

# Subprojekt 4: Energiekonzept Gugler: Prozess- und Betriebs- energie 100% erneuerbar

Leitprojekt: „gugler! build &  
print triple zero“

T. Zelger,  
J. Obermayer,  
U. Schneider et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

## 34/2014

**Impressum:**

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

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

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

# Subprojekt 4: Energiekonzept Gugler: Prozess- und Betriebsenergie 100% erneuerbar

Leitprojekt: „gugler! build & print triple zero“

DI Thomas Zelger, DI (FH) Felix Heisinger  
IBO - Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

Ing. Jürgen Obermayer, DI Günther Hinker,  
DI Reinhard Fuchsberger  
New Energy Consulting GmbH

Arch. DI Ursula Schneider, DI Günter Hanninger  
pos architekten

Wien, August 2013

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms





# Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse [www.HAUSderZukunft.at](http://www.HAUSderZukunft.at) Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

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

---



<b>1.</b>	<b>KURZFASSUNG .....</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>13</b>
<b>3.</b>	<b>EINLEITUNG/AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>15</b>
3.1.	AUFGABENSTELLUNG, ZIELSETZUNG .....	15
3.2.	BEZUG ZU DEN ZIELEN VON „HAUS DER ZUKUNFT PLUS“ .....	15
<b>4.</b>	<b>MEDIENHAUS GUGLER: DIENSTLEISTUNGEN UND WESENTLICHE ENERGETISCHE KENNZAHLEN IM BESTAND ..</b>	<b>17</b>
4.1.	DIENSTLEISTUNGEN.....	17
4.2.	ENERGETISCHE KENNZAHLEN BESTAND .....	17
<b>5.</b>	<b>METHODEN.....</b>	<b>19</b>
5.1.	INDIKATOREN ZUR BESCHREIBUNG DER ÖKOLOGISCHEN PERFORMANCE.....	19
5.1.1.	<i>Übersicht.....</i>	<i>19</i>
5.1.2.	<i>Primärenergieinhalt .....</i>	<i>19</i>
5.1.3.	<i>Treibhauspotenzial.....</i>	<i>19</i>
5.1.4.	<i>Verwendete Konversionsfaktoren .....</i>	<i>20</i>
5.2.	GEBÄUDE- UND ANLAGENSIMULATION .....	20
<b>6.</b>	<b>PLUSENERGIESTANDARD UND SYSTEMGRENZEN.....</b>	<b>22</b>
<b>7.</b>	<b>RANDBEDINGUNG KLIMA .....</b>	<b>24</b>
<b>8.</b>	<b>BESTANDSANALYSE ENERGETISCH: ABWÄRMENUTZUNG, INNERE WÄRMEN UND MESSUNG STROMVERBRAUCH .....</b>	<b>30</b>
8.1.	KENNWERTE DRUCKEREIMASCHINEN UND KOMPRESSOREN .....	30
8.2.	ABWÄRMEPOTENTIALE IM BESTAND.....	35
8.3.	ABWÄRMEPOTENTIAL FÜR PLUSENERGIESTANDARD.....	36
<b>9.</b>	<b>ANBOT ERNEUERBARE ENERGIE VOR ORT UND DESSEN POTENTIELLE NUTZUNG: THEORETISCHES, TECHNISCHES POTENTIAL UND NACHFRAGEPOTENTIAL .....</b>	<b>38</b>
9.1.	SOLAR THERMISCH.....	38
9.1.1.	<i>Potential.....</i>	<i>38</i>
9.1.2.	<i>Typische Technologien .....</i>	<i>39</i>
9.2.	SOLAR ELEKTRISCH.....	41
9.2.1.	<i>Potentiale.....</i>	<i>41</i>
9.2.2.	<i>Typische Technologien .....</i>	<i>41</i>
9.3.	SOLAR HYBRID.....	45
9.3.1.	<i>Potentiale.....</i>	<i>45</i>
9.3.2.	<i>Typische Technologien .....</i>	<i>45</i>
9.4.	GRUNDWASSER.....	47
9.4.1.	<i>Potentiale.....</i>	<i>47</i>
9.4.2.	<i>Typische Technologien .....</i>	<i>48</i>
9.5.	AUßENLUFT.....	50
9.5.1.	<i>Potentiale.....</i>	<i>50</i>
9.5.2.	<i>Typische Technologien .....</i>	<i>50</i>
9.6.	ERDREICH OBERFLÄCHENNAH.....	53
9.6.1.	<i>Potentiale.....</i>	<i>53</i>
9.6.2.	<i>Typische Technologien .....</i>	<i>53</i>
9.7.	WINDKRAFT .....	56
9.7.1.	<i>Potentiale.....</i>	<i>56</i>
9.7.2.	<i>Typische Technologien .....</i>	<i>57</i>
9.8.	KOMPOSTIERUNG .....	59
9.8.1.	<i>Potential.....</i>	<i>59</i>
9.8.2.	<i>Typische Technologien .....</i>	<i>59</i>

9.9.	BIOMASSE .....	60
9.9.1.	<i>Potential</i> .....	60
9.9.2.	<i>Typische Technologien</i> .....	60
9.10.	ZUSAMMENFASSUNG .....	63
<b>10.</b>	<b>SPEICHER .....</b>	<b>65</b>
10.1.	WASSERSPEICHER .....	65
10.2.	SPEICHERUNG WÄRME UND KÄLTE IN BAUSTRUKTUR .....	66
10.3.	ELEKTROSPEICHER .....	68
10.3.1.	<i>Kapazität</i> .....	68
10.3.2.	<i>Redox Flow</i> .....	70
10.3.3.	<i>Bleiakkus</i> .....	70
10.3.4.	<i>Vanadium Flow</i> .....	71
10.3.5.	<i>Druckluftspeicher</i> .....	72
10.3.6.	<i>Speicherung in e-Mobilen</i> .....	73
<b>11.</b>	<b>STEUERUNG DER NACHFRAGE IN ABHÄNGIGKEIT VOM ANBOT AN ERNEUERBAREN RESSOURCEN UND ABWÄRMEN: „RESPONSE“ TECHNIK .....</b>	<b>75</b>
<b>12.</b>	<b>KONZEPTERSTELLUNG UND ERGEBNISSE AUS DER DYNAMISCHEN GEBÄUDE- UND ANLAGENSIMULATION</b>	<b>76</b>
12.1.	KONZEPT VORENTWURF .....	76
12.1.1.	<i>Zusammenfassung Energiekonzept und Optimierungsmaßnahmen</i> .....	76
12.1.2.	<i>Optimierung der Geometrie</i> .....	76
12.1.3.	<i>Thermische Hülle</i> .....	77
12.1.3.1.	Bestandgebäude .....	77
12.1.3.2.	Neubau .....	77
12.1.4.	<i>Belichtung, Beleuchtung</i> .....	77
12.1.5.	<i>Haustechnik, Nutzerstrom</i> .....	78
12.1.5.1.	Heizung: .....	78
12.1.5.2.	Kälte / Kühlung: .....	80
12.1.5.3.	Lüftung: .....	80
12.1.5.4.	Sanitär: .....	81
12.1.5.5.	Regelung / MSR: .....	82
12.1.5.6.	Darstellung der innovativen Haustechnikkomponenten .....	82
12.1.5.6.1.	Pufferspeicher: .....	82
12.1.5.6.2.	OPIRA: .....	82
12.1.5.6.3.	Mini BHKW .....	83
12.1.5.6.4.	Trockenklo: .....	83
12.1.5.6.5.	Serverkühlung: .....	83
12.1.5.6.6.	Energiespeicher: .....	83
12.1.5.6.7.	LED Beleuchtung .....	84
12.1.5.6.8.	Windkraft: .....	84
12.1.5.6.9.	PV-Anlage: .....	84
12.1.6.	<i>Haustechnikkonzept Standardgebäude</i> .....	84
12.1.6.1.	Heizung .....	85
12.1.6.2.	Kälte / Kühlung .....	85
12.1.6.3.	Lüftung .....	86
12.1.6.4.	Sanitär .....	87
12.1.6.5.	Regelung / MSR: .....	87
12.2.	DETAILLIERTE ANNAHMEN/RANDBEDINGUNGEN DYNAMISCHE GEBÄUDE- UND ANLAGENSIMULATION VORENTWURF .....	90
12.2.1.	<i>Ausgangsvariante Vorentwurf: Beschreibung und Berechnungsannahmen</i> .....	91
12.2.1.1.	Geometrische Grundlagen .....	91
12.2.1.2.	Bauteilaufbauten opak .....	95
12.2.1.3.	Fenster .....	96
12.2.1.4.	Sonnenschutz .....	96
12.2.1.5.	Luftdichtigkeit .....	96
12.2.1.6.	Innere Lasten, Strombedarf .....	97
12.2.1.6.1.	Personen: .....	97
12.2.1.6.2.	Arbeitshilfen .....	99



12.2.1.6.3.	Beleuchtung .....	100
12.2.1.6.4.	Maschinen .....	102
12.2.1.6.5.	Warmwasser .....	106
12.2.1.6.6.	Sonstige Gebäudetechnik.....	106
12.2.1.7.	Haustechnik.....	108
12.2.2.	<b>Energieerzeugung .....</b>	<b>111</b>
12.2.2.1.	Abwärmenutzung Druckereimaschinen, Druckluft, Serverräume.....	111
12.2.2.2.	Thermische Solarenergienutzung .....	112
12.2.2.3.	Grundwassernutzung .....	112
12.2.2.4.	Kühlung mit Außenluft .....	113
12.2.2.5.	Solare Kühlung.....	114
12.2.2.6.	Windenergie .....	114
12.2.2.7.	Photovoltaik .....	116
12.2.2.8.	Kraft-Wärmekopplung.....	117
12.2.2.9.	Wärme/Kälte-Speicherung .....	118
12.2.2.10.	Speicherung von elektrischer Energie .....	119
12.3.	<b>ERGEBNISSE AUSGANGSVARIANTE UND OPTIMIERUNG PLUSENERGIESTANDARD.....</b>	<b>120</b>
12.3.1.	<b>Ergebnisse Ausgangsvariante .....</b>	<b>120</b>
12.3.1.1.	Kurzfassung wesentliche Inputdaten.....	120
12.3.1.2.	Komfort .....	121
12.3.1.3.	Nutzenergiebedarf .....	123
12.3.1.3.1.	Heizung, Kühlung, Befeuchtung und Entfeuchtung .....	123
12.3.1.3.2.	Belichtung und Beleuchtung .....	126
12.3.1.3.3.	Warmwasser, Sonstige Gebäudetechnik.....	128
12.3.1.3.4.	Nutzerstrom.....	128
12.3.1.3.5.	Prozessenergie .....	130
12.3.1.3.6.	Zusammenfassung Nutzenergie .....	131
12.3.1.4.	Endenergiebedarf.....	132
12.3.1.5.	Plusenergiebewertung .....	135
12.3.2.	<b>Optimierung.....</b>	<b>136</b>
12.3.2.1.	Kurzfassung wesentliche Inputdaten.....	136
12.3.2.2.	Endenergiebedarf.....	138
12.3.2.3.	Plusenergiebewertung .....	141
12.3.3.	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerung .....</b>	<b>143</b>
12.4.	<b>ENERGIEKONZEPT NACH FREIGABE VORENTWURF .....</b>	<b>145</b>
12.4.1.	<b>Deckung Bedarf Wärme.....</b>	<b>145</b>
12.4.2.	<b>Deckung Bedarf Kälte.....</b>	<b>146</b>
12.4.3.	<b>Deckung Bedarf elektrische Energie.....</b>	<b>148</b>
12.4.4.	<b>Speicherung .....</b>	<b>148</b>
12.4.5.	<b>Gegenüberstellung Standardgebäude .....</b>	<b>150</b>
12.4.6.	<b>Gesundheit und Komfort.....</b>	<b>155</b>
12.4.6.1.	Thermischer Komfort .....	155
12.4.6.2.	Raumluftqualität .....	157
12.4.6.3.	Raumakustik .....	160
12.4.6.4.	Tageslicht und Besonnung.....	160
12.5.	<b>ENERGIEKONZEPT UND DYNAMISCHE GEBÄUDE- UND ANLAGENSIMULATION ENTWURF.....</b>	<b>161</b>
12.5.1.	<b>Änderungen gegenüber Vorentwurf .....</b>	<b>161</b>
12.5.2.	<b>Entwurf: Beschreibung und Berechnungsannahmen Änderungen .....</b>	<b>161</b>
12.5.2.1.	Geometrische Grundlagen .....	161
12.5.2.1.1.	Zonierung.....	161
12.5.2.2.	Bauteilaufbauten opak .....	164
12.5.2.3.	Fenster.....	168
12.5.2.4.	Sonnenschutz .....	168
12.5.2.5.	Luftdichtigkeit.....	169
12.5.2.6.	Innere Lasten, Strombedarf.....	169
12.5.2.6.1.	Personen .....	169
12.5.2.6.2.	Arbeitshilfen.....	169
12.5.2.6.3.	Maschinen.....	170
12.5.2.7.	Haustechnik.....	172
12.5.3.	<b>Energieerzeugung .....</b>	<b>172</b>

12.5.3.1.	Abwärmenutzung Druckereimaschinen, Druckluft, Serverräume .....	172
12.5.3.2.	Energieversorgung.....	173
12.5.3.3.	Speicher .....	173
<b>12.5.4.</b>	<b>Ergebnisse Einzelzonen .....</b>	<b>173</b>
12.5.4.1.	Druckhalle neu.....	173
12.5.4.1.1.	Varianten Wärmedämmung Bodenplatte .....	173
12.5.4.1.2.	Varianten innere Lasten .....	176
12.5.4.2.	Kreativwerkstatt Neubau Süd.....	177
12.5.4.3.	Kreation Neubau Nord .....	178
12.5.4.4.	Büro EG Neubau Südwest.....	179
12.5.4.5.	Veranstaltung Neubau.....	180
12.5.4.6.	Atrium Neubau .....	183
12.5.4.7.	Restaurant Neubau.....	184
12.5.4.8.	Bistro GG .....	185
12.5.4.9.	Büros OG und Multifunktionszone Altbau.....	186
12.5.4.10.	Multizone Bestand OG.....	187
<b>12.5.5.</b>	<b>Ergebnisse gesamt .....</b>	<b>190</b>
12.5.5.1.	Bilanz Endenergiebedarf .....	193
12.5.5.2.	Nachfragegesteuerte Optimierung.....	195
12.5.5.3.	Plusenergiebewertung .....	198
<b>13.</b>	<b>BEWERTUNG ÖKOLOGISCH UND WIRTSCHAFTLICH .....</b>	<b>201</b>
13.1.	BESCHREIBUNG INNOVATIVER KOSTENTEILE IM VERGLEICH ZU STANDARD-BÜRO UND –HALLE .....	201
13.1.1.	Vorbemerkungen .....	201
13.1.2.	Anmerkungen zum heutigen Industriestandard: .....	201
13.1.3.	Vergleichsobjekt: <i>Betriebshalle gehobener Standard, Bürotrakt mit Passivkomponenten</i> .....	202
13.1.4.	<i>Leuchtturm Gugler Triple Zero: Darstellung der kostenmäßig relevanten Innovativen Elemente</i> .....	203
13.1.4.1.	Darstellung Innovative Gebäudeelemente, die nicht durch den Vergleich der Aufbauten dargestellt werden können: 203	
13.1.4.1.1.	Geometrie und optimale Nutzung Tageslicht: .....	203
13.1.4.1.2.	Wand und Decke- Elementbauweise: .....	204
13.1.4.1.3.	Fußboden, Dachaufbau .....	204
13.1.4.1.4.	Bauweise .....	204
13.1.4.1.5.	Aufbauten und Beläge.....	205
13.1.4.1.6.	Bauliche Maßnahmen für innovative Haustechnische Anlagen .....	205
13.1.4.2.	Ausstattungsliste HKLSR + E + Wind + PV + E-Speicher .....	206
13.1.4.2.1.	Wärmeerzeugung.....	206
13.1.4.2.2.	Wärmeverteilung .....	206
13.1.4.2.3.	Wärmeabgabe.....	206
13.1.4.2.4.	Lüftung .....	206
13.1.4.2.5.	Kälteerzeugung .....	206
13.1.4.2.6.	Kälteverteilung.....	206
13.1.4.2.7.	Kälteabgabe .....	206
13.1.4.2.8.	Sanitär .....	206
13.1.4.2.9.	Brandschutz.....	207
13.1.4.2.10.	Druckluftspeicher (Energiespeicher) .....	207
13.1.4.2.11.	Elektrotechnik .....	207
13.2.	WIRTSCHAFTLICHE UND ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG ÜBER DEN LEBENSZYKLUS .....	208
13.2.1.	Annahmen.....	208
13.2.2.	Basisvarianten.....	208
13.2.3.	Varianten Energiepreissteigerung und Betrachtungszeitraum .....	214
13.2.4.	Zusammenfassung wirtschaftliche und ökologische Bewertung .....	216
<b>14.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>218</b>
<b>15.</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>221</b>
<b>16.</b>	<b>TABELLEN UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>231</b>
16.1.	TABELLEN.....	231
16.2.	ABBILDUNGEN .....	234

# 1. Kurzfassung

Das Projekt „gugler“ besteht aus Grundlagenforschung, angewandter experimenteller Entwicklung, integrierter Generalplanung, Gebäudeerrichtung, Monitoring/Optimierung und Dissemination. Das vorliegende Subprojekt 4 „Energiekonzept Leuchtturm Gugler“ erarbeitet für Zu- und Umbau des Druckereibetriebes Gugler ein Gesamtenergiekonzept, das von einer optimierten Gebäudestruktur und -hülle ausgehend über effiziente Anlagentechnik und konsequente Nutzung lokal verfügbarer Energiequellen den Plusenergiestandard sicherstellt und dokumentiert.

Plusenergie bedeutet dabei, dass der Primärenergieverbrauch des Gebäudes unter der am Gebäude bzw. auf dem Grundstück erzeugten erneuerbaren Energie liegt. Dabei wurden im gegenständlichen Projekt alle Anwendungen innerhalb des Gebäudes zur Funktionsgewährleistung (Heizung, Kühlung, Lüftung, Warmwasser, Hilfsenergie) und zusätzlich noch alle office anwendungen umfasst (Beleuchtung, Arbeitshilfen, Aufzüge, etc.). Die Neubauhülle wurde im Passivhausstandard in Rahmenbauweise geplant. Der Bestand wird energetisch ertüchtigt. Es werden alle Maßnahmen getroffen, um den Verbrauch zu minimieren. Der Energiebedarf wird teilweise aus der Produktionsabwärme gedeckt werden, weiters aus einer Kombination von Solarenergie, Windenergie und Grundwasser. Auch die Verwendung eines Druckluftspeichers zur Kurzzeitspeicherung ist geplant. Der Stromverbrauch für die Prozessenergie wird in die Erstellung des Plusenergiekonzept miteinbezogen, jedoch nur im Falle wirtschaftlicher Darstellbarkeit auch in der Realisierungsphase umgesetzt.

Ein wesentlicher Baustein ist die bedarfsgerechte Deckung der in Druckerei und Verwaltung geforderten Energiedienstleistungen. Passivhaustechniken stellen bewährte Maßnahmen dar, die im vorliegenden Fall durch eine druckerei-spezifische Optimierung ergänzt wird. Diesem Konzept - passiven Maßnahmen einem aktiven Energieaufwand vorzuziehen - wird konsequent gefolgt. Durch die Einbringung der Zuluft mittels Quellluftenergieauslässen kann bei minimierten Zuluftstrom die Raumluftqualität im Aufenthaltsbereich erhöht, der Zuluftkonditionierungsaufwand (Befeuchtung) im Vergleich zum Bestand drastisch reduziert werden. Der verbleibende Energiebedarf wird soweit möglich aus den vorhandenen Energiequellen im Gebäude (Abwärme von Druckmaschinen, Kompressoren, Serverkühlung, Wärme- und Feuchterückgewinnung, Tageslicht, Erdwärme Halle) und Energieressourcen vor Ort (Sonne, Grundwasser, Nachtkühle, Wind) gedeckt. Dazu wurde eine detaillierte Erhebung des vorhandenen Potentials durchgeführt, wobei vor allem die Erhebung von dynamischen Abwärmepotentialen ein hohes Maß an Mess- und Auswertungsaufwand bedeuteten. Auch die Verwendung eines Druckluftspeichers zur Kurzzeitspeicherung wurde untersucht und stellt ein derzeit zwar noch nicht wirtschaftliche, aber energetisch durchaus interessante Alternative dar.

Die Verschränkung von Nachfrage und Angebot erfordert neue Konzepte in der Beschreibung des dynamischen Charakters der Energiedienstleistung, des daraus resultierenden Energiebedarfs, dessen Deckung und der verfügbaren anbotsseitigen Energiequellen. Ziel war zwar ein Plusenergiegebäude, das ein über das Jahr erzielttes energetisches „Plus“ erzielt, es wurden aber im Detail die dynamische Reaktion von Produktionsprozessen und Gebäude auf die zeitliche Variabilität des erneuerbaren Energie- und Abwärmeangebot untersucht. Wärme- und Kälteabgabe werden über Flächensysteme realisiert, um mit geringen Über-, bzw. Untertemperaturen heizen und kühlen zu können und damit auch Energie auf geringem Exergiegehalt nutzen zu können. Kälte und Wärme werden möglichst thermisch bereitgestellt, nur als Ausfallsicherheit und für Spitzenlasten wird klassische, aber optimierte Kompressionskälte eingesetzt. Durch Speicher- und Lastmanagement im eigenen Betrieb und Standort konnte ein höherer Eigendeckungsanteil erreicht werden. Die quantitative Darstellung von Angebot und Verbrauch muss je nach Planungsstand in den dafür geeigneten Zeiträumen erfolgen (kurzfristige Schwankungen in Stunden, Tag/Nachtzyklus, Arbeitswoche/Wochenende, Jahreszeiten). Neben der Nutzung des Gebäudes als Speicher und zwei 10m<sup>3</sup> Wasserspeicher

wurde auch die bewusste Vorheizen und –kühlen des Gebäudes in die Optimierung miteinbezogen. Die dynamisch gestützte Bewertung erfolgte anhand des Saldos von Endenergie, Primärenergiebedarf und Treibhauspotential.

Neubau und ertüchtigter Bestand können Plusenergiestandard (ohne Prozessenergie, aber inklusive Konditionierung und Beleuchtung Produktionshallen) mit einer 210kWp-Anlage und 2 Kleinwindräder mit je 15kW erreichen. Durch die eingesparten Betriebskosten und die Umweltförderungen ist der Plusenergiestandard über 30, aber auch innert 15Jahren wirtschaftlicher als ein konventioneller Vergleichsbau.

Soll auch die Prozessenergie am Standort abgedeckt werden, ist zusätzlich eine ca. 300kWp Anlage erforderlich, die am Standort noch realisierbar ist.

Das Gebäude ist gemäß Stand Entwurfsplanung CO2-neutral in Bezug auf Gebäudebetrieb und Herstellung und Instandsetzung Baumaterialien und Energieversorgungsanlagen.

## 2. Abstract

The project "gugler" comprises research, applied experimental development, integrated planning of building services, erection of the building, monitoring and optimisation, and dissemination. The subproject 4 "Energy Concept Leuchtturm Gugler" aims at working out a general energy concept for the refurbishment of an existing, and an additional new building for the printery Gugler. The concept starts with an optimisation of the buildings' structure and shell, continues with efficient building services including use of locally available renewable energy sources. The overall aim is to achieve a "plus energy" standard for the building.

Plus energy means in this context that primary energy use of the building is lower than the amount of renewable energy produced on the building or on its premises. Included are all basic services (heating, cooling, ventilation, hot water, auxiliary energy) and all specific services (lighting, equipment, elevators). The shell of the new building was specified as timber frame construction according to the Passive House Standard. The existing building will be improved in terms of energy efficiency. All kinds of measures will be taken to minimise energy consumption. Energy demand will be partially met using production waste heat combined with solar energy, wind power and groundwater. Also a compressed air reservoir for short term energy storage is planned. Electricity consumption for process energy will be included in the plus energy concept but implemented only if proved economical.

A core part of the concept is to provide printery and offices with energy services according to their demand. Passive house techniques are a proved and cost-efficient and can be specifically refined for printing facilities. In any case passive measures (saving of energy expenditure) are preferred to active measures (energy use).

By supplying air with displacement air diffusers air flow and thus air moistening can be minimised while air quality is improved in the occupational areas.

Remaining energy demand is met by sources that are available within the building (waste heat from printery processes, compressors, computer waste heat, heat and moisture recovery, daylight, geothermal heat) and locally (sun, groundwater, night cooling, wind ...). A detailed survey of the existing potentials has been conducted, which paid great attention to dynamic profiles, taking to great efforts for measurements and evaluation

Also a compressed air reservoir for short term energy storage was studied and was found to be an interesting alternative in terms of energy but not yet in economic terms.

Mutual entanglement of demand and supply calls for new concepts for description of the dynamic character of the energy service, its resulting energy demand and coverage, and of the available supply of energy sources.

While a Plus Energy Building should generate an energetic plus in an annual balance, we also studied in detail temporal variabilities of renewable energy and waste heat supply.

Heating and cooling panels are used to take advantage of small temperature differences using energy with small exergy content.

Cooling and heating energy is supplied generally as thermal energy, backed up for failure safety and for peak demand with "classical" but optimised vapor-compression refrigeration.

By storage and load management within the building premises a higher rate of energy self supply could be achieved.

A quantitative representation of demand and supply must display different time intervals in different design stages (hours, day/night, work week/weekend, seasons) to account for short-time fluctuations. Optimisation included the building as thermal store, two 10 m<sup>3</sup> water tanks and

preheating and pre-cooling of the building. A dynamic evaluation uses balances of final energy, primary energy demand and greenhouse gas potential.

The new building and the refurbished building stock meet Plus Energy Standard (excluding process energy but including conditioning and lighting of production facilities) with a 210 kWp installation and two small wind turbines à 15 kW. Due to savings in operating costs and with help of government aid (Umweltförderung) additional expenses related to the Plus Energy Standard reach pay off periods of 30 years but also of 15 years.

To cover also process energy demands by on-site production, another 300 kWp installation would be needed and could be accommodated on the premises.

Buildings are (at the design stage) carbon-neutral in terms of building operation, building materials production and repair/replacement and energy generating facilities.

## **3. Einleitung/Aufgabenstellung**

### **3.1. Aufgabenstellung, Zielsetzung**

Zentrales Ziel ist die Erstellung eines Plusenergiekonzepts für die folgenden Energiedienstleistungen:

- Gebäudetechnik: Heizen, Kühlen, Befeuchten, Entfeuchten, Warmwasser, Lüften
- Beleuchtung
- Dienstleistungen, die direkt der Nutzung des Gebäudes dienen (Lift, etc.)
- Nutzerstrom für Bürotätigkeiten, Küche, Veranstaltungen

Nicht abgedeckt werden muss die Prozessenergie, die vor allem in der Form von elektrischer Energie bereitgestellt werden muss. Ein „theoretisches“ Konzept, das einen „Plusenergiesaldo“ inklusive Prozessenergie aufweist, ist zu entwickeln.

In der Plusenergiebilanz nicht enthalten ist der Aufwand für die Errichtung und Instandhaltung des Gebäudes. Vorab enthalten ist der Aufwand für die Errichtung der Energieversorgungsanlagen.

Transporte sowohl der MitarbeiterInnen von zu Hause zur Arbeitsstelle oder auch im Dienst des Arbeitgebers werden in der Bilanz nicht mitberücksichtigt.

### **3.2. Bezug zu den Zielen von „Haus der Zukunft Plus“**

Um die Ziele von Haus der Zukunft erreichen zu können, ist es notwendig Gebäude in einen zeitlichen und räumlichen Kontext zu integrieren. Zeitlicher Kontext bedeutet einen Betrachtungshorizont zu wählen, der nicht nur einen punktuellen Istzustand erfasst, sondern mit dem das Gebäude in seiner zeitlichen Ausdehnung von der Produktion bis zur Wiederverwertung betrachtet wird (LCA). Räumlicher Kontext bedeutet das Einnehmen eines Betrachtungsstandpunktes, mit dem die Errichtung eines Gebäudes als kleine, jedoch sinnvoll in einen globalen Gesamtzusammenhang einzubettende Teilmaßnahme wahrgenommen wird (CO<sub>2</sub>-, energie- und abfallneutral).

Dies ist im Leitprojekt „gugler! build & print triple zero“ in bisher einzigartigem Maße der Fall. Genau die in der Programmlinie definierte langfristige Vision für das „Gebäude der Zukunft“, die Verringerung der treibhausrelevanten Emissionen über den Lebenszyklus auf Null (und damit u.a. die Umwandlung des Gebäudes vom Verbraucher zum Lieferanten von Energie) ist das, was im vorliegenden Projekt schon in einer realen, tatsächlichen, angreifbaren, besichtgbaren Leuchtturmumsetzung stattfinden soll. Auch die Erstellung eines Plusenergiekonzeptes und die reale Umsetzung trifft direkt den Fokus der Programmlinie. Dabei ist vor allem die Aufbereitung wesentlich, nämlich die Darstellung der Schritte von der Analyse und Minimierung des Bedarfes über mögliche Synergien mit Prozessen zur Ausnutzung des am Grundstück zur Verfügung stehenden Angebotes an erneuerbaren Energien und seine in die bauliche Maßnahme integrierte Nutzung.

Daneben ist das Gebäude inhaltlich im Programmschwerpunkt Betriebsgebäude angesiedelt. Private Klein- und Mittelunternehmer eignen sich gut als Leuchtturmbildner und Innovationsträger, da einerseits ihr hohes persönliches Engagement auch mit einer hohen Entscheidungskompetenz einhergeht und sie nicht an Aktionäre gebunden sind, die nur an der Maximierung des finanziellen Gewinns orientiert sind, weil weiters das umgesetzte Gebäudevolumen in seiner Größe trotzdem durchaus in der Lage ist, einen signifikanten Beitrag zu einer Gesamtstatistik zu leisten und weil drittens auch die Verbindung zwischen Firmenführung und MitarbeiterInnen so eng ist, dass auch das Nutzerverhalten der MitarbeiterInnen positiv beeinflusst werden kann.

Um diesen großen Beitrag des Leuchtturmes leisten zu können sind dem Errichtungsprojekt einige Teilprojekte vorgelagert, die ihrerseits präzise an den Zielen der Programmlinie orientiert sind und gleichzeitig in ihrem Forschungsansatz nicht nur für das gegenständliche Bauprojekt wesentlich sind, sondern einen grundsätzlichen Beitrag für die „Gebäude der Zukunft“ leisten.

Im Subprojekt „Energiekonzept“ wird der Plusenergiestandard in enger Abstimmung mit dem Gebäude- und Produktionskonzept erarbeitet. Zur optimalen Verzahnung von Energiebedarf und -anbot ist vor allem die Nutzung optimierter Speichersysteme erforderlich. Wesentliche Beiträge werden im Bereich des zeitlich differenziert betrachteten „Plusenergie“-Potentials geleistet.



## 4. Medienhaus Gugler: Dienstleistungen und wesentliche energetische Kennzahlen im Bestand

### 4.1. Dienstleistungen

Die Medienhaus Gugler bietet die folgenden Produkte und Dienstleistungen an:

- Eine große Palette von Druckerzeugnissen
- Grafische Bearbeitung, Layoutierung
- Erstellung von Internetauftritten für Firmen
- Serverhosting

Anmerkung: Ein erfolgreiches Medienhaus Gugler möchte eine große Anzahl an Druckereierzeugnissen oder grafische Dienstleistungen an die Frau/ an den Mann bringen: Wachsende Produktzahlen erhöhen bei gleichbleibender Technologie den absoluten Energieverbrauch und verstärken damit den Druck auf eine hocheffiziente und erneuerbare Energieversorgung zur Erreichung eines positiven Primärenergiesaldos.

### 4.2. Energetische Kennzahlen Bestand

Ausgangspunkt der Erstellung eines Plusenergiekonzeptes sind die Endenergieverbräuche der Druckerei Gugler aus den letzten Jahre, die in der Form von Lastprofilen, Zählerablesungen und des laufenden Monitorings vorliegen [NEC 2012, Fa Gugler 2012].

Das bestehende Gebäude der Druckerei Gugler wurde in den 90iger Jahren als Niedrigenergiegebäude in Leichtbauweise errichtet. Die Beheizung erfolgt mittels Erdgasheizung, neben dem Verbrauch an elektrischer Energie für Gebäudetechnik, Büro und Prozesstechnik wird auch Grundwasser zur Kühlung und Wasser zur Befeuchtung eingesetzt.

Nachfolgend sind die Messwerte aus dem Jahr 2011 dargestellt.

Energiebedarf Gugler 2011	Messwerte 2011	Endenergie	Endenergie	
Bezugsfläche 2133 m <sup>2</sup>		kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	
Strombedarf	<b>595'499</b> kWh/a	595'499	279.2	Lastprofil
Strombedarf Prozess		335'919	157.5	Aufteilung gemäß Profilen
Strombedarf Büro/Verwaltung		259'580	121.7	Aufteilung gemäß Profilen
Erdgas	<b>7'534</b> m <sup>3</sup> /a	75'344	35.3	Brennwert 10kWh/m <sup>3</sup>
Wasserverbrauch Brunnenkühlung	<b>6'093</b> m <sup>3</sup> /a	35'373	16.6	Berechnung mit $\Delta T = 5K$
Wasserverbrauch Befeuchtung	<b>113</b> m <sup>3</sup> /a	76'903	36.1	Verdampfungsenthalpie

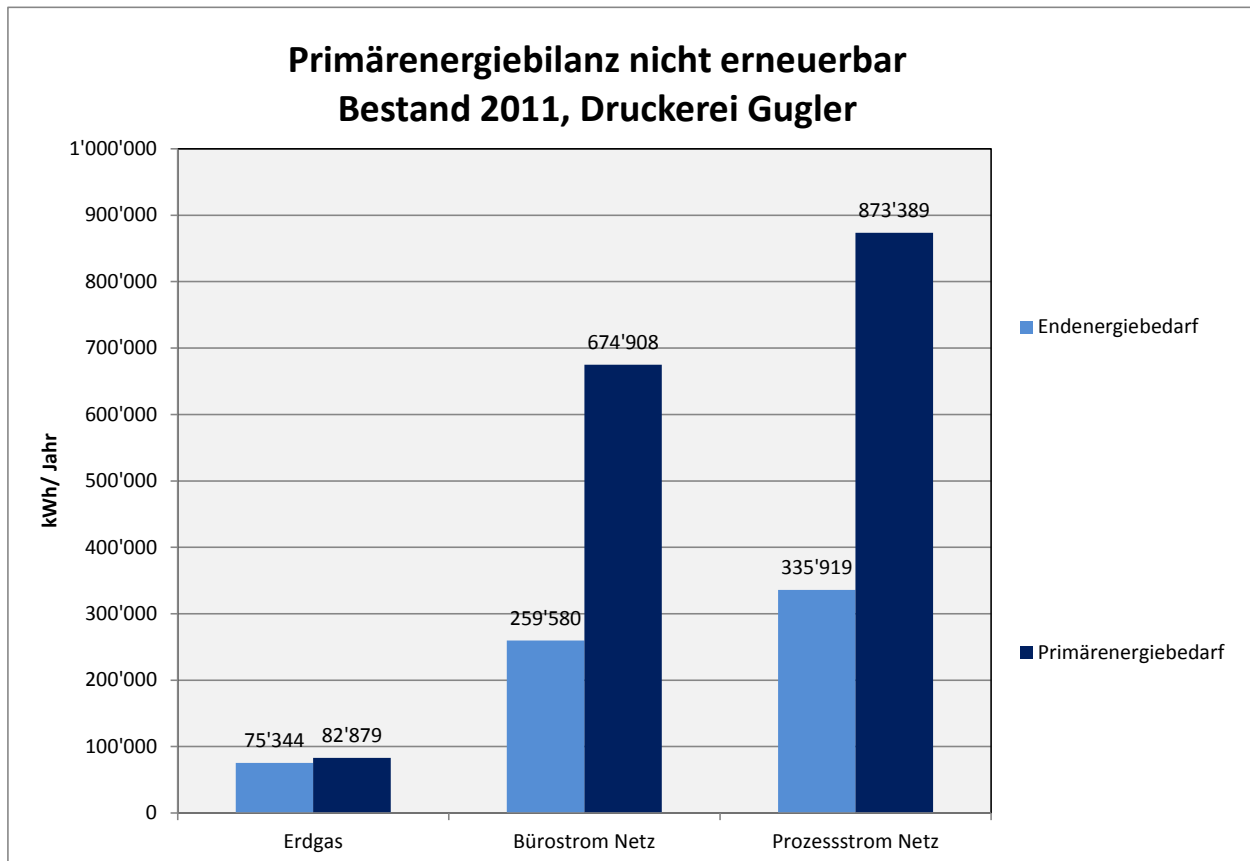
Anmerkung: Die Aufteilung zwischen Prozessstrom und Bürostrom gründet auf einer Abschätzung aus den Lastprofilen der Fa. Gugler der letzten 5 Jahre.

