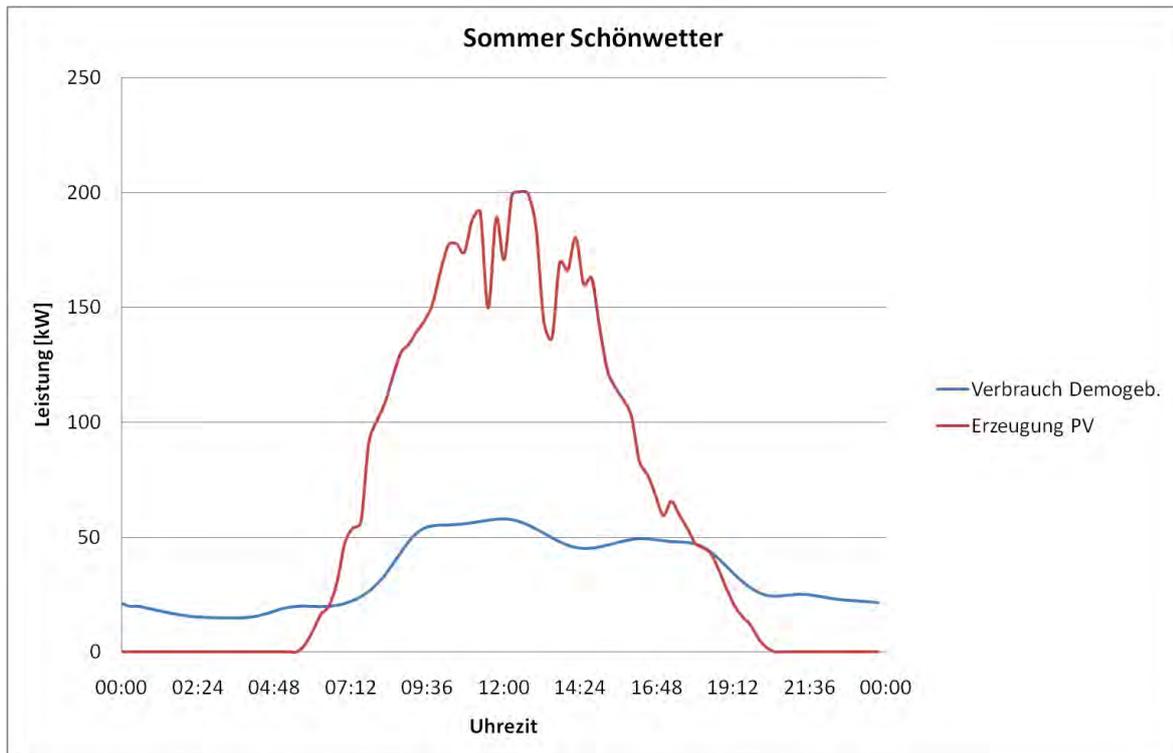


Abbildung 6.12: Tagesleistungsverlauf für das Demogebäude und PV- Anlage für einen Schönwetter Sommertag

7 Netzkonzept für das Baufeld

7.1 Rahmenbedingungen

Entsprechend der beiden Min, Max Unterscheidungen für die „Leistungsbilanz für C4“ wurden in diesem Abschnitt aufbauend NEPLAN Simulationen für die Findung der optimalen Trafoposition durchgeführt.

Da in diesem Fall nicht nur das Demogebäude sondern alle fünf Gebäude des ersten Bau-feldes betrachtet werden, wurden die Anschlussleistungen entsprechend Tabelle 18 gewählt. Für diese Untersuchungen wurde nur das G0- Profil herangezogen und somit ergeben sich anstelle der vier nur zwei unterschiedliche Betrachtungsfälle (G0 min und G0 max).

Diese beiden Unterscheidungsfälle werden wieder ausgesplittet in Abhängigkeit der Positionierung der Trafos, ob Zentral im Baufeld C4, eine seitliche Erschließung oder ein Trafo in jedem Gebäude. Welche in Abbildung7.1 schematisch Dargestellt sind.

Als Betrachtungsgrenzen für die Kabellängen wurden die Grundstücksgrenze einerseits und das Gebäude andererseits gesetzt. Das soll heißen, dass die 20kV Zuleitung vom Um-spannwerk zum Grundstück und die Verkabelung im Gebäude nicht mitberücksichtigt wurden.

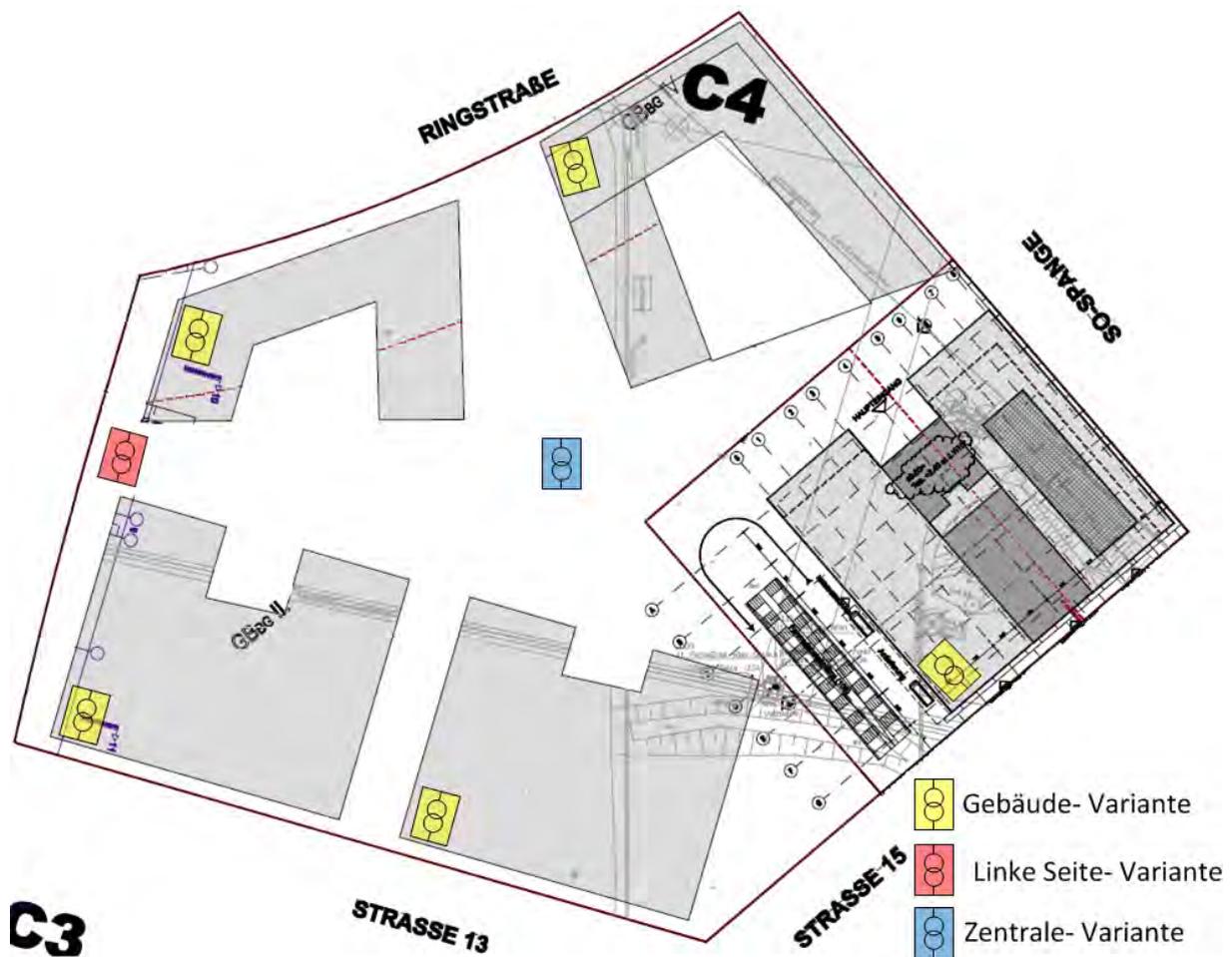


Abbildung 7.1: Schamtische Trafopositionierung

In Tabelle 18 sind die elektrischen Anschlussleistung der Gebäude und die maximal durch die Photovoltaik (PV) – Anlagen erzeugbare Leistung angeführt. Entsprechend dieser Tabelle wurde die Unterscheidung für Maximal und Minimal – Szenario durchgeführt.

Da die Gebäude 1 – 4 eine geringere Bruttogeschossfläche haben wird eine kleinere Anschlussleistung angenommen (Werte in Anlehnung an ATP). Für die PV- Anlagen wurde für alle fünf Gebäude der gleiche Wert angenommen, obwohl das Demogebäude ein ambitioniertes Projekt ist, wurde wegen der Fallenden PV- Preise angenommen, dass auf den Folgegebäude (1 – 4) in einigen Jahren ein gleiches PV- Ausmaß montiert sein wird.

Aufgrund der Angabe von Maxima Werten mussten für die Simulation noch Skalierungsfaktoren hinterlegt werden, was mittels G0 realisiert wurde. Dadurch war nicht nur eine Zeitpunktsondern auch eine Zeitraum- Simulation möglich, welche in diesem Fall in Anlehnung an Kapitel 6 immer ein Jahr betrug.

In Abbildung7.2 ist nochmals der Sachverhalt des G0- Profils ersichtlich. Es sind zwei blaue Kurven für den Skalierungsverlauf eines Industriegebäudes für einen Werk- und einen Sonn-

tag jeweils für die Übergangszeit (Frühling, Herbst) dargestellt.