Tabelle 1: Energetische Kennzahlen des Bestands in 2011

- Der Strombedarf dominiert den Energiebedarf deutlich: Eine solide Abgrenzung zwischen Prozessstromverbrauch und dem restlichen Verbrauch an elektrischer Energie ist wesentlich für das zu entwickelnde Plusenergiekonzept.
- Der Bedarf an Erdgas ist verhältnismäßig gering, zum einen durch die hohen inneren Wärmen von Computern und Maschinen, zum anderen durch den hohen Belegungsgrad und den relativ rezenten Baustandard.

- Für die Vorkühlung der Zuluft und für die Bauteilkühlung wird eine Brunnenkühlung verwendet, der Verbrauch ist im Vergleich zu konventionellen Bürogebäuden verhältnismäßig niedrig. Allerdings können in manchen Bereichen komfortable Raumtemperaturen nicht eingehalten werden.
- Verhältnismäßig hoch ist der Befeuchtungsaufwand, der wahrscheinlich vor allem für den Produktionsbereich anfällt.

Die Primärenergiebilanz 2011 stellt sich wie folgt dar:



Anmerkung: Die Gewichtung erfolgt mit dem UCTE-Strommix, nicht mit dem seit ca. 1,5 Jahren bezogenen Strommix Naturkraft. Erneuerbare Energiequellen werden nur dann in Anschlag gebracht, wenn sie selbst hergestellt werden, entweder am Grundstück oder in unmittelbarer Nachbarschaft.

Abbildung 1: Primärenergiebilanz nicht erneuerbar des Bestands in 2011 der Druckerei Gugler

- Die primärenergetische Bewertung zeigt die starke Umweltbelastung durch den hohen Stromverbrauch noch deutlicher auf.
- Insgesamt werden ca. 1.600.000 kWh nicht erneuerbare Primärenergie pro Jahr verbraucht.

## **5. Methoden**

### **5.1. Indikatoren zur Beschreibung der ökologischen Performance**

#### **5.1.1. Übersicht**

Eine Methode zur Bewertung von Umweltauswirkungen von Produkten oder Prozessen ist die Ökobilanz. Sie beruht auf der Erfassung aller wesentlichen Stoff- und Energieströme (Sachbilanz), die Klassifizierung und Charakterisierung der Substanzen hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen (Wirkungsabschätzung bzw. Wirkbilanz) und die anschließende Auswertung.

Methodische Grundlagen der Ökobilanz sind:

- ISO 14040 Environmental management – Life cycle impact assessment –Principles and framework (ISO 14040: 2006. Oktober 2006)
- ISO 14044 Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006. Oktober 2006)

Energieversorgungsanlagen werden inkl. Herstellung der Anlagen bilanziert. Das bedeutet, dass die Herstellung z.B. von Photovoltaikmodulen berechnet wird und über die durchschnittliche Nutzungsdauer auf den durchschnittlichen Ertrag bezogen. Für das Treibhauspotential inkl. Errichtung Gebäude wurden Baumaterialien im vorliegenden Projekt bis zum Ende der Produktionsphase bilanziert. Die ökologischen Kennwerte der Bauteile sind die Summe der ökologischen Kennwerte aller eingesetzten Baustoffe pro m<sup>2</sup>. Transporte zur Baustelle und Materialverluste (Verschnitte etc.) sind nicht berücksichtigt. Die Erneuerung ist berücksichtigt.

#### **5.1.2. Primärenergieinhalt**

Als Primärenergieinhalt (abgekürzt PEI, auch Primärenergieverbrauch bzw. -bedarf) wird der zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung erforderliche Gesamtverbrauch an energetischen Ressourcen bezeichnet. Der Primärenergieinhalt beinhaltet also z.B. auch die Energieaufwendungen für die Rohstoffgewinnung oder Energieverluste durch Abwärme. Er wird aufgeschlüsselt nach Energieträgern aus nicht erneuerbaren Ressourcen (Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle, Atomkraft) und Energieträgern aus erneuerbaren Ressourcen (Biomasse, Wasserkraft, Sonnenenergie und Windenergie). Der Primärenergieinhalt wird aus dem oberen Heizwert aller eingesetzten energetischen Ressourcen berechnet.

#### **5.1.3. Treibhauspotenzial**

Das Treibhauspotenzial GWP (global warming potential) beschreibt den Beitrag eines Spurengases zum Treibhauseffekt relativ zu Kohlendioxid. Für jede treibhauswirksame Substanz wird eine Äquivalenzmenge Kohlendioxid in Kilogramm errechnet. Somit kann der direkte Einfluss auf den Treibhauseffekt zu einer einzigen Wirkungskennzahl zusammengefasst werden.

Das Treibhauspotenzial kann für verschiedene Zeithorizonte (20, 100 oder 500 Jahre) bestimmt werden. Der kürzere Integrationszeitraum (Zeitspanne, während der das Eingangssignal abgetastet und der durchschnittliche Wert berechnet wird) von 20 Jahren ist entscheidend für Voraussagen bezüglich kurzfristiger Veränderungen aufgrund des erhöhten Treibhauseffekts, wie sie für das Festland zu erwarten sind. Entsprechend kann er verwendet werden, wenn der Temperaturanstieg auf z.B. 0,1 °C pro Dekade begrenzt werden soll. Die Verwendung der längeren Integrationszeiten von 100 und 500 Jahren demgegenüber ist angebracht für die Evaluation des langfristigen Anstiegs des Wasserspiegels der Weltmeere und dient

beispielsweise dazu, die Treibhausgase unter der Begrenzung des totalen, anthropogen verursachten Temperaturanstiegs auf z.B. 2 °C zu gewichten. Für Baumaterialien wird meist so wie auch hier der GWP 100 verwendet.

#### 5.1.4. Verwendete Konversionsfaktoren

Um konsistent mit der in Subprojekt 2 und 3 durchgeführten ökologischen Bewertung zu sein, wurden die Ecoinvent-Datenbasis für die Energieversorgung und für die baulichen Strukturen die verwendet. Für die Gesamtbewertung wird der Primärenergiebedarf nicht erneuerbar sowie das Treibhauspotential herangezogen.

Ecoinvent	Primärenergie- bedarf nicht erneuerbar PEI ne	Treibhaus- potential GWP	Versauerungs- potential AP	Primärenergie- bedarf erneuerbar PEI e	Primärenergie- bedarf gesamt PEI ges
Datenbankstand Februar 2012	kWh/kWh End	kg CO2/kWh End	kg SO2/kWh End	kWh/kWh End	kWh/kWh End
Strom UCTE	2.94	0.512	0.0024	0.19	3.13
Erdgas	1.30	0.260	0.0002	0.00	1.31
Solarthermie	0.06	0.011	0.0001	0.01	0.07
PV	0.34	0.073	0.0004	0.05	0.40
Windkraft	0.05	0.012	0.0001	1.08	1.13

Tabelle 2: Konversionsfaktoren Ecoinvent

Abwärmennutzung ist ökologisch „gratis“, d.h. die Belastungen werden der Primärfunktion (z.B. Drucken) zugeordnet.

In den in der OIB-Richtlinie 6 definierten Konversionfaktoren ist die alternative Energieaufbringung mittels PV, Wind oder Solarthermie nicht enthalten. Das Leuchtturmprojekt Gugler würde daher (und aus anderen Gründen) deutlich leichter einen Plusenergiesaldo erzielen.

#### 5.2. Gebäude- und Anlagensimulation

Die raumklimatischen und energetischen Untersuchungen wurden mit Hilfe des dynamischen Gebäudesimulationspakets TRNSYS17 durchgeführt.

- Temperaturen, Feuchtigkeitszustände und Heizwärmebedarf der Raumgruppen wurden in Abhängigkeit von
- Klima (Außentemperatur, direkte und diffuse Einstrahlung auf alle Gebäudeaußenteile, relative Feuchte, Wind),
- Nutzereinflüssen (Lüftung, Fensteröffnen, Sonnenschutzbedienung, innere Lasten durch Personen, Beleuchtung und Geräte)
- Haustechnischen Anlagen und deren Regelung und

- Qualität der Gebäudeteile (Speicherfähigkeit und Leitfähigkeit der Wärme und Feuchte, Solare Transmission bei transparenten Bauteilen, etc.)
- in 0.5-Stundenschritten berechnet. Die Ergebnisse werden in Stunden-Mittelwerten dargestellt.

Zu Details siehe [www.transsolar.com](http://www.transsolar.com).

## 6. Plusenergiestandard und Systemgrenzen

Primäres Ziel ist das Erreichen des Plusenergiestandards, d.h. dass mehr Primärenergie aus dem System fließt als von diesem gebraucht wird. Ein Bezug zum produzierten Output, wie in Produkt-Ökobilanzen üblich (z.B. Ökologische Belastung pro kg bedrucktem Papier oder pro Operation auf Server), ist daher nicht erforderlich. Obwohl die Menge der hergestellten Produkte den Bedarf an energetischen Ressourcen und die Menge an Schadstoffen stark beeinflussen, tritt dieser nicht explizit auf. Mit anderen Worten, wenn das Medienhaus Gugler deutlich mehr produziert in Zukunft, so ist für den Erhalt des Plusenergiestandards entweder eine entsprechende Reduktion des Energiebedarfs oder eine Steigerung der Energieproduktion vor Ort erforderlich. Mit Berücksichtigung der Errichtung dieser Technologien.

Die Begriffe Energieautarkie, Energieautonomie oder Plusenergiestandard sind derzeit noch nicht normiert. Üblicherweise (und in diesem Projekt) werden diese wie folgt definiert:

**Energieautarkie:** In einem definierten räumlichen und zeitlichen System werden alle Energieaufwendungen im System selbst ohne Energieflüsse von außen (Energieinputs) aufgebracht. Die Darstellung erfolgt üblicherweise über ein typisches Jahr. Hinweis: Eine Darstellung in Primärenergie ist im Prinzip nicht erforderlich, da es keine „anthropogene“ Energieflüsse über die Systemgrenzen hinweg gibt.

**Energieautonomie:** Die Selbstversorgung mit Energie wird nur im Mittel über einen bestimmten Zeitraum (üblicherweise ein Jahr) erreicht. Um eine Bilanz aller anthropogener Energieflüsse an der Systemgrenze erfassen zu können und miteinander verrechnen zu können, ist die Bewertung in Primärenergie sinnvoll. Der Begriff Energieautonomie wird meist für Gemeinden oder Regionen verwendet.

**Plusenergiestandard:** Das System, in unserem Fall das Medienhaus Gugler produziert über einen typischen Zeitraum von 1 Jahr mehr Primärenergie als es verbraucht.

**Primärenergieflüsse in das System werden negativ,**

**Primärenergieflüsse aus dem System positiv bilanziert!**

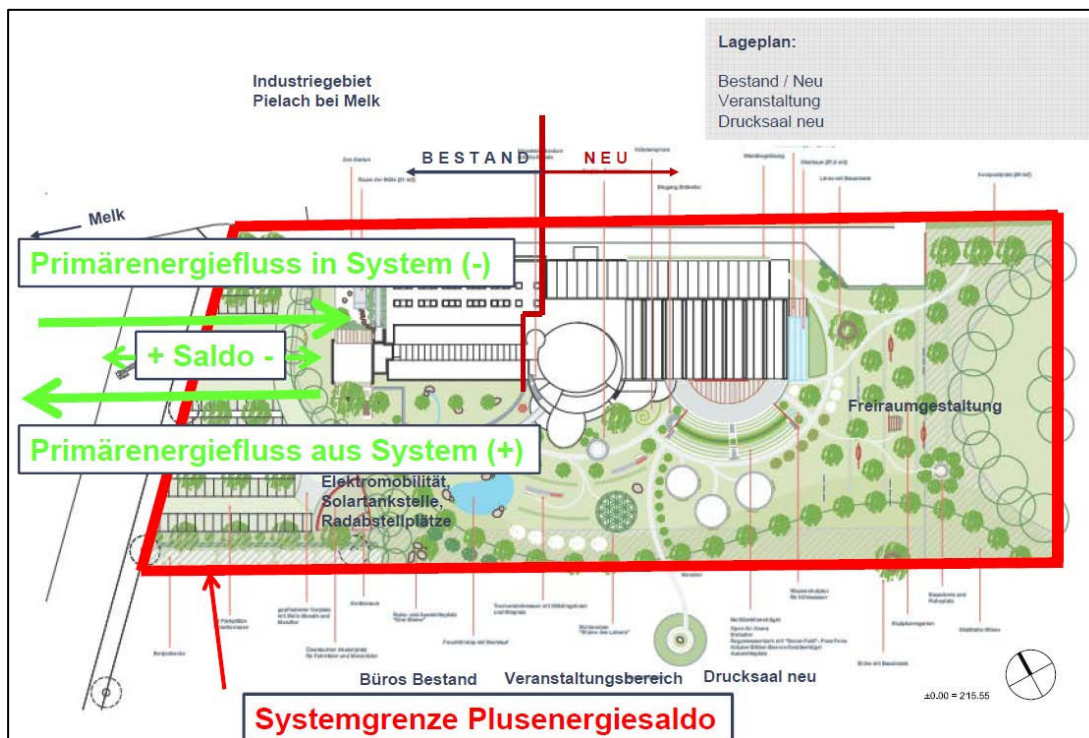


Abbildung 2: Systemgrenze Plusenergiestandard

Die Bilanz erfasst die folgenden Energiedienstleistungen:

- Konditionierung Bestand und Neubau, sowohl Bürotrakt als auch Produktionshallen
- Beleuchtung
- Alle sonstigen Energiedienstleistungen wie Betrieb Auszug, MSR etc. außer Prozessenergie (Druckerei, Serverhosting)
- Herstellung der Energieversorgungsanlagen

In einer erweiterten Betrachtung wird auch der Plusenergiestandard inkl. Prozessenergie analysiert und Maßnahmen dafür vorgeschlagen.

Das Ziel CO<sub>2</sub>-Neutralität wird inkl. Herstellung und Instandhaltung des Gebäudes dargestellt.

Nicht enthalten sind im Plusenergiesaldo:

- Transporte der Fa. Gugler außer Stapler
- Mobilität der Mitarbeiter von Zuhause zum Medienhaus und retour. (Hinweis gemäß Minergie-Modell werden 50% dem Produktionsstandort zugeschrieben.
- Die Entsorgung von gebäudetechnischen Anlagen

## 7. Randbedingung Klima

Außenlufttemperatur und Sonneneinstrahlung direkt und diffus wurden einem synthetischen Wetterdatensatz (Meteonorm), in diesen wurde eine sehr heiße gemessene Periode (Amstetten) integriert.

Seit kurzem sind langjährige Klimadaten des ZAMG aus Melk (2009-2012) und weiteren Standorten aus der Umgebung mit längeren Zeitreihen vorhanden. Eine langjährige Simulation des Gebäudes mit den realen Wetterdaten ist möglich. Zudem wird vor allem eine Korrelation mit den vor Ort gemessenen Wetterdaten, vor allem der Luftgeschwindigkeiten, abgeleitet.

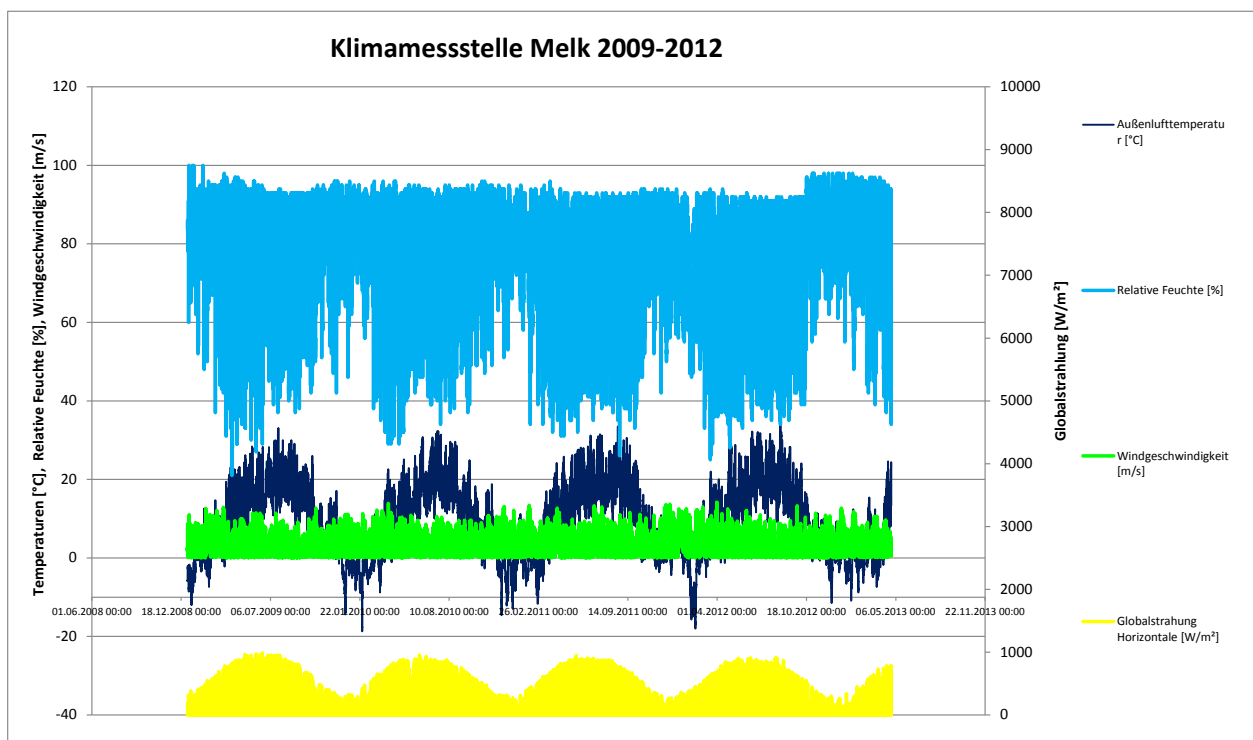


Abbildung 3: Messergebnisse der Klimamessstelle Melk der Jahre 2009-2012



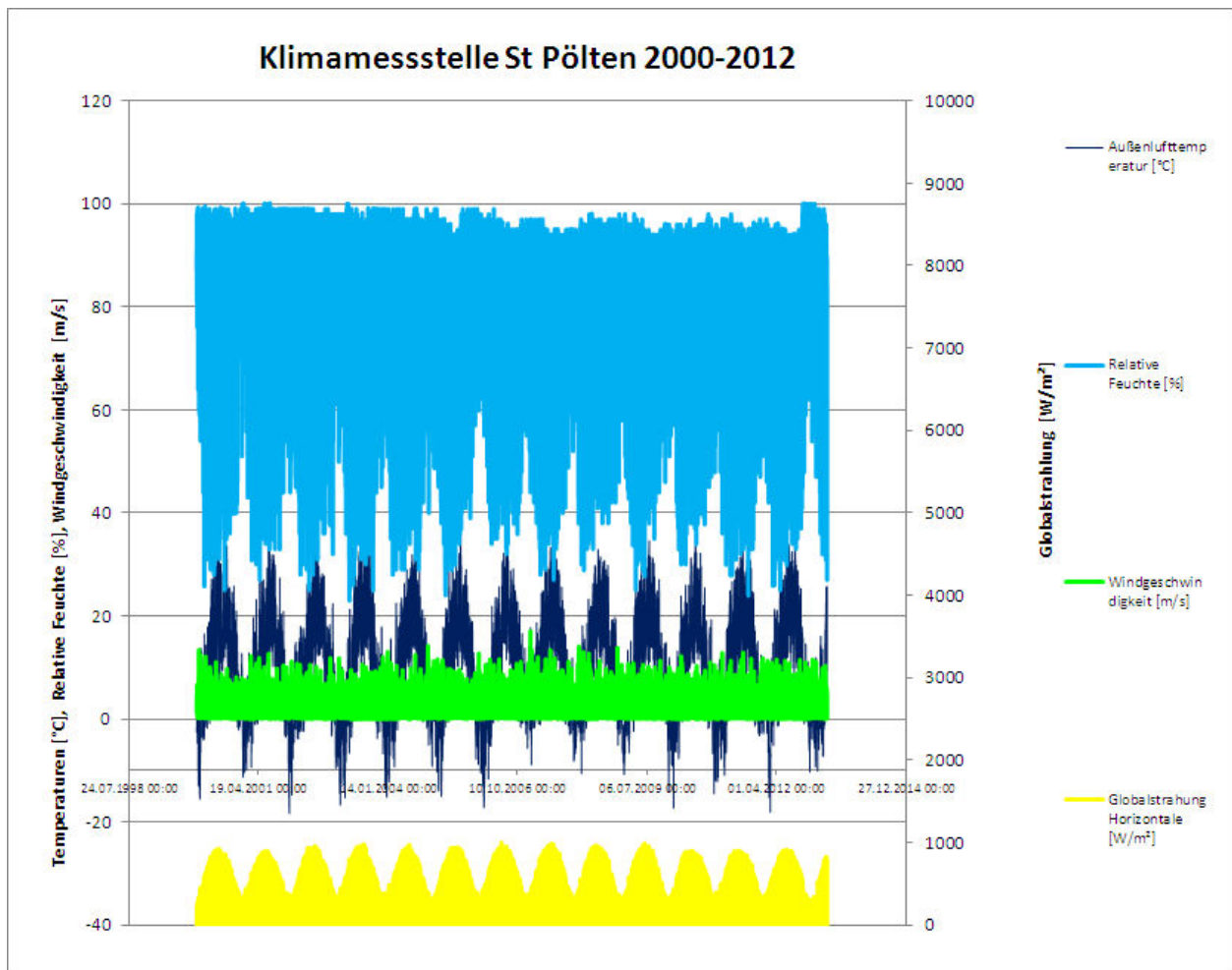


Abbildung 4: Messergebnisse der Klimamessstelle St. Pölten der Jahre 2000-2012

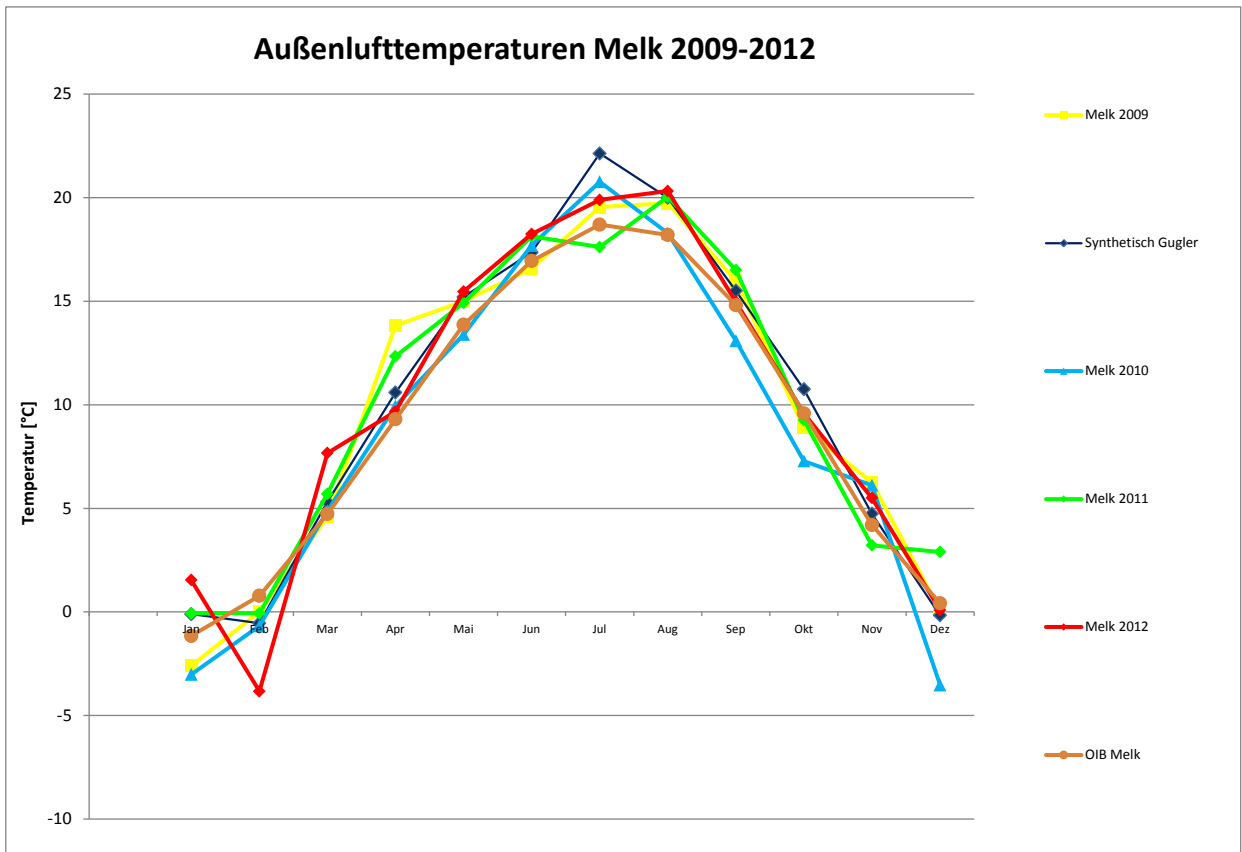


Abbildung 5: Verlauf der Außenlufttemperaturen in Melk der Jahre 2009-2012

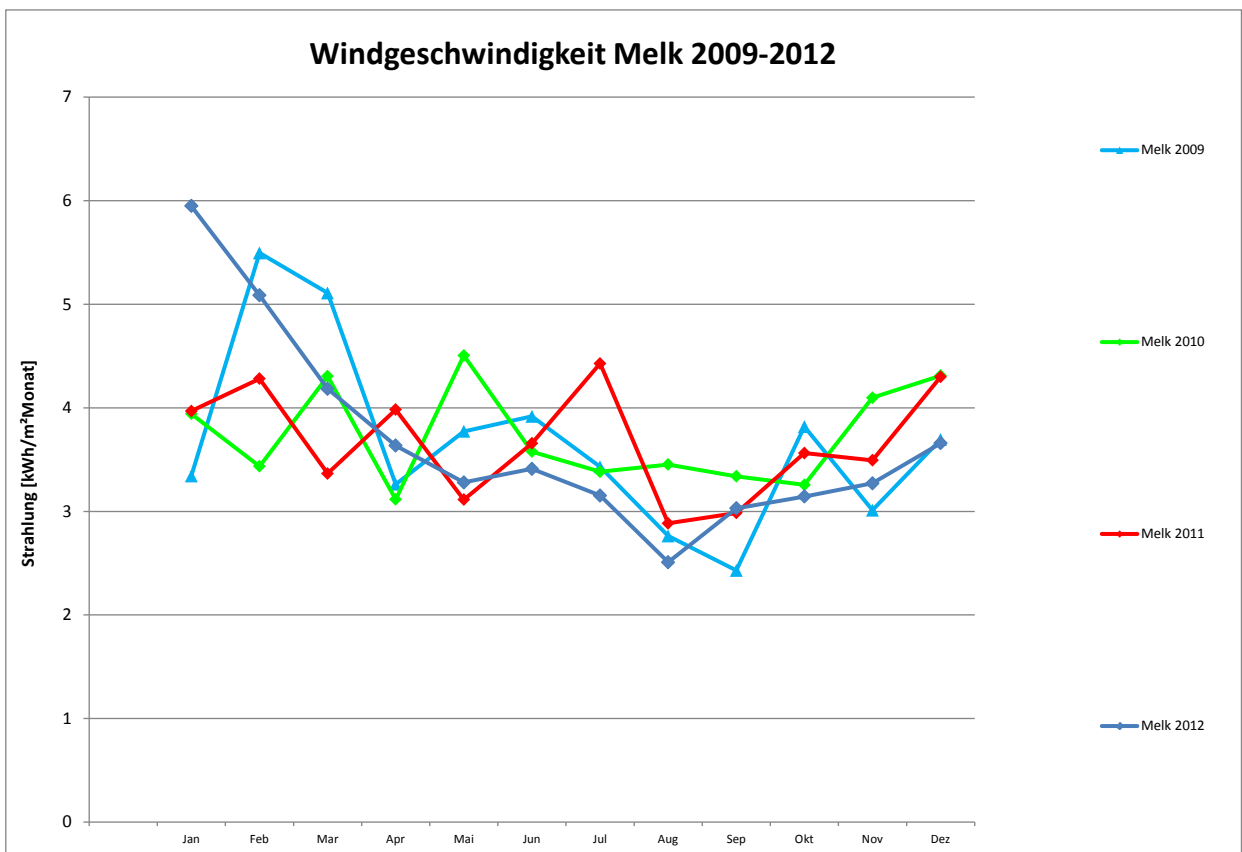


Abbildung 6: Verlauf der Windgeschwindigkeiten von Melk der Jahre 2009-2012

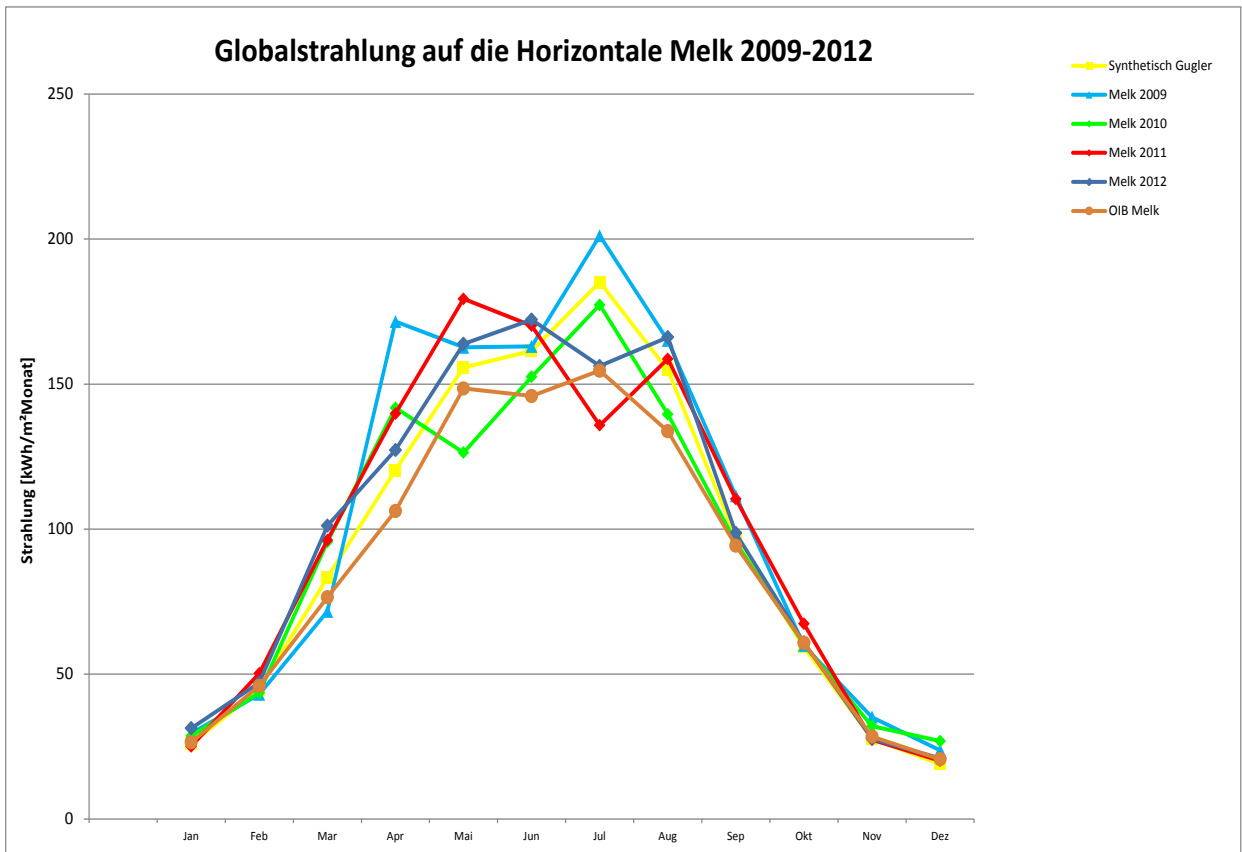


Abbildung 7: Verlauf der Globalstrahlung auf die Horizontale von Melk der Jahre 2009-2012

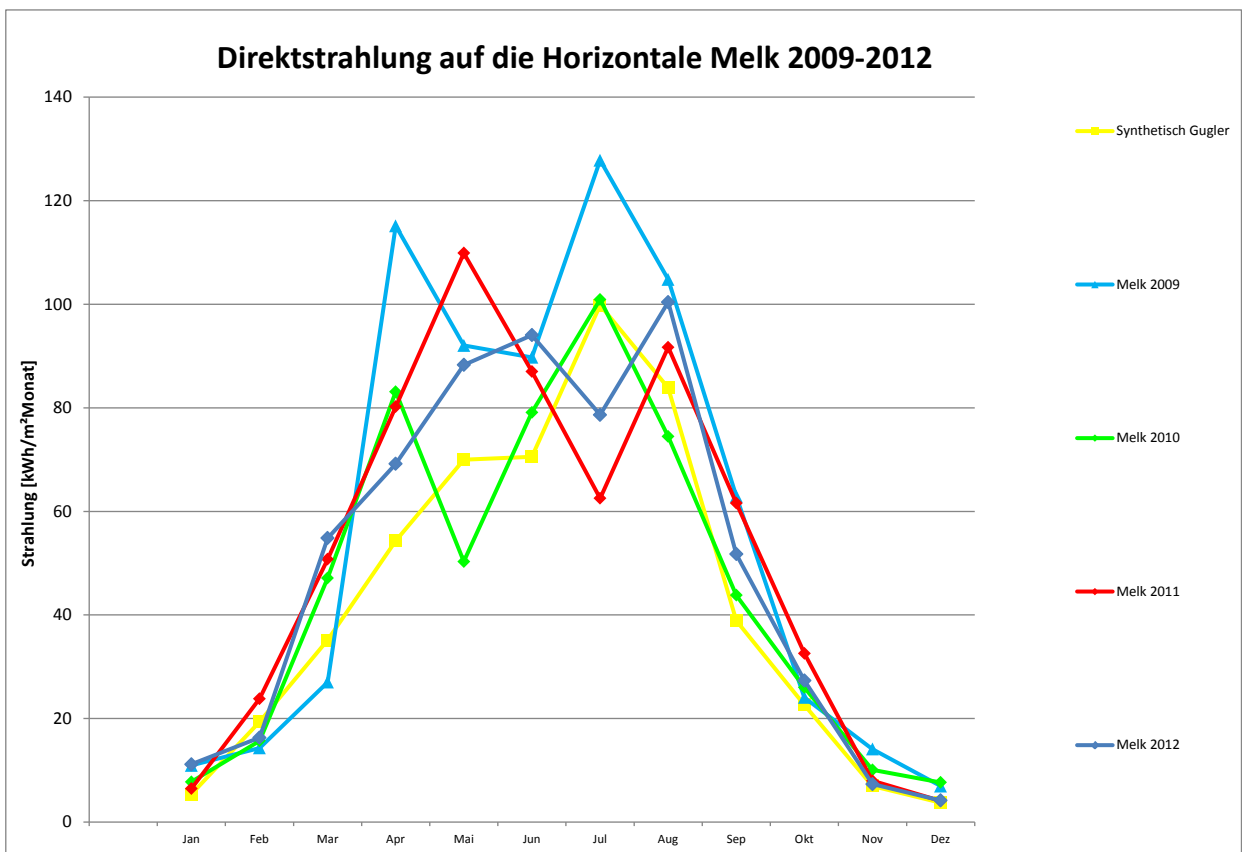


Abbildung 8: Verlauf der Direktstrahlung auf die Horizontale von Melk der Jahre 2009-2012