Die beiden grünen Kurven stellen ein gemittelttes Skalierungsprofil für eine PV Anlage in Wien dar. Dabei wurde in diesem Fall ein durchschnittlicher Übergangstag für zwei Fälle generiert. Für eine nach Süden orientierte und um 35° geneigte Montage einerseits und eine nach Südost orientierte und vertikale Montage andererseits. Hierbei wurden die Daten aus pvgis generiert. [PVG10]

Tabelle 18: Lastaufteilungen

Last, Erzeugung Szenarien	Demogebäude	Gebäude 1-4	PV Dach/ Gebäude	PV Fassade/ Gebäude
Maximal	379kVA	300kVA	88,83kWp	30,24kWp
Minimal	90,73kVA	71,82kVA	88,83kWp	30,24kWp

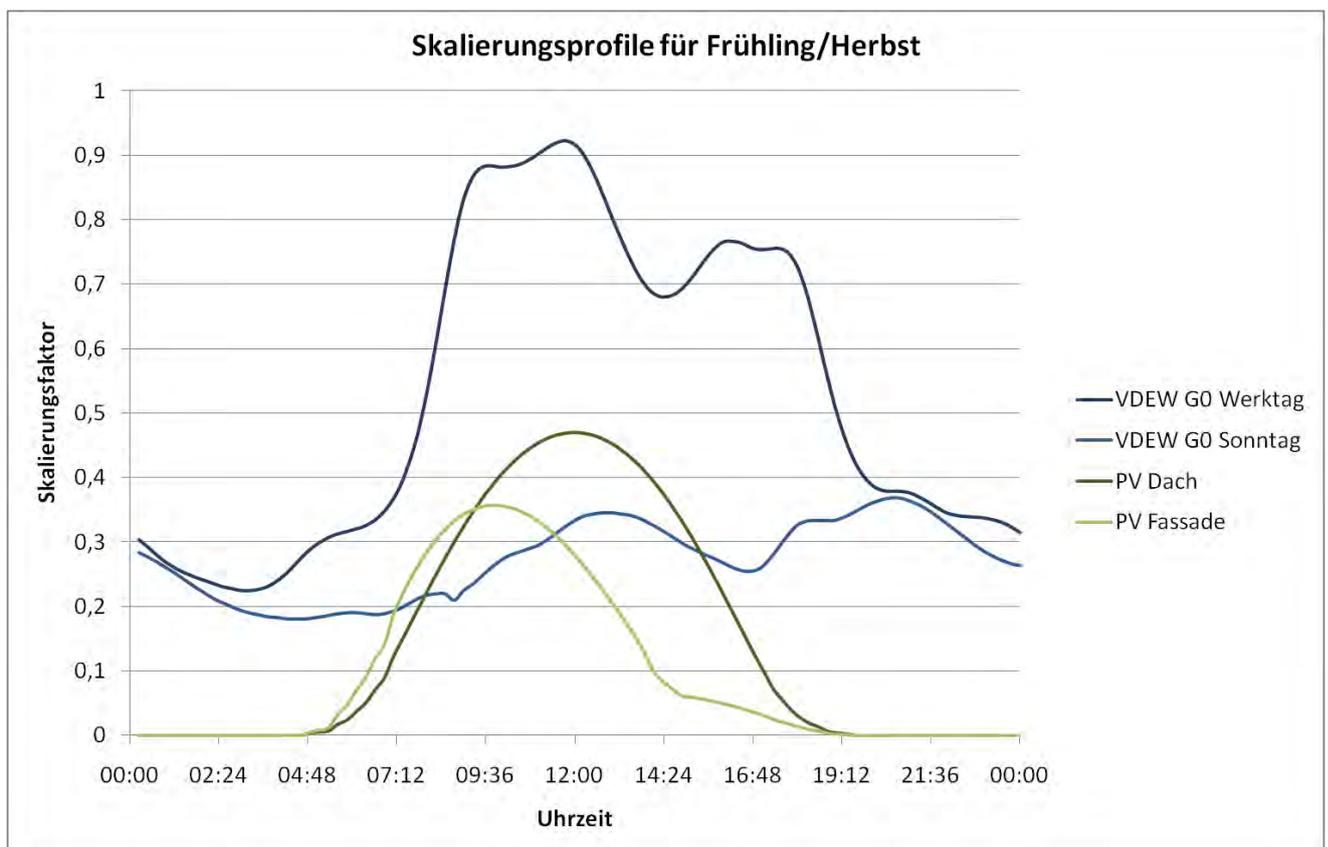


Abbildung 7.2: Skalierungsfaktoren für Last und PV

7.2 Maximal-Szenario

Für dieses Szenario wurden bei allen Trafopositionierungsvarianten immer fünf Trafos verwendet. Bei der zentralen und der seitlichen Variante wären bzgl. der auftretenden Spitzenleistung auch eine Realisierung mit vier parallel geschalteten Trafos möglich gewesen, was aber aus schutztechnischer Sicht nicht umgesetzt werden kann. Der Grund darin liegt, dass die Schutztechnik im Haus so ausgelegt sein muss, um die Kurzschlussleistung abschalten zu können, werden entsprechend mehrere Transformatoren parallelgeschaltet, erhöht sich die Kurzschlussleistung und die Haus- Schutztechnik kann nicht mehr sicherstellend arbeiten. Die Erarbeitung eines solchen Konzeptes würde die Arbeit sprengen da sie den Umfang und wissenschaftlichen Aufwand einer Dissertation bedarf.

In Abbildung 7.3 wird nur der Trafo welcher das Demogebäude versorgt betrachtet, da dies die größte Anschlussleistung hat und somit die größte Trafoauslastung mit sich bringt. Für die Gebäude 1-4 würde der Kurvenzug gleich aussehen nur zu niedrigeren Auslastungswerten hin verschoben sein, was durch die geringere Anschlussleistung begründet ist. Um die Abbildung nicht zu überladen wurde nur der extremste Fall dargestellt, welcher für den Trafo des Demogebäudes gegeben ist.

Für diese Betrachtung wurde keine PV- Erzeugung angenommen um die extremste Trafoauslastung zu erhalten.

Für jeweils eine Trafopositionierungs-Variante sind drei Tage abgebildet, wobei jeweils einer repräsentativ für einen Jahreszeitenabschnitt entsprechend VDEW ist.

Entsprechend der unterschiedlichen Jahreszeiten, sind die abwechselnden Auslastungen gut ersichtlich, d.h. im Winter ist die Kurve höher als im Sommer. Über den Betrachtungszeitraum eines Tages und für die Versorgung von nur einem Gebäude, wie es hier für das Demogebäude dargestellt ist, ist kaum ein Auslastungsunterschied (Blaue, Grüne und Rote Kurvenzüge sind fast deckungsgleich) und somit Energieverbrauchsunterschied ersichtlich, was vermuten ließe, dass alle drei Positionsvarianten gleichwertig sind. Um dies genauer abzuklären, wurde die unten angeführte Untersuchung vorgenommen.

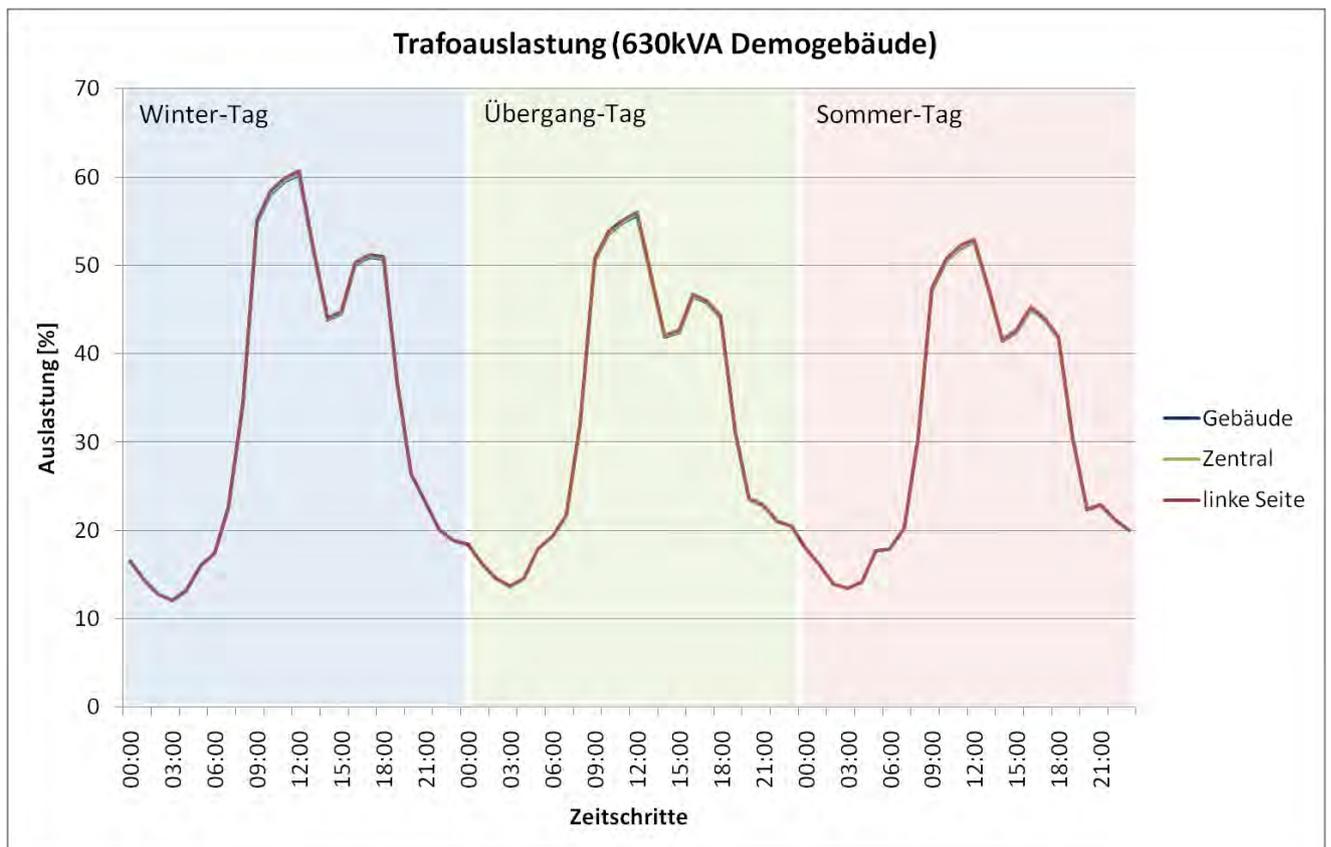


Abbildung 7.3: Trafoauslastung für verschiedene Jahreszeiten des Demogebäudetrafos (Maximal- Szenario)

Um eine Aussage bezüglich der Verluste für das gesamte Baufeld treffen zu können, wurde eine Simulation mit allen unter 7.1 angeführten Bedingungen für die Gebäude und PV über den Zeitraum eines Jahres untersucht. Um eine übersichtlichere Betrachtung zu ermöglichen wurden die gesamten Trafo- und Netzverluste (alle fünf Transformatoren und gesamte Leitungslänge) welche im gesamten Betrachtungszeitraum auftraten mit der gesamten in den Gebäuden verbrauchten Energie normiert.

In Abbildung 87.6 ist somit ersichtlich, dass die Gebäudevariante die effizienteste ist und ca. 1% Verluste auftreten, bei der Erschließung durch die linke Seite des Baufeldes, ergeben sich mit ca. 2% die größten Verluste, was sich durch die verhältnismäßig langen Niederspannungsleitungen begründen lässt. Die über den Trafo transportierte Energie ist unabhängig von der Trafoposition, da das Gebäude die gleiche Leistung verbraucht, egal von welcher Trafoposition es versorgt wird. Und die Trafoverluste näherungsweise proportional der verbrauchten Leistung sind, sind die Verluste für jede der drei Positionierung annähernd gleich.

Somit machen die Leitungsverluste den ausschlaggebenden Unterschied, welche Positionsvariante aus energetischer Sicht die Beste ist.

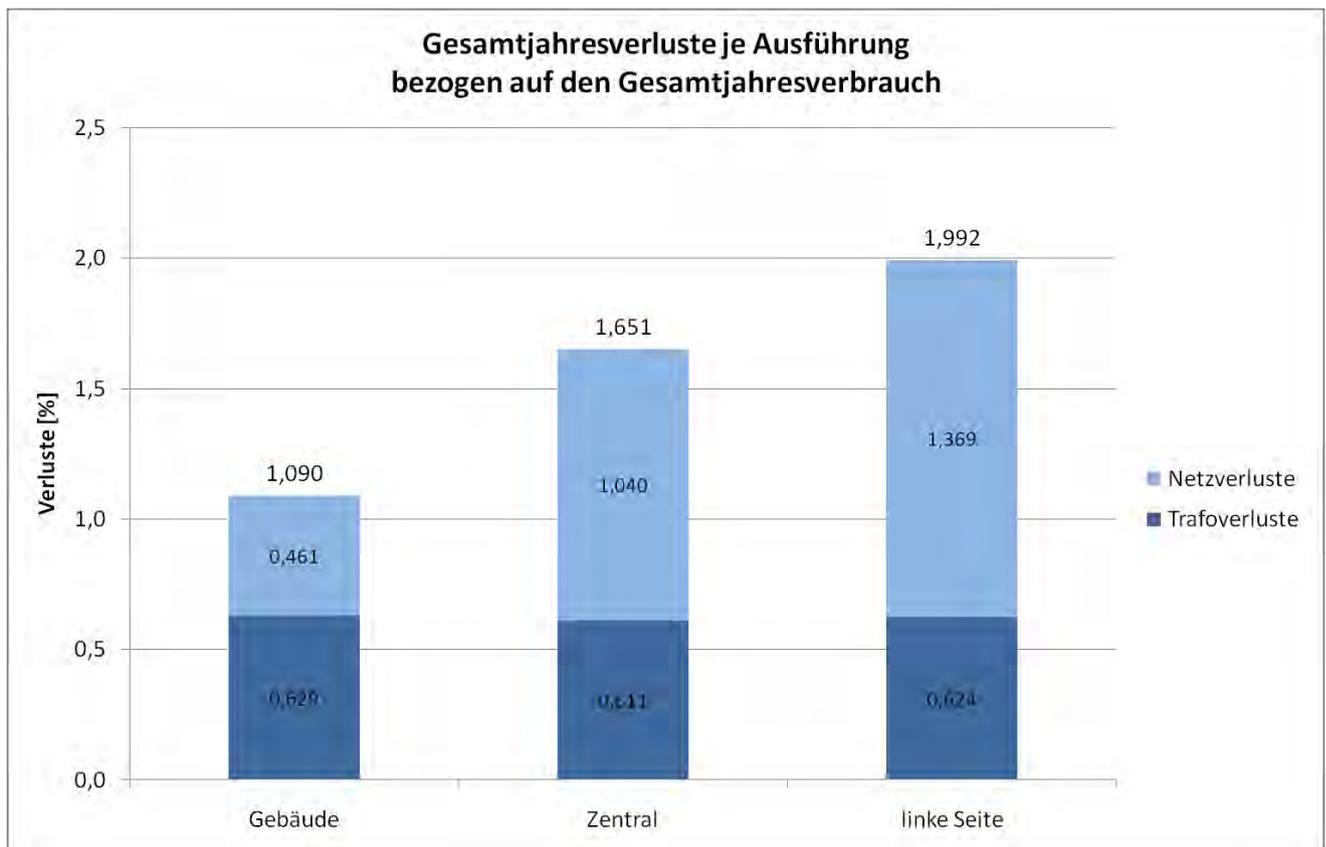


Abbildung 7.4: Bezogene Gesamtjahresverluste für das Maximal- Szenario (alle 5 Trafos und gesamten Netzverluste)

7.3 Minimal Szenario

Korrespondierend zu Abbildung 7.3 ist in Abbildung 7.5 die jahreszeitliche Trafoauslastung für das Minimal- Szenario dargestellt. Da im Maximal- Szenario das Demogebäude den Trafo zu ca. 60% auslastet und im Minimal- Szenario die Werte so ausgelegt wurden, dass der Trafo für die Versorgung des gesamten Baufeldes ebenfalls nur zu 60% ausgelastet wird, sehen die beiden Diagramme annähernd gleich aus. Somit ist für das Minimal Szenario für die Versorgung des gesamten Baufeldes nur ein 630kVA Transformator notwendig.

Um auch für dieses Szenario eine Auswertung bezüglich optimaler Trafoposition geben zu können, wurde eine ein Jahressimulation durchgeführt und die drei unterschiedlichen Fälle verglichen, welche in Abbildung 87.6 ersichtlich sind.

In diesem Fall sind die Trafoverluste für jeden Fall wieder gleich, Auffällig ist der geringere Unterschied bei den Netzverlusten. Was wie folgt begründet werden kann. Die einzelnen Gebäude haben unabhängig von der Trafoposition immer das gleiche Energieverhalten (Verbrauch für zB: 10 Jänner, 12:00h immer gleich, egal wo der Trafo steht). Somit ist der Stromfluss durch das Kabel auch positionsinvariant und die Verluste welche quadratisch vom

Strom und linear von der Länge abhängen sind nur aufgrund von unterschiedlichen Kabellängen gegeben. Da die Summe der Niederspannungskabellänge immer gleich ist, (d.h. nicht ein einzelnes Kabel ist immer gleich lang, unabhängig von der Trafoposition sondern die Summe aller), macht es keinen großen Unterschied ob der Trafo in der Mitte von C4 platziert wird oder am Rand. Deshalb sind die Netzverluste auch für alle drei Fälle annähernd gleich.