2012	Tempaussen _Monitoring °C	Tempaussen _ZAMG °C	Strahlunghori z_Monitoring kWh/m <sup>2</sup>	Strahlunghori z_ZAMG kWh/m <sup>2</sup>	Windgeschwi ndigkeit_Mo nitoring m/s	Windgeschwi ndigkeit_ZA MG m/s	Windrichtung _Monitoring °	Windrichtung _ZAMG °
Jan	2.5	-0.1	26.4	19.7	4.3	4.5	221.3	195.0
Feb	2.8	-0.2	35.0	37.1	3.2	3.7	211.4	204.8
Mar	9.7	7.7	98.9	102.7	2.2	4.2	192.3	203.5
Apr	12.7	10.1	118.4	131.3	1.8	3.4	184.8	187.1
Mai	18.7	15.3	138.2	161.5	1.4	3.3	172.1	183.0
Jun	22.7	18.6	137.3	175.4	1.3	3.4	186.1	194.1
Jul	21.3	19.7	136.2	155.9	1.5	3.1	178.2	206.4
Aug	20.2	20.1	132.8	159.7	1.5	2.6	180.3	200.8
Sep	18.2	15.0	87.7	100.2	1.0	3.0	183.1	191.4
Okt	12.0	9.2	56.3	60.6	1.4	3.1	176.4	181.6
Nov	8.0	5.5	35.4	26.3	1.8	3.4	175.9	162.7
Dez	2.5	0.1	31.1	21.6	3.0	3.5	200.1	197.3
Summe Winter	7.2	4.6	401.4	399.3	2.5	3.7	194.6	190.3
Summe Sommer	20.2	17.7	632.3	752.8	1.4	3.1	180.0	195.1
Summe	<b>12.6</b>	<b>10.1</b>	<b>1033.7</b>	<b>1152.1</b>	<b>2.0</b>	<b>3.4</b>	<b>188.3</b>	<b>192.2</b>
	°C	°C	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	m/s	m/s	°	°
Max	39.1	34.2	756.2	911.1	10.3	14.2	349.1	360.0
Min	-8.8	-11.5	14.9	0.0	0.0	0.0	34.4	0.0

Tabelle 3: Vergleich Monitoringdaten am Gebäude (Subprojekt Neu) und Messdaten ZAMG Melk des Jahres 2012

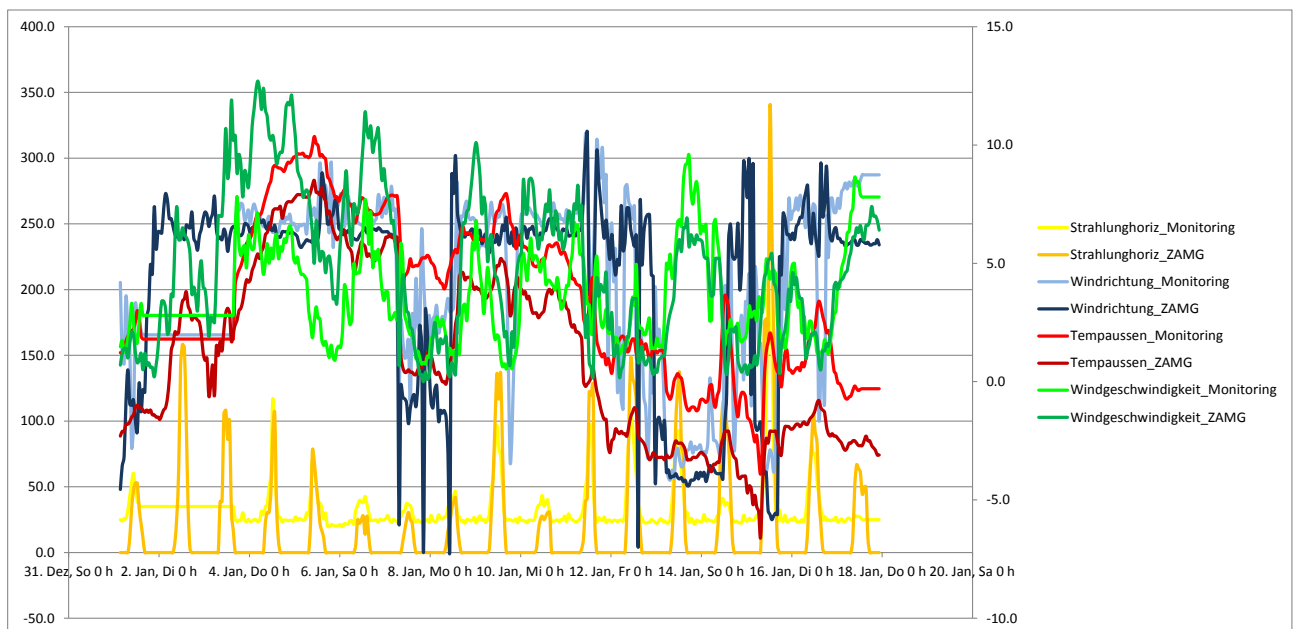


Abbildung 9: Vergleich Monitoringdaten am Gebäude (Subprojekt Neu) und Messdaten ZAMG Melk des Jahres 2012, kalte Periode

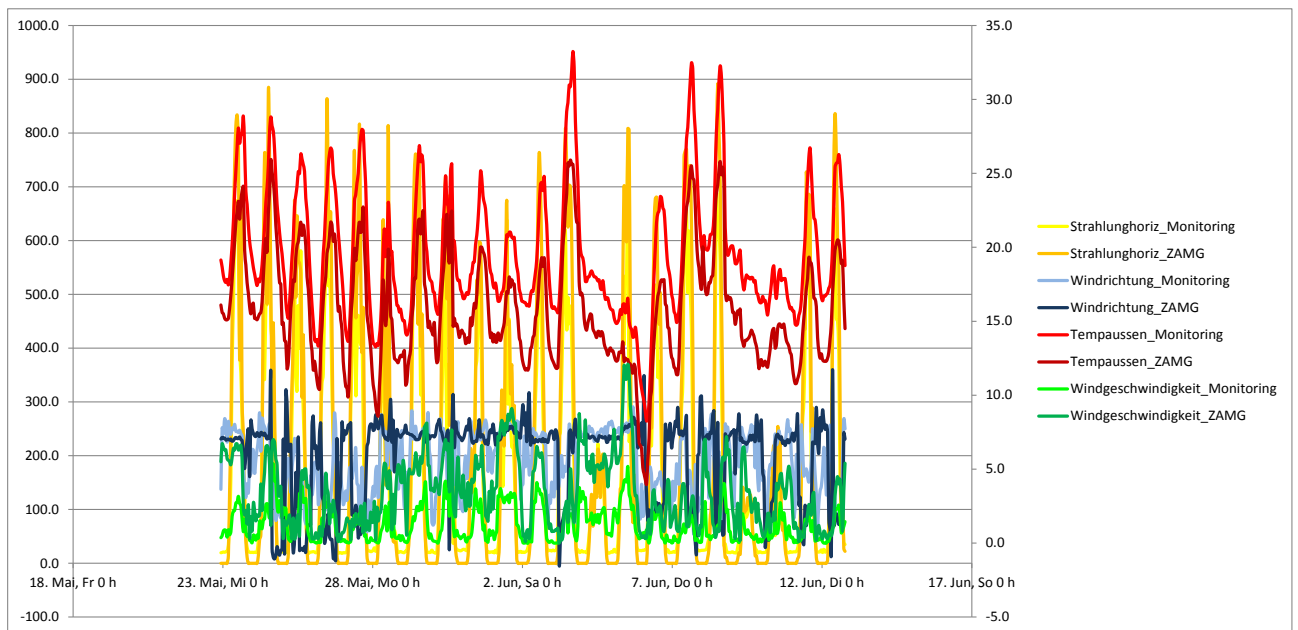


Abbildung 10: Vergleich Monitoringdaten am Gebäude (Subprojekt Neu) und Messdaten ZAMG Melk des Jahres 2012, warme Periode

## 8. Bestandsanalyse energetisch: Abwärmenutzung, innere Wärmen und Messung Stromverbrauch

In allen elektrischen Geräten wird ein Teil der eingesetzten elektrischen Energie in Wärme umgesetzt. Umgekehrt gibt es auch Prozesse, die „Kälte“ freisetzen (Hinweis: Im physikalischen Sinne existiert nur Wärme). Im Produktionsprozess der Fa. Gugler treten dabei Formen auf, wobei ein Teil dieser Abwärme und Abkälte auch für Erwärmung und Abkühlung in anderen technischen Prozessen genutzt werden kann:

- Abwärme aus den großen Druckereimaschinen
- Abwärme aus der Erzeugung von Druckluft
- Abwärme aus der Kühlung Serverraum
- Abwärme Abwasser
- Abwärme Kompostierung
- Abwärme und Abkälte aus dem Laden und Entladen des geplanten Druckluftspeichers

Wesentlich für eine sinnvolle Nutzung von Abwärme sind die folgenden Kriterien:

- Temperaturniveau der Abwärmequelle
- Verfügbarkeit zeitlich: Fixer Betrieb, variabel, verschiebbar?

### 8.1. Kennwerte Druckereimaschinen und Kompressoren

Die aufgenommene Leistung wurde wie folgt angegeben [Maschinenübersicht, Gugler 2009]:

<b>Maximal</b>	Nennleistung in kW	Wärmeabgabe Abluft in den Raum in kW	Volumenstrom Luft in m <sup>3</sup> pro Stunde max	Wärmeabgabe in das Kühlwasser in kW max Werte	Volumenstrom Wasser in m <sup>3</sup> pro Stunde max	Wärmeabgabe in den Drucksaal in kW max
CD102-6-LX BJ. 2004	163	10	1550	62.8	12.05	90.2
SM-52-5-L Anicolor	123.4	12	1300	23.9	3.5	87.5
<b>Bei 30%Leistungsaufnahme im Betrieb und 10% bei den H+Rüstzeiten</b>						
CD102-6-LX BJ. 2004	48.9	2.5		15.7		22.6
SM-52-5-L Anicolor	37.0	3.0		6.0		21.9

Anmerkung: Wegen Inkonsistenzen der unterschiedlichen Messquellen wird die Berechnung zum Plusenergiestandard in 3 Varianten zur Abwärme dargestellt. Damit ist die Spanne im Wesentlichen umfasst. Während der Rückzeiten erfolgt die Wärmeabgabe nur in den Raum und in die Abluft.

Tabelle 4:Auflistung der Kennwerte der Druckereimaschinen

Die tatsächlich aufgenommenen Leistungen wurden an die Lastprofile angepasst, die Aufteilung der Abgabe auf Kühlwasser, Abluft und Raum (inkl. Erwärmung Papier) wurden den Messungen 2012 entnommen.

Druckluft wird derzeit in der Produktion für die folgenden Zwecke eingesetzt:

- Anschluß an Druckereimaschinen
- Reinigung
- Erzeugung von Blasluft (niederer Druck mehr Menge)
- Erzeugung von leichtem Unterdruck (Blattansaugung)

Für die Druckluftherzeugung sind 2 Kompressoren vorhanden:

Kompressoren	Nennleistung in kW
Druckluftanlage AR19 (alt)	13.4
Druckluftanlage AST 47 (neu)	31

	Kompressor "ALT"	Kompressor "NEU"
Fabrikat	KAESER	KAESER
Type	AIRTOWER 19	ASD 47 T
Baujahr	2002	2010
Nennleistung	11 kW	25 kW
Luftlieferleistung	1,590 m <sup>3</sup> /min	3,840 m <sup>3</sup> /min
Bei xx bar	10bar	10bar
Wärmerückgewinnung		
- Wirkungsgrad	Ca. 70%	---
- Abwärme	Ca. 8kW	Ca. 22kW
- Mind. Eintrittstemperatur	15°C – 45°C	15°C – 45°C
- Max. Austrittstemperatur	70°C	70°C
Alle Herstellerangaben Fa. KAESER		
Möglichkeit/Umrüstung Wärmerückgewinnung ist vor Ausführung nochmals zu prüfen		

Tabelle 5: Kenndaten der Kompressoren

## Bestandskompressor:



Abbildung 11: Foto des Kompressors bzw. der Druckluftanlage (alt) KAESER Airtower 19

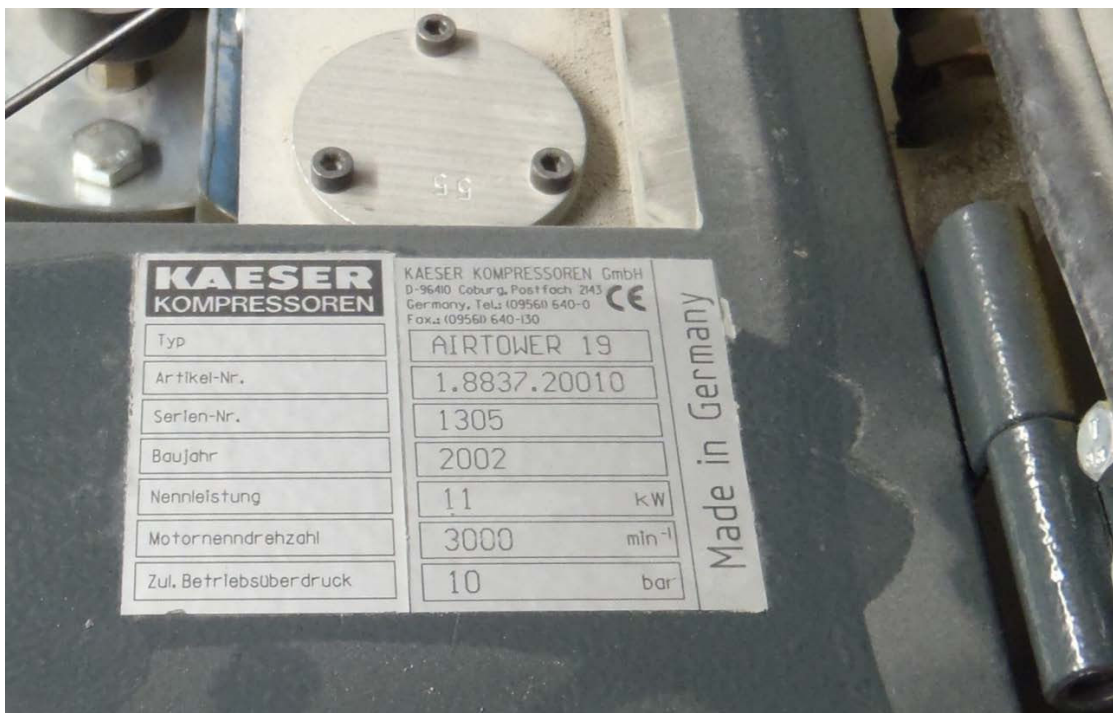


Abbildung 12: Typenschild des Kompressors (alt) KAESER Airtower 19



## Kompressor Neu:



Abbildung 13: Foto des Kompressors bzw. der Druckluftanlage (neu) KAESER ASD 47 T



Abbildung 14: Typenschild des Kompressors (neu) KAESER ASD 47 T

Die Kompressoren sollen mit einer Wärmerückgewinnung mittels Wasserwärmetauscher nachgerüstet werden, um die Wärme direkt in das Heizungssystem einspeisen zu können. Als Reserve ist jedoch nach wie vor die Möglichkeit der Wärmeabfuhr über Luft zu berücksichtigen. Hierzu wird die Forluftausblasung der bestehenden Lüftungsanlage im Nachbarraum genutzt, um die überschüssige Abwärmen direkt nach außen führen zu können.

Gemäß Hersteller können in etwa die folgenden Wärmemengen erwartet werden:

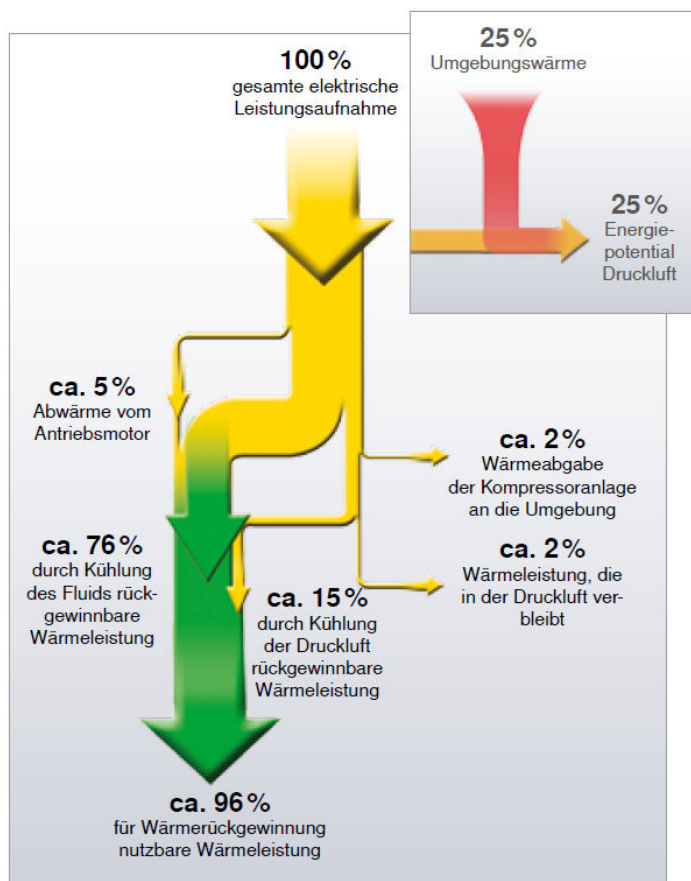


Abbildung 15: Mögliche zu erwartbare Wärmemengen lt. Fa. Kaeser, erhalten 2012

Im Falle einer Wasserkühlung, sind Vorlauftemperaturen von ca. 70°C realistisch.

Optional ist jedoch seitens Nutzer vorzugeben, inwieweit die Umrüstung auf das **PIAB-System** (Erzeugung von Blasluft und Vakuum mittels Druckluft) tatsächlich durchgeführt wird, da sich hierdurch **deutlich höhere Luftliefermengen** ergeben, die mit den **vorhandenen Kompressoren nicht mehr geliefert** werden können.

Luftliefermenge derzeit (max.)	5,43 m³/min
Luftverbrauch ohne PIAB	2,50 – 3,10 m³/min
Luftverbrauch mit PIAB	8,40 – 9,30 m³/min
Alle Angaben ohne Berücksichtigung von Gleichzeitigkeiten	
Luftverbrauch gemäß Maschinenliste vom 05.06.2012	

Bei Kompressor neu wird die Wärme ins Freie abgeblasen. Der Bestandskompressor versucht die Wärme in seinem zu kleinen Raum an die Luft abzugeben. Daher steht die Tür zur Druckhalle meist offen.

Der Vorteil der WRG ist die Substitution von Gas welches nun für den Gaskessel zum Heizen. Man kann nun auch zukünftig Warmwasser damit erzeugen. Im Bestand wird das WW in der Küche elektrisch erzeugt. Die so gut wie nie genutzten Duschen könnten auch versorgt werden.

## 8.2. Abwärmepotentiale im Bestand

Anhand des laufenden Monitorings wurde versucht, die theoretisch vorhandenen Potentiale gemäß Maschinenhersteller anhand der wesentlichen Messwerte im Jahresverlauf zu prüfen.

Die Monitoringwerte beziehen sich auf den Zeitraum März 2012 bis Februar 2013:

Abwärme für Endbericht										Grenztemperaturdifferenz kg/h delta T		0.5		0.5	
Anteil gemäß Maschinenaufstellung				32.11%	5.11%	46.11%	Schätzung Günther		5300	0.55	3.40083333	5300	5.8	35.8633333	Berechnung L
Abwärme Wasser große Druckmaschine				Theoretische Werte				Leistung VL/RL				Leistung VL/RL Klima Dach			
		Gugler2012 0216 / E11: Impulse Stromzaehle	Abwärme an Kühlwasser gemäß Herstellern gaben	Abwärme an Abluft gemäß Herstellern gaben	Abwärme an Raum gemäß Herstellern gaben	Gugler2012 0216 / E23: Druckmaschi ne VL /	Gugler2012 0216 / E24: Druckmaschi ne RL /	Temperatur ifferenz	Wärmeleistu ng	Gugler2012 0216 / E29: Rueckkuehle r Dach VL /	Gugler2012 0216 / E30: Rueckkuehle r Dach RL /	Temperatur ifferenz	Wärmeleistu ng		
		Gugler2012 0216 / L.48: AuÄVentem p / Aktueller Wert	Druckmaschi ne / Aktueller Wert	Druckmaschi ne / Aktueller Wert	Druckmaschi ne / Aktueller Wert	Druckmaschi ne / Aktueller Wert	Druckmaschi ne / Aktueller Wert	Temperatur ifferenz	Wärmeleistu ng	Druckmaschi ne / Aktueller Wert	Druckmaschi ne / Aktueller Wert	Temperatur ifferenz	Wärmeleistu ng		
Arbeit	2013 Jan	2.5	19'675	6'317	1'006	9'073	26.2	26.0	0.2	165	29.5	26.8	2.7	12'575	
	2013 Feb	2.8	13'163	4'226	673	6'070	26.8	26.5	0.2	357	30.0	26.9	3.1	12'789	
	2012 Mar	9.7	12'966	4'163	663	5'979	28.3	28.3	0.0	0	29.7	27.8	1.9	8'712	
	2012 Apr	12.7	15'333	4'923	784	7'071	28.4	28.4	0.0	0	29.9	28.3	1.6	8'069	
	2012 Mai	18.7	11'385	3'655	582	5'250	28.5	28.5	-0.1	0	29.9	29.2	0.7	4'383	
	2012 Jun	22.7	12'601	4'046	644	5'811	29.6	29.5	0.1	82	30.9	30.5	0.4	3'252	
	2012 Jul	21.3	11'525	3'700	589	5'315	29.2	29.2	0.1	96	30.7	30.4	0.3	3'070	
	2012 Aug	20.2	11'986	3'848	613	5'527	28.8	28.7	0.1	44	30.4	30.0	0.4	3'358	
	2012 Sep	18.2	16'638	5'342	851	7'673	27.6	27.4	0.2	116	30.3	29.3	1.0	5'027	
	2012 Okt	12.0	12'507	4'016	639	5'768	26.5	26.3	0.2	135	29.8	29.1	1.7	6'268	
	2012 Nov	8.0	11'612	3'728	594	5'355	26.2	26.0	0.2	294	29.5	27.5	2.0	9'173	
	2012 Dez	2.5	8'387	2'693	429	3'868	23.7	23.5	0.2	120	28.2	25.9	2.3	10'612	
	2013 Jan	2.5	19'675	6'317	1'006	9'073	26.2	26.0	0.2	165	29.5	26.8	2.7	12'575	
2013 Feb	2.8	13'163	4'226	673	6'070	26.8	26.5	0.2	357	30.0	26.9	3.1	12'789		
2013 Mar	4.7	13'326	4'278	681	6'145	24.7	24.6	0.2	83	28.8	25.9	2.9	13'410		
Winter	Jan-Feb2013	7.2	93'643	30'065	4'787	43'183	26.6	26.4	0.1	1'071	29.5	27.3	2.2	70'198	
Sommer	Mai-Sept 201	20.2	64'134	20'591	3'279	29'575	28.7	28.7	0.1	339	30.4	29.9	0.6	19'090	
Summe	März2012-Fe	12.6	157'777	50'656	8'066	72'758	27.5	27.4	0.1	1'409	29.9	28.4	1.5	89'288	
Direkt berechnet															
Leistung		°C	W	W	W	W	°C	°C	°C	W	°C	°C	°C	W	
	Maximum	39.1	312'000	100'172	15'951	143'877	40.3	40.1	1.7	10'347	42.2	42.5	7.8	48'333	
	Minimum	-8.8	0	0	0	0	14.8	14.8	-0.6	0	21.5	18.3	-3.3	0	

Abwärme Abluft und Kompressoren für Endbericht		Grenztemper		30		30		JAZ		2.5						
Aut Günther		Abwärme Abluft große Dr				Abwärme Abluft Digitaldruckmaschine				Abwärme Kompressoren		70.00%		70.00%		
		Gugler2012 0216 / E38: GroÄYe Druckmaschi ne Abluft /	Wärmeleistu ng	Gugler2012 0216 / E37: Digitale Druckmaschi ne Abluft /	Wärmeleistu ng	Gugler2012 0216 / E12: Impulse Stromzaehle r Klima Dach Serverraum	Abwärme Kühlung Serverraum	Gugler2012 0216 / E25: Impulse Stromzaehle r Kompressor Drucklift Kaeser / Aktueller Wert	Gugler2012 0216 / E26: Impulse Stromzaehle r Kompressor Neu / Aktueller Wert	Abwärme Kompressor (alt)	Abwärme Kompressor (alt)					
		Aktueller Wert °C	Wärmeleistu ng kWh	Aktueller Wert °C	Wärmeleistu ng kWh	Aktueller Wert	Abwärme Kühlung Serverraum	Aktueller Wert	Aktueller Wert	Aktueller Wert	Abwärme Kompressor (alt)	Abwärme Kompressor (alt)				
Arbeit	2013 Jan	34.9	1'460	34.0	1'123	1302.4	3256.1	96.1	0.4	67.3	0.3					
	2013 Feb	33.0	877	33.4	886	1040.3	2600.9	94.9	0.5	66.4	0.3					
	2012 Mar	32.4	905	32.8	753	1155.1	2887.7	97.4	0.6	68.2	0.4					
	2012 Apr	33.6	1'028	32.8	720	1134.3	2835.7	117.8	0.5	82.5	0.4					
	2012 Mai	32.1	730	32.0	644	1298.4	3246.0	100.1	0.4	70.1	0.3					
	2012 Jun	34.0	992	32.5	644	1431.3	3578.2	94.5	0.4	66.1	0.3					
	2012 Jul	33.2	926	33.5	976	1421.5	3553.8	105.5	0.4	73.9	0.3					
	2012 Aug	32.8	859	32.0	625	1361.9	3404.7	120.0	0.4	84.0	0.3					
	2012 Sep	33.9	1'054	33.3	811	1514.9	3787.2	113.0	0.6	79.1	0.4					
	2012 Okt	32.7	870	33.8	975	1316.2	3290.5	106.2	0.5	74.4	0.3					
	2012 Nov	32.1	795	32.5	736	1192.6	2981.5	91.2	0.3	63.9	0.2					
	2012 Dez	30.2	529	32.1	684	1205.6	3014.1	65.6	0.4	45.9	0.2					
	2013 Jan	34.9	1'460	34.0	1'123	1302.4	3256.1	96.1	0.4	67.3	0.3					
2013 Feb	33.0	877	33.4	886	1040.3	2600.9	94.9	0.5	66.4	0.3						
2013 Mar	32.6	927	32.1	729	1118.5	2796.1	81.2	0.5	56.9	0.3						
Winter	Jan-Feb2013	32.7	6'464	33.1	5'876	8346.6	20866.5	669.4	3.1	468.6	2.2					
Sommer	Mai-Sept 201	33.2	4'561	32.7	3'699	7027.9	17569.8	533.1	2.2	373.2	1.5					
Summe	März2012-Fe	32.9	11'025	32.9	9'575	15'375	38'436	1'202	5	842	4					
Direkt berechnet																
Leistung		°C	W	°C	W											
	Maximum	53.4	7'737	44.6	4'825	23580.0	58950.0	19304.0	82.0	13512.8	57.4					
	Minimum	22.3	0	24.7	0	60.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

Tabelle 6: Monitoringwerte der Abwärmepotentiale im Bestand des Zeitraums März 2012 bis Februar 2013

Bezieht man in Anlehnung an die Messergebnisse noch die anderen Maschinen ein (Kühlung Serverraum, kleinere Druckmaschine) ergeben sich die folgenden Potentiale:

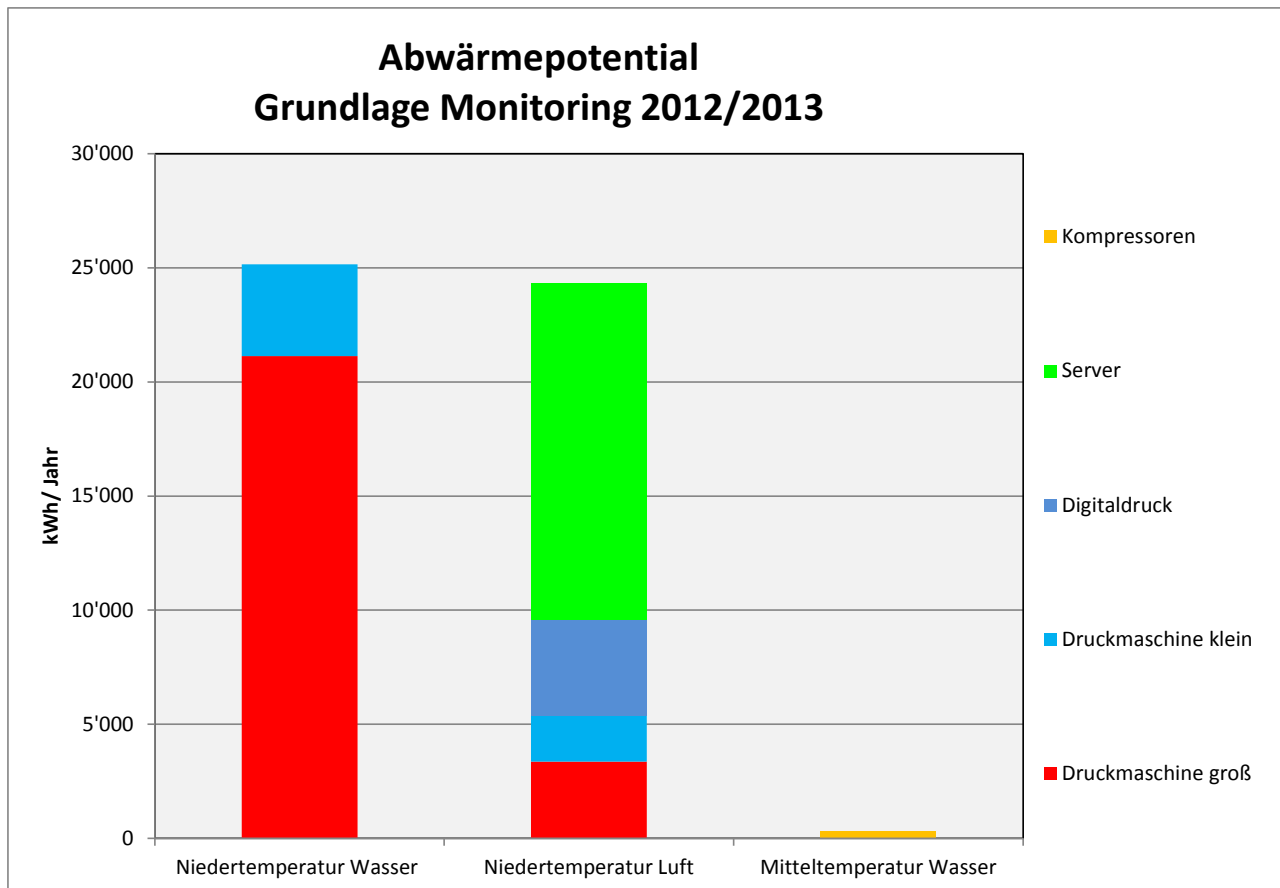


Abbildung 16: Abwärmepotential auf Grundlage des Monitorings der Jahre 2012 und 2013

### 8.3. Abwärmepotential für Plusenergiestandard

Das technische Potential für Abwärme ergibt sich wie folgt:

Stromaufnahme Druckereimaschinen	Strombedarf/Jahr		Abwärme Kühlwasser	Abwärme Abluft	Abwärme Druckluft
Variante Auslastung	kWh/a	Kürzel	kWh/a	kWh/a	kWh/a
Mittel/Ausgangsvariante		IW2	25'147	24'304	313
Niedrig		IW1	-50%	-50%	-50%
Hoch		IW3	+100%	+100%	+100%
Temperaturniveau			30-40 °C	40-50 °C	70 °C
Temperaturspreizung			5K	10K	20K

Tabelle 7: Technisches Abwärmepotential für den Plusenergiestandard

Für die Nutzung werden die folgenden Kennzahlen vorab eingesetzt:

	Wirkungsgrad	Hilfsstrom
	%	%
Abwärme Wasser	75.0%	2.5%
Abwärme Luft	80.0%	5.0%
Abwärme Druckluft	80.0%	2.5%

Tabelle 8: Kennzahlen für die Nutzung des Abwärmepotentials

Das Temperaturniveau der Abwärme der Druckereimaschinen kann im Prinzip auch höher gewählt werden, allerdings sinkt dadurch der Kältewirkungsgrad der internen Kühlung.

Vorab wird die Abwärme in das Wasserheizsystem eingebracht, die Abluftwärme könnte allerdings vor allem zur Beheizung der Halle Bestand herangezogen werden.