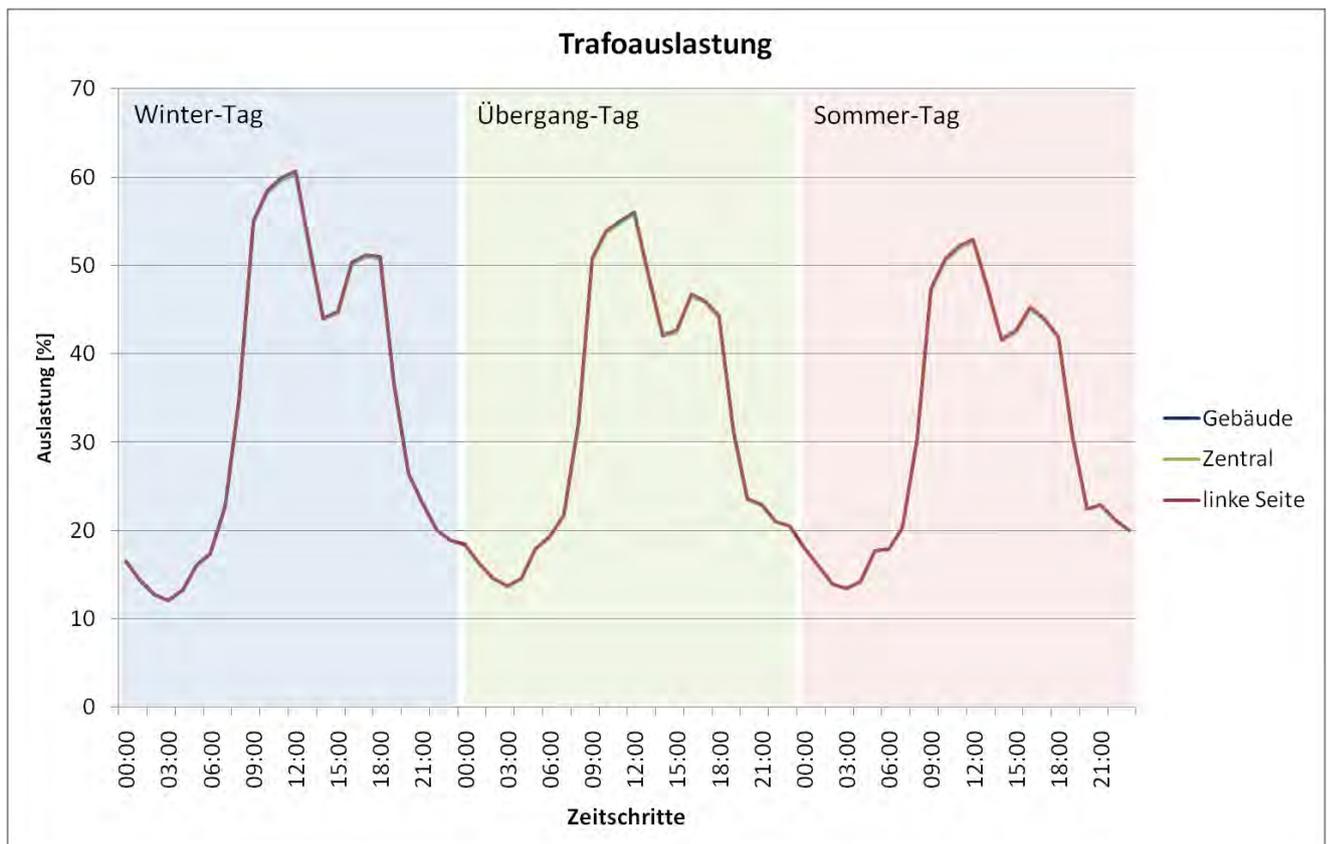


Abbildung 7.5: Trafoauslastung für verschiedene Jahreszeiten des Trafos (Minimal- Szenario)

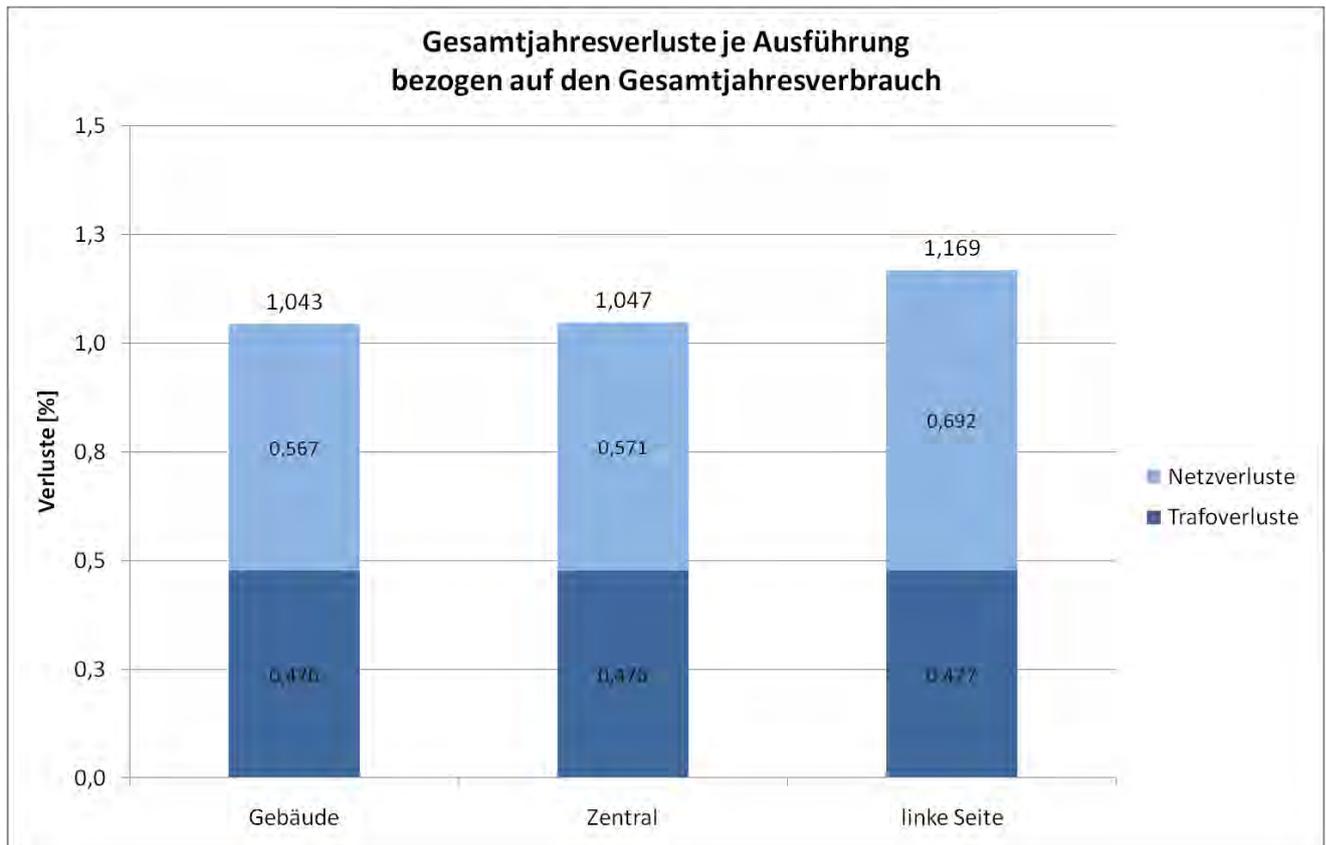


Abbildung 8: Bezogene Gesamtjahresverluste für das Minimal- Szenario (nur 1 Trafo, da nicht mehr nötig am Baufeld)

7.4 Gegenüberstellung

Aus Abbildung 7.4 und Abbildung 8.6 ist ersichtlich, dass sowohl beim Maximal als auch beim Minimal – Szenario die Trafopositionierung innerhalb der Gebäude die effizienteste ist.

Deshalb werden die einzelnen Anteile wie Verbrauch und Verluste für das Best Case Szenario „Gebäude“ in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** 7.7 bezogen auf die Bruttogeschossfläche von 34169m² dargestellt (gesamtes Baufeld, Werte laut ATP).

Da die Analyse der Trafopositionierung, zeitlich vor der Energieanalyse stattgefunden hat, weichen die Anschlussleistungen für das Demogebäude unter der Annahme eines minimalen Verbrauches ab. Für die Untersuchung der Trafoposition, war die Motivation des Minimalszenarios, welche Anschlussleistungen alle fünf am Baufeld befindlichen Gebäude haben dürfen, damit sie noch von einem 630kVA Trafo versorgt werden können.

Dementsprechend ergab sich eine Anschlussleistung von 90,73kW (Tabelle 18) für das Demogebäude. Dieser Wert liegt über den Werten für das G0 min – Szenario der Leistungsbilanzuntersuchung (Tabelle 16), welcher sich auf 66kW beläuft. Die Schlussfolgerung aus diesem Sachverhalt ist, dass der Verbrauch sich auf 47kWh/m²a beläuft, welcher über dem

Prof. Bednar Wert von ca. 33kWh/m²a liegt. Wobei hierfür auf das Deliverable „Empfehlungen für Demogebäude betr. Bauphysik“ verwiesen wird.

Aufgrund der Anschlussleistungsannahmen für das Demogebäude laut Tabelle 18 ergibt sich beim Jahresverbrauch für das Minimal- Szenario ungefähr eine Reduktion auf ein Viertel, im Vergleich mit dem Maximal- Szenario. Die Trafoverluste reduzieren sich auf ein Fünftel und die Netzverluste auf ca. ein Drittel.

Die Problematik die damit aufgezeigt werden soll, ist die große Bandbreite bei den Verbrauchswerten und die Unsicherheit bei den Lastprofilen. Da für ein modernes Gebäudedesign keine repräsentativen Messwerte vorliegen und vieles auf Annahmen beruht, divergieren hier die Werte in solch einem großen Bereich. Dies soll auch gleich als Überleitung für das nächste Kapitel angesehen werden.

Da die reale Gebäudelösung ein Mittelweg aus Standard und Minimal Szenario sein wird und somit nicht ein Trafo für jedes Gebäude benötigt werden wird. Hingegen ein Trafo auch nicht das gesamte Baufeld versorgen können wird, sollte der erste Trafo im Demogebäude so angeordnet werden, dass der Traforaum für den Energieversorger von außen zugänglich ist und er an ein Nachbargebäude angrenzt, damit eventuell ein Nebengebäude mitversorgt werden kann, wenn dies Leistungsmäßig möglich ist. Dafür sollten auch schon alle Maßnahmen berücksichtigt werden um eine Kabeldurchführung durch die Außenwand des Aspern IQ zu ermöglichen.

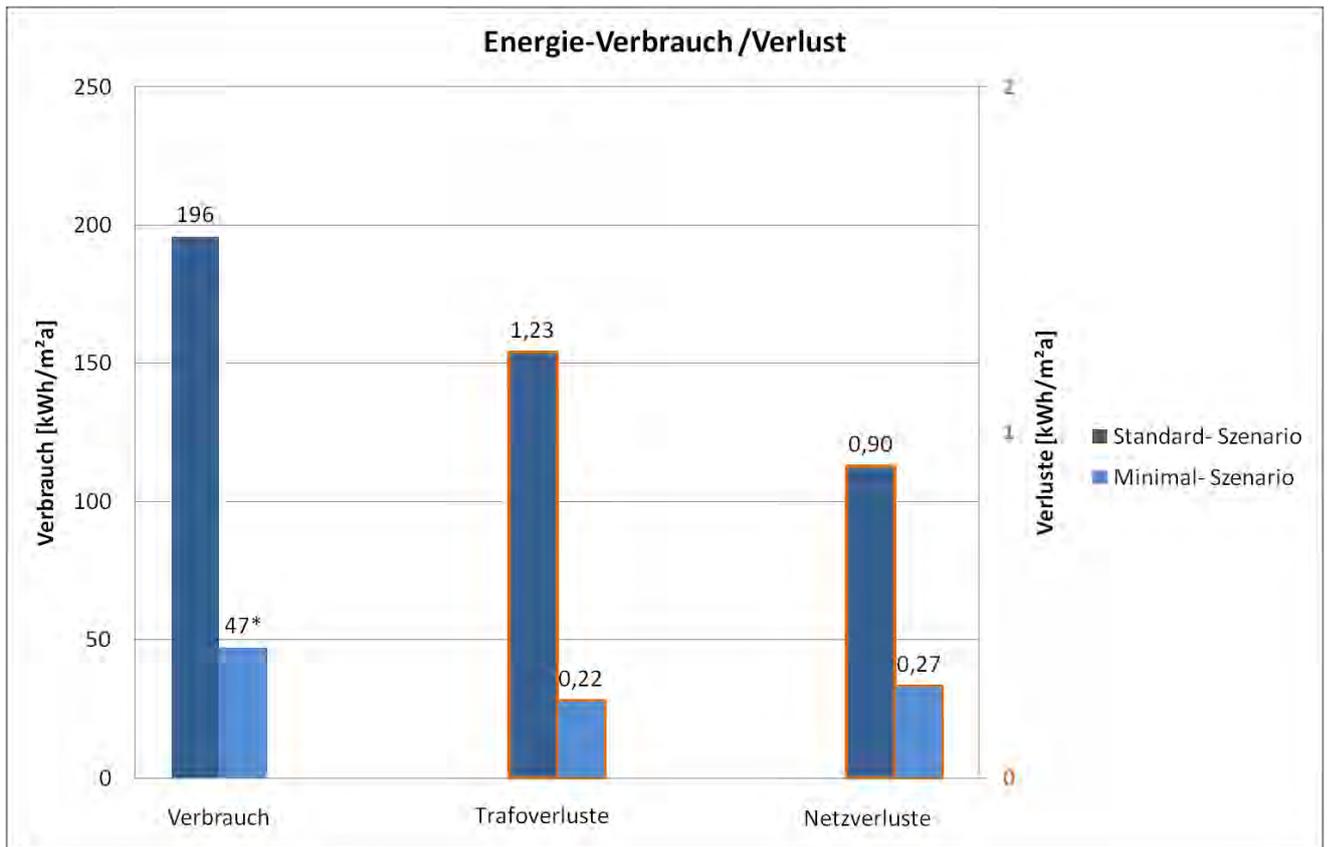


Abbildung 7.7: Gegenüberstellung der beiden Szenarien (elektrische Energie)

**Aufgrund der Demogebäudeanschlussleistung von ca. 90kW für die Untersuchung der Trafoposition ergibt sich ein höherer Energieverbrauch von 47 kWh/m²a gegenüber dem Szenario von DI Markus Leeb (ca. 33 kWh/m²a)*

8 Ausblick und Empfehlungen

8.1 Planung

Alle Planer sollen so früh wie möglich in die Entwurfsphase eingebunden werden. So ist es möglich aus allen Gewerken das Bestmögliche herauszuholen. Folgende Planer müssen (sollen) eingesetzt werden:

- Architekt
- Fassadenplaner
- Photovoltaikplaner
- Lichtplaner

- Bauphysiker
- HKLS-Planer
 - Heizung
 - Kühlung
 - Lüftung
 - Alternative Energiequellen
- Statiker

Die vorher genannten Professionisten sollten schon eine gewisse Erfahrung im „Passivhausbau“ gesammelt haben. Für die genaue Dimensionierung der Anlagen sind auch dynamische Simulationen notwendig um die richtige Heiz- bzw. Kühllasten zu eruieren. Für diese Berechnungen sind im Vorfeld aber auch viele Daten über den zukünftigen Betrieb notwendig.

8.2 Geometrie

8.2.1 Bauform

Die Geometrie hängt sehr stark vom Grundstück ab. Grundsätzlich soll man ja kompakt planen, um den Primärenergiebedarf für das Heizen und Kühlen zu senken. Kompaktheit bedeutet die Fläche der Gebäudehülle im Verhältnis zum Volumen so klein wie möglich zu gestalten. Andererseits wird so aber auch die mögliche Photovoltaikfläche vermindert. Folglich gibt es für jedes Grundstück die ideale Bauform (wie in 3.5.7 für das Bürohaus dargestellt). Daher ist es die große Aufgabe den Spagat zwischen der Minimierung des Primärenergiebedarfs und der Maximierung der Photovoltaikflächen zu schaffen. Es ist außerdem darauf zu achten, dass die Bauform am Grundstück so gewählt wird, dass sich die verschiedenen Gebäude bzw. Gebäudeteile so wenig wie möglich verschatten.

8.2.2 Fassade

Die Fassade soll auf der einen Seite ein Maximum an Tageslicht in den Raum bringen, aber auf der anderen Seite so wenig Wärmetransport wie möglich zulassen. Die Wärmedurchgangskoeffizienten für transparente Bauteile liegen noch immer viel höher als bei den opaken Bauteilen. Folglich verliert man über die Fensterfläche mehr Wärme als über die Wand. Während solare Gewinne im Winter wünschenswert sind erhöhen diese im Sommer den Kühlenergiebedarf. Aus diesen Punkten muss jetzt der ideale Mittelweg aus:

- Hohe Tageslichtnutzung
- Blendschutz
- Kleine solare Einträge im Sommer

- Sonnenschutz
- Orientierung
- Ausblick für die Nutzer
- Hohe solare Einträge im Winter gefunden werden.

Primärenergetisch liefert eine Lochfassade mit einem kleinen Fensteranteil die besten Ergebnisse. Diese Variante wurde aber nicht weiter verfolgt, da im Bürobau die Akzeptanz zu kleinen Fensterflächen nicht gegeben ist. Die primärenergetischen Berechnungen liefern auch keine Ergebnisse hinsichtlich der Zufriedenheit der Mitarbeiter am Arbeitsplatz. Einen Bezug nach außen sollten aber alle Nutzer am Arbeitsplatz haben. Daher ist naheliegend, dass das Fensterband oder Lichtbandfassade ohne Sturz den idealen Mittelweg darstellt. Ein Sturz hat große negative Einflüsse auf den Beleuchtungsenergiebedarf und wird darum ausgeschlossen. Das Parapett kann bis zu maximal einer Höhe von einem Meter ausgeführt werden. Die Nutzenebene der Beleuchtung im Bürobau liegt bei 0,8 m [DIN07]. D.h.: Der opake Parapettbereich hat keinen negativen Einfluss auf die erforderliche Beleuchtungsenergie, sondern nur positive Einflüsse auf den gesamten Primärenergiebedarf.

Um die solaren Gewinne im Winter besser zu nützen, könnte man zwei getrennte Systeme installieren. Einen innenliegenden Blendschutz für den Winterbetrieb um die solaren Gewinne besser zu nutzen und einen externen Sonnenschutz für den Sommer um den Kühlbedarf zu reduzieren.

8.3 Aufbauten und Gebäudehülle

Die Aufbauten müssen generell dem Passivhausstandard entsprechen und können z.B. von der Internetplattform [BAU10] entnommen werden. Auf dieser Plattform befinden sich alle Bauteile aus dem Passivhausbauteilkatalog [Ibo08]. Auch die Luftdichtheit der Gebäudehülle muss Passivhausstandard betragen und darf den n_{50} -Wert von 0,6 1/h nicht überschreiten. Zielführend wäre es auch diesen Wert zu unterschreiten. Auch die Fenster z.B.[PAS10] oder Pfosten-Riegel-Konstruktionen z.B.[SCH10] müssen einen sehr geringen U-Wert aufweisen.

8.4 Gebäudetechnik - HKLS

8.4.1 Heizung

Die richtige Bereitstellung der Wärme ist von Projekt zu Projekt genau abzuklären, da die Randbedingungen immer sehr unterschiedlich sind. Auch die Primärenergiefaktoren haben einen großen Einfluss auf die Wahl der Bereitstellungsenergie. (sh.3.5.5)

Es gibt folgende Möglichkeiten zur Beheizung der Anlage:

- Erdwärme (Tiefensonden,...)
- Geothermie (Heißquelle,...)
- Fernwärme (Müllverbrennungsanlage, KWK,...)
- Grundwasser (Energiebrunnen,...)
- Holzprodukte (Pellets,...)
- Solarthermie
- (Erdgas)
- (Heizöl)

Fossile Brennstoffe sind hinsichtlich der Nachhaltigkeit des Projektes nicht anzustreben.

Abgesehen von der Bereitstellung ist es auch wichtig alle Steig-, Anbinde- und Verteilleitungen ausreichend (3/3) zu dämmen und außerdem alle Armaturen zu dämmen. Das Abgabesystem sollte eine großflächige Fußbodenheizung bzw. Bauteilaktivierung sein um die Vorlauftemperaturen gering zu halten. Gleichzeitig kann im Sommer über das gleiche System gekühlt werden.

8.4.2 Kühlung

Auch bei der Kühlung ist es von vielen Randbedingungen abhängig welche Bereitstellungsart die Richtige ist. Auch die Primärenergiefaktoren haben einen großen Einfluss auf die Wahl der Bereitstellungsenergie. (sh.3.5.5)

Es gibt folgende Anlagentypen:

- Kompressionskältemaschine
 - Strom
- Absorptionskältemaschine
 - Fernwärme oder Geothermie
 - Hilfsstrom
- Sorptive Kühlung
 - (Fern)Wärme und Grundwasser
 - Hilfsstrom

Wie schon bei der Heizanlage gibt es keine allgemeine Empfehlung sondern nur ein Hinweis auf die verschiedenen Technologien. Welche Technologie zu welchem Bauwerk auf welches Grundstück das Beste ist, kann man erst in der Planungsphase klären.