## 9. Anbot erneuerbare Energie vor Ort und dessen potentielle Nutzung: theoretisches, technisches Potential und Nachfragepotential

### 9.1. Solar thermisch

#### 9.1.1. Potential

Potential solar thermisch	Globalstrahlung auf die Horizontale	Theoretisches Potential	Technisches Anbotspotential	Technisches Nachfragepotential Wärme	Technisches Nachfragepotential Wärme+Kälte	Wärmebedarf	Wärme- und Kältebedarf
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Jan	26	283'308	42'104	28'617	30'199	28'617	30'199
Feb	45	488'803	72'644	23'025	24'993	23'025	24'993
Mar	83	909'758	135'204	19'634	24'071	19'634	24'071
Apr	120	1'314'720	195'388	16'677	24'008	16'677	24'008
Mai	156	1'701'340	252'846	16'042	23'368	16'042	23'368
Jun	162	1'764'420	262'220	17'034	28'598	17'034	28'598
Jul	185	2'022'566	300'585	27'757	63'290	27'757	63'290
Aug	155	1'691'496	251'383	24'150	48'950	24'150	48'950
Sep	97	1'061'802	157'800	15'009	20'355	15'009	20'355
Okt	59	648'633	96'397	19'138	25'774	19'138	25'774
Nov	28	303'323	45'079	21'582	23'786	21'582	23'786
Dez	19	207'092	30'777	26'256	27'721	26'256	27'721
Summe Winter	380	4'155'635	617'592	154'928	180'553	154'928	180'553
Summe Sommer	754	8'241'624	1'224'833	99'992	184'561	99'992	184'561
<b>Summe</b>	<b>1'135</b>	<b>12'397'260</b>	<b>1'842'425</b>	<b>254'921</b>	<b>365'114</b>	<b>254'921</b>	<b>365'114</b>

Tabelle 9: Solarthermisch theoretisches und technisches Energiepotential vor Ort

## 9.1.2. Typische Technologien

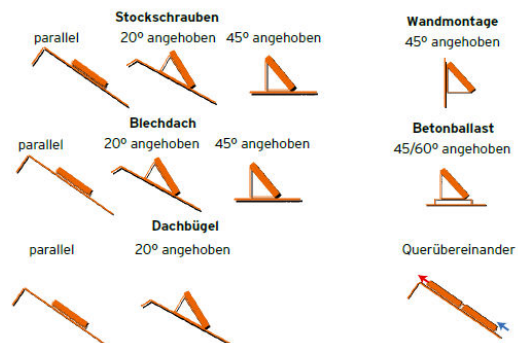


Abbildung 17: Beispielhafte Darstellung der Montage eines solarthermischen Flachkollektors

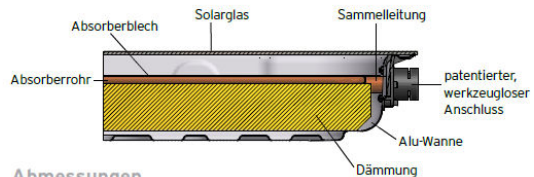
Technische Daten SKR500 und SKR500L			
Bezeichnung		SKR500	SKR500L
Kollektorart		Flachkollektor	
Montageart		Aufdach	
Bruttofläche	m <sup>2</sup>	2,57	
Aperturfläche	m <sup>2</sup>	2,26	
Absorberfläche	m <sup>2</sup>	2,29	
Höhe	mm	2079	1240
Breite (inkl. Verschraubung)	mm	1240	2079
Tiefe	mm	94,6	
Gewicht (leer)	kg	38	38,5
Kollektorinhalt	l	1,45	1,72
max. Betriebsdruck	bar	10	
Stillstandtemperatur	°C	174	
empfohlener Durchsatz	l/m <sup>2</sup> h	10-35	
Modulverschaltung		max. 12 Stk parallel	max. 10 Stk parallel
min. Kollektorneigung	°	15	
max. Kollektorneigung	°	75	
Anschlüsse		18 mm Kupfer blank	
Absorber		Aluminium-Vollflächenabsorber; hochselektive Vakuumbeschichtung	
hydraulische Verschaltung		Mäander	
Absorption (α) / Emission (ε)		0,95/0,05	
Gehäuse		tiefgezogene Aluminiumwanne	
Wärmedämmung		50 mm Mineralwolle	
Kollektorverglasung		3,2 mm gehärtetes, eisenarmes Solarsicherheitsglas	
Wirkungsgrad/ Konversionsfaktor (Apertur/Absorber) $\eta_{ba}/\eta_{sk}$		0,820 / 0,806	0,794 / 0,781
Wärmedurchgangskoeffizient $a_w/a_{sk}$		3,821 / 3,758	3,514 / 3,456
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient $a_w/a_{sk}$		0,0108 / 0,0106	0,0147 / 0,0145
Winkelkorrekturfaktor $K_w$ (50°)		0,96	
Solar Keymark Reg.Nr.		O11-7 S1277F	O11-7 S1284F

Kollektor erreicht gemäß Prüfverfahren nach EN12975-2 den in Förderungsrichtlinien des BMWT und NRW (REN-Programm) festgelegten erforderlichen Mindestertrag von 525 kWh/(m<sup>2</sup> a) am Standort Würzburg

### Befestigungssysteme SKR500



### Querschnitt SKR500



### Abmessungen

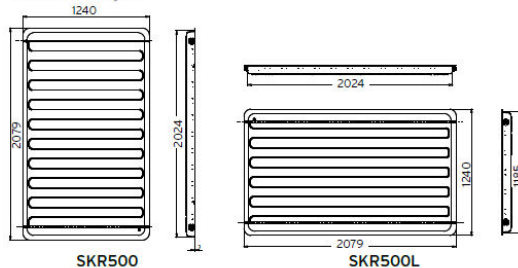


Abbildung 18: Technische Daten und Montagevarianten der Solarthermiekollektoren SKR500 und SKR500L

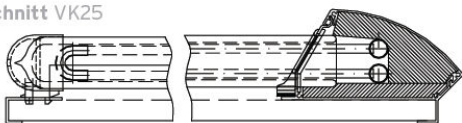


Abbildung 19: Beispielhafte Darstellung der Montage eines solarthermischen Röhrenkollektors

Technische Daten VK25		
Bezeichnung		VK25
Kollektorart		Vakuurröhrenkollektor
Montageart		Aufdach
Bruttofläche	m <sup>2</sup>	2,57
Aperturfläche	m <sup>2</sup>	2,22
Absorberfläche*	m <sup>2</sup>	2,36 / 1,18*
Höhe	mm	1647
Breite / Breite inkl. Anschlüsse	mm	1560 / 1612
Tiefe	mm	107
Gewicht leer	kg	42
Kollektorinhalt	l	2,3
max. Betriebsdruck	bar	10
Stillstandtemperatur	° C	286
empfohlener Durchsatz	l/h pro m <sup>2</sup>	ca. 15 - 30
Modulverschaltung		max. 6 Stück parallel
min. Kollektorneigung	°	15
max. Kollektorneigung	°	75
Anschlüsse		3/4" IG/AG flachdichtend
Absorber		Aluminium
Verschaltung		direkt durchströmte U-Röhren (Cu-Röhren in Vakuurröhren), in Harfenschaltung
Absorption (α) / Emission (ε)		0,96 / 0,06
Gehäuse		Aluminium
Wärmedämmung		Röhre: Vakuum; Sammler: Mineralwolle
Kollektorverglasung		Vakuurröhre (Borosilikatglas)
Scheibenzahl		14 Stk. Vakuurröhren
Wirkungsgrad/ Konversionsfaktor (Apertur) $\eta_{\infty}$		0,605
Wärmedurchgangskoeffizient $a_{\infty}$	W/(m <sup>2</sup> K)	0,850
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient $a_{25}$	W/(m <sup>2</sup> K)	0,010
Winkelkorrekturfaktor $K_{\theta}$ (50°)		0,947
Solar Keymark Reg.Nr.		0117 S115 R
Kollektor erreicht gemäß Prüfverfahren nach EN12975-2 den in Förderungsrichtlinien des BMWT und NRW (REN-Programm) festgelegten erforderlichen Mindestertrag von 525 kWh/(m <sup>2</sup> a) am Standort Würzburg		

\*) Mantelfläche der Inneren Röhre bzw. projiziert

#### Schnitt VK25



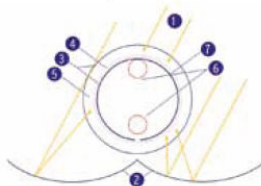
#### Dimensionierung VK25

**Warmwasser:**  
1 - 1,5 m<sup>2</sup> pro Person

**Heizungsunterstützung:**  
je m<sup>2</sup> Kollektor ca. 100 l Speichervolumen möglich



#### Schematische Darstellung VK25



- 1 Sonnenstrahlen
- 2 CPC-Spiegel
- 3 Vakuurröhre
- 4 hochselektive Beschichtung
- 5 Vakuum, die beste Dämmung
- 6 Kupferrohre
- 7 Wärmeableitblech

#### Montage VK25

Empfohlene Kollektorneigung ab ca. 30° (Selbstreinigungseffekt/ Minimierung des Schneedrucks), eine Montage in schnee- bzw. hagelreichen Lagen wird nicht empfohlen. Im Kollektorvorlauf vor dem Wärmetauscher sowie in Kollektornähe sollten aufgrund der Überhitzungsgefahr keine Armaturen (Durchflussmengenmesser, etc.) eingebaut werden! Bitte verwenden Sie unbedingt unseren Vakuummessfühler SKSP1000V!

#### Abmessungen VK25

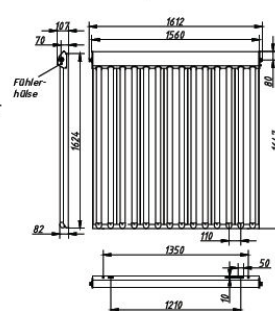


Abbildung 20: Technische Daten des Solarthermiekollektors VK25



## 9.2. Solar elektrisch

### 9.2.1. Potentiale

Potential solar elektrisch	Synthetisch Gugler	Theoretisches Potential	Technisches Anbotspotential	Technisches Nachfragepotential	Technisches Nachfragepotential stündliche Deckung	Nachfrage Strom inkl. Prozessstrom, Wärme/Kälte durch Strom gedeckt
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Jan	26	283'308	20'077	20'077	13'049	50'757
Feb	45	488'803	34'640	34'640	15'427	43'772
Mar	83	909'758	64'472	42'581	19'564	42'581
Apr	120	1'314'720	93'171	38'523	20'797	38'523
Mai	156	1'701'340	120'570	39'624	23'649	39'624
Jun	162	1'764'420	125'040	39'096	24'846	39'096
Jul	185	2'022'566	143'334	50'548	31'812	50'548
Aug	155	1'691'496	119'872	47'732	28'278	47'732
Sep	97	1'061'802	75'247	36'220	17'967	36'220
Okt	59	648'633	45'967	42'719	17'114	42'719
Nov	28	303'323	21'496	21'496	11'790	44'220
Dez	19	207'092	14'676	14'676	10'252	48'386
Summe Winter	380	4'155'635	294'500	214'713	107'992	310'958
Summe Sommer	754	8'241'624	584'064	213'220	126'552	213'220
<b>Summe</b>	<b>1'135</b>	<b>12'397'260</b>	<b>878'564</b>	<b>427'932</b>	<b>234'544</b>	<b>524'178</b>

Tabelle 10: Solarelektrisch theoretisches und technisches Energiepotential vor Ort

### 9.2.2. Typische Technologien



Abbildung 21: Beispielhafte Montagesituation einer Photovoltaikanlage 1



Abbildung 22: Beispielhafte Montagesituation einer Photovoltaikanlage 1



Abbildung 23: Rückseitenansicht beispielhafter Photovoltaikmodule

MODULDATEN

Type	Pmpp <sub>[Wp]</sub>	Ump <sub>[V]</sub>	Imp <sub>[A]</sub>	Uoc <sub>[V]</sub>	Isc <sub>[A]</sub>	Wirkungsgrad	Flächenbedarf pro kWp
KPV 235 PE poly	235 Wp	29,82 V	7,97 A	37,24 V	8,61 A	14,22%	7,03 m <sup>2</sup>
KPV 240 PE poly	240 Wp	29,87 V	8,04 A	37,33 V	8,78 A	14,52%	6,89 m <sup>2</sup>
KPV 245 PE poly	245 Wp	29,92 V	8,19 A	37,42 V	8,83 A	14,52%	6,75 m <sup>2</sup>
KPV 250 ME mono	250 Wp	30,72 V	8,23 A	37,69 V	8,79 A	15,12%	6,61 m <sup>2</sup>
KPV 255 ME mono	255 Wp	30,74 V	8,39 A	37,74 V	8,85 A	15,43%	6,48 m <sup>2</sup>
KPV 260 ME mono	260 Wp	30,77 V	8,57 A	37,78 V	9,02 A	15,73%	6,36 m <sup>2</sup>

ELEKTRISCHE DATEN

60 kristalline Zellen:	156 mm x 156 mm
Anschlussystem:	Tyco-Solarlok®, Steckverbinder 4 mm <sup>2</sup>
Max. Systemspannung:	1000 V DC
Leistungstoleranz:	(+ 3% / - 0%) Messung: Standard-Testbedingungen
Temperaturkoeffizienten:	poly: Pmpp= -0,405%/K / Uoc= -114mV/K / Isc= +4,1mA/K mono: Pmpp= -0,37%/K / Uoc= -90,7mV/K / Isc= +2,85mA/K
Umgebungstemperatur:	+ 85°C bis - 40°C
Kabellänge:	2000 mm
Bypassdioden:	3 Stk. Tyco SL1515
Leistungsgarantie:	min. 97% im ersten Jahr, danach max. Reduktion um 0,70% p.a. bis zu 25 Jahren
Produktgarantie:	12 Jahre

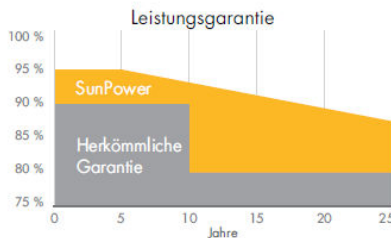


- Qualified, IEC 61215
- Safety tested, IEC 61730
- Periodic Inspection

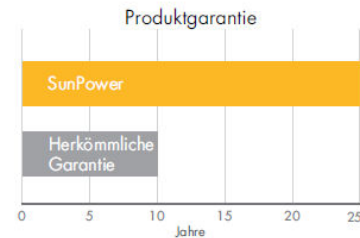


Tabelle 11: Technische Daten diverser Photovoltaikmodule der Fa. KIOTO Photovoltaics GmbH, Quelle: KIOTO Photovoltaics GmbH

SUNPOWER: DIE BESTE KOMBINIerte LEISTUNGS- UND PRODUKTGARANTIE



Mehr garantierte Leistung: 95% in den ersten 5 Jahren, -0,4%/Jahr bis zum 25. Jahr.<sup>8</sup>



Kombinierte Abdeckung von Leistungsproblemen und Produktschäden über 25 Jahre, einschließlich der Kosten für ersetzte Module.<sup>9</sup>

ELEKTRISCHE DATEN	E20-327-COM	E19-310-COM
	Nennleistung <sup>12</sup> (Pnom)	327 W
Leistungstoleranz	+5/-3%	+5/-3%
Durchschn. Modulwirkungsgrad <sup>13</sup>	20,4%	19,3%
Spannung im MPP (Ump)	54,7 V	54,7 V
Strom im MPP (Imp)	5,98 A	5,67 A
Leerlaufspannung (Uoc)	64,9 V	64,4 V
Kurzschlussstrom (Isc)	6,46 A	6,05 A
Max. Systemspannung	1000 V IEC & 1000 V UL	
Max. Sicherung bei Reihenschaltung	20 A	
Leistungstemperaturkoef. (Pmpp)	-0,38% / °C	
Spannungstemperaturkoef. (Voc)	-176,6 mV / °C	
Stromtemperaturkoef. (Isc)	3,5 mA / °C	

BETRIEBSBEDINGUNGEN UND MECHANISCHE DATEN	
Temperatur	- 40°C to +85°C
Max. Belastbarkeit	Wind: 2400 Pa, 245 kg/m <sup>2</sup> Vorder- und Hinterseite Schnee: 5400 Pa, 550kg/m <sup>2</sup> Vorderseite
Schlagfestigkeit	Hagelkörner bis 25mm Durchmesser bei 23m/s
Erscheinungsbild	Klasse B
Solarzellen	96 monokristalline Maxeon-Zellen der 2. Generation
Gehärtetes Glas	Hohe Transparenz und Antireflexbeschichtung
Anschlussdose	IP-65-zertifiziert
Stecker	Yukita (YS-254/YS-255)
Rahmen	Class 2 silber eloxiert
Gewicht	18,6 kg

Tabelle 12: Technische Daten diverser Photovoltaikmodule der Fa. SunPower GmbH, Quelle: SunPower GmbH

	Angebot 19096	Angebot 19114	Angebot 19115	Angebot 19278
Einstellungszeitpunkt	20.05.2013	<b>21.05.2013</b>	<b>21.05.2013</b>	<b>02.06.2013</b>
Datum des Angebots	13.05.2013	29.04.2013	29.04.2013	30.05.2013
KWp Preis	1999,00 €	1585,00 €	1685,00 €	1880,00 €
Ertragsprognose laut Angebot:	780 kWh/kWp	780 kWh/kWp	780 kWh/kWp	780 kWh/kWp
Anlagengröße:	6,55 kWp	4,08 kWp	3,57 kWp	5,88 kWp
<b>Modul 1</b>				
Anzahl	19	19	14	24
Hersteller	Sunpower	Heckert	Winaico	Sunpower
Bezeichnung	SPR-x21-345	Solar NemoP215	WSP255P6	SPR-245NE-WHT
Nennleistung	345 Wp	215 Wp	255 Wp	245 Wp

Tabelle 13: Daten zu unterschiedlichen Anlagenkonfigurationen

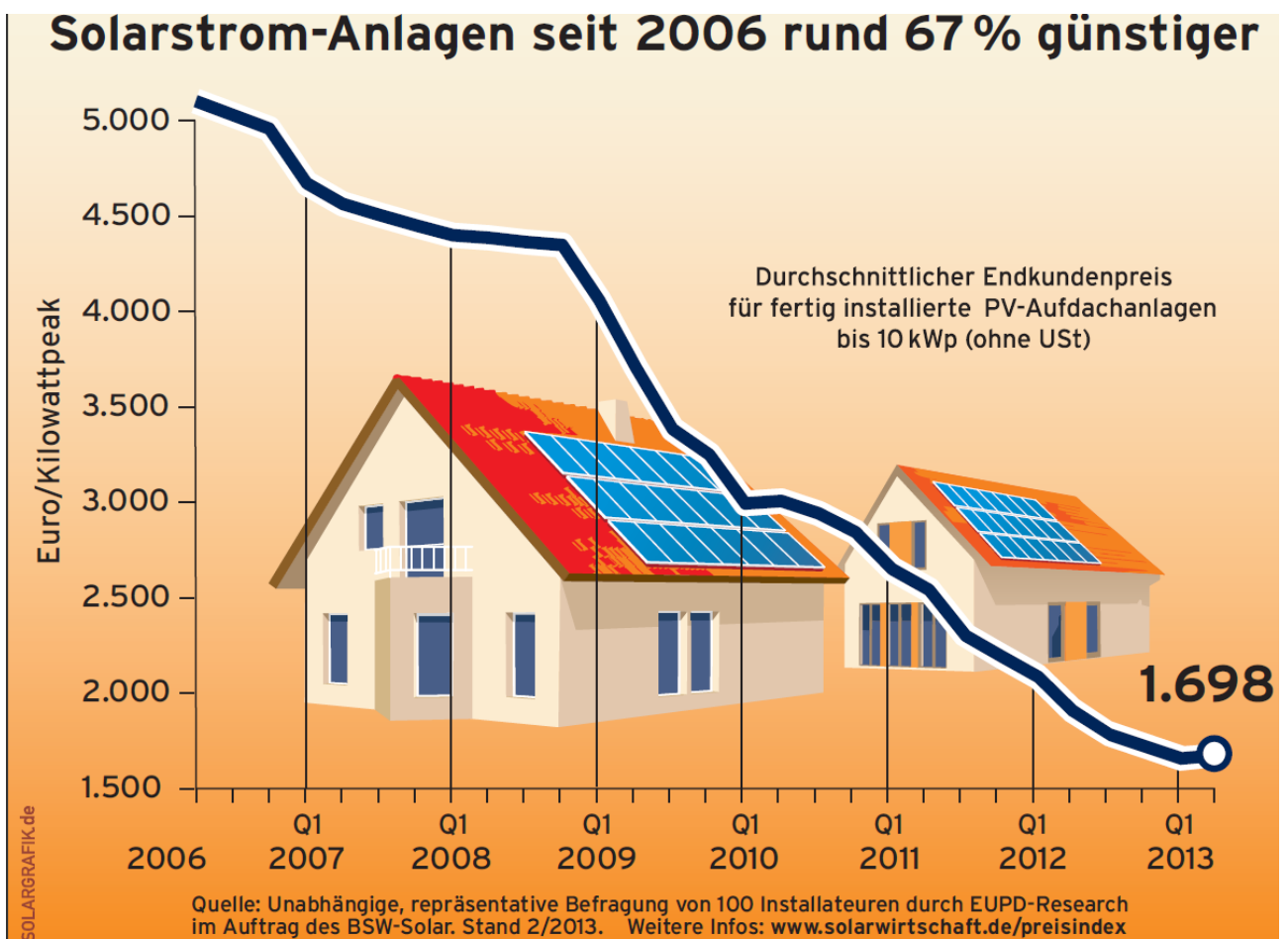


Abbildung 24: Preisentwicklung von Solarstrom-Anlagen seit 2006, Quelle: <http://www.solarwirtschaft.de/pressegrafiken.html>

## 9.3. Solar hybrid

### 9.3.1. Potentiale

Die hybride Nutzung von Sonnenenergie erlebt in den letzten Jahren wieder eine verstärkte Weiterentwicklung, erste Produkte sind am Markt. Nachfolgende Abschätzungen beziehen sich auf Kenndaten aus der Literatur. Zu beachten ist das verhältnismäßig geringe Temperaturniveau des solar erwärmten Wassers.

Potential Hybridkollektoren	Theoretisches Potential kWh	Technisches Potential kWh	Technisches Nachfragepotential Wärme direkt kWh	Technisches Nachfragepotential Strom kWh	Wärmebedarf kWh	Strombedarf inkl. Prozessstr. kWh
Jan	283'308	55'963	20'032	20'077	28'617	50'757
Feb	488'803	96'556	16'117	34'640	23'025	43'772
Mar	909'758	179'709	13'744	42'581	19'634	42'581
Apr	1'314'720	259'703	11'674	38'523	16'677	38'523
Mai	1'701'340	336'074	11'230	39'624	16'042	39'624
Jun	1'764'420	348'534	11'924	39'096	17'034	39'096
Jul	2'022'566	399'527	19'430	50'548	27'757	50'548
Aug	1'691'496	334'129	16'905	47'732	24'150	47'732
Sep	1'061'802	209'743	10'506	36'220	15'009	36'220
Okt	648'633	128'128	13'396	42'719	19'138	42'719
Nov	303'323	59'917	15'108	21'496	21'582	44'220
Dez	207'092	40'908	18'379	14'676	26'256	48'386
Summe Winter	4'155'635	820'883	108'450	214'713	154'928	310'958
Summe Sommer	8'241'624	1'628'008	69'995	213'220	99'992	213'220
<b>Summe</b>	<b>12'397'260</b>	<b>2'448'890</b>	<b>178'444</b>	<b>427'932</b>	<b>254'921</b>	<b>524'178</b>

### 9.3.2. Typische Technologien

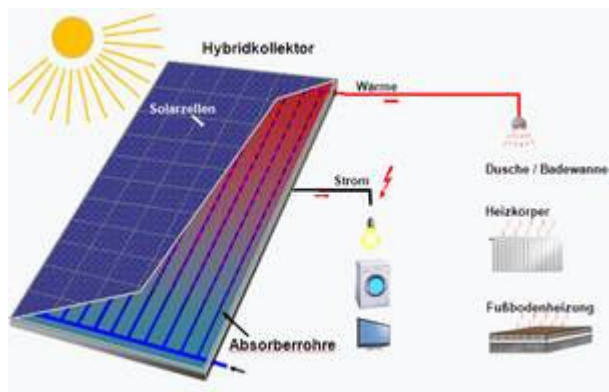


Abbildung 25: Beispielhafte Darstellung der Funktionsweise eines solarhybriden Kollektors

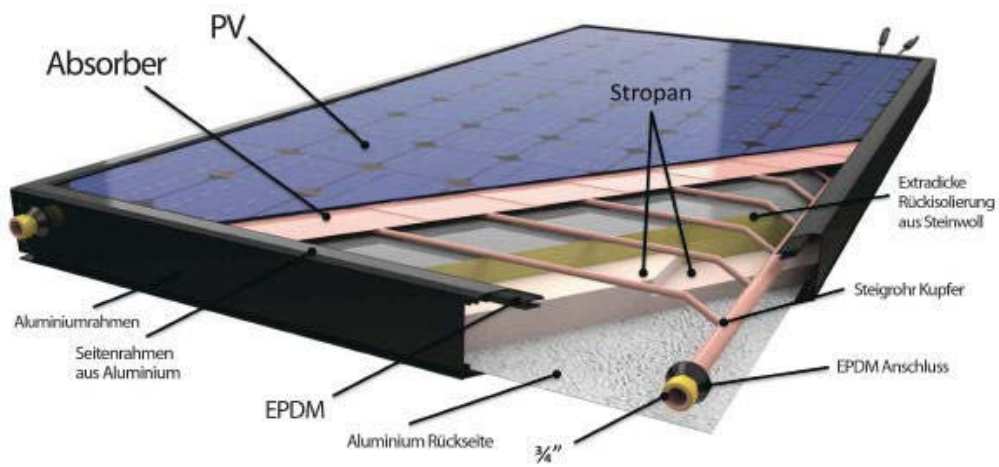


Abbildung 26: Beispielhafte Darstellung des Aufbaus eines solarhybrid

## 9.4. Grundwasser

### 9.4.1. Potentiale

Die derzeit genutzte Kühlenergie aus dem Grundwasser und das theoretisch möglich Kühlpotential bei 5K Spreizung und der genehmigten Entnahme von 1,18 l/s sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Berechnung Brunnenkühlung Monitoring										
						Massenfluss l/s	1.18	l/h	4248	4248
						Brunnenwass m³/a	6'093		0.2	0.2
						Massenfluss reduziert l/s	0.236		849.6	849.6
		Gugler2012 0216 / E15: Brunnenkueh lung prim. VL / Aktueller Wert	Gugler2012 0216 / E16: Brunnenkueh lung prim. RL / Aktueller Wert	Gugler2012 0216 / E19: Brunnenkueh lung sek. VL / Aktueller Wert	Gugler2012 0216 / E20: Brunnenkueh lung sek. RL / Aktueller Wert	Temperaturd ifferenz pirmär	Temperaturd ifferenz sekundär	Wärme Brunnenkühl ung Primärkreis	Wärme Brunnenkühl ung Sekundärkre is	
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	kWh	kWh	
2013	Jan	26.3	33.8	34.5	39.7	7.6	5.2	5'585	3'821	
2013	Feb	26.8	34.1	34.7	40.9	7.3	6.2	4'867	4'097	
2012	Mar	26.0	32.5	32.8	37.3	6.4	4.5	4'721	3'333	
2012	Apr	25.5	32.0	32.0	36.0	6.4	4.0	4'585	2'853	
2012	Mai	23.9	28.1	27.2	30.4	4.2	3.1	3'070	2'311	
2012	Jun	20.8	26.3	24.5	27.8	5.5	3.3	3'938	2'345	
2012	Jul	22.0	26.4	24.7	27.9	4.3	3.2	3'180	2'352	
2012	Aug	23.1	27.1	25.9	29.0	4.0	3.2	2'977	2'324	
2012	Sep	24.2	29.7	28.9	32.1	5.4	3.2	3'882	2'286	
2012	Okt	25.6	32.4	32.7	36.6	6.8	3.9	4'994	2'888	
2012	Nov	28.6	33.8	34.4	39.5	5.2	5.0	3'739	3'575	
2012	Dez	29.8	34.2	35.6	41.2	4.5	5.6	3'296	4'104	
2013	Jan	26.3	33.8	34.5	39.7	7.6	5.2	5'585	3'821	
2013	Feb	26.8	34.1	34.7	40.9	7.3	6.2	4'867	4'097	
2013	Mar	27.1	34.0	34.8	40.5	6.8	5.7	5'031	4'225	
Winter	Jan-Feb2013	27.0	33.2	33.8	38.7	6.3	4.9	31'788	24'670	
Sommer	Mai-Sept 201	22.8	27.5	26.2	29.4	4.7	3.2	17'046	11'618	
Summe	März2012-Fe	<b>25.2</b>	<b>30.8</b>	<b>30.6</b>	<b>34.8</b>	<b>5.6</b>	<b>4.2</b>	<b>48'835</b>	<b>36'288</b>	
	Direkt berechnet									
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	W	W	
	Maximum	36.2	36.1	37.5	46.4	15.1	15.4	14'999	15'286	
	Minimum	16.3	19.6	14.5	14.9	0.0	0.0	0	0	

Anmerkung: Berechnung der Kälteenergie aus Brunnen näherungsweise, da Massenfluss im Detail nicht bekannt, nur Gesamt-Brunnenwasserverbrauch pro Jahr (6093m³/a)

Tabelle 14: Derzeit genutzte Kühlenergie des Grundwassers

Schüttelleistung	5	3.5	1.18	l/s		
Potential Grundwasser Direktkühlung	Theoretisches Potential	Technisches Anbotspotential wahrscheinlich genehmigungsfähig	Technisches Anbotspotential derzeit bewilligt	Technisches Nachfragepotential Kälte monatliche Speicherung	Technisches Nachfragepotential Kälte ohne Speicherung	Kältebedarf
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Jan	77'748	54'424	18'349	1'583	1'565	1'583
Feb	70'224	49'157	16'573	1'969	1'934	1'969
Mar	77'748	54'424	18'349	4'438	3'645	4'438
Apr	75'240	52'668	17'757	7'331	5'053	7'331
Mai	77'748	54'424	18'349	7'325	4'879	7'325
Jun	75'449	52'814	17'806	11'564	5'895	11'564
Jul	77'748	54'424	18'349	18'349	11'370	35'533
Aug	77'748	54'424	18'349	18'349	8'782	24'801
Sep	75'240	52'668	17'757	5'346	4'242	5'346
Okt	77'748	54'424	18'349	6'637	4'811	6'637
Nov	75'240	52'668	17'757	2'204	2'200	2'204
Dez	77'748	54'424	18'349	1'465	1'465	1'465
Summe Winter	531'696	372'187	125'480	25'625	20'672	25'625
Summe Sommer	383'933	268'753	90'608	60'932	35'167	84'568
<b>Summe</b>	<b>915'629</b>	<b>640'940</b>	<b>216'088</b>	<b>86'557</b>	<b>55'840</b>	<b>110'193</b>

Tabelle 15: Theoretische Kühlpotential des Grundwassers

Der hier angegebene Kältebedarf ist bereits durch direkte Außenluftkühlung über Fenster, bzw. während der Betriebszeit über die Lüftungsanlage reduziert

### 9.4.2. Typische Technologien



Abbildung 27: Beispielhafte Darstellung einer Tauchpumpe für Grundwassernutzung



#### Technische Daten

<b>SCUBA 409</b>	
<b>Förderhöhe (H<sub>max.</sub>):</b>	62,5 m
<b>Fördermenge (Q<sub>max.</sub>):</b>	bis 125 l/min
<b>Leistung:</b>	0,90 kW
<b>Temperatur des Fördermediums:</b>	bis +40° C (bei Dauerbetrieb)
<b>Schutzart:</b>	IP68
<b>Max. Anlaufhäufigkeit pro Stunde:</b>	für Motoren bis 0,9kW: 25 für Motoren ab 1,1kW:20
<b>Max. Durchmesser der Pumpe:</b>	128mm
<b>Max. Eintauchtiefe:</b>	20m
<b>Max. zulässiger Sandanteil im Wasser:</b>	25g/m <sup>3</sup>
<b>Max. Korngröße:</b>	2,5mm

Lowara SCUBA 409 C- mehrstufige **Unterwassermotorpumpe** in Blockausführung mit Ansaugung am Pumpenfuß für Sammel tanks oder Tiefbrunnen mit Mindestdurchmesser 5", schleißfeste Konstruktion durch doppelte Gleitringdichtung mit integrierter Ölkammer, maximaler Feststoffanteil bis 25 g/m<sup>3</sup> möglich.

Ausstattung bei Ausführung C: **ohne Schwimmerschalter** mit 20m Anschlusskabel H07RN-F



Baureihe SCUBA

Abbildung 28: Datenblatt der mehrstufigen Unterwassermotorpumpe SCUBA 409 C, Quelle: <http://lowara.de/borehole-pumps/scuba/>

## 9.5. Außenluft

### 9.5.1. Potentiale

Das Potential zur Nutzung der Außenluft für Heizung oder Kühlung ist nahezu unbegrenzt, damit ist die Angabe eines theoretischen Potentials wenig sinnvoll. Eine direkte Verwendung zur Konditionierung ist nur zum Kühlen möglich.

Im Wesentlichen kommen als Technologien im Fall Leuchtturm Gugler die folgenden passiven und aktiven Methoden in Frage:

- Fenster händisch oder mechanisch öffnen, wenn die Außenlufttemperatur unter der Raumlufttemperatur liegt
- Nutzung der Lüftungsanlage, die außerhalb der Nutzungszeit zur Vorkühlung des Gebäudes verwendet werden kann
- Indirekte Verwendung der „Kälte“ der Außenluft über Rückkühler, die über die Decken- und Fußbodenregister den Räumen zugeführt werden können

Während im ersten Fall bei entsprechenden Öffnungsgrößen nach außen bereits geringe Temperaturdifferenzen von wenigen K ausreichen, um ein nennenswertes Kälteversorgungs zu erreichen, sind im Fall der indirekten Verwendung Außenlufttemperaturen von maximal 15°C anzustreben.

Potential Außenluft Direktkühlung	Theoretisches Potential	Technisches Potential über Fenster und Klappen direkt	Technisches Potential über Lüftungsanla- ge	Technisches Potential über Rückkühler/F lächensyste- me	Technisches Nachfragepo- tential über Fenster und Klappen direkt	Technisches Nachfragepo- tential über Lüftungsanla- ge	Technisches Nachfragepo- tential über Rückkühler/F lächensyste- me	Kältebedarf
		kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
Jan		452'630	220'033	148'800	1'583	1'583	1'583	1'583
Feb		424'212	202'456	134'400	1'969	1'969	1'969	1'969
Mar		312'526	170'649	145'800	4'438	4'438	4'438	4'438
Apr		192'457	117'146	115'400	7'331	7'331	7'331	7'331
Mai		111'081	78'418	79'000	7'325	7'325	7'325	7'325
Jun		75'744	58'026	51'800	11'564	11'564	11'564	11'564
Jul		26'610	21'619	5'800	26'610	21'619	5'800	35'533
Aug		49'611	38'700	29'600	24'801	24'801	24'801	24'801
Sep		98'867	72'886	68'600	5'346	5'346	5'346	5'346
Okt		190'491	120'253	123'000	6'637	6'637	6'637	6'637
Nov		312'290	170'114	144'000	2'204	2'204	2'204	2'204
Dez		451'516	220'507	148'800	1'465	1'465	1'465	1'465
Summe Winter		2'336'123	1'221'158	960'200	25'625	25'625	25'625	25'625
Summe Sommer		361'913	269'648	234'800	75'646	70'654	54'836	84'568
<b>Summe</b>		<b>2'698'036</b>	<b>1'490'806</b>	<b>1'195'000</b>	<b>101'271</b>	<b>96'279</b>	<b>80'461</b>	<b>110'193</b>

Tabelle 16: Technische Potentiale der Außenluft bei unterschiedlichen Anwendungen

### 9.5.2. Typische Technologien



Abbildung 29: Beispielhafte Darstellung einer Rückkühleinheit einer Lüftungsanlage



Kunde  
Land  
Projekt  
Anfragedatum  
Datum 05.06.2013  
Version Sw 130219 [2CBEC8A2]

zu Händen von  
Angebot Nr.  
Referenz  
Ihre Kontaktperson  
Telefon

<b>Trockenrückkühler</b>	<b>GCHSD107KB/6S-30 Y V (ZA)</b>	<b>Anzahl Pässe</b>	<b>4</b>
<b>Benötigte Leistung</b>	185,0 kW	<b>Medium</b>	ETHYLENGLYKOL 35%
<b>Effektive Leistung</b>	185,0 kW	<b>Mediueintrittstemp.</b>	47,0 °C
<b>Leistungsreserve</b>	0,0 %	<b>Nominale Mediaustrittstemp.</b>	40,0 °C
<b>Luftmenge</b>	75940 m³/h	<b>Effektive Mediaustrittstemp.</b>	40,0 °C
<b>Luftgeschwindigkeit</b>	1,52 m/s	<b>Druckverlust</b>	75 kPa
<b>Luftdruck/geodätische Höhe</b>	1013/0 mbar/m	<b>Mediummenge</b>	25,2 m³/h
<b>Luft Eintritt / Austritt Temp.</b>	35,0/42,5 °C	<b>K-Wert</b>	29,9 W/(m² K)
<b>Zusätzl. luftseitiger Druckvert.</b>	0 Pa		

<b>Lüfter (Nominaldaten) Stück</b>	6 (400V/3/50Hz) (ZA)	<b>Temp.-Bereich Ventilator</b>	-40/70 °C
<b>Drehzahl</b>	310 RPM	<b>Schalldruckpegel (2)</b>	44 dB(A)
<b>Leistung pro Motor/Gerät</b>	0,5/3 kW	<b>bei einer Entfernung von</b>	5 m
<b>Stromauf. pro Motor/Gerät(3)</b>	0,97/5,82 A	<b>Schallleistungspegel Lw</b>	71,8 dB(A)
<b>Betriebspunkt Motor/Gerät</b>	0,51/3,07 kW	<b>Energieeffizienzklasse</b>	C

Tabelle 17: Technische Daten zum Trockenrückkühler GCHSD107KB/6S-30 Y V (ZA)

## 9.6. Erdreich oberflächennah

### 9.6.1. Potentiale

Für die oberflächennahe Nutzung der Erdwärme wird das Potential von Tiefensonden detaillierter betrachtet. Diese kommen vor allem für eine saisonale Speicherung von Wärme, bzw. als Wärmesenke in Frage.