Auch die Leitungen und Armaturen der Kälteversorgung müssen analog der Heizleitungen gedämmt sein.

8.4.3 Be- und Entfeuchtung

Während die Befeuchtungsgrenze mit 6 g/kg und 22°C schon an der Behaglichkeitsgrenze liegt hat man gegenüber der Standardentfeuchtungsgrenze von 9 g/kg noch Einsparpotential. Es reicht vollkommen aus diese Grenze auf 11 g/kg zu senken. Hier ergeben sich Werte, welche noch weit unter der Schwülekurve (von Lancaster-Castens-Ruge) [Rai68] liegen. Auch die Oberflächentemperatur zum Kühlen kann man noch unter 22°C senken, da die relative Luftfeuchtigkeit hier nur 68% ergibt und man bis zu ca. 80 % gehen kann. Dies ermöglicht eine höhere Kühlkapazität.

8.4.4 Raumluftechnik

Allgemein müssen die Punkte im Kapitel 3.5.3.2 eingehalten werden um energieeffiziente Anlagen auslegen zu können. Vor allem für den HKLS-Planer ist es hier von besonderer Bedeutung schon in der frühen Planungsphase eingebunden zu werden, um die Querschnitte möglichst groß zu wählen und so wenige Umlenkungen wie möglich zu planen. Um eine genaue Betrachtung des Lüftungssystems zu ermöglichen sind Lüftungsisometrien und Druckverlustberechnungen notwendig. Nur so kann man vernünftige Aussagen über den Energieverbrauch treffen.

8.4.5 Beleuchtung

Durch den Einsatz eines Lichtplaners kann man schon im Vorfeld, mit dem Herabsetzen von elektrischer installierter Leistung, Beleuchtungsenergie im Betrieb sparen. Zurzeit stellen die hocheffiziente Leuchtstofflampen (T5) die beste Lösung für den Bürobetrieb dar. [OÖE10] Die Leuchtdiode LED (Light Emitting Diode) entwickelt sich aber schnell weiter und ist es nur eine Frage der Zeit bis die Lichtausbeute der LED-Technologie die der Leuchtstofflampen übertrifft.

8.4.6 Warmwasser

Der Bedarf an Warmwasser ist im Bürobetrieb nicht sehr hoch. Darum bietet es sich auch eine elektrische Bereitstellung an. Energetisch haben die Durchlauferhitzer, da sie keine Speicherverluste haben, einen Vorteil. Ob diese Annahme aufgrund der höheren Anschlussleitung auch zielführend ist, haben die Kollegen in Kapitel 5.2.1 eruiert.

Ein Einsatz von solarthermischen Modulen ist bei höherem Warmwasserbedarf zu prüfen.

8.4.7 Lift

Durch die VDI 4707 Energieeffizienz – Aufzüge [VDI09] sind die Hersteller aufgefordert worden, ihre Liftanlagen effizienter zu gestalten. Auf alle Fälle sollten Liftanlagen in „Plusenergiegebäuden“ mindestens den Anforderungen der Energiebedarfsklasse A entsprechen. Weiters soll man noch prüfen ob eine Rückspeisung der Bremsenergie durch einen regenerativen Antrieb sinnvoll ist. Die Energierückspeisung erreicht ca. 30% des Energiebedarfs bei hocheffizienten Liften über das Jahr gesehen.

8.4.8 Serverraum

Die Server sollten möglichst gebündelt mit speziellen Serverschränken gekühlt werden. Damit besteht die Möglichkeit die Abwärme der Server zu nutzen. Diese Wärme wird dann an die Energieschiene (Kapitel 4) weitergegeben und kann weiter von der Gebäudetechnik genutzt werden.



Abbildung 8.1: LCP-Kühlung von Servern (Quelle: Rittal Schaltschränke GmbH)

8.4.8.1 Geräte

Bei der Planung eines „Plusenergiebüros“ ist es ganz wichtig, dass man sich mit dem Thema der effizienten Geräte auseinandersetzt. Mit dem Einsatz von effizienten Geräten kann man

sich sehr viel Energie sparen. (sh. 3.5.3.6) Darum ist es von Nöten schon früh mit den zukünftigen Nutzern zu Planen und einen Gerätekatalog (sh. Literatur: EnergyStar, TopTen...) zu erstellen. Hier müssen alle Komponenten, vom Bewegungsmelder bis zum Server, betrachtet und ausgewählt werden. Nur so kann man im Vorhinein gute Aussagen über den gesamten Primärenergiebedarf des Gebäudes machen. Kennt man die zukünftigen Nutzer nicht, kann man auch den neuen Mietern Empfehlungslisten für effiziente Geräte zukommen lassen und diese mit ihnen diskutieren. Hier soll auch angemerkt sein, dass eine Bauteilaktivierung eine begrenzte Kühlleistung hat und somit die Verwendung von ineffizienten Geräten, durch die höheren inneren Gewinne, einen negativen Einfluss auf die Kühlung hat.

8.5 Empfehlungen die thermischen Systeme betreffend

Zum derzeitigen Zeitpunkt sind noch viele, zum Teil sehr wesentliche, Informationen zum Demogebäude und insbesondere zu seiner genauen späteren Nutzung ausständig. Diese Fragen betreffen nicht nur die generellen Randbedingungen zum Demogebäude (Fernwärme, Lösung mit zentraler Geothermie, Möglichkeit der Versorgung mit einem eigenen Brunnen für freies Kühlen / Nutzung mit Wärmepumpe etc.) weitestgehend offen. Auch grundsätzliche Fragen, wie die ökologische Bewertung der einzelnen Energieformen (Primärenergiefaktoren, Emissionsfaktoren etc.) können noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden.

Endgültige Empfehlungen für eine optimale Auslegung des Demogebäudes im Sinne der Ziele des aktuellen Programmes können erst dann abgegeben werden, wenn über folgende Fragen Klarheit herrscht:

- 1.) Wird das Siedlungsgebiet an das Netz der Wiener Fernwärme angeschlossen, werden alle Gebäude erfasst werden und wenn ja: Von welchem Vorlauf temperaturniveau ist im Verlauf eines Jahres auszugehen?
- 2.) Wird das in [Pol09, S. 28] mit ungefähr 40 MW thermischer Dauerleistung angegebene Geothermiepotential zumindest zum Teil für das Siedlungsprojekt zur Verfügung stehen und welches Temperaturniveau wird dabei nutzbar sein?
- 3.) Welche Bedarfsstruktur (Mieter, Geräteausstattung usw.) werden die geplanten Objekte aufweisen?

Deshalb können jetzt, gewissermaßen als kleinster gemeinsamer Nenner, folgende Empfehlungen zur Ausstattung mit Energie-Bereitstellungssystemen abgegeben werden:

- 1.) Eine möglichst umfassenden Ausstattung des Gebäudes mit **Photovoltaik**-Systemen, weil die Integration der elektrischen Leistungen in das Gebäude bzw. das Abführen von Überschussleistungen über das (jedenfalls vorhandene) Stromnetz als einfach beherrschbar

bezeichnet werden kann. In Hinblick auf die Fassadenintegration wird grundsätzlich zu starren Vordach-Anordnungen geraten

2.) Einsatz von **Kleinstwärmepumpen** zum lokalen, thermischen Energieaustausch, insbesondere dann, wenn keine Fernwärmelösung umgesetzt wird (Kapitel 4.2).

3.) Im Falle der Installation eines **lokalen Nahwärmenetzes** wird empfohlen, die Möglichkeit von thermischer Rückspeisung aus Wärmerückgewinnungsanlagen bzw. regenerativen Energiewandlern ernsthaft in Erwägung zu ziehen.

4.) Unabhängig von den gewählten thermischen Bereitstellungssystemen wird die Installation von **Messgeräten**, die die Menge der entnommenen **Warmwassermenge** protokollieren. Dies könnte bei zukünftigen Preissteigerungen Vorteile bei der Abrechnung der Energiekosten mit sich bringen und wäre auch von Interesse, weil die Datenlage zum Warmwasserverbrauch von Passivhaus-Bürobauwerken noch nicht zufriedenstellend ist.

8.6 Durchlauferhitzer

Eine Warmwasseraufbereitung mit elektrischen Durchlauferhitzern ist möglich, ob dies jedoch für vollen Komfortumfang realisiert werden kann, sei anzuzweifeln. Dies soll bedeuten, dass heutzutage gewohnte Durchflussleistungen (l/min) mit entsprechend hohen Temperaturen nicht immer erreicht werden können. Sollte zu exponierten Zeiten, wie zum Beispiel zur Mittagszeit, mit höherer Gleichzeitigkeit gerechnet werden, so sind entsprechende Vorkehrungen wie Sperrrelaisanzudenken, welche bei mehreren gleichzeitigen Lasten immer nur eine freischalten.

8.7 Trafoposition

Entsprechend der Untersuchung in Abschnitt „Leistungsbilanz aspern IQ Strom“, kann folgende Schlussfolgerung getroffen werden.

Für Gebäude mit Standard Verbrauch, bei welchem für jedes Gebäude ein eigener Trafo nötig ist, sollten die Trafos immer im Gebäude angeordnet werden, da dadurch die geringsten Niederspannungsnetzverluste auftreten.

Bei effizienteren Gebäuden, wo ein Trafo mehrere versorgen kann, ist die Position nicht so entscheidend, da die Summe der Niederspannungskabellänge und somit die Leitungsverluste in etwa gleich bleiben.

Um eine Energieverwertung direkt am Bauort ohne Netzebenenwechsel (d.h. von 400V auf 20kV) realisieren zu können, soll die Anschlussleistung der Gebäude so gering wie möglich sein. Sollte entsprechend dem Max- Szenario jedes Gebäude seinen eigenen Trafo benötigen, so ist ein direkter Austausch nicht möglich.