<b>Potential Erdwärme Tiefensonde</b>	Theoretisches Potential	Technisches Potential	Technisches Nachfragepotential Kälte direkt	Technisches Nachfragepotential Wärme mit Wärmepumpe	Kühlbedarf	Wärmebedarf
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Jan	223'200	59'520	1'583	28'617	1'583	28'617
Feb	201'600	53'760	1'969	24'538	1'969	24'538
Mar	223'200	59'520	4'438	12'397	4'438	12'397
Apr	216'000	57'600	7'331	4'470	7'331	4'470
Mai	223'200	59'520	7'325	1'578	7'325	1'578
Jun	216'000	57'600	11'564	1'441	11'564	1'441
Jul	223'200	59'520	35'533	1'510	35'533	1'510
Aug	223'200	59'520	24'801	1'578	24'801	1'578
Sep	216'000	57'600	5'346	1'372	5'346	1'372
Okt	223'200	59'520	6'637	3'912	6'637	3'912
Nov	216'000	57'600	2'204	14'763	2'204	14'763
Dez	223'200	59'520	1'465	27'961	1'465	27'961
Summe Winter	1'526'400	407'040	25'625	116'658	25'625	116'658
Summe Sommer	1'101'600	293'760	84'568	7'479	84'568	7'479
<b>Summe</b>	<b>2'628'000</b>	<b>700'800</b>	<b>110'193</b>	<b>124'137</b>	<b>110'193</b>	<b>124'137</b>

Tabelle 18: Theoretisches und technisches Potential des oberflächennahen Erdreichs

Grundsätzlich könnte der gesamte

### 9.6.2. Typische Technologien

Tiefensonden



Abbildung 30: Beispielhafte Abbildung einer Tiefsonde

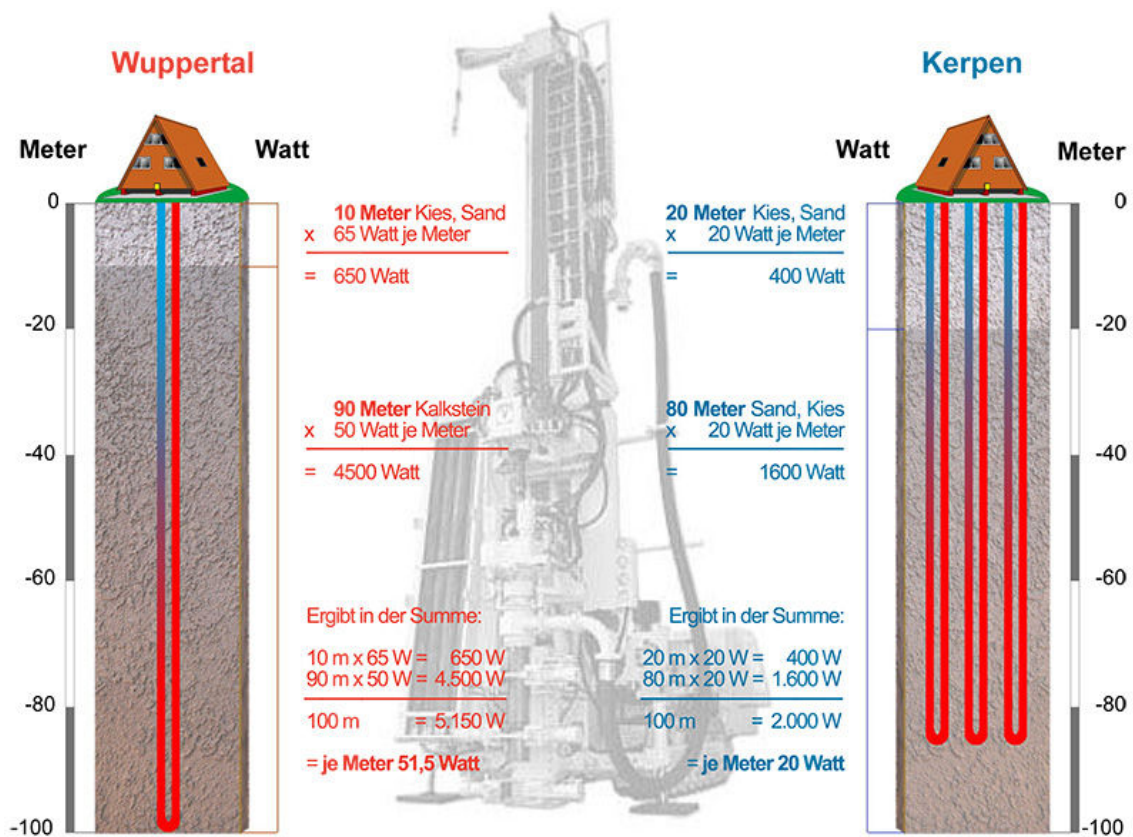


Abbildung 31: Darstellung der spezifischen Entzugsleistung in Abhängigkeit der Bodenbeschaffenheit bei Tiefsonden

Verlegung Bodennah



Abbildung 32: Beispielhafte Darstellung der Verlegung von oberflächennahen Erdkollektoren

Die oberflächennahe Geothermie nutzt in den ersten Metern unter der Oberfläche vor allem die direkte Umweltwirkung, in tieferen Lagen (50 bis 400m) den saisonalen Speichereffekt und erste „Wärmegewinne“ aus dem Erdinneren, darunter vor allem die Gewinne aus dem Erdinneren.

## 9.7. Windkraft

### 9.7.1. Potentiale

<b>Potential Kleinwindkraft</b>	Theoretisches Potential	Technisches Potential (6*15kW)	Technisches Nachfragepotent ial Windkraft	Strombedarf inklusive elektrische Deckung Wärme und Kälte
	kWh	kWh	kWh	kWh
Jan	226'113	9'426	8'284	50'757
Feb	140'504	5'796	5'599	43'772
Mar	334'161	14'002	11'036	42'581
Apr	150'955	6'215	4'663	38'523
Mai	298'830	12'530	10'229	39'624
Jun	148'491	6'164	5'416	39'096
Jul	171'979	7'137	6'168	50'548
Aug	163'801	6'801	6'594	47'732
Sep	164'924	6'834	6'009	36'220
Okt	127'039	5'211	4'330	42'719
Nov	252'785	10'572	9'334	44'220
Dez	347'912	14'584	11'437	48'386
Summe Winter	1'579'469	65'806	54'683	310'958
Summe Sommer	948'026	39'466	34'415	213'220
<b>Summe</b>	<b>2'527'494</b>	<b>105'271</b>	<b>89'097</b>	<b>524'178</b>

Tabelle 19: Theoretisches und technisches Potential der Windkraft



## 9.7.2. Typische Technologien

### Windrad SW10

Type	SW10
Nennleistung	9,9 kW
Nennwindgeschwindigkeit	11 m/s
Startwindgeschwindigkeit	3 m/s
Arbeitsgeschwindigkeit	3,5 - 25 m/s
Maximale Windgeschwindigkeit	50 m/s
Nennrotationsdrehzahl	200 r/min
Windraddurchmesser	7,8 m
Arbeitsspannung	AC400V
Rotorblätter Material	Fiberglas*3
Jährliche Stromerzeugung je nach Lage	10.000 kWh bei 4 m/s Wind Jahresschnitt 20.000 kWh bei 5 m/s Wind Jahresschnitt
Engpassleistung	9,7 kW
Drehzahlregulationsmethode	Drehzahlabhängige Flügelverstellung
Bauweise Drehstromgenerator	Synchron
Stop Methode	manuell / automatisch
Gewicht des Windrades mit Generator	500 kg
Einspeisung mit Wechselrichter	SWWR10
Geräuschpegel bei 40 m Abstand	ca. 47 db (A)
Turmhöhen	10m / 12m / 15m
Einspeisung	3x400VAC+P+N 35A
Download als PDF	<a href="#">Windrad Folder</a>

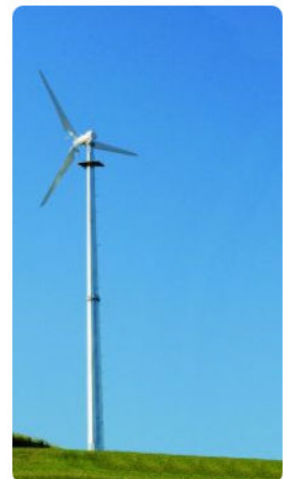


Tabelle 20: Datenblatt zu Horizontalläufer Windkraftanlage SW10

<b>Nennleistung:</b>	15000 Watt
<b>Rotorgröße:</b>	5500 x 2300 mm
<b>Nabenhöhe:</b>	10 m (Standard)
<b>Windzone (DIBT):</b>	I, II, III, IV
<b>Windklasse (IEC):</b>	I, II, III, IV
<b>Einschaltgeschwindigkeit:</b>	3-4m/sec.
<b>Abschaltgeschwindigkeit:</b>	bei 40m/sec das entspricht ca.140 km/h
<b>ca. Jahresproduktion:</b>	15603 KWh bei $\varnothing$ 5m/sec nach BWEA Standard 62415 KWh bei $\varnothing$ 8m/sec nach BWEA Standard 124830 KWh bei $\varnothing$ 11m/sec nach BWEA Standard

Diese vertikalen Windturbinen sind nicht abhängig von der Windrichtung. Dadurch ist es ebenfalls bei ständig drehenden Windverhältnissen oder schwachen Winden möglich Energie zu erzeugen. Des weiteren hat diese Windturbine eine geringe Geräuschentwicklung und ist somit auch im bewohnten Gebiet einsetzbar.

**Rotor**

Typ:	vertikale Turbine
Rotoranzahl:	2, $\varnothing$ 3600 mm
Rotorfläche:	23.00 m <sup>2</sup>
Material:	GFK
Drehzahl:	max. 150 U/min.

**Generator**

Typ:	getriebeloser Permanentmagnetgenerator
Grösse:	$\varnothing$ 578 mm
Material:	Edelstahl mit Aluminiumgehäuse

**Gewicht v. Rotor & Generator** ca. 578 KG

**Masten**

Typ:	Rohrmasten
Grösse:	10 m, $\varnothing$ 300 mm
Material:	Stahl verzinkt

**Dachkonstruktion** Spezialanfertigung je nach Art des Daches

**Netzeinspeisung** Wechselrichter mit bis zu 97% Wirkungsgrad

**Sicherheit**

Bremssysteme:	Mechanisch
Blitzschutz:	im Rotor integriert

**Fernüberwachung:** BIOTEC-MONOTEC, per Funk oder Internet

**Fundament:** 1000 x 2000 x 1000 mm (abhängig vom Standort)

**Garantie:** 5 Jahre auf alle Komponenten



Tabelle 21: Datenblatt zu Vertikalläufer Windkraftanlage BVT-15KW

## 9.8. Kompostierung

### 9.8.1. Potential

Die Nutzung der entstehenden Wärme während des Kompostierungsprozesses (Humustoiletten, Kompost Küchenabfälle etc.) ist wegen der geringen Mengen im gegenständlichen Projekt nicht sinnvoll. Für eine Vergasung müssten Fremdmengen eingekauft werden.

### 9.8.2. Typische Technologien

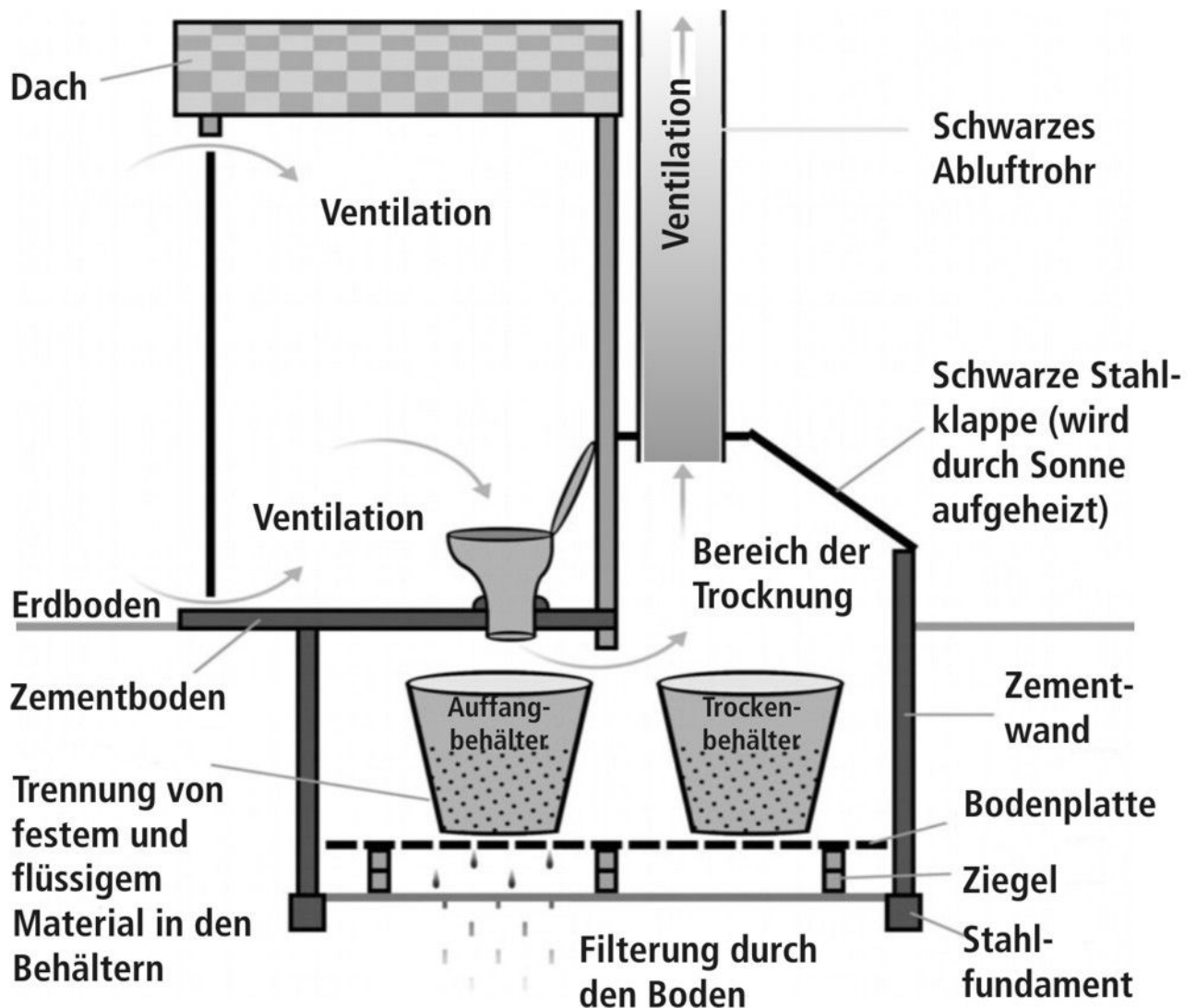


Abbildung 33 : Beispielhafte Darstellung der Nutzung des Kompostierprozesses 1

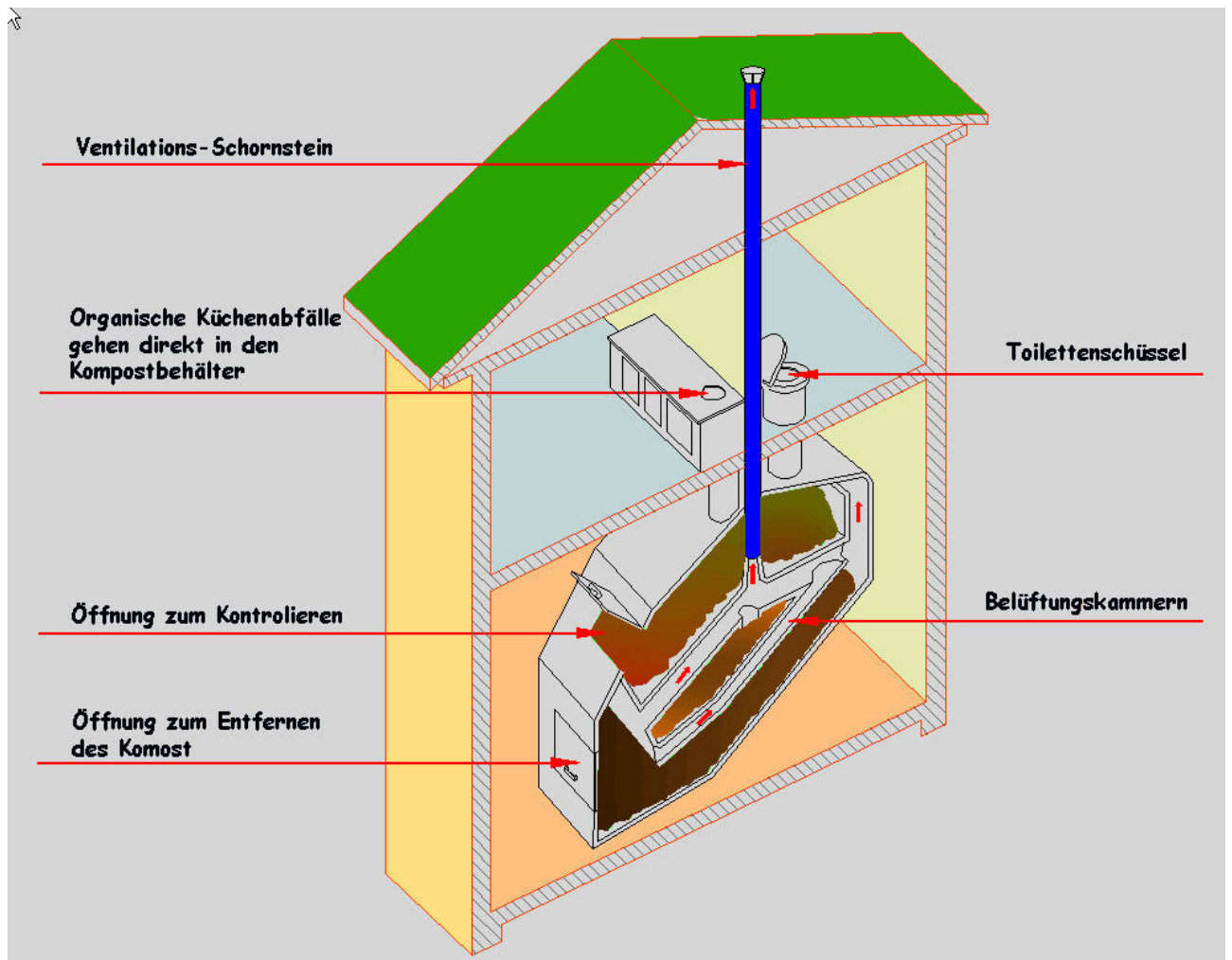


Abbildung 34: Beispielhafte Darstellung der Nutzung des Kompostierprozesses 2

Die energetische Nutzung des im Kompostierungsprozess auftretenden Energie wirkt sich sehr günstig auf den Verrottungsprozess aus. Die dann resultierenden deutlich niedrigeren Temperaturen verlangsamen den Prozess sehr stark, zudem dem ist die keimtötende Wirkung deutlich reduziert.

## 9.9. Biomasse

### 9.9.1. Potential

An Biomasse fallen vor allem Gehölze an. Da aber der Baum- und Buschbestand sehr gering ist, ist eine Nutzung der anfallenden Biomasse zur Energienutzung von untergeordnetem Interesse.

### 9.9.2. Typische Technologien

	ÖkoFEN PELLEMATIC SMART_e
Anwendungsbereich	Ein-/Zweifamilienhäuser und als Grundlastkessel bei Gewerbebetrieben
Brennstoff	Holzpellets gemäß EN14961-2; Klasse A1
Brennstoffverbrauch	k.A.
Geräuschniveau	k.A.
Motor	Freikolben-Stirlingmotor (microgen)
Hubraum	k.A.
Drehzahlbereich	ca. 3.000 Takte/min
Emissionswerte NOx	k.A.
Emissionswerte CO	k.A.
elektrische Leistung (Strom)	1,0 kW
thermische Leistung (Wärme)	14,0 kW
Wirkungsgrad elektrisch	k.A.
Wirkungsgrad thermisch	k.A.
Gesamtwirkungsgrad	102 % (bezogen auf den unteren Heizwert)
Stromkennzahl	0,07
Abmessungen in cm (LxBxH)	112,0 x 112,5 x 205,0 (Einbringmaß 79 cm)
Platzbedarf in cm (BxT)	Stellfläche rd. 1,5 m <sup>2</sup> (inkl. 600 Ltr. Schichtspeicher)
Gewicht	Stirlingmotor ca. 50 kg, Gesamtgewicht 430 kg (Pelletskessel inkl. 600 Ltr Schichtspeicher)

Tabelle 22: Datenblatt des Pelletsofens ÖkoFEN PELLEMATIC SMART\_e



Abbildung 35: Darstellung des Pelletsofens ÖkoFEN PELLEMATIC SMART-e



Abb. 8



Abb. 9



## Relevante technische Daten und Wirkungsgrade der KWK-Technologie auf Basis Stirlingmotor

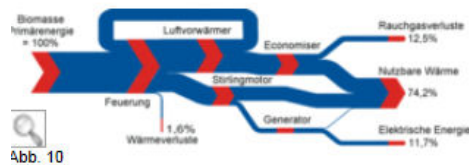


Abb. 10

In Abbildung 10 ist der Energiefluss der Biomasse-KWK-Anlage auf Basis des 35 kW<sub>el</sub>-Stirlingmotors in Form eines Sankey-Diagramms dargestellt. Der elektrische Wirkungsgrad liegt bei rund 12% und der Gesamtwirkungsgrad bei ca. 85 bis 92%. Die thermische Nutzwärmeleistung dieser KWK-Anlage liegt im Bereich von rund 230 kW. Die dafür erforderliche Brennstoffwärmeleistung beträgt rund 300 kW.

Nachfolgend sind relevante technische Daten und die Wirkungsgrade der KWK-Technologie auf Basis des 35 kW<sub>el</sub>- und des 70 kW<sub>el</sub>-Stirlingmotors dargestellt:

Elektrische Nennleistung - Stirlingmotor	kW	35	70
Thermische Nennleistung - Stirlingmotor	kW	105	210
Thermische Nennleistung - KWK-Anlage	kW	230	460
Brennstoffwärmeleistung	kW	300	600
Elektrischer Wirkungsgrad - Stirlingmotor	%	25,0	25,0
Elektrischer Anlagenwirkungsgrad	%	11,7	11,7
Anlagenwirkungsgrad gesamt	%	88,3	88,3
Arbeitsmedium - Stirlingmotor		Helium	Helium
Durchschnittlicher Arbeitsdruck	MPa	4,5	4,5
Oberflächentemperatur - Erhitzerwärmetauscher	°C	750	750
Drehzahl - Stirlingmotor	rpm	1.010	1.010
Gewicht - Stirlingmotor	kg	1.600	3.500

Abbildung 36: Beispielhafte Darstellung der Nutzung von Biomasse für einen KWK-Prozess

## 9.10. Zusammenfassung

Fasst man die Potentiale zusammen, kann von einem beträchtlichen Potential ausgegangen werden. Zu beachten ist die Flächenkonkurrenz einzelner Systeme, z.B. Solarthermie, Photovoltaik, Free Cooling über Rückkühler.

Es ergeben sich die folgenden Potentiale, die durchwegs durch dynamische anbots- und nachfrageseitige Prozesse dargestellt sind.

Anbot erneuerbare Energie		Theoretisches Potential	Technisches Anbspotential	Technisches Nachfragepotential	Bedarf optimierte Entwurfsvariante	Nutzenergie
		kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	
	Solarthermie	12'397'260	1'842'425	254'921		Wärme/Kälte
	Photovoltaik	12'397'260	878'564	427'932		Strom
	Windkraft	2'527'494	105'271	89'097		Strom
	Grundwasser	915'629	640'940	86'557		Kälte
	Derzeit genehmigt	915'629	216'088	55'840		Kälte
	Umweltwärme Fensteröffnen	nahezu unbegr.	2'698'036	101'271		Kälte
	Lüftungsanlage	nahezu unbegr.	1'490'806	96'279		Kälte
	Rückkühler	nahezu unbegr.	1'195'000	80'461		Kälte
	Erdwärme Tiefensonde	2'628'000	700'800	110'193		Kälte
<b>Nachfrage ohne Hilfsstrom und Erzeugungsverluste</b>						
	Wärme				254'921	
	Kälte				110'193	
	Strom ohne Prozessenergie				168'023	
	Strom mit Prozessenergie				438'722	

Tabelle 23: Zusammenfassung der theoretischen und technischen Potentiale unterschiedlicher erneuerbarer Energieträger

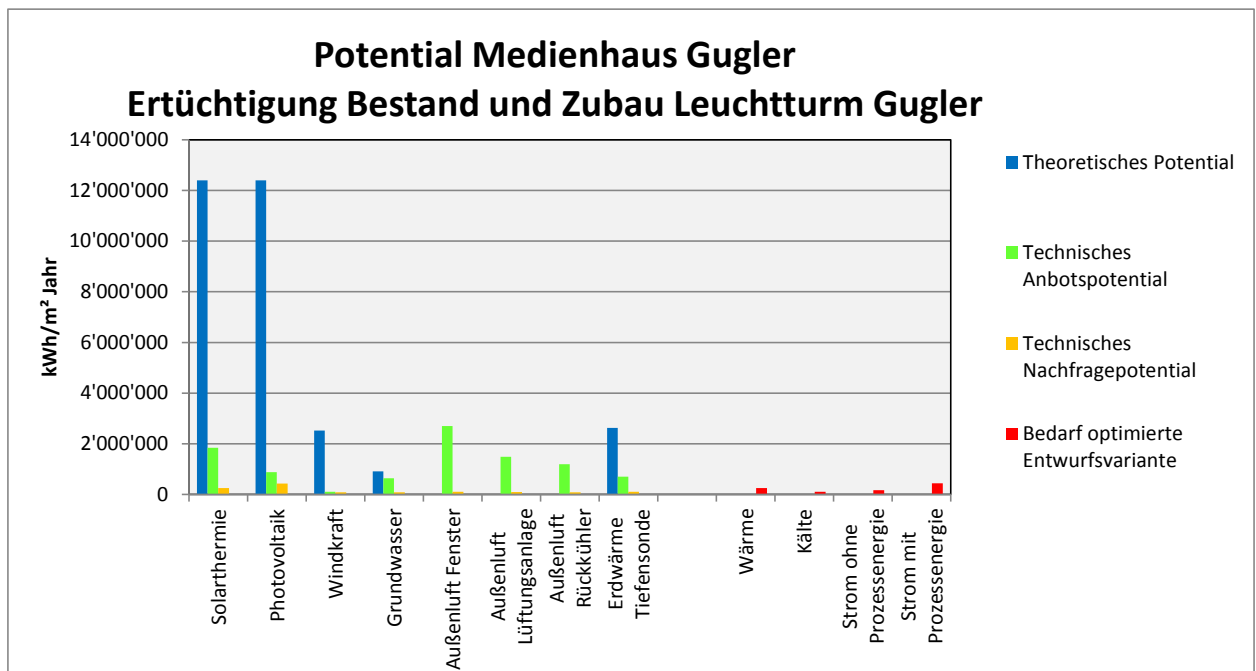


Abbildung 37: Potential erneuerbare Energien

- Das technische Angebotspotential liegt weit über der Nachfrage, allerdings ist die zeitliche Verschiebung teilweise an einer Deckung hinderlich



## 10. Speicher

Um Anbot und Nachfrage möglichst in Deckung zu bringen, stehen unterschiedliche Systeme für die Speicherung von

- Wärme
- Kälte
- elektrischer Energie

zur Verfügung

### 10.1. Wasserspeicher



Abbildung 38: Beispiel eines Warmwasserspeichers



Abbildung 39: Lade- und Entladevorrichtung Warmwasserspeicher

## 10.2. Speicherung Wärme und Kälte in Baustruktur

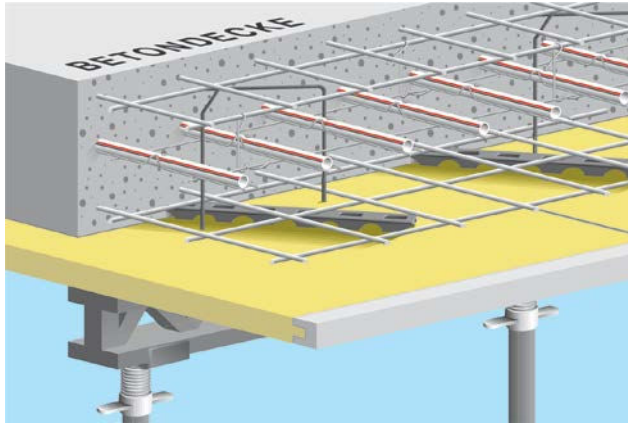


Abbildung 40: Schematische Darstellung der Speicherung von Wärme bzw. Kälte in der Baustruktur mittels Rohre in der Betondecke



Abbildung 41: Darstellung der Verteilung von Wärme bzw. Kälte in der Baustruktur mittels Rohre in einer abgehängten Decke

### Danfoss Fußbodenheizung im Vergleich

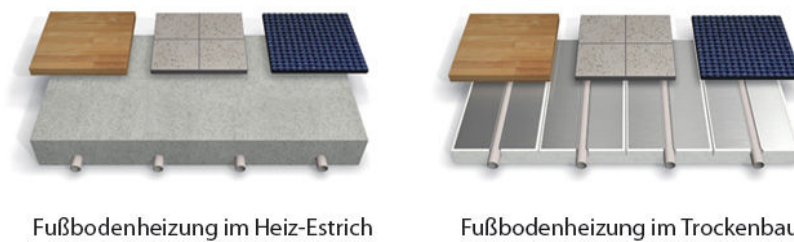


Abbildung 42: Fußbodenheizung bei unterschiedlichen Aufbauarten, Quelle: Danfoss Ges.m.b.H.

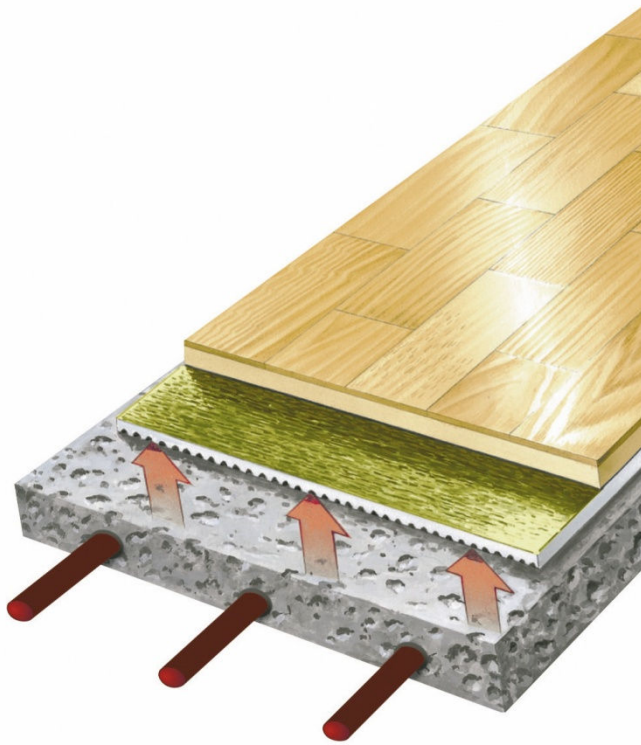


Abbildung 43: Darstellung eines beispielhaften Fußbodenheizungsbaus 1

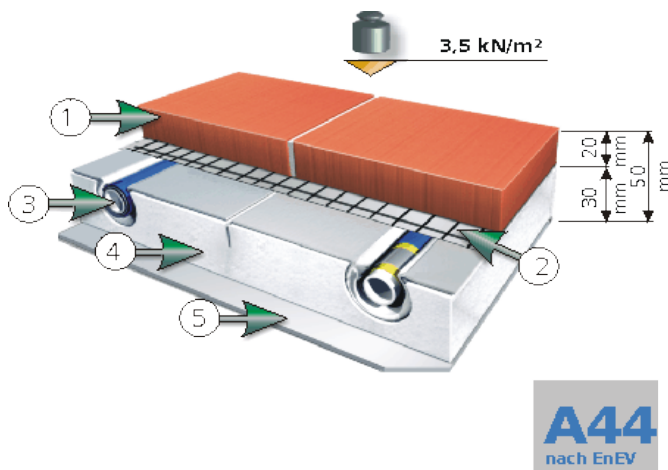


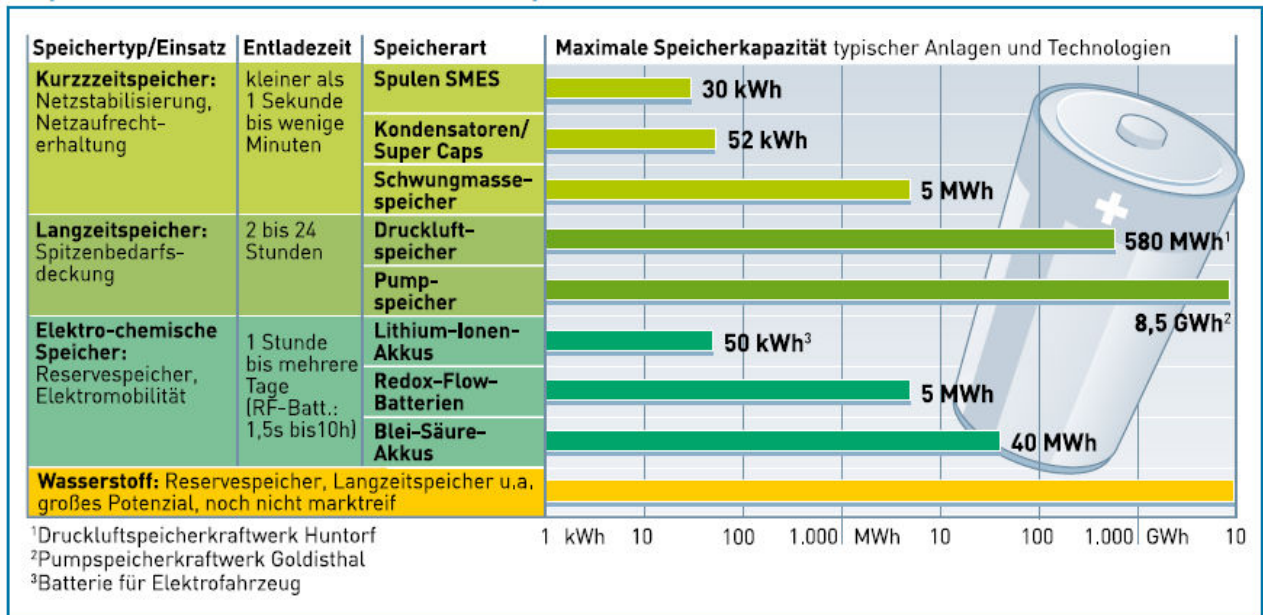
Abbildung 44: Darstellung eines beispielhaften Fußbodenheizungsbaus 2

Neben den im gegenständlichen Gebäude umfassend zum Einsatz kommenden schweren Recycling-Schüttung, sind aus bauphysikalischen Gründen auch PCM-Platten von Interesse.

## 10.3. Elektrospeicher

### 10.3.1. Kapazität

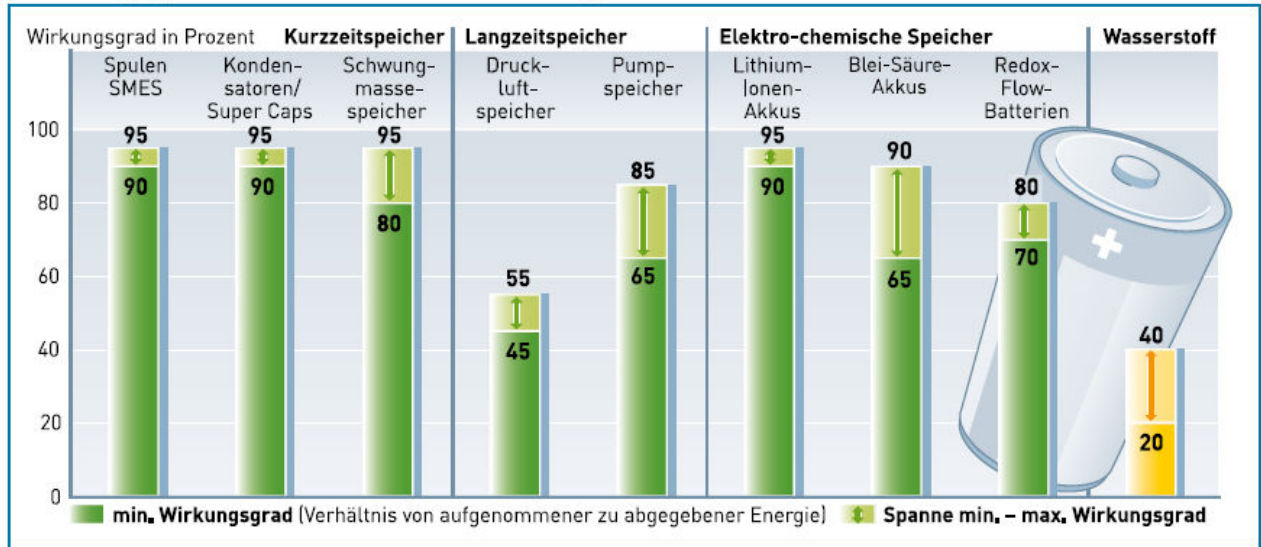
#### Kapazitäten verschiedener Stromspeicher



Die Grafik vergleicht die maximalen Speicherkapazitäten typischer Stromspeicheranlagen bzw. -technologien, die in unterschiedlichen Einsatzfeldern heute bereits genutzt werden.

Abbildung 45: Vergleich der Speicherkapazitäten verschiedener Stromspeicher, Quelle: <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/strom/detailansicht/article/162/kapazitaeten-verschiedener-stromspeicher.html>

## Wirkungsgrade verschiedener Stromspeicher



Durch den Prozess des Speicherns geht ein Teil der zugeführten Energie verloren. Die Grafik vergleicht die Wirkungsgrade der verschiedenen Stromspeichertechnologien. Besonders geringe Verluste ergeben sich bei den Kurzzeitspeichern sowie bei Lithium-Ionen-Akkus.

Abbildung 46: Vergleich von Wirkungsgraden verschiedener Stromspeicher, Quelle: <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/strom/detailansicht/article/162/kapazitaeten-verschiedener-stromspeicher.html>

## Stromgestehungskosten verschiedener Stromspeicher in ct/kWh

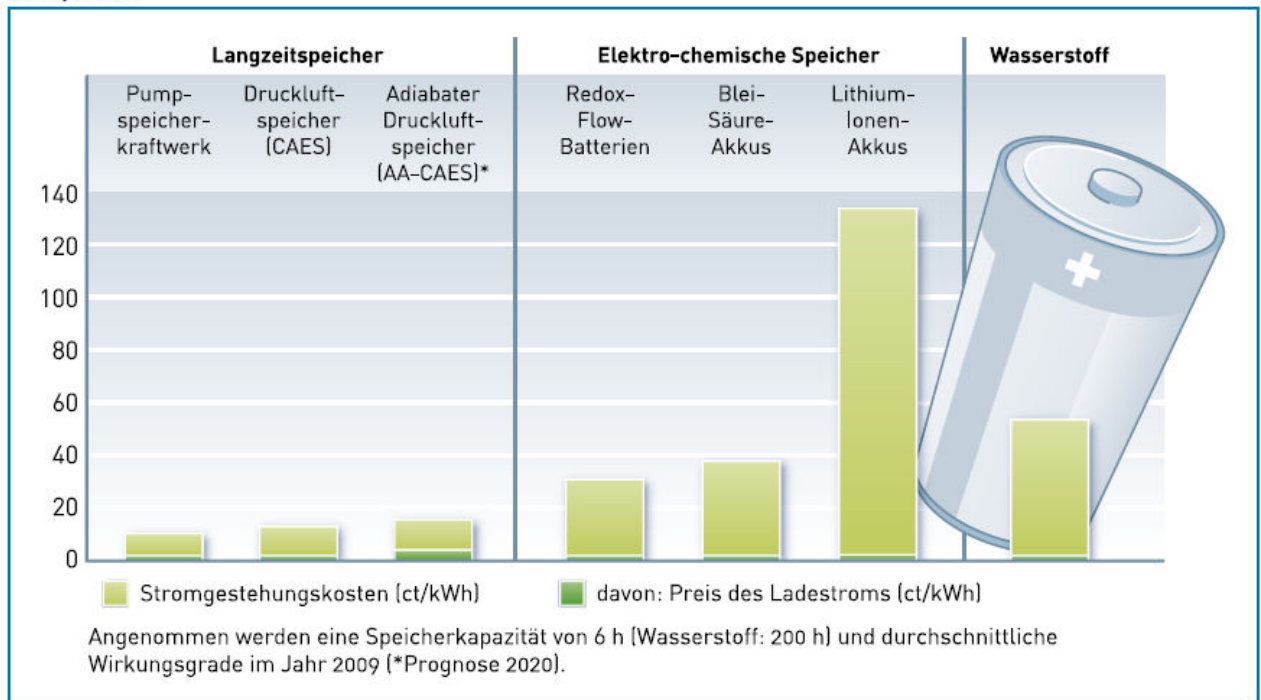


Abbildung 47: Vergleich von Stromgestehungskosten verschiedener Stromspeicher, Quelle: <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/strom/detailansicht/browse/1/article/162/grafik-stromgestehungskosten-von-stromspeichern.html>

### 10.3.2. Redox Flow



Abbildung 48: Darstellung eines Redox-Flow Akkumulators

### 10.3.3. Bleiakkus



Abbildung 49: Beispielhafte Darstellung von Bleiakkumulatoren

### 10.3.4. Vanadium Flow



#### Vanadium

Der CellCube steht für beste Nachhaltigkeit: Die Vanadium-Flow-Batterie verwendet ausschließlich flüssige Energieträger mit gelösten Vanadiumsalzen. Diese unterliegen keiner Alterung und sind unbegrenzt verwendbar – optimales Ressourcenmanagement. Herkömmliche Batterien unterliegen einem Verschleiß durch Verlust von reaktivem Material. Vanadium-Flow-Batterie beinhalten keine Problemstoffe wie Blei, Cadmium, Quecksilber und sind nicht brennbar oder explosiv.

Abbildung 50: Darstellung eines Vanadium Flow Akkumulators, Quelle: Fa. Cellstrom GmbH

### 10.3.5. Druckluftspeicher

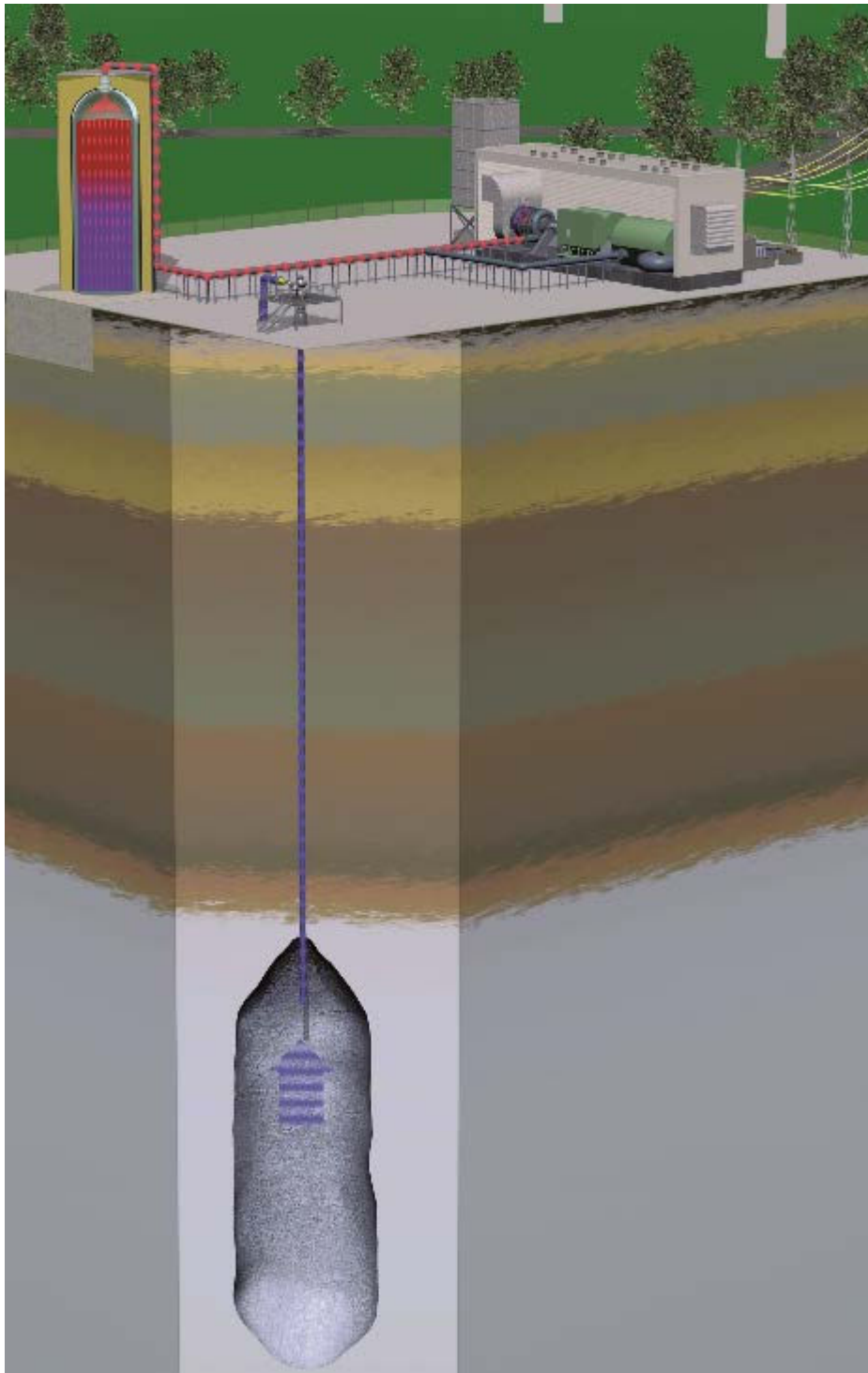


Abbildung 51: Beispielhafte Darstellung eines Druckluftspeichers

Im Unterschied zu anderen Stromspeichern (elektrochemische Speicher, Pumpspeicherkraftwerke) sind Druckluftspeicher einfach in die wesentlichen Ausgangselemente rückführbar und damit gut recycelbar. Es kann eine um ein Vielfaches höhere Zyklenhäufigkeit im Vergleich zu aktuell favorisierten elektrochemischen Speichern erreicht werden, was die ökologische Qualität über den Lebenszyklus zusätzlich stark verbessert.



### 10.3.6. Speicherung in e-Mobilen



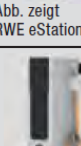



Datenblatt: Renault Zoe  
Motor und Antrieb: Fremderregter Drehstrom-Synchron-Elektromotor  
Hubraum: 0 ccm  
Max. Leistung: 65 kW/88 PS  
Max. Drehmoment: 220 Nm ab 250 U/Min  
Antrieb: Frontantrieb  
Getriebe: 1-Gang-Automatik

Maße und Gewichte:  
Länge: 4085 mm  
Breite: 1730 mm  
Höhe: 1562 mm  
Radstand: 2588 mm  
Leergewicht: 1503 kg  
Zuladung: 440 kg  
Kofferraumvolumen: 338-1225 Liter

Fahrdaten:  
Höchstgeschwindigkeit: 135 km/h  
Beschleunigung 0-100 km/h: 13,5 s  
Durchschnittsverbrauch: 14,6 kWh /100 km  
Reichweite: 210 km  
CO<sub>2</sub>-Emission: 0 g/km  
Kraftstoff: Strom  
Schadstoffklasse: k.A.  
Energieeffizienzklasse: k.A.

Abbildung 52: Darstellung der Speicherung von elektrischer Energie in e-Mobilen

LADEART	LADE-MODUS	LADEKABEL	LADE-LEISTUNG	LADE-ANSCHLUSS	LADEDAUER	LADEINFRASTRUKTUR	VERFÜGBARKEIT ZOE	
Standardladung	Mode 3	MENNEKES® Ladekabel (serienmäßig)	3,7 kW <sup>1</sup>	230 V AC, 16 A 1-phasig	6–9 Stunden	Heimladung Wall Box	serienmäßig <sup>4,5</sup>	
						(halb-)öffentliche Ladung Ladestation <sup>3</sup>	optional erhältlich <sup>4,5</sup>	
Schnellladung	Mode 3	MENNEKES® Ladekabel (serienmäßig)	11 kW <sup>1</sup>	400 V AC, 16 A 3-phasig	2 Stunden	Heimladung Wall Box	optional erhältlich <sup>4,5</sup>	
						(halb-)öffentliche Ladung Ladestation <sup>3</sup>		
Schnellladung	Mode 3	MENNEKES® Ladekabel (serienmäßig)	22 kW <sup>1</sup>	400 V AC, 32 A 3-phasig	1 Stunde (80%) <sup>2</sup>	Heimladung Wall Box	zu einem späteren Zeitpunkt optional erhältlich <sup>4,5</sup>	
						(halb-)öffentliche Ladung Ladestation <sup>3</sup>		
Schnellladung	Mode 3	Ladekabel in Ladestation integriert	43 kW	400 V AC, 63 A 3-phasig	30 Minuten (80%) <sup>2</sup>	öffentliche Stromtankstelle	nur im öffentlichen Raum verfügbar	

<sup>1</sup>In Abhängigkeit der verfügbaren Leistung der Elektroinstallation. Eventuell erforderliche Vorarbeiten an der Elektroinstallation zur Nutzung der vollen Leistungsfähigkeit der Ladeinfrastruktur sind mit zusätzlichen Kosten verbunden. <sup>2</sup>Die Restladung von 20% erfolgt im Standardladeverfahren. <sup>3</sup>2 Ladepunkte. <sup>4</sup>Zur sicheren, kompatiblen und leistungsfähigen Ladung Ihres Z.E. Fahrzeugs zu Hause und am Arbeitsplatz empfiehlt Renault die Installation einer Wall Box oder Ladestation mit „Z.E. Ready 1.2“ Zertifizierung. Nähere Informationen zu Produktangebot und Preisen der „Z.E. Ready 1.2“-Ladeinfrastruktur finden Sie in der Preisliste. <sup>5</sup>Inkl. Montage und Inbetriebnahme durch einen zertifizierten Elektriker bei Ihnen zu Hause oder am Arbeitsplatz.

Tabelle 24: Übersicht über verschiedene Elektrotankstellenarten

## **11. Steuerung der Nachfrage in Abhängigkeit vom Anbot an erneuerbaren Ressourcen und Abwärmen: „response“ Technik**

Grundsätzlich sind unterschiedliche Möglichkeiten vorhanden, um das Anbot an zeitlich stark variablen Energieangebot an erneuerbaren Energiequellen und/oder Abwärme / Abkälte aus dem industriellen an die Nachfrage anzupassen.

Neben der Vielzahl an Speichermöglichkeiten kann auch direkt Verteilung, Dynamik und Struktur der Energienachfrage der Anbotdynamik angepasst werden und somit Speicherkapazitäten minimiert und/oder die vorhandenen Ressourcen möglichst effizient genutzt werden.

Im Wesentlichen sind die folgenden Maßnahmen denkbar:

### **Zeitliche Verschiebung Nachfrage:**

In Gesprächen mit den zukünftigen Nutzern wurden vor allem Stromdienstleistungen auf ihre Verschiebbarkeit hin untersucht. Das Potential ist diesbezüglich aktuell gering, kann jedoch in geringem Maße mit dem Umbau und mit dem Anschaffen von neuen Gerätschaften gesteigert werden. Mögliche Ansatzpunkte:

- Spülmaschine mit Zeitschaltuhr oder mit neuem Gerät direkt über die zentrale Leittechnik gesteuert
- Aufladen von Akkus im Bürobereich und für Stapler über Zeitschaltuhr oder zentrale Freigabe durch die Leittechnik

### **„Verschmierung“ oder „Konzentrierung“ der Nachfrage**

Anstatt der kurzfristigen, leistungsintensiven Deckung von wärme-, kälte- oder elektrischen Dienstleistungen können lastreduzierte, zeitlich längere Prozesse sinnvoll sein.

- Dies kann Kühlprozesse betreffen, in dem weniger ein Stop and go gefahren, sondern kontinuierlich geringe, angepasste Leistungen abgegeben werden.

### **Vorheizen/Vorkühlen**

Eine gewisse Toleranz der Nutzer in Bezug auf Raumtemperatur- und Feuchtesollwerte vorausgesetzt, kann das Gebäude bei Anfallen von „Gratis“-Wärme oder –Kälte bereits vorgeheizt oder –gekühlt werden. Dies gilt auch für die Raumlufffeuchte. Zumindest kurzfristig wirksame Wärme – und Feuchtespeichermassen sind für diese Prozesse sehr hilfreich.

- Wenn z.B. Abwärme aus dem Druckereiprozess vorhanden ist, könnten thermische Zonen, deren Solltemperatur zwar nicht unterschritten wird, die aber einen vorab definierten maximalen Sollwert noch nicht erreicht haben, beheizt werden.
- Dasselbe gilt für die Kühlung, wo vorab Kühlräume, aber auch Aufenthaltsräume vorgekühlt werden, wenn „Gratis“-Kälte vorhanden ist und wenn dies nutzungsbedingt möglich ist.

### **Reagieren auf Wettervorhersage**

Aktuelle Wettervorhersagen sind auf einige Tage hin schon sehr genau, sodass eine verhältnismäßig präzise Berechnung des dynamischen Anbotsprofils der unterschiedlichen erneuerbaren Energien ermöglicht. Ähnliches gilt bereits jetzt für den Anfall von Abwärme. Das bedeutet, dass zumindest über eine Woche im vorhinein sowohl Anbot als auch in vielleicht geringerem Maße die Nachfrage bekannt ist:

Damit sind die Voraussetzung gegeben für eine möglichst optimale Abstimmung von Anbot und Nachfrage von Energie.

## **12. Konzepterstellung und Ergebnisse aus der dynamischen Gebäude- und Anlagensimulation**

### **12.1. Konzept Vorentwurf**

#### **12.1.1. Zusammenfassung Energiekonzept und Optimierungsmaßnahmen**

Die folgenden Leitlinien liegen dem Energiekonzept zugrunde:

- Der Bedarf an Energie wird durch hocheffiziente Techniken (Passivhausbauweise, optimierte Tageslichtnutzung, bedarfsgerechte hocheffiziente Beleuchtung insbesondere im Produktionsbereich etc.) auf ein Mindestmaß reduziert. Durch die langen Betriebszeiten im Produktionsbereich sind allerdings trotzdem nicht unerhebliche Aufwendungen für die Konditionierung (Befeuchtung etc.) und insbesondere die Beleuchtung aufzubringen.
- Ertüchtigung Bestand (Lüftung, Kühlung, Fenster/Verglasungen), durch direkt anschließenden Zubau wärmeabgebende Hülle reduziert
- Alle Funktionen, die mit Wärme gedeckt werden können, werden mit Wärme versorgt. Durch den Einsatz von Abgabesystemen auf möglichst geringem Temperaturniveau kann Abwärme aus dem Produktionsbereich größtmöglich genutzt werden.
- Die Abwärme der Druckmaschinen, Druckluftherzeugung, ev. Serverabwärme wird hocheffizient genutzt.
- Natürliche Energiequellen am Standort werden genutzt:
  - Sonnenenergie (passiv, thermische Nutzung, für Stromerzeugung)
  - Windenergie (für Stromerzeugung, teilweise Nachtkühlung)
  - Außenlufttemperatur (für Nachtkühlung, Kühlung Serverraum)
  - Grundwasser (Kühlung Büros und Hallen, Befeuchtung)
- Die Stromnutzung wird dergestalt optimiert, dass möglichst eigener Strom verbraucht wird (Verschiebung Nutzungen in Tage mit prognostizierten sonnigen/windigen Tagen). Ein kleiner Druckluftspeicher unterstützt neben einer anbotsgesteuerten Abnahme den selbstverbrauchten Anteil. Größere Kurzzeitspeicher können derzeit aus Kostengründen noch nicht dargestellt werden, zukünftige Elektroautos der Mitarbeiter werden in das Gebäudekonzept integriert.

#### **12.1.2. Optimierung der Geometrie**

Der geplante Zubau wird möglichst zentral an den Bestand angebaut. Dadurch wird sowohl die Oberfläche des Bestandes als auch des Neubaus kleiner und sehr kompakt gehalten. - Flächenanteil Außenwände geringer. Die optimierte Ausrichtung der neuen Halle mit flachem Sheddach unterstützt einerseits die Integration der Photovoltaik in die Dachfläche, ermöglicht gleichzeitig eine natürliche Durchlüftung der Halle über die Oberlichtverglasung und bietet sehr gute Tageslichtversorgung zur Reduktion des Kunstlichtbedarfes als Arbeitsstätte.

### **12.1.3. Thermische Hülle**

Insgesamt ergibt sich eine Energiebezugsfläche gemäß PHPP von 5295m<sup>2</sup>. Diese wird in allen folgenden Darstellungen des Energieverhaltens als Bezugsfläche verwendet.

#### **12.1.3.1. Bestandgebäude**

- Bestehende Fenster werden mit 3 Scheibenverglasungen ausgestattet
- Austausch Verglasung Altbau durch Passivhaus-Verglasung im Bestand (Büroteil/Atrium/Veranstaltungsbereich)
- Halle Bestand Austausch Oberlichten inkl. Rahmen, Einsatz von effizienten Bauteilen
- Multifunktionsbereich (Gang), Einsatz von 3-Scheibenverglasungen mit integriertem Sonnenschutz (zwischen mittlerer und äußerster Scheibe)
- Verbesserung der Luftdichtigkeit bei undichten Fensterflügeln und im Tür/Torbereich Halle alt

#### **12.1.3.2. Neubau**

- Passivhausstandard für Zubau, Hochwärmedämmende thermische Hülle Zubau, hohe Luftdichtigkeit
- Zubau hochwertige 3-Scheibenverglasung mit hohem Lichtdurchgang, außenliegender Sonnenschutz Süd/Ost/West
- wärmetechnisch optimierte Außentüren und Garagentore
- U- Werte in W/m<sup>2</sup>K: Außenwand 0,15; Dach 0,10; Fußboden 0,15
- Vermeidung ungünstiger Bauteilanschlüsse, Ausarbeitung wärmebrückenminimierte Anschlussdetails
- Kontrollierte Be- und Entlüftung mit Rotationswärmetauscher, Wärmerückgewinnungsgrad mind. 85%, Feuchterückgewinnungsgrad 50%
- Bedarfsgerechte Regelung, außerhalb Betrieb ausgeschaltet
- Im Bürobereich Zuluft einbringung über Quellaftschlitze, dadurch hohe Lüftungseffizienz erreichbar.

#### **12.1.4. Belichtung, Beleuchtung**

- Gute Tageslichtnutzung im Zubau, Büros mit effizienten Stehlampen, tageslicht- und anwesenheitsgesteuert, dimmbar, niedrige installierte Leistung
- LED-Beleuchtung in den neuen Zonen (Forum, Veranstaltung, Restaurant, Cafe, Bistro), effiziente Bandleuchten in Nebenräumen
- Halle neu: Fensteranordnung optimiert für Tageslichtnutzung. Belichtung vor allem von Oberlichtstreifen, Belichtung LED, dimmbar, einzelne Maschinen mit getrennt regelbarer Beleuchtung, Lager mit Anwesenheitssteuerung
- Halle alt: Austausch Hallenbeleuchtung durch LED-Beleuchtung
- Bestand Büros Austausch der Lampen in den Stehlampen durch neu Leuchtkörper, wenn alte kaputt gehen (halbe Leistung, in etwa dieselbe Helligkeit), aus ökonomischen Gründen kein genereller Austausch, zudem sind bestehende Stehlampen bereits tageslichtgesteuert und verhältnismäßig effizient.

### 12.1.5. Haustechnik, Nutzerstrom

- Wärmeabgabe über Flächensysteme
- Be/Entfeuchtung der Produktionshalle
- Büro: Zuluft wird leicht entfeuchtet. Vorab keine Befeuchtung (Pflanzen, Feuchterückgewinnung)
- Hocheffiziente Pumpen durchgängig (auch im Bestand), reduzierte Laufzeiten durch intelligente Regelung,
- Optimierte Auslegung Netz, hydraulischer Abgleich, optimierte Klappen/sonstige Einbauten
- Zusätzliche Dämmung der Verteilung
- Auslegung der Befeuchtung Hallen auf mindestens 40% relative Feuchte, Verwendung der effizientesten Technologie (Effekt auf Heizwärmebedarf wurde nicht ausgewiesen)
- Reduzierung der Warmwasserzapfstellen, Erhöhung der Effizienz Verteilung
- Lüftung Betrieb nur im Hochwinter und –Sommer, Fensterlüftung in der Übergangszeit, Stromverbrauch im Schnitt von 0.3Wh/m<sup>3</sup>. Automatisches Abschalten außerhalb der Kernbetriebszeiten.
- Hocheffiziente Anlagen für Gebäuderegulation, Lift, Notbeleuchtung etc., dadurch Reduktion der sonstigen Stromverbraucher
- Nutzerstromreduktion durch konsequentes, automatisches vom Netz nehmen von nicht genutzten elektrischen Verbrauchern. Hinterfragen der Computereinstellungen, (z.B. Stromspareinstellungen, Bildschirmschoner) von Mitarbeitern mit Planungsteam. Cloud computing.
- Umstieg auf stromeffiziente Server, Einstellung der stromsparendsten Konfiguration.

Nachfolgend werden die haus- und anlagentechnischen Komponenten im Detail dargestellt:

#### 12.1.5.1. Heizung:

##### Wärmebereitstellung

Die Wärmebereitstellung soll grundsätzlich über die Nutzung der Maschinenabwärmen (Druckmaschinen, Druckluftkompressoren, ...) erfolgen. Da diese laut der Simulation bzw. Energiekonzept IBO (siehe auch SP4) nicht ausreichen wird, ist eine zusätzliche Wärmebereitstellung notwendig.

Diese erfolgt teilweise durch die Umrüstung der Luftgekühlten Kompressoren auf Wassergekühlte. Somit könne bis zu 70°C an Heizungswärme erzeugt werden.

Um einen Beitrag zur Energieeffizienzsteigerung und Eigenstromerzeugung zu leisten kommt eine Gas BHKW zum Einsatz.

Der bestehende Gaskessel dient weiterhin als Spitzenlastkessel und als Reserve. Es muss beim Kessel jedoch die Abgasanlage erneuert werden um die Brennwertfunktion optimaler nutzen zu können.

##### Wärmeverteilung

Die Verteilung erfolgt grundsätzlich im neuen Haustechnikraum über dem Expedit, die bestehende Verteilung wird als Subverteilung weiter genutzt und entsprechend adaptiert.

Es werden stufenlos drehzahlgeregelte EC-Pumpen entsprechend Effizienzklasse A eingesetzt, wobei Pumpen mit einem günstigen Effizienzindex EEI zu bevorzugen sind. Bestehende Pumpen werden ausgetauscht.

Um die nur bei Produktion anfallende Abwärme der Druckmaschinen und der Kompressoren zu lagern um dann beim größten Heizlastfall (am Morgen, nach Wochenenden und nach Ferien) zur Verfügung zu stehen, werden großzügige Schichtpufferspeicher eingesetzt. In diese werden auch die thermische Solaranlage und die Zusatzheizungen einspeisen.

Zur Entnahme wird das patentierte System OPRIA eingesetzt. Diese Variabel Entnahme erlaubt es ohne die Schichtung zu zerstören genau die Temperatur zu entnehmen, welche der Heizungsvorlauf gerade benötigt. Es muss also keine Exergie mit dem üblichen Heruntermischen von höherer Pufferentnahmetemperatur zu benötigter Vorlauftemperatur vernichtet. Es kann somit die Nutzung des Puffers um ca. 10-30% erhöht werden.

### Wärmeabgabe

Die neuen Wärmeabgabeflächen werden so dimensioniert, sodass eine generelle Vorlauftemperatur im System von +30°C bei Normaußentemperatur ausreicht (IBO, SP4). Dies ermöglicht eine optimale Nutzung der Kältemaschinenabwärme, welche in die Druckmaschinen integriert sind.

Die Wärmeabgabeflächen (Wand- und Deckenheizung) im Bestandsbereich sind derzeit auf Vorlauftemperaturen von ca. 50°C ausgelegt.

- Bestand Bürobereich

Die bestehenden Heizflächen (Wand- und Deckenheizung, teilweise Heizkörper) bleiben bestehend.

- Bestand Produktion

Hier bleiben die vorhandenen Deckenstrahlplatten in Verwendung.

- Neubau
  - EG-Neubau = FB-Heizung/Kühlung
  - OG-Neubau = Deckenheizung/-kühlung ("Segel")
  - Halle Neubau = FB-Heizung/Kühlung
  - Hotel = Fußbodenheizung

Folgende Raumtemperaturen sind bei der Normaußentemperatur von  $t_{ne} = -14^\circ\text{C}$  einzuhalten.

Raumbezeichnung Nutzung	Raumtemperatur [°C]
Büro, Besprechungszimmer	22

Abstellräume, Lager,	18
WC	20
Technik	Unbeheizt
Umkleideräume	24

Tabelle 25: Einzuhaltende Raumtemperaturen bei Normaußentemperatur ( $t_{ne} = -14^\circ\text{C}$ )

Die Wärmedämmung ist in Passivhausqualität (60mm bis DN25, DN32-50 mit 50mm) im Technikraum und nicht beheizten Bereich auszuführen.

Im beheizten Bereich sind folgende Dämmstärken gefordert: 30mm bis DN25, DN32-50 mit 20mm.

### Thermische Solaranlage

Für die Warmwasserbereitung ist eine primär thermische Solaranlage mit ca. 20m<sup>2</sup> Kollektorfläche vorgesehen. Die Restwärme kommt von den Kompressoren, Energiespeicher, BHKW, Gaskessel.

### **12.1.5.2. Kälte / Kühlung:**

#### Kälteerzeugung:

Die Kühlung soll grundsätzlich über Grundwasser erfolgen.

Der Serverraum wird über Außenluft gekühlt. Wenn die Außenlufttemperatur über ca. 16°C steigt kommt die Grundwasserkühlung zum Einsatz. Als Back-Up und zur Spitzenlastabdeckung kommt eine konventionelle Kompressionskälte zum Einsatz. In der Endausbaustufe des Serverraums (ca. 80kW Wärmelast) ist eine Kühlung nur über Außenluft nicht mehr möglich. Die Abwärme wird über das Grundwasser abgeführt.

Um die Kühllastspitzen zu glätten wird wie im Wärmebereich ein Schichtpuffer eingesetzt. Zur Anforderungsgerechten Energieentnahme kommt wieder das System OPIRA zum Einsatz.

#### Kälteabgabe:

Kühldecken bzw. Kühlsegel werden über einen eigenen Versorgungskreis angespeist, welcher bevorzugt mit Grundwasser gekühlt wird, bzw. bei nicht ausreichender Leistung auch mit konventioneller Kompressionskälte versorgt werden kann.

Grundsätzlich sollen

- Kühlsegel sollen im Bürobereich eingesetzt werden.
- In der Bestandhalle wird über die Deckenstrahlplatten und über den Erdwärmetauscher der Bestands Zuluftanlage gekühlt.
- In der neuen Halle wird über den Fußboden und die Lüftungsanlage gekühlt.

### **12.1.5.3. Lüftung:**

#### Lüftungszentralgeräte, Ventilatoren



Gemäß Energiekonzept IBO (SP4) sind folgende Lüftungsgeräte in Passivhausqualität vorgesehen.

- Bürobereich (Bestand und Neu, inkl. Forum, Veranstaltungsbereich und Restaurant)
- Produktion Neu
- Küche

Folgende Bereich werden mittels Lüftungsanlage BEFEUCHTET

- Produktion Neu

Folgende Bereich werden mittels Lüftungsanlage ENTFEUCHTET

- Produktion (Neu)

Eine vollständige Entfeuchtung kann nur über das weitere Abkühlen des Brunnenwassers auf mindesten 8°C erfolgen. Dies erfolgt bei Bedarf durch die Kompressionskältemaschine.

#### Luftansaugung

Um die Außenluft im Winter vorzuwärmen, bzw. im Sommer vorzukühlen werden die vorhandenen Erdwärmetauscher im Bestandsbereich weiter verwendet.

Für den Neubau wird die Außenluft idealerweise über das Grundwasser vorkonditioniert.

Bei den Volumenstromreglern ist auf geringste Druckverluste zu achten. Sämtliche Lüftungsanlagen sind mit max. 0,45W/(m³/h) Gesamtstromverbrauch ausgelegt.

#### **12.1.5.4. Sanitär:**

##### Warmwassererzeugung

Die Wärmebereitstellung erfolgt vorrangig über eine thermische Solaranlage. Die Warmwasserbereitung erfolgt über eine externe Frischwasserstation.

##### Abwasseranlagen

Gemäß Wasserkonzept von AEE-Intec soll

- Urinseparation bei Toiletten und Urinalen
- Trockentoiletten
- Grauwasser-Kleinkläranlage

im Neubau ausgeführt werden.

Der gesammelte Urin bzw. das gereinigte Grauwasser sollen für die Pflanzenbewässerung bzw. als Nutzwasser verwendet werden.

##### Sanitäre Einrichtungen

Die Sanitäranlagen im Bestandsgebäude bleiben grundsätzlich unverändert. Optional besteht die Möglichkeit die bestehenden Urinale gegen wasserlose Modelle auszutauschen.

Die Toiletanlagen im Galeriegeschoss-Neubau sollen als Trockentoiletten ausgeführt werden, die Urinale als sog. Wasserlose Urinale (Neubau).

### Gasanlagen

Es bleibt der bestehende Gaskessel weiter in Betrieb und mit einem Gas-BHKW ergänzt.

Die Gaslieferung könne zur weiteren Ökologisierung auf Biogas umgestellt werden. Bei Bezug von 30% Biogas aus der bestehenden Gasleitung würden die spezifischen Kosten um ca. 18% steigen.

Der Betrieb der Kochgeräte in der Küche ist derzeit noch offen, ein elektrischer Betrieb (Induktionsherd, intelligente Heißluftöfen, ...) ist zu bevorzugen.

### **12.1.5.5. Regelung / MSR:**

Die Regelung für die Heizungsanforderung, Heizungsverteilung, Schichtlademanagement, Warmwasserbereitung, wird durch **EINE** Regelung mit entsprechender Visualisierung, Datenaufzeichnung und –Auswertung, Fernzugriff / -steuerung ersetzt.

### **12.1.5.6. Darstellung der innovativen Haustechnikkomponenten**

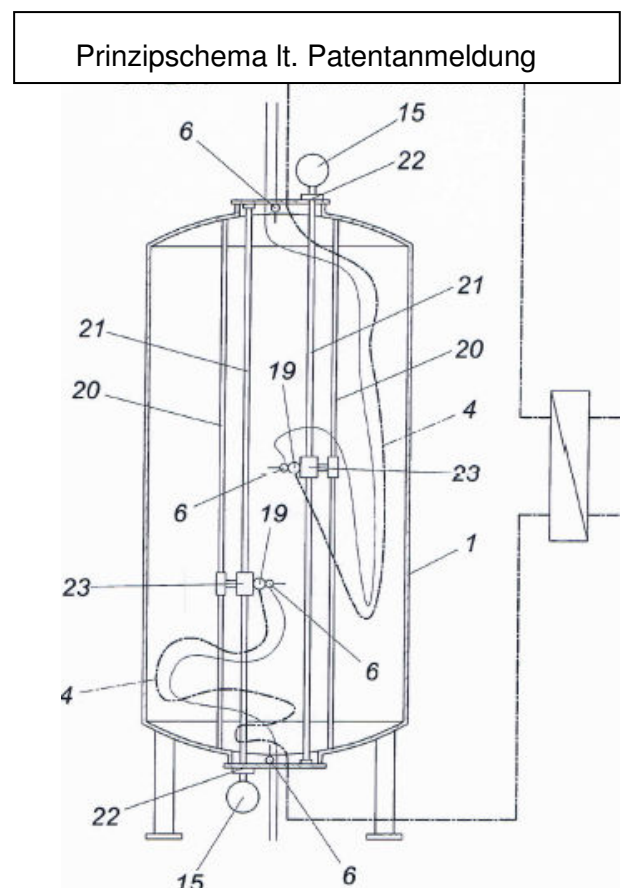
#### **12.1.5.6.1. Pufferspeicher:**

Um die anfallende Abwärme der in die Druckmaschinen integrierten Kälteaggregate (ca. 30°) optimal nutzen zu könne werden 2 je 10m<sup>3</sup> große Schichtladepufferspeicher in der Gebäudehülle integriert. Ziel ist es nach dem Wochenende die Aufheizung aus dem Pufferspeicher größtenteils abdecken zu können.