Effiziente Gebäude ziehen jedoch ein anderes Problem mit sich, da es sich bei allen Gebäuden am Baufeld C4 um Bürogebäude mit gleichem Nutzerverhalten handeln wird. Wird die Verbrauchscharakteristik auch ähnlich sein, werden an Werktagen viel Energie brauchen und an Wochenenden eher wenig. Somit sind aufgrund der geringen Wochenendgrundlast für die Verwertung des PV- Überschusses, mehrere benachbarte Gebäude als Lasten nötig.

Al diese Fälle gehen jedoch von einem Sonderfall aus, welcher eine grobe Einschränkung darstellt. Welcher wäre, dass nur am Aspern IQ (Demogebäude) eine PV- Anlage montiert ist und alle weiteren Gebäude am Baufeld über keine solche Anlage verfügen. Würden diese ähnlich innovativ werden, so ist kein Austausch am Baufeld mehr möglich, da alle Gebäude zur gleichen Zeit Überschüsse produzieren. Ideal wäre somit ein Austausch mit Gebäuden, welche unterschiedliches Nutzerverhalten haben, wie Büro und Wohnung.

Da die reale Gebäudelösung ein Mittelweg aus Standard- und Minimal- Szenario sein wird (Anschlussleistung zwischen 66kW und 379kW) und somit nicht ein Trafo für jedes Gebäude benötigt werden wird. Hingegen ein Trafo auch nicht das gesamte Baufeld versorgen können wird, sollte der erste Trafo im Demogebäude so angeordnet werden, dass der Traforaum für den Energieversorger von außen zugänglich ist und er an ein Nachbargebäude angrenzt. Damit eventuell ein Nebengebäude mitversorgt werden kann, wenn dies Leistungsmäßig möglich ist. Dafür sollten auch schon alle Maßnahmen berücksichtigt werden um eine Kabeldurchführung durch die Außenwand des Aspern IQ zu ermöglichen.

8.8 Demand Side Management (DSM)

Demand Side Management stellt ein heikles Thema dar, da es sich um Eingriffe in das freie Nutzerverhalten handelt.

Es können verschiedene Abstufungen der Beeinträchtigung unterschieden werden, von keiner Beeinträchtigung bis zu einer eventuell störenden Beeinträchtigung.

Unter den Punkt keine Beeinträchtigung fallen alle akkubetriebenen Geräte, diese könnten mittels abschaltbarer Steckerleiste zu Zeiten hoher Last vom Netz genommen werden. Ideales Beispiel hierfür wären Notebooks, die Abschaltung für bis zu zwei Stunden sollte ohne Probleme möglich sein.

Der Punkt geringe Beeinträchtigung umfasst Geräte, welche nicht zwingend zu einer bestimmten Zeit laufen müssen, wie zum Beispiel Waschmaschinen oder Geschirrspüler. Hier könnte auch ein längerer Verschiebezeitraum angedacht werden, wenn im Falle des Geschirrspülers sichergestellt werden kann, das am nächsten Morgen der Waschgang fertig ist (Verschiebepotential mehrere Stunden).

Problematisch wird es bei der Abschaltung von Geräten, welche eine sofortige Komforteinschränkung ergeben, wie Durchlauferhitzer. Die Sperrung bei Erreichung eines kritischen

Leistungswertes, mittels Sperrrelais, welche dann nur einen von zwei Durchlauferhitzern einschalten ließen, könnte als Umsetzung angedacht werden. Dabei würde der gesperrte Durchlauferhitzer nur solange gesperrt bleiben, bis der aktive nicht mehr benutzt wird, d.h. nur einige Sekunden. [Gro08], [Sie06]

9 Allgemeine Empfehlungen

Das Hauptproblem ist die Ungewissheit über das Nutzerverhalten, da deshalb Mietobjekte sehr flexible konzeptioniert werden müssen, was jeglicher Optimierung entgegen spricht. Dies spiegelt sich hier sowohl bei der Serverraumkühlung als auch bei der Trafodimensionierung wieder. Um dem Abhilfe leisten zu können, könnten einerseits rechtliche Auflagen erteilt werden, welche den Mietern gewisse Obergrenzen aufzeigen. Wie Serverkapazität oder maximaler Stromverbrauch bei Bürogeräten. Dies zieht zwei große Fragen nach sich, erstens, ist dies rechtlich überhaupt umsetzbar, oder generell aus Vermietersicht an denkbar und zweitens sollten solche Auflagen erteilt werden, wer würde die Einhaltung kontrollieren.

10 Ausblick

In den Betrachtungen der ersten Projektphase sind einige Punkte aufgetreten, welche noch genauer untersucht werden müssen.

10.1 Add On Photovoltaik Fassade

Um die Fassade energetisch richtig und genau zu betrachten muss noch weitere Forschung betrieben werden. Es geht um die Komplexität der gegenseitigen Beeinflussung von Beleuchtung (Einfall von Tageslicht), Nachführung der Photovoltaik-elementen in den optimalen Winkel, Wärmeeintrag durch solare Gewinne und psychologische Aspekte bezüglich Sichtkontakt nach außen. Hier muss man mit verschiedenen dynamischen Simulationstools arbeiten und diese miteinander verknüpfen. Nur so kann man das bestmögliche Ergebnis erzielen.

10.2 Nachtlüftung

Die Nachtlüftung wird in Bürobauten derzeit noch nicht sehr oft verwendet, da es große Probleme hinsichtlich unkontrollierten Luftwechsel und Böen gibt. Um dieses Problem in den Griff zu bekommen ist es notwendig Rechenmodelle zu entwickeln und diese mit Versuchen zu validieren. Außerdem haben sich die Motoren, zum Öffnen der Fenster, als Schwachpunkt herausgestellt, da sie eine hohe Ausfallrate hatten. Auch dieses Problem soll noch

weiter beobachtet werden um das Konzept der Nachtlüftung in den „Stand der Technik“ übernehmen zu können, um natürlich Kälteenergie zu sparen.

10.3 Demand Side Management

Die erste Frage ist die genaue Abschätzung des Potentials und Aufwands für das Demand Side Management (DSM), aufgrund der einzelnen Geräte kann zwar abgeschätzt werden, wie groß das Einsparungspotential für eben dieses Gerät ist, aber auf Gebäudeebene hochgerechnet ist dies aufgrund der Gleichzeitigkeit und des Nutzerverhaltens schwierig. Entsprechend des DSM für die einzelnen Gerätegruppen wäre eine Auswirkungsanalyse auf das Lastprofil zum Beispiel G0 interessant, inwieweit damit Lastspitzen abgefangen werden könnten.

10.4 Schutzkonzepte

Die zweite Frage sind neue Schutzkonzepte um einen unproblematischen bidirektionalen Energietransport zwischen zwei oder mehreren Netzkomponenten zu ermöglichen. Welche wären zwei Gebäude direkt oder zwischen Gebäude und Trafo. Da dies, andere Anforderungen an Schutzgeräte wie zum Beispiel Distanzschutz oder unabhängiger Maximalstromzeit-schutz (UMZ) stellt.

11 Literaturverzeichnis

- [Buc05] Bucar, Gerhard: „Dezentrale erneuerbare Energie für bestehende Fernwärmenetze“, EdZ-Projektbericht, Wien, 2005
- [Bun09] Bundesgesetzblatt – Arbeitsstättenverordnung – StF: BGBl. II Nr. 368/1998 – Änderung: BGBl. II Nr. 256/2009. Wien: 14.Oktober.2009
- [Din07] DIN V 18599 , Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Deutschland: Februar 2007
- [Fec09] Fechner, H. et al.: „Gebäudeintegrierte Photovoltaik – Technologiestatus, Erfahrungen, Best-Practice-Beispiele und Visionen der GIPV-Technologie“, Studie im Auftrag des Klima- und Energiefonds, Wien, 2009

- [Gre08] Greisberger, H. et al.: „Wege zur Strom- und Wärmeaufbringung ohne fossile Energieträger bis 2020 bzw. 2030“, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik, Wien, 2008
- [Gro08] Groiss, C.: Power Demand Side Management-Potentiale und technische Realisierbarkeit im Haushalt – Diplomarbeit, 2008
- [Hae07] Häberlin, H.: „Photovoltaik – Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen“, AZVerlag, Aarau, 2007
- [Ibo08] Pokorny, W.; Zelger, T.; Torghele, K.; Mötzl, H.; Bauer, B.; Boogmann, P.: Passivhaus-Bauteilkatalog – Ökologisch bewertete Konstruktionen, 2. Auflage, Wien: Springer Wien NewYork Verlag, 2008
- [Kal06] Kaltschmitt, M. et al.: „Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte“, Springer, Berlin, 2006
- [Kra06] Kranzl, L.; Haas, R.: „Technologien zur Nutzung Erneuerbarer Energieträger - wirtschaftliche Bedeutung für Österreich“, TU Wien, 2006
- [Leo10] Leobner, I.: „Entwicklung eines Konzeptes zu einer energietechnisch optimierten Produktionseinrichtung unter Einbeziehung der Gebäudestruktur“, Diplomarbeit, TU Wien, 2010
- [Oen01] ÖNORM B 8110-3, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 3: Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse (Berichtigung). Wien: Juni 2001
- [Oen03] ÖNORM B 8110-2, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz. Wien: Juli 2003
- [Oen05] ÖNORM EN ISO 13790, Energieeffizienz von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs. Wien: September 2008
- [Oen08] ÖNORM EN ISO 13370, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich - Berechnungsverfahren. Wien: April 2008
- [Oen08a] ÖNORM EN ISO 13789, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren. Wien: April 2008
- [Oen08b] ÖNORM B 8110-1, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. Wien: Jänner 2008
- [Oen08c] ÖNORM H 5055, Energieausweis für Gebäude. Wien: Februar 2008