#### **12.1.5.6.2. OPIRA:**

Mit der Erfindung des stufenlosen OPIRA Be- und Entnahmetools kann erstmals die gewünschte Temperatur aus einem Pufferspeicher punktgenau entnommen werden. Dies funktioniert auch bei der Beladung wobei die Einlagerungsschicht frei gewählt werden kann.

Der Temperatursensorgesteuerte strömungsoptimierte Ansaug- oder Einlagerungsbauteil wird variabel an einem stufenlosen Antrieb in der jeweils gewünschten Höhe positioniert und regelungstechnisch nachgeführt. Dadurch erspart man sich die bekannten 2 bis 4 fach Anschlüsse samt Umschaltventile. Es ergibt sich bei voller Nutzung der variablen Be- und Entladung eine Steigerung des Nutzungsgrades von Pufferspeichern zwischen 10 und 30%. Der tatsächliche Wert hängt vom Vergleichsmodell ab. Die OPIRA Einheit ist auf einer Flanschplatte montiert und kann somit bei jedem



Pufferspeichertyp eingesetzt werden.

Das System ist nach dem österreichischen Gebrauchsmusterschutz seit 13.12.2011 geschützt.

Die positive Anmeldung der Funktion und der Regelungsstrategie zum europäischen Patent wurde am 15.2.2012 unter der Nr. 2418449 veröffentlicht. Pateninhaber: Ing. Obermayer, Ing. Rabl, DI(FH) Pink.

### 12.1.5.6.3. Mini BHKW

Die Heiz-Kraft-Anlage arbeitet nach dem Prinzip der Kraftwärmekopplung. Ein Verbrennungsmotor treibt einen Generator an, der elektrische Energie erzeugt. Die bei diesem Prozess gleichzeitig anfallende Wärme am Motor und Generator wird zu etwa 90% genutzt und direkt ins Heizungssystemeingespeist. Die elektrische Leistung bei der Low NOx Ausführung sind 5,0 kW<sub>e</sub> und die thermische Leistung beträgt 12,3kW<sub>th</sub>. Das BHKW arbeitet Netzparallel. Wärme und Strom werden zur gleichen Zeit erzeugt.

Durch den Einsatz eines Abgaskondensationswärmetauschers wird die Brennwertnutzung auf über 100%, bezogen auf den unteren Brennwert (Hu), gesteigert.

Somit kann gegenüber konventionell erzeugtem Strom der Primärenergieverbrauch durch diese Energieeffizienztechnologie gesenkt werden.

Typ <sup>1)</sup>	Dachs	G 5.5	G 5.0 Low NOx	F 5.5 Low NOx	
Brennstoff		Erdgas	Erdgas	Flüssiggas	<sup>1)</sup>
elektrische Leistung [kW]*		5,5	5,0	5,5	
thermische Leistung [kW]**		12,5	12,3	12,5	
Leistungsaufnahme [kW]**		20,5	19,6	20,5	
Hilfsenergie im Betrieb [kW <sub>w</sub> ] <sup>***</sup>		0,12			
max. Vorlauftemperatur					83 °C
max. Rücklauftemperatur					70 °C
Spannung / Frequenz					3 ~ 230 V / 400
Wirkungsgrade: ****					
- elektrisch		27%	26%	27%	
- thermisch		61%	63%	61%	
- Brennwertnutzung <sup>2)</sup>		88%	89%	88%	
Stromkennzahl		0,44	0,41	0,44	
Schallemission [dB(A)] nach DIN 45635-01		52 - 56			
Abgasemission < TA-Luft		X	X	X	
Wartung [Betriebsstunden]		3.500	3.500	3.500	<sup>3)</sup>

### 12.1.5.6.4. Trockenklo:

Die dem TGA-Gewerk zugeordneten 10 Trockenklos werden zur Erzeugung von Kompost verwendet.

Somit wird die örtliche Kläranlage entlastet und der ÖKO-Garten mit Nährstoffen (Bio-Dünger) versorgt.

### 12.1.5.6.5. Serverkühlung:

Die Serverabwärme wird im Winter über eine Wasserkühlung zur Beheizung des Gebäudes genutzt. Danach wird direkt über die Außenluft die Wärme ins freie geleitet. Im Hochsommer kommt die erweiterte Grundwasserkühlung zum Einsatz.

Ziel ist es einen green IT Serverpark zu schaffen.

### 12.1.5.6.6. Energiespeicher:

Um die mit PV und Wind erzeugte Stromenergie am Standort zu speichern wird eine Hockdruckdruckluftspeicherung Testanlage konfiguriert Aus handelsüblichen Komponenten wird Druckluft auf ca. 40 bis 100bar komprimiert. Somit ergibt sich eine akzeptable Energiedichte. Die bei der Verdichtung entstehende Wärme wird zur Beheizung genutzt. Die bei

der Entspannung entstehende Kälte kann zur Kühlung herangezogen werden. Die gespeicherte Druckluft substituiert die an sonst klassisch erzeugte Druckluft im 10bar Bereich. Ziel ist es einen Vergleich zu anderen Energiespeichern (Akku, Gelakkus, ...) mit tatsächlichen Zahlen zu erstellen.

#### 12.1.5.6.7. LED Beleuchtung

Es wird hier die aktuelle LED Technologie in Kombination einer Tageslicht- und Anwesenheitsabhängigen Regelung eingesetzt. Die LED-technologie ist Grundvoraussetzung um zu einem Plusenergiegebäude zu gelangen.

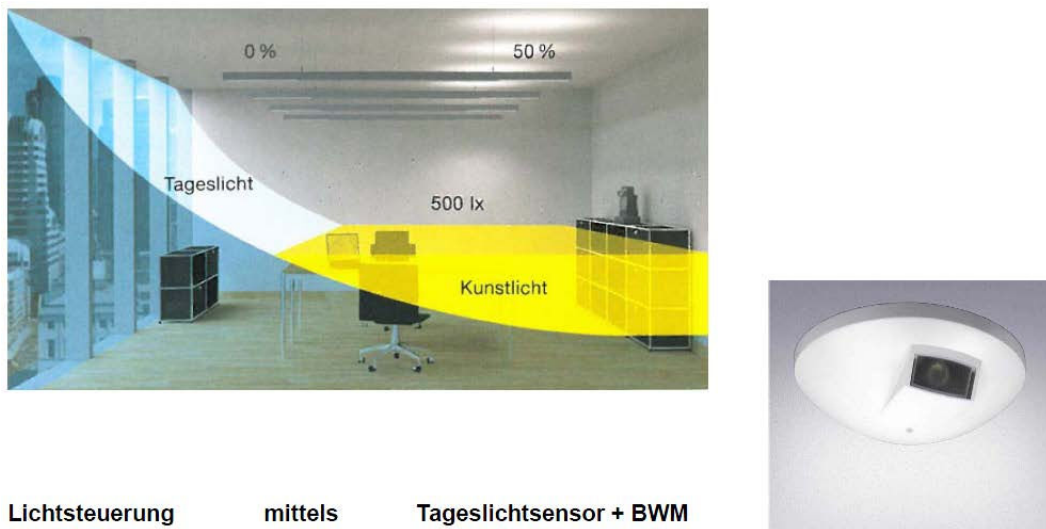


Abbildung 53: Beispielhafte Darstellung der LED-Beleuchtung Steuerung mittels Lichtsensor und Bewegungsmelder

#### 12.1.5.6.8. Windkraft:

Bei der bisherigen 9 monatigen Windmessung am Standort ergab einen gute Windernte. Somit kann mit 4 Kleinanlagen mit insgesamt  $60\text{kW}_{el}$  ein wirtschaftlicher Betrieb erzielt werden. Dadurch kann hier zu günstigen Primärenergiefaktoren Ökostrom am Standort erzeugt werden.

#### 12.1.5.6.9. PV-Anlage:

Die Gebäudeintegrierte PV- Anlage (ca.  $180\text{kWp}$ ) wird auf den  $15^\circ$  geneigten Dächern über der neuen Druckhalle und dem neuen Lager integriert. Mit Hilfe der fallenden Kosten und der stetig steigenden Wirkungsgrade kann hier großflächig die Solarenergie direkt am Standort genutzt werden.

### 12.1.6. Haustechnikkonzept Standardgebäude

Wegfall sämtlicher innovativer haustechnischer Elemente wie in 2.7.1.6 beschrieben und Ersatz durch Standard- Installationen. Im Folgenden sind die wesentlichen Komponenten für das Vergleiches- Standardgebäude wiedergegeben.

Die tatsächlichen wegfallenden Komponenten mit kostenrelevanten Anteilen von Leuchtturm Gugler zum hier beschriebenen Standard- Vergleichsgebäude sind in der Beilage Innovative Baukosten im Abschnitt Haustechnik ausführlich dargestellt.

### **12.1.6.1. Heizung**

#### **Wärmebereitstellung**

Die Wärmebereitstellung erfolgt grundsätzlich über die Nutzung der Maschinenabwärmern (Druckmaschinen, Druckluftkompressoren, ...). Da diese nicht ausreicht, ist eine zusätzliche Wärmebereitstellung über den Gaskessel Bestand, Kaminsanierung erforderlich.

#### **Wärmeverteilung**

Die Verteilung erfolgt grundsätzlich im neuen Haustechnikraum im Expedit. Bestehende Pumpen sind auszutauschen. Um die nur bei Produktion anfallende Abwärme der Druckmaschinen und der Kompressoren zu lagern um dann beim größten Heizlastfall (am Morgen, nach Wochenenden und nach Ferien) zur Verfügung zu stehen, werden großzügige Schichtpufferspeicher eingesetzt. In diese werden auch die thermische Solaranlage und die Zusatzheizungen einspeisen. Zur Entnahme wird das patentierte System OPRIA eingesetzt. Diese variable Entnahme erlaubt es ohne die Schichtung zu zerstören genau die Temperatur zu entnehmen welche der Heizungs-Vorlauf gerade benötigt. Es muss also keine Exergie mit dem üblichen Heruntermischen von höherer Pufferentnahmetemperatur zu benötigter Vorlauftemperatur vernichtet. Es kann somit die Nutzung des Puffers um ca. 10-30% erhöht werden.

#### **Wärmeabgabe**

Die Wärmeabgabeflächen (Wand- und Deckenheizung) im Bestandsbereich sind derzeit auf

Vorlauftemperaturen von ca. 50°C ausgelegt.

- Bestand Bürobereich: Die bestehenden Heizflächen (Wand- und Deckenheizung, teilweise Heizkörper) bleiben bestehen.
- Bestand Produktion: Die bestehenden Deckenstrahlplatten bleiben bestehen.
- Neubau: EG-Neubau Heizkörper, OG-Neubau Heizkörper, Halle Neubau: Deckenstrahlplatten
- Hotel: Heizkörper

Raumtemperatur 21 °C, mindestens 20 °C

Für die Warmwasserbereitung ist eine thermische Solaranlage mit ca. 20m<sup>2</sup> Kollektorfläche vorgesehen.

### **12.1.6.2. Kälte / Kühlung**

#### **Kälteerzeugung:**

Der Serverraum wird über Außenluft gekühlt. Wenn die Außenlufttemperatur über ca. 16°C steigt, kommt die Grundwasserkühlung zum Einsatz. Als Back-Up und zur

Spitzenlastabdeckung kommt eine konventionelle Kompressionskälte zum Einsatz. Schichtenpufferspeicher wird auf Minimum reduziert

#### Kälteabgabe:

Kühldecken bzw. Kühlsegel wie Leitprojekt. Bei nicht ausreichender Leistung wird mit konventioneller Kompressionskälte versorgt werden. Kühlsegel sind teilweise im Neubau eingesetzt. In der Bestandhalle wird über die Deckenstrahlplatten gekühlt. In der Neuen Halle wird über Deckenstrahlplatten und die Lüftungsanlage gekühlt.

### 12.1.6.3. Lüftung

#### Lüftungszentralgeräte, Ventilatoren

Gemäß Energiekonzept IBO Standard- Vergleichsgebäude sind folgende Lüftungsgeräte vorgesehen:

**Bürobereich (Bestand und Neu, inkl. Forum, Veranstaltungsbereich und Restaurant)**

**Produktion Neu, Küche; Folgende Bereich werden mittels Lüftungsanlage BEFEUCHTET:**

**Produktion Neu, Lüftungsvarianten**

Für die Ausführung der Lüftung im vergleichs- Standardgebäude ist folgendes vorgesehen:

Lüftung Bestand Büro: Bestehendes Lüftungssystem bleibt

Lüftung Halle Bestand: Lüftung bleibt wie sie ist ohne Nachbehandlung, Befeuchtung nur dezentral möglich.

Bürobereich NEU : ZUL über Quellluftauslässe im Fensterbankbereich, Versorgung über Decke/von oben, ABL zentral Mitte bzw. seitlich

Restaurant: ZUL über Decke, ABL über Decke Leitungsführung über Dach, Außenkanal

Küche: Eigenes Lüftungsgerät, Aufstellung im Anlieferungsbereich

Vortragsraum: ZUL über Decke ABL über Deckenbereich, Leitungsführung über Dach, Außenkanal

Forum: Annahme 200 Personen, ZUL über Restaurant mittels Weitwurfdüsen, ABL über Restaurant

Halle Neu: ZUL über 8-12 Industrie-Quellluftauslässe (2x4 oder 3x4 Stück), Luftwechsel 2fach

Berücksichtigung Pflanzenluftfilter siehe unten

Pflanzenluftfilter entfällt

Luftansaugung: gleich wie Leuchtturm gugler

Schallschutz: gleich wie Leuchtturm gugler

Generell sind die Anforderungen an die Belüftung auf Standardfordernis heruntergeschraubt. Nutzungskomfort ist nicht berücksichtigt.

#### **12.1.6.4. Sanitär**

##### **Wärmebereitstellung**

Die Wärmebereitstellung erfolgt vorrangig über die Heizanlage, Abwasseranlagen sind als Standardinstallationen ausgeführt, die Entsorgung über den Ortskanal. Sanitäre Einrichtungen: Standardsanitäreinrichtungen,

Der bestehende Gaskessel bleibt weiter in Betrieb und wird durch ein Gas-BHKW ergänzt.

##### **Generell:**

Die Kalt- und Warmwasserversorgung ist in Kunststoff (Vorzugsweise Aluverbundrohrsystem)

zu verlegen. Die Leitungen sind selbstverständlich gegen Kondensat (Kaltwasser) zu isolieren und die Warmwasserleitung mit 60mm im unbeheizten Bereich zu dämmen.

Die Sanitärinstallation erfolgt über Vorwandgestelle (Fabr. Hutter, Geberith, Santec) und ist samt schallgedämmtem Spülkästen (die Bedienplatten sind in Edelstahl matt) einzukalkulieren.

Die normgemäße Wärme- und Schalldämmung- und Kondensatisolierung wird vorgesehen.

Lt. Auflage Behörde, Bauteilanforderungen siehe Vergleich Aufbauten

#### **12.1.6.5. Regelung / MSR:**

Die Regelung für die Heizungsanforderung, entspricht der gleichen Anforderung wie Leuchtturm Gugler

## Bedarf

Insgesamt ergibt sich der folgende Bedarf an Nutzenergie (Achtung, im Bereich Nutzerstrom Beleuchtung ist dies die Endenergie):

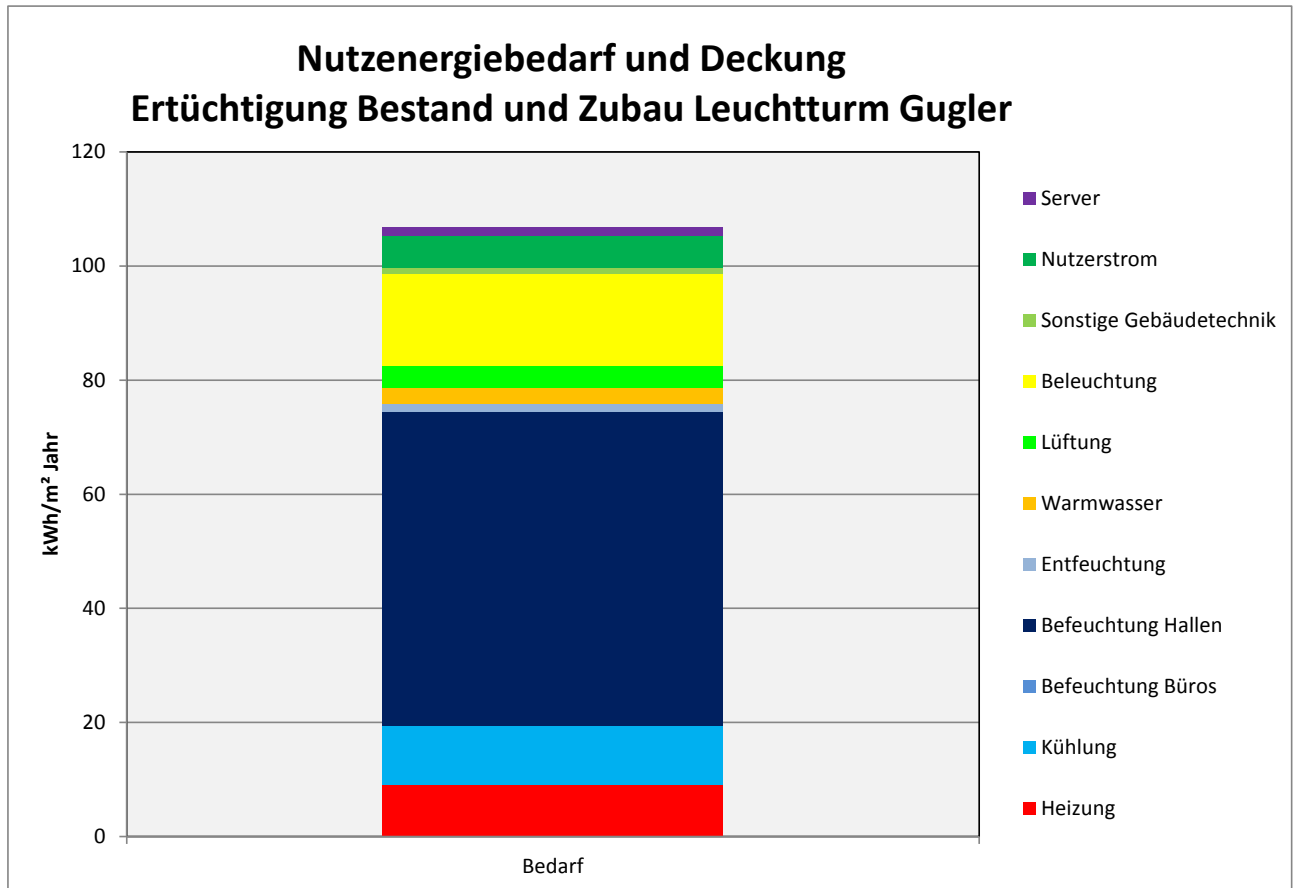


Abbildung 54: Nutzenergiebedarf und Deckung der Bereiche Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

Tabellarische Zusammenfassung der Optimierungsmaßnahmen und Zuordnung zu Bedarfskategorien:



Optimierungsmaßnahmen	Bedarfskategorien											
	Heizung	Kühlung	Befeuchtung Büros	Befeuchtung Hallen	Entfeuchtung	Warmwasser	Lüftung	Beleuchtung	Sonstige Gebäudetechnik	Nutzerstrom	Server	Hilfsstrom
<b>Thermische Hülle</b>												
Hochwärmedämmende thermische Hülle Zubau, hohe Luftdichtigkeit	X	X										
Zubau hochwertige 3-Scheibenverglasung mit hohem Lichtdurchgang, außenliegender Sonnenschutz Süd/Ost/West	X	X										
Austausch Verglasung Altbau durch Passivhaus-Verglasung im Bestand (Büroteil/Atrium/Veranstaltungsbereich)	X	X										
Halle Bestand Austausch Oberlichter inkl. Rahmen, Einsatz von effizienten Bauteilen	X	X										
Multifunktionsbereich (Gang), Einsatz von 3-Scheibenverglasungen mit integriertem Sonnenschutz (zwischen mittlerer und äußerster Scheibe)	X	X										
Verbesserung der Luftdichtigkeit bei undichten Fensterflügeln und im Tür/Torbereich Halle alt	X	X										
Kontrollierte Be- und Entlüftung mit Rotationswärmetauscher, Wärmerückgewinnungsgrad mind. 85%, Feuchterückgewinnungsgrad 50%	X	X					X					
Bedarfsgerechte Regelung, außerhalb Betrieb ausgeschaltet	X	X					X					
Im Bürobereich Zuluft einbringung über Quelluftschlitze, dadurch hohe Lüftungseffizienz erreichbar.	X	X					X					
<b>Belichtung, Beleuchtung</b>												
Gute Tageslichtnutzung im Zubau, Büros mit effizienten Stehlampen, tageslicht- und anwesenheitsgesteuert, dimmbar, niedrige installierte Leistung								X				
LED-Beleuchtung in den neuen Zonen (Forum, Veranstaltung, Restaurant, Cafe, Bistro), effiziente Bandleuchten in Nebenräumen								X				
Halle neu: Fensteranordnung optimiert für Tageslichtnutzung, Belichtung vor allem von Oberlichtstreifen, Belichtung LED, dimmbar, einzelne Maschinen mit getrennt regelbarer Beleuchtung, Lager mit Anwesenheitssteuerung								X				
Halle alt: Austausch Hallenbeleuchtung durch LED-Beleuchtung								X				
Bestand Büros Austausch der Lampen in den Stehlampen durch neu Leuchtkörper, wenn alte kaputt gehen (halbe Leistung, in etwa dieselbe Helligkeit), aus ökonomischen Gründen kein genereller Austausch, zudem sind bestehende Stehlampen bereits tageslichtgesteuert und verhältnismäßig effizient.								X				
<b>Haustechnik, Nutzerstrom</b>												
Wärmeabgabe über Flächensysteme												
Be/Entfeuchtung der Produktionshalle				X	X							
Büro: Zuluft wird leicht entfeuchtet. Vorab keine Befeuchtung (Pflanzen, Feuchterückgewinnung)		X		X								
Hocheffiziente Pumpen durchgängig (auch im Bestand), reduzierte Laufzeiten durch intelligente Regelung,											X	
Optimierte Auslegung Netz, hydraulischer Abgleich, optimierte Klappen/sonstige Einbauten							X					
Zusätzliche Dämmung der Verteilung								X				
Reduzierung der Befeuchtung Hallen auf mindestens 40% relative Feuchte, Verwendung der effizientesten Technologie (Effekt auf Heizwärmebedarf wurde nicht ausgewiesen)			X									
Reduzierung der Warmwasserzapfstellen, Erhöhung der Effizienz Verteilung					X							
Lüftung Betrieb nur im Hochwinter und –Sommer, Fensterlüftung in der Übergangszeit, Stromverbrauch im Schnitt von 0.3Wh/m².												
Automatisches Abschalten außerhalb der Kernbetriebszeiten.							X					
Hocheffiziente Anlagen für Gebäuderegulation, Lift, Notbeleuchtung etc., dadurch Reduktion der sonstigen Stromverbraucher								X				
Nutzerstromreduktion durch konsequentes, automatisches vom Netz nehmen von nicht genutzten elektrischen Verbrauchern.									X			
Hinterfragen der Computereinstellungen, (z.B. Stromspareinstellungen, Bildschirmschoner) von Mitarbeitern mit Planungsteam. Cloud computing.										X		
Umnstieg auf stromeffiziente Server, Einstellung der stromsparendsten Konfiguration.											X	
Reduktion Nutzenergie [kWh/m²a]	25.88	29.66	15.00	54.95	3.54	2.13	7.69	14.19	3.19	1.89	1.51	37.79
[%]	74%	75%	100%	52%	76%	43%	67%	47%	75%	25%	49%	56%
Reduktion Endenergie [kWh/m²a]	31.38	37.59	17.65	59.61	4.76	2.50	7.69	14.19	3.19	1.89	1.51	37.79
[%]												
Reduktion Primärenergie [kWh/m²a]												
[%]												

Tabelle 26: Tabellarische Zusammenfassung der Optimierungsmaßnahmen und Zuordnung zu Bedarfskategorien

## 12.2. Detaillierte Annahmen/Randbedingungen dynamische Gebäude- und Anlagesimulation Vorentwurf

Grundsätzlich wird Primärenergie, die in die Systemgrenze der Druckerei Gugler fließt, negativ gezählt, während Energie, die aus dem System fließt und damit konventionelle Energieträger im Gesamtsystem ersetzt, positiv bilanziert. Das heißt, wenn über ein durchschnittliches Jahr mehr Primärenergie aus dem System fließt als verbraucht wird, gilt der Plusenergiestandard als erreicht.

Für die Erreichung des Plusenergiestandards waren 2 Schritte erforderlich:

1. Energetische Bewertung der Ausgangsvariante: Passivhausstandard Zubau, Ertüchtigung Altbau mit Passivhauskomponenten, Nutzung erneuerbare Energiequellen in „Maßen“. (Ausgangsvariante)
2. Weitere Optimierung vor allem des Strom-Bedarfs bis zur Erreichung des Plusenergiestandards. Die erneuerbare Energieerzeugung ist dieselbe wie in der Ausgangsvariante. (Variante hochoptimiert)

Sollten sich nicht alle Effizienzmaßnahmen in Schritt 2 als realisierbar erweisen, muss die Erzeugung von erneuerbarer Energie entsprechend erhöht werden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt vorab die Plusenergiebilanz der beiden Varianten des Energiekonzepts Zubau neu und zur Ertüchtigung des Bestandes.

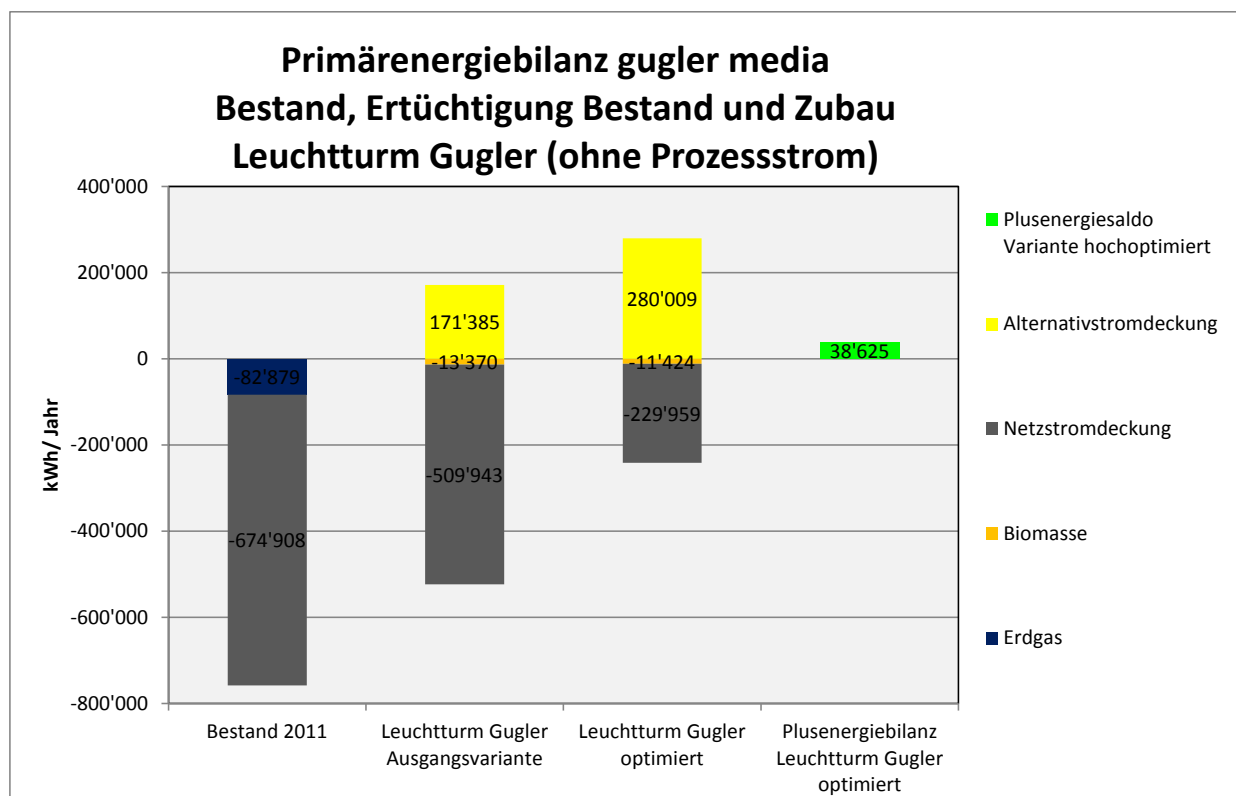


Abbildung 55: Primärenergiebilanz gugler media Bestand, Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- In der Ausgangsvariante kann der Plusenergiestandard nicht erreicht werden, vor allem der Beleuchtungsaufwand ist sehr hoch.
- In der Variante hochoptimiert wird der Plusenergiestandard knapp erreicht.

Zu den Grundlagen im Detail siehe die folgenden Kapitel.

## 12.2.1. Ausgangsvariante Vorentwurf: Beschreibung und Berechnungsannahmen

Grundlage der energetischen Bewertung ist der Planstand von POS-Architekten vom Mai 2011.

### 12.2.1.1. Geometrische Grundlagen

Folgende Zonen wurden dynamisch simuliert:



Abbildung 56: Zonierung des Erdgeschoßes der Simulation



Abbildung 57: Zonierung des Obergeschoßes der Simulation

	Beschreibung	Kürzel
Zone 1	Halle Bestand	HALLE-B
Zone 2	Bürotrakt Nord	BÜRO-N
Zone 3	Bürotrakt Süd OG	BÜRO-S
Zone 4	Seminarraum 1	SEM
Zone 5	Technik	TECHN
Zone 6	Anlieferung, Klimaschleuse,WF	ANLI
Zone 7	Bistro, Garderobe	BISTRO
Zone 8	Restaurant	REST
Zone 9	Küche, Lager	KÜCHE
Zone 10	Garderobe,WC, Lager	GARD
Zone 11	Meditationsraum	MED
Zone 12	Veranstaltungsraum	VA
Zone 13	Multifunktionsfläche, Podest, Street life	MULTI
Zone 14	Halle Neu	HALLE-N
Zone 15	Atrium, Gang, Empfang	ATRIUM
Zone 16	Kreativbereich	KREA
Zone 17	Bürotrakt Süd EG	BÜRO_SEG
Zone 18	Kreativ Büro	KREA_BÜRO

Tabelle 27: Tabellarische Auflistung der Zonen der Simulation

Die genauen Zonendaten sind dem Auszug aus dem Raumbuch im Anhang zu entnehmen.

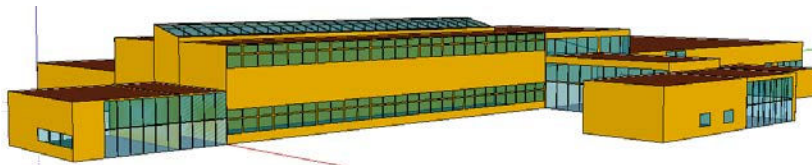


Abb.: Simulationsmodell, Westteil in Berechnung gegenüber Modell an Realität angepasst (teilweise niedrigere Raumhöhe)

Im verbleibenden Bestand werden die folgenden Änderungen vorgeschlagen:

- Reduzierung der Fensterflächen Nord im Seminarraum auf 50% der bestehenden Fläche
- Reduzierung Fensterfläche Nord Eingangsbereich auf 50%
- Reduzierung der horizontalen Fensterfläche Gang Bestand OG auf 50%.

Wesentliche Angaben aus dem Raumbuch:

	Personenanzahl	Persanz für Trnsys	Fläche m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>
HALLE-B	4	4	994.2	4614.0
BÜRO-N	24	28.8	340.0	925.8
BÜRO-S	22	26.4	187.4	522.2
SEM	0	30	90.2	415.6
TECHN	0	0	209.0	544.3
ANLI	0	0	270.7	1461.9
BISTRO	0	10	51.7	155.2
REST	80	80	77.0	338.7
KÜCHE	3	3	95.1	332.7
GARD	0	0	157.7	552.1
MED	10	10	25.7	90.0
VA	80	80	86.6	303.0
MULTI	3	3	398.6	2012.0
HALLE-N	0	0	1704.7	8790.5
ATRIUM	2	2	306.2	1249.9
KREA	12	14.4	81.8	2228.0
BÜRO_SEG	27	27	212.9	912.4
KREA_BÜRO	17	20.4	109.7	391.5
	284	339	5398.9	25839.5

Tabelle 28: Angaben zu den Zonen der Simulation

### 12.2.1.2. Bauteilaufbauten opak

Im Anhang sind die wesentlichen Aufbauten gemäß Unterlagen Architekt angeführt.

Ausgangsvariante für die Simulation war die Holz-Leichtbauvariante:

<b>DEr1 Geschoßdecke Holzrahmenbau</b>	
<b>[cm]</b>	<i>Konventioneller Aufbau</i>
1.00	Holzboden, geklebt
2.50	Trockenestrichelement
3.00	Mineralwolle Trittschalldämmplatte MW-S 35/30
4.00	Schwere Splittschüttung, ungebunden, verdichtet
2.00	Zementgebundene Spanplatte
16.00	Holzkonstruktion, dazw. Steinwollematte (5cm) eingelegt
3.00	Lattung 3/5cm
2.50	GKF Brandschutzplatten, 2-lagig
34.00	<i>Gesamt</i>
12.50	<i>Bodenaufbau</i>
<b>FBI1 Fußboden zu Erdreich, aufgeständert</b>	
	Var. 1: zementgebundene Platte
<b>[cm]</b>	<i>Alternativer Aufbau mit recycros</i>
2.00	Holzboden, schwimmend
0.50	Schafwolle- Filz
2.20	zementgebundenes Trockenestrichelement
3.00	Holzweichfaserplatte
4.00	Schwere Splittschüttung, RC Material, verdichtet
-	PE-Dampfbremse
2.50	Diagonalholzschalung (Material von Baustoffbörse)
40.00	Holzrahmenkonstruktion mit Strohdämmung
2.50	Diagonalholzschalung (Material von Baustoffbörse)
-	PE-Winddichtung, diffusionsoffen
8.00	Lattung/ Hinterlüftung
3.00	Schalung
65.20	<i>Gesamt</i>
11.70	<i>Bodenaufbau</i>
<b>AW1.6c Fassadenelement Halle</b>	
	R60
<b>[cm]</b>	<i>Alternativer Aufbau Holzrahmenelement</i>
	Außenverkleidung
3.00	Lattung 3/5cm
0.02	PE-Windsperre
1.50	Holzfaserplatte
24.00	Wandriegel verleimt, dazw. Glaswolle- Dämmung
0.02	Dampfbremse
1.50	OSB Platte
2.50	Gipsfaserplatten, 2-lagig oder Gipskarton?
32.54	<i>Gesamt</i>
<b>AWr1 Holzständerwand mit hinterlüfteter Fassade</b>	
R60	mit Installationsebene
<b>[cm]</b>	<i>Konventioneller Aufbau</i>
2.00	Holzschalung Lärche
3.00	Lattung 3/5cm
-	PE-Winddichtung, diffusionsoffen
2.00	Sparschalung
24.00	Steinwolleplatten zw. Holzunterkonstruktion
1.80	OSB Platte
-	PE- Dampfbremse
5.00	Lattung, dazw. Glaswolle
3.00	GKF Brandschutzplatten, 2-lagig
40.80	<i>Gesamt</i>
<b>IWr1 Innenwand nichttragend</b>	
<b>[cm]</b>	<i>konventioneller Aufbau</i>
1.25	GK Platte
7.50	Metallständerkonstruktion, dazw. Glaswolle
1.25	GK Platte
10.00	<i>Gesamt</i>
<b>DAr1 Flachdach Holz- Leichtbau</b>	
<b>[cm]</b>	<i>Aufbau Gugler Bestand</i>
8.00	Pflanzensubstrat
1.00	PAE Folie, wurzelres. Dachhaut, Wies
15.00	Wärmedämmung
0.50	Dampfsperre
6.50	Nut-Feder Schalung auf Träger 22/58cm
15.00	Luftraum
5.00	Herakliith, abgehängt
51.00	<i>Gesamt</i>

Tabelle 29: Wesentliche Aufbauten

### 12.2.1.3. Fenster

Einsatz von 3 Scheibenisolierverglasung mit thermisch entkoppelten Randverbund, hochwertig Holzrahmen, wärmebrückenarmer Einbau:

- $U_G = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $\Psi_g = 0.035 \text{ W/mK}$
- $U_F = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- g-Wert = 0,5

Diese hochwertige Verglasung wird auch für die Ertüchtigung des Bestandes eingesetzt.