- [Oen08d] ÖNORM EN 15193, Energetische Bewertung von Gebäuden – Energetische Anforderungen an die Beleuchtung. Wien: März 2008
- [Oen10] ÖNORM B 8110-5, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile. Wien: Jänner 2010
- [Oen10a] ÖNORM B 8110-6, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. Wien: Jänner 2010
- [Oen10b] ÖNORM H 5056, Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Heiztechnik-Energiebedarf. Wien: Jänner 2010
- [Oen10c] ÖNORM H 5057, Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Raumluftechnik-Energiebedarf für Wohn- und Nichtwohngebäude. Wien: Jänner 2010
- [Oen10d] ÖNORM H 5058, Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Kühltechnik-Energiebedarf. Wien: Jänner 2010
- [Oen10e] ÖNORM H 5059, Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Beleuchtung-energiebedarf. Wien: Jänner 2010
- [Poe08] Pölz, W.: "Chancen und Grenzen eines Bewertungssystems auf Basis der Primärenergie", umweltbundesamt, Wien, 2008
- [Pol09] Pol, O.; Shoshtari, S.: „Projekt Nach Aspern – Gesamtenergiekonzept – Empfehlungen und Basisinformationen zur Bearbeitung energetischer Kriterien für die Stadtentwicklung“, AIT, Wien, 2009
- [PVG10] PVGIS Daten für Europa
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> (abgerufen am 23.8.2010; 9:00)
- [Rai68] Raiß, W.; Rietschel, E: Heiz- und Klimatechnik, 15. Auflage, Wien: Springer Berlin Heidelberg NewYork Verlag, 1968
- [Rec01] Recknagel, H. et al.: „Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, Ausgabe 01/02, Oldenbourg Industrieverlag München
- [Rol01] Rolland, Ch.; Grech, H.: „Stand der Abfallbehandlung in Österreich in Hinblick auf das Jahr 2004“, Hrsg.: Umweltbundesamt, Wien, 2001
- [Sie06] Siebenhüner, T.: Demand-Side-Management von Kleinverbrauchern – Diplomarbeit, 2006
- [Str04] Streicher, W.: Skriptum zur Vorlesung „Sonnenenergienutzung“, Institut für Wärmetechnik, TU Graz, Graz, 2004

- [Tru10] Trunner, P. et al.: „Berechnung und Simulation einer Solarfassade“, Projektarbeit, IET, TU Wien, 2010
- [VDI09] VDI 4707 , Aufzüge – Energieeffizienz. Verein Deutscher Ingenieure, Deutschland: März 2009
- [Wer09] Wertz, D.; Straka, W.; Ponweiser, K.; Haider, M.: „Neue Perspektiven in der Erdwärmetechnik“; e&i, 126 (2009), 3; S. 117 – 125, Springer, Wien, 2009

Internetquellen

- [AEE10] Konversionsfaktoren Umweltbundesamt GEMIS
<http://www.aee-intec.at/0uploads/dateien719.pdf> (abgerufen am 14. Oktober 2010; 18:39)
- [AEE10a] „Vorsicht bei Investitionen in Kleinwindkraftanlagen“, Information der AEE NÖ-Wien, Download: www.igwindkraft.at 20100615 18:06
- [BAU10] IBO & Baubook , „IBO Passivhaus-Bauteilkatalog – Ökologisch bewertete Konstruktionen“, Wien. URL: <http://www.baubook.at/> [22.07.2010]
- [bmw09] „Basispapier für die Arbeitsgruppen zur Erarbeitung einer Energiestrategie Österreich“, bmwfi, Lebensministerium, Wien, 2009
- [BOD10] Abbildung Ausrichtung Photovoltaik
<http://www.bodechrist.de/m15/Ausrichtung.jpg> (abgerufen am 15. Oktober 2010; 14:43)
- [CLA10a] Datenblatt Clage MDX
http://www.clage.de/produkte/PDFs/Produktinfos_D/PI_MDX.pdf (abgerufen am 13.7.2010; 16:00)
- [CLA10b] Datenblatt Clage CBX
http://www.clage.de/produkte/PDFs/Produktinfos_D/CBX.pdf (abgerufen am 13.7.2010; 16:03)
- [CLA10c] Datenblatt Clage DSX
http://www.clage.de/produkte/PDFs/Produktinfos_D/PI_DSX.pdf (abgerufen am 13.7.2010; 16:07)
- [Col10] Beschreibung „Colt Caloris“ („Energieschiene“), Produktunterlagen der Fa. Colt, Download: <http://www.colt-info.de/produkte-systeme/klimatechnik/klimasysteme/komfort-klimasystem-caloris.pdf> 20101104 15:40

- [DEL10] Datenblatt DELL Server
http://www.dell.com/downloads/emea/products/pedge/en/PowerEdge_R410_Technical_Guidebook.pdf (abgerufen am 30.7.2010; 9:05)
- [ENE10] Energieeffiziente Geräte
<http://www.eu-energystar.org/de> (abgerufen am 15. Oktober 2010; 09:21)
- [Exc10] „A_3_20100923_thermischeVerlustetemperierteLeitung_sonstBerech.xls“, Eigenberechnungen in MS Excel
- [GOL10] Gigabit Switches
<http://www.golem.de/0710/55406.html> (abgerufen am 15. Oktober 2010; 09:21)
- [IDE10] Preisvergleich für Clage Durchlauferhitzer
<http://www.ideal.de/preisvergleich/ProductCategory/9332F672067.html> (abgerufen am 24.8.2010; 10:00)
- [KON10] Foto Aufzugsantrieb der Firma KONE
http://kone.mt-medien.com/presse/0910_regenerativ/img/regenerativ_01.jpg (abgerufen am 15. Oktober 2010; 17:39)
- [OIB10] <http://www.oib.or.at/> (abgerufen am 22. Oktober 2010; 12:26)
- [OÖE10] Oberösterreichischer Energiesparverband
http://www.esv.or.at/fileadmin/redakteure/ESV/Info_und_Service/Publikationen/Broschuere_Beleuchtung_NEU.pdf (abgerufen am 28. Oktober 2010; 10:30)
- [PAS10] Passivhausvenster, Passivhausfenster und –türen, Pfosten-Riegel-Konstruktion, Hörbranz, Radstadt. <http://passivhausfenster.at/> [28.07.2010]
- [RIT10] Rittal LCP-Kühlung für Server.
http://www.rittal.de/produkte/includes/Show_Nav3.asp?ViewAt=3-1408-3663&Dom=at&lang=D [29.10.2010]
- [SCH10] Schüco , Passivhausfassade , Bielefeld. <http://www.schueco.at> [23.07.2010]
- [Sib99] „PV-Anlagen – Planung und Service für Inselanlagen“, Firmen der Firma Siblik, Wein, 1999
- [SIL10] Energieeffiziente Server
http://www.silicon.de/hardware/server-desk-tops/0,39038998,39190756,00/amd_senkt_den_stromverbrauch_im_server.htm (abgerufen am 15. Oktober 2010; 09:21)

- [SOL10] Datenblatt PV-Modul
http://www.solartec-gmbh.de/images/stories/pdf%20downloads/Module/SunPower/sunpower_spr315e_wht_d.pdf (abgerufen am 22. Oktober 2010; 07:35)
- [SUN10] Datenblatt PV-Modul
http://www.sunpowercorp.de/downloads/product_pdfs/business/sp_t5rooftile_de_a4_w_ds.pdf (abgerufen am 28. Oktober 2010; 13.36)
- [TOP10] Energieeffiziente Geräte
<http://www.topprodukte.at/> (abgerufen am 15. Oktober 2010; 09:21)
- [TOP10a] Energieeffiziente Geräte
<http://www.topten.ch/> (abgerufen am 15. Oktober 2010; 09:21)
- [TOP10b] Energieeffiziente Geräte
<http://www.energieeffizienz-im-service.de/index.php?11253> (abgerufen am 15. Oktober 2010; 09:21)
- [Vie10] „Fachreihe Photovoltaik - Strom von der Sonne“, Viessmann Werke, Allendorf, 2010
- [VIK06] "CO₂-Kennzeichnung von Strom aus KWK-Anlagen - Brennstoffzuordnung auf elektrische und thermische Energie", Entwurf, hrsg. vom VIK - Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V., Essen, 2006

12 Anhang

Auf der folgenden Seite sind jene Parameter zusammengefasst, die den bisherigen Rechnungen – insbesondere zum thermischen Energiesystem – zu Grunde gelegt wurden.

lambda_daemm	0,035	W/mK	Wärmeleitfähigkeit Dämmung
zeit	365	d	betrachtete Zeitperiode
p_grenz_th	0,06	€/kWh	Energiekosten thermisch (Grenzkosten Fernwärme, Schätzwert)
p_grenz_el	0,1	€/kWh	Energiekosten elektrisch (Schätzwert)
Gesamtwasserverbrauch/Mitarbeiter und Tag	15	25	50 3 Werte für unterschiedliche Verbrauchsszenarien
Warmwasserverbrauch/Mitarbeiter und Tag	1	7	20 3 Werte für unterschiedliche Verbrauchsszenarien
Kaltwassertemperatur	10	°C	
Warmwassertemperatur	60	°C	
Anzahl Mitarbeiter	530		
Anwesenheitsfaktor: Bereitschaftszeit	1		
Wirkungsgrad Durchlauferhitzer	98,6	%	
Dichte Kupfer	9000	kg/m ³	
Primärenergiefaktor elektrisch	2,6		
Primärenergiefaktor Fernwärme	0,8		
CO ₂ -Äq. Elektrisch	415	g/kWh	
CO ₂ -Äq. Fernwärme	274	g/kWh	
CO ₂ -Äq. Fernwärme Biomassewerk (10% Erdgas)	44	g/kWh	
Quelle: Pölz, W.: "Chancen und Grenzen eines Bewertungssystems auf Basis der Primärenergie", umweltbundesamt, Wien, 2008			
Wärmekapazität Wasser	0,00116	kWh/(l*K)	
Gesamtbürofläche	7300	m ²	