Die Oberlichten in der Halle alt wird ebenfalls durch hochwertige Oberlichten ersetzt und möglichst wärmebrückenfrei eingesetzt ( $U_{w,eff} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

### 12.2.1.4. Sonnenschutz

- Süd- Ost- Westseitig außenliegender Sonnenschutz  $F_c = 20\%$ , fein gelochte Lamellen
- Nordseitig hochwertige innenliegende Verschattung bzw. im Bestand bestehende Verschattung erhalten.
- Im Bürobereich mit sehr hohen inneren Lasten (z.B. Kreativbereich) ist eine detaillierte Analyse zwischen Sonnenschutz, Tageslichtversorgung und gewünschter Lichtabschattung für hochwertige Computerarbeit erforderlich. Die derzeitige Annahme in der Simulation unterstellt keine Konkurrenz, d.h. der Sonnenschutz mindert nicht die Tageslichtnutzung.

Regelstrategie: Wenn Globalstrahlung auf Fassade größer  $150\text{W/m}^2$ , wird Sonnenschutz geschlossen. Individuell übersteuerbar.

Das Öffnen wegen zu starken Windes ist noch nicht enthalten!

### 12.2.1.5. Luftdichtigkeit

Bestand: Ergebnisse Blower Door Messung

	Volumen $\text{m}^3$	Unterdruckmessung		Überdruckmessung	
		Luftvolumen $\text{m}^3$	n50-Wert 1/h	Luftvolumen $\text{m}^3$	n50-Wert 1/h
Halle	4614	3700	0.80	3700	0.80
Bürogebäude	2776	5400	1.95	5500	1.98

Tabelle 30: Ergebnisse der Blower Door Messung

Neubau: Infiltrationsluftwechsel  $0,042/\text{h}$ ; Luftdichtheit  $n_{50} = 0,6 \text{ 1/h}$



## 12.2.1.6. Innere Lasten, Strombedarf

### 12.2.1.6.1. Personen:

Wärmeabgabe: 80W/Person; Feuchteabgabe: 50g/Person

Personenanzahl siehe Raumbuch

Anwesenheit Büros:

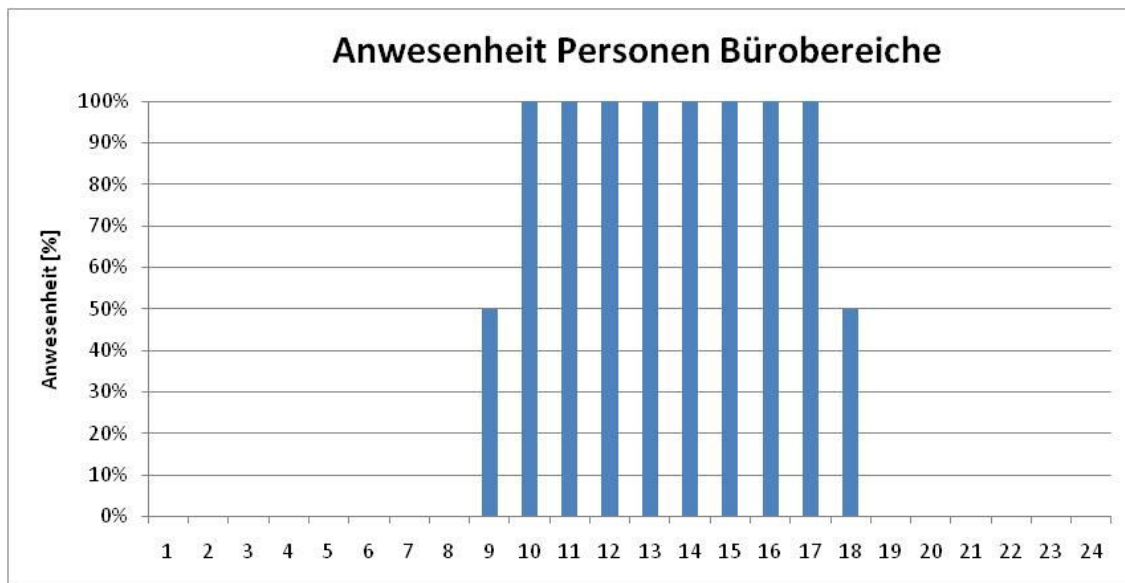


Abbildung 58: Anteilmäßige Anwesenheit der Personen im Bürobereich je Stunde

Anwesenheit Halle (Entspricht nicht den Produktionszeiten der Maschinen!!:

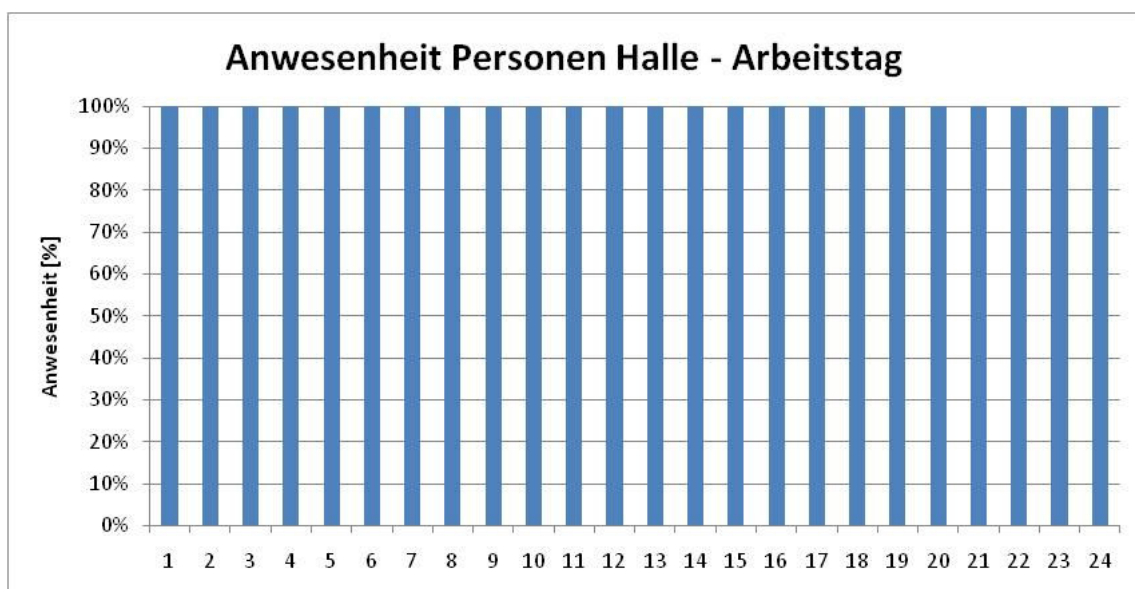


Abbildung 59: Anteilmäßige Anwesenheit der Personen in der Halle an einem Arbeitstag je Stunde

3 Schicht Betrieb -> erste Schicht Beginn Montag 6:00

letzte Schicht von Freitag 22:00 bis Samstag 6:00.

### 12.2.1.6.2. Arbeitshilfen

Leistung Arbeitshilfen: Stromaufnahme real						
Computer		Volllast	Standby	Anteil Standby	Mittelwert alternativ	Gesamt
Büro Standard		W/Stk	W/Stk	%	W/Stk	W
	Thinclient	15,0	1,0		15,0	
	Bildschirm	50,0	3,0		40,0	
Kundenbetreuung						55,0
	Laptop+Thinclient	105,0	2,0		60,0	
	Bildschirm	110,0	1,0		35,0	
Kreation/Graphik						95,0
	iMac	170,0	7,0		150,0	
	Bildschirm	60,0	2,0		30,0	
Medientechnik						180,0
	PC/Mac Pro	320,0	7,0		180,0	
	Bildschirme	100,0	2,0		60,0	
						240,0
<b>Kopierer</b>		920,0	160,0	92,0		220,8
<b>Drucker</b>		570,0	8,0	92,0		53,0
<b>Telefonanlage</b>		300,0	100,0	50,0		200,0
<b>Server (in neuer Halle)</b>		17.000,0	17.000,0	0,0		

Tabelle 31: Aufstellung der Leistungen der Arbeitshilfen

In Bürobereichen 1 Computer/Person

Computerzuordnung:

Zone	17	Bürotrakt Süd EG	Computer Büro Standard
Zone	3	Bürotrakt Süd OG	Computer Kundenbetreuung
Zone	2	Bürotrakt Nord	Computer Kreation/Grafik
Zone	18	Kreativ Büro	Computer Medientechnik

(Die gewählten Computer entsprechen nicht genau den Nutzungen lt. Raumbeschreibung. Durch die gewählten Zuordnungen wird das Worst-Case Szenario simuliert um auch mögliche bürointerne Umstrukturierungen abdecken zu können)

Drucker und Kopiererzuordnung:

Zone	16	Kreativbereich	Drucker+Kopierer
Zone	13	Multifunktionsfläche, Podest, Street life	Drucker+Kopierer
Zone	17	Bürotrakt Süd EG	Drucker+Kopierer

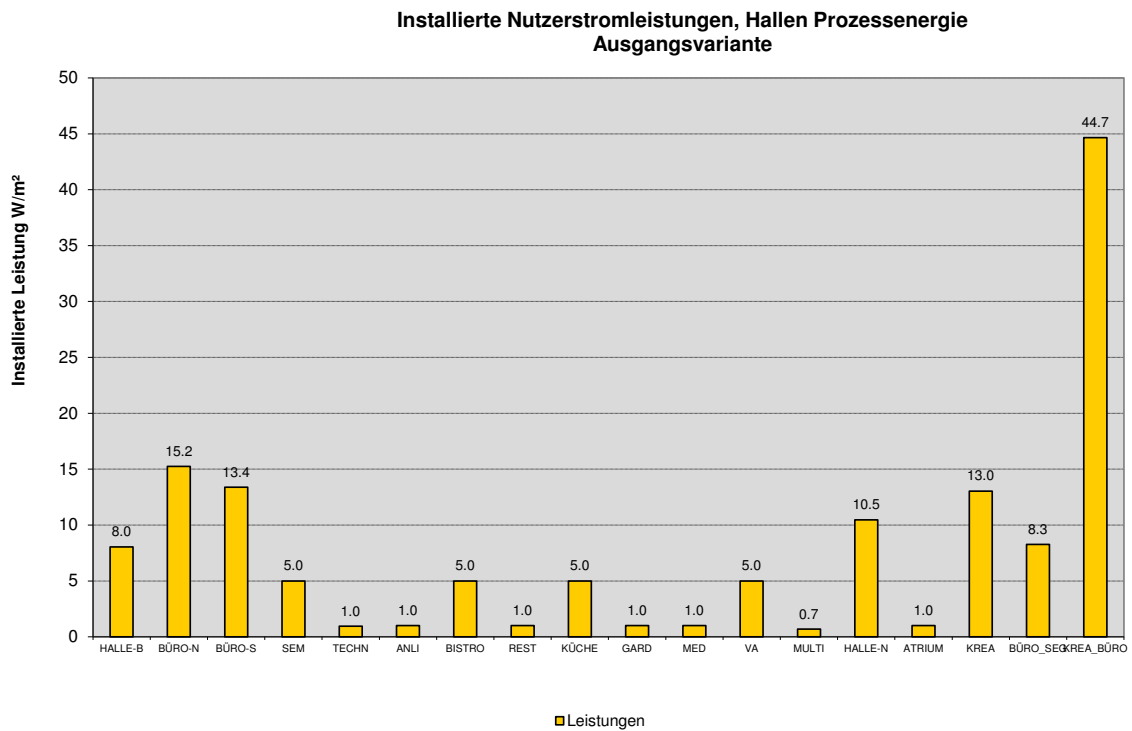


Abbildung 60: Installierte Nutzerstromleistungen, Hallen Prozessenergie der Ausgangsvariante

### 12.2.1.6.3. Beleuchtung

Installierte Leistungen:

Bestand: 20 W/m<sup>2</sup> (derzeit Annahme -> genaue Werte aus Messung)

Halle neu: 2 Varianten, in Ausgangsvariante LED 7.14 W/m<sup>2</sup>

Büroräume Neu: 15 W/m<sup>2</sup>

Steuerung: Tageslichtsteuerung Ein/Aus auf 500lux (Ziel: dimmbar)

Tageslichtquotient: Halle alt 4,5%

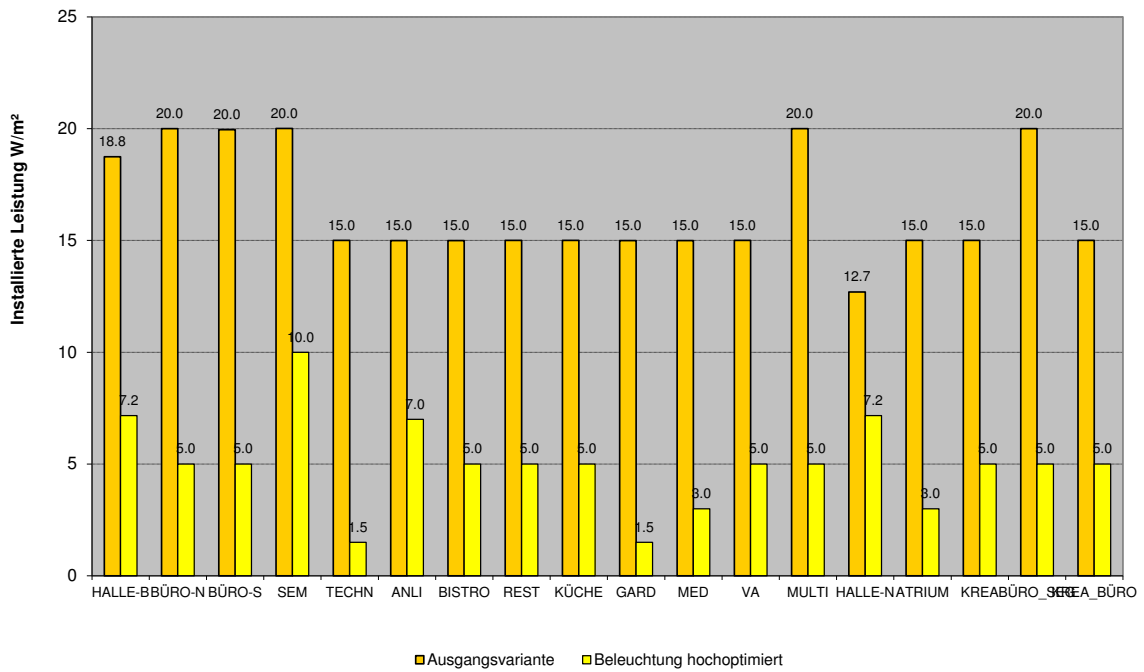
Halle neu je nach Variante zw. 4.3 und 7.4%

Bürobereiche 3,5% (gemessen in 1,5m Raumtiefe)

Technik/Garderobe/Nebenräume 0%

Betriebszeiten: siehe Anwesenheit Personen

### Installierte Beleuchtungsleistungen Ausgangsvariante und hochoptimiert



Anmerkung: Zur Variante hochoptimiert siehe hinten

Abbildung 61: installierte Beleuchtungsleistungen der Ausgangsvariante und hochoptimiert

#### 12.2.1.6.4. Maschinen

Halle Neu:

Druckermaschinen

CD102	163 kW	elektrische Anschlussleistung
SM52	123,4 kW	elektrische Anschlussleistung

Das Monitoring der Druckmaschine CD102 von 1.8.2011 bis 6.12.2011 hat folgenden Leistungsverlauf ergeben

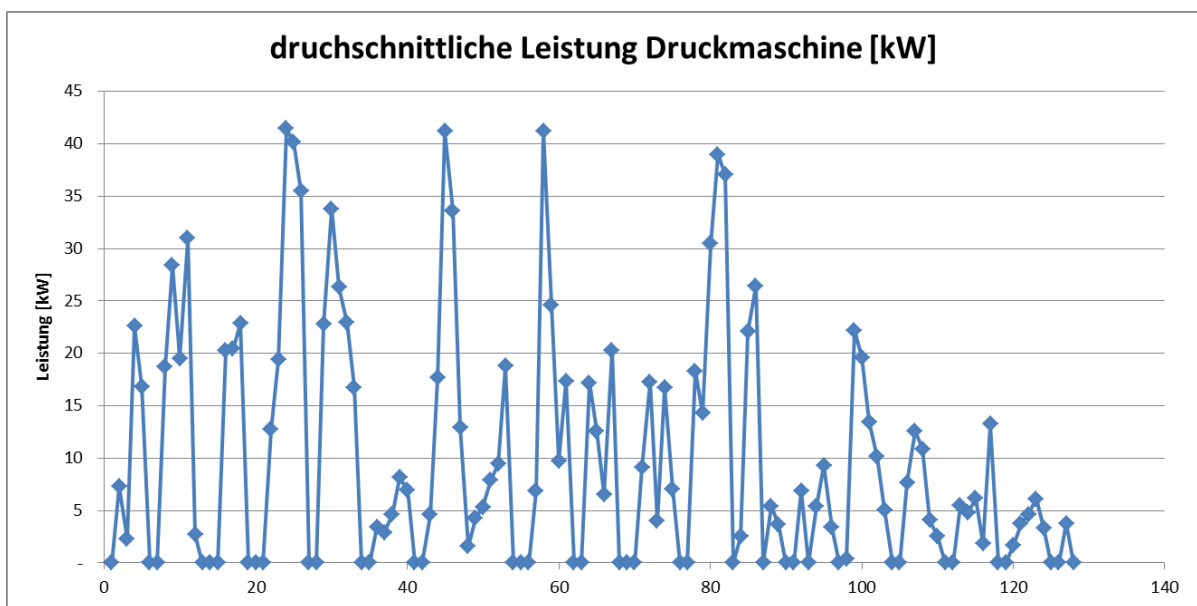


Abbildung 62: Durchschnittliche Leistung der Druckmaschine CD 102

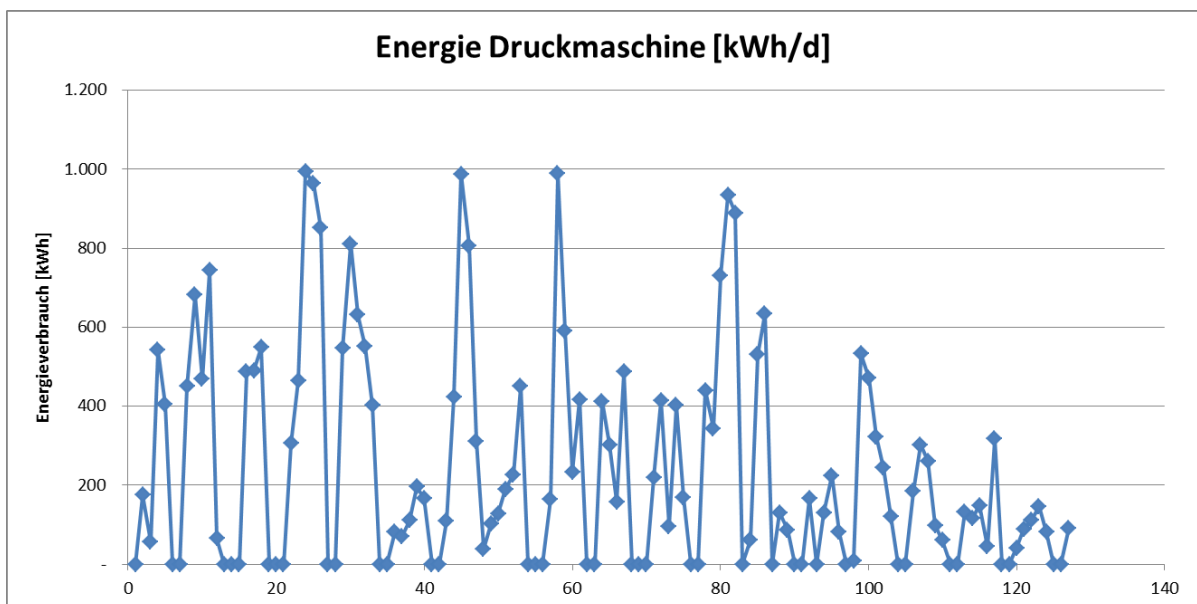


Abbildung 63: Durchschnittlicher Energiebedarf der Druckmaschine pro Tag

Aus den Lastprofilen nachfolgend eine Periode mit starker (Mai) und schwacher (Juli) Produktion:

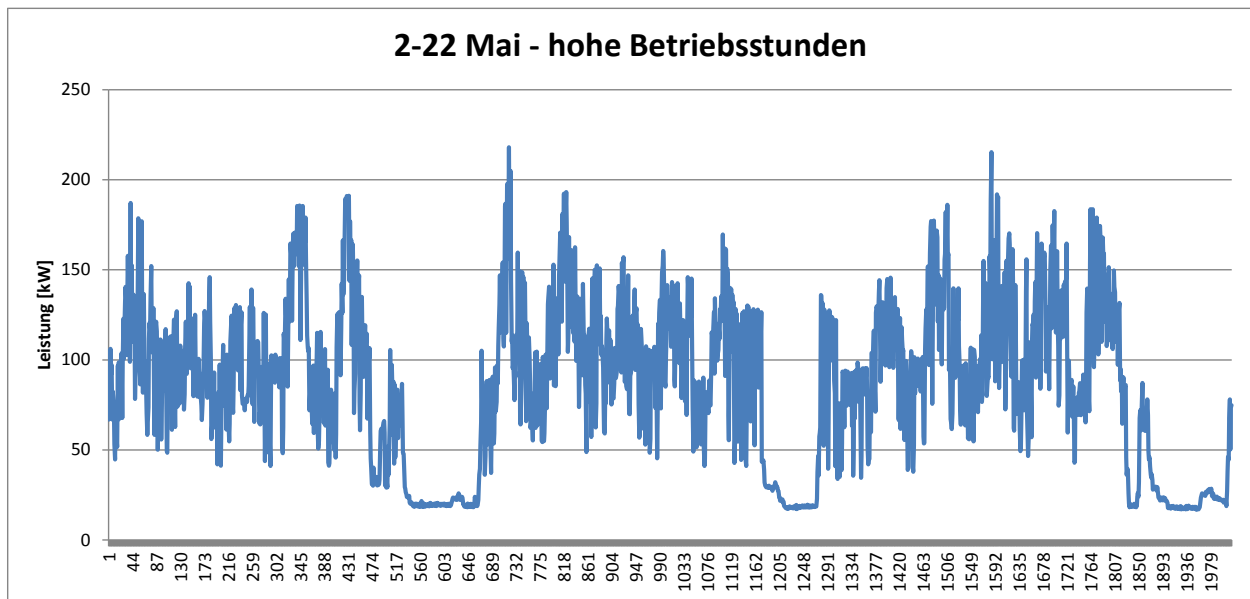


Abbildung 64: Lastprofil mit hohen Betriebsstunden, Zeitraum Mai

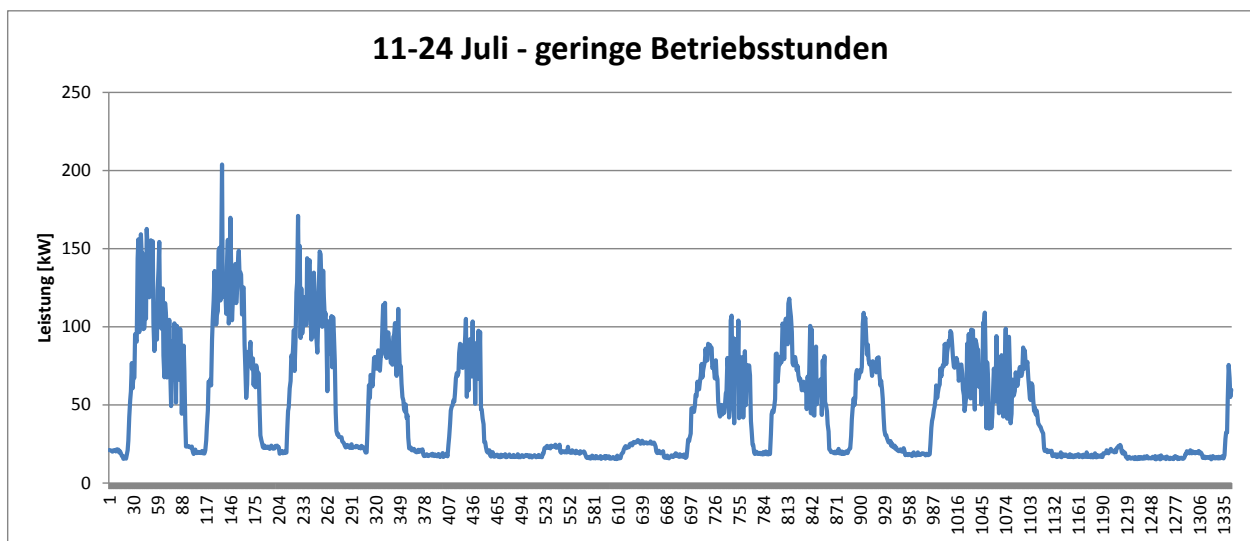


Abbildung 65: Lastprofil mit geringen Betriebsstunden, Zeitraum Juli

1. Außerhalb Büro- und Produktionsbetriebszeiten liegt eine Leistung von 15 bis 20kW durchgehend an: Serverbetrieb, Standby, Notbeleuchtung, Transformatoren
2. In starken Produktionszeiten liegen über Nacht insgesamt zwischen 50 und 100kW insgesamt an, d.h. ca. 30 und 70kW zusätzlich zur „Grundlast“
3. Tagsüber liegen die abgenommenen Leistungen zwischen 70 und 140kW durchschnittlich, es werden auch Spitzen über 200kW abgenommen.

Die aufgenommene Leistung der großen Druckereimaschinen sowie die Abgabe über die Abluft, das Kühlwasser und direkt in den Raum sind wesentlich für das Plusenergiekonzept. Auch wenn man die aufgenommene Leistung zumindest der 2 großen Druckereimaschinen kennen würde und deren Pfade zur Abgabe, bleibt immer noch die Frage, welche Kennwerte der Auslegung der Gebäudetechnik einerseits und andererseits der Berechnung der Plusenergiebilanz zugrunde gelegt werden soll. Vorab werden 3 Szenarien gerechnet:

- 1) Ausgangsvarianten: Mittlere Auslastung (Annahme, die den Status quo möglichst abbilden sollte)
- 2) Minimalauslastung (Grundlage sind die Messwerte des Monitoring, die wahrscheinlich nur ca. 50% des tatsächlichen Verbrauchs angeben)
- 3) Vollaustung (doppelte Kennwerte im Vergleich zur mittlerer Auslastung)

Die aufgenommene Leistung wurde wie folgt abgegeben [Maschinenübersicht, Gugler 2009]:

	Stromanschluß inkl. Aggregate die von der Hauptmaschine versorgt werden	Wärmeabstrahlung in den Raum in kW	Volumenstrom Luft in m³ pro Stunde max	Wärmeabgabe in das Kühlwasser in kW max Werte	Volumenstrom Wasser in m³ pro Stunde max	Wärmeabgabe in den Drucksaal in kW max
CD102-6-LX höherer Volumenstrom als neue Maschine, gemessene Werte	163	10	1550	62.8	12.05	90.2
SM-52-5-L Anicolor mit alpha cz	123.4	12	1300	23.9	3.5	87.5

Anmerkung: Wegen Inkonsistenzen der unterschiedlichen Messquellen werden die wesentlichen Kennwerte von NEC „per Hand“ geprüft, darauf sollen die Plusenergiebilanz aufgebaut werden. Durch die Berechnung in 3 Varianten sollte allerdings im Wesentlichen das mögliche Feld umfasst sein.

Tabelle 32: Angenommene aufgenommene Leistung der Druckereimaschinen

Die tatsächlich aufgenommenen Leistungen wurden an die Lastprofile angepasst, die Aufteilung der Abgabe auf Kühlwasser, Abluft und Raum (inkl. Erwärmung Papier) wurden den Messungen 2009 entnommen.

Aus den Lastprofilen wurden vorab die wesentlichen Stromabnehmer wie folgt abgeleitet:

	Niedrige Auslastung	Hohe Auslastung	Niedrige Auslastung	Mittelwert	Hohe Auslastung
	kW	kW	kWh/a	kWh/a	kWh/a
Grundlast	20	20	175'200	175'200	175'200
Büro/Kreativ	30	30	205'920	205'920	205'920
Produktion ohne Druckereimaschine	20	50	137'280	240'240	343'200
Druckereimaschinen	0	40	0	52'000	104'000
Summe	70	140	518'400	673'360	828'320

Tabelle 33: Abgeleitete wesentliche Stromabnehmer



Der Strombedarf im Jahr 2011 liegt bei knapp 600000 kWh/a, also zwischen Niedriger und mittlerer Auslastung.

Es ergibt sich das folgende Profil für einen typischen Wochentag. Am Samstag ist nur die große Druckereimaschine bis Mittag in Betrieb, am Sonntag ist ausgeschaltet.

Wochentag	Strombedarf	Strombedarf	Abwärme	Abwärme	Abwärme	Abwärme	Stromaufnah	Abgabe	Abgabe
	CD102	SM52	Wasser_CD	Wasser_SM	Abluft_CD10			me gesamt	Kühlwasser
	Druckereima	Druckereima	102	52	2	Abluft_SM52		gesamt	gesamt
h	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
1	12.53	7.29	0.00	0.00	1.25	0.73	19.82	0.00	1.98
2	12.53	7.29	0.00	0.00	1.25	0.73	19.82	0.00	1.98
3	12.53	7.29	0.00	0.00	1.25	0.73	19.82	0.00	1.98
4	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
5	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
6	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
7	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
8	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
9	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
10	12.53	7.29	0.00	0.00	1.25	0.73	19.82	0.00	1.98
11	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
12	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
13	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
14	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
15	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
16	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
17	12.53	7.29	0.00	0.00	1.25	0.73	19.82	0.00	1.98
18	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
19	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
20	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
21	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
22	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
23	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
24	12.53	7.29	0.00	0.00	1.25	0.73	19.82	0.00	1.98
Jahr	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
Gesamt	123'875	54'911	38'919	8'436	8'455	5'361	<b>178'785</b>	<b>47'355</b>	<b>13'816</b>
spezifisch	72.70	32.22	22.84	4.95	4.96	3.15	104.92	27.79	8.11

Tabelle 34:Nutzungsprofil eines typischen Wochentags

Der angenommene Strombedarf in den Szenarien ergibt sich wie folgt:

<b>Stromaufnahme Druckereimaschinen</b>	<b>Strombedarf/Jahr</b>	
Bezeichnung	kWh/a	Kürzel
Mittel/Ausgangsvariante	178'785	IW2
Niedrig	89'393	IW1
Hoch	357'571	IW3

Anmerkung: In IW1 wird eine verkürzte Betriebszeit angenommen.

Halle Bestand:

Annahme Leistung für Maschinen 40 kW bei einer Gleichzeitigkeit von 20%

Sonstiges:

In der Technikzone wird eine Wärmeabgabeleistung von 1 W/m<sup>2</sup> angenommen.

Insgesamt wird vorab mit dem folgenden Strombedarf Prozesse gerechnet:

Prozessstrom	kWh/a
Server Rest (ohne interne Verwaltung)*	37'248
Druckmaschinen	178'785
Digitaldruck	44'615
Druckluft	1'000
Sonstiges	9'790
<b>Gesamt</b>	<b>271'439</b>
Spezifisch	kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Gesamt</b>	<b>50.3</b>

\* Anmerkung: Der Serverstrom wird in einen Teil interne Verwaltung, der im Nutzerstrom mitbilanziert wird und den Rest geteilt, der als Dienstleistung unter den Prozessstrom fällt.

Tabelle 35: Berechnungsgrundlage für den Strombedarf verschiedener Prozesse

#### 12.2.1.6.5. Warmwasser

Warmwasser	Einheit	Anzahl	Spez. Verbrauch l/Einheit	Tagesverbrauch l/d	Tage im Jahr d/a	Tagesbedarf m <sup>3</sup> /a	WW-Bedarf l/Tag	$\Delta T$ K	Nutz-	Nutz-
									energiebedarf kWh/d	energiebedarf kWh/m <sup>2</sup> a
Küche	Menüs	120	9.5	1140.0	260	296.4	812.1	40.0	52.9	<b>2.5</b>
Duschen	Personen	164	2.0	328.0	260	85.3	233.6	40.0	15.2	<b>0.7</b>
Personen	Fläche	5398.9	0.02	108.0	260	28.1	76.9	40.0	5.0	<b>0.2</b>
<b>Gesamt</b>										<b>3.5</b>

Tabelle 36: Angaben zum Warmwasserbedarf

#### 12.2.1.6.6. Sonstige Gebäudetechnik

Sonstige Gebäudetechnik	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/a
Sicherheitsbeleuchtung	0.120	646
Regelung Computer	0.359	1'937
Regelung Netzteile	0.598	3'228
Brandmeldeanlage	0.000	0

CO Warnanlage	0.060	323
RWA Anlage	0.030	161
Absaugungen	0.267	1'442
Wasseraufbereitung	0.000	0
Sumpfpumpen	0.000	0
Drucksteigerungen	0.000	0
Aufzüge	0.647	3'492
Schrankenanlage	0.006	34
Motoren Sonnenschutz	0.040	215
?		
<b>Allgemeines gesamt</b>	<b>2.13</b>	<b>11'477</b>

Anmerkung: aus vergleichbarem Projekt

Tabelle 37: Angaben zum Energiebedarf für sonstige Gebäudetechnik

### 12.2.1.7. Haustechnik

Grundsätzlich wird im Neubau eine mechanische Lüftungsanlage, bzw. Lüftungsanlagen installiert, die Wärme und Feuchte hocheffizient rückgewinnt, eine sehr geringe Stromaufnahme aufweist und bedarfsgerecht geregelt ist, d.h. Luftmengen und Rückgewinnung werden möglichst dem Bedarf angepasst.

Die bestehende Lüftungsanlage im Bestand wird durch eine hocheffiziente Anlage mit Wärme- und Feuchterückgewinnung ergänzt, die derzeit teilweise sehr geringen Zuluftmengen werden über ergänzende Zuluftstränge auf das Anforderungsniveau gebracht.

Die Lüftungsanlage dient vor allem dem Zuführen von frischer, gefilterter Außenluft und dem Abführen der belasteten Raumluft. Um eine hohe Lüftungseffizienz bei möglichst geringen Luftmengen zu erreichen, wird eine Kolbenströmung/Quelllüftung angestrebt. In den beiden Hallen muss zudem eine möglichst gleichförmige Raumluftfeuchte sichergestellt werden.

		Lüftung Besta	Lüftung	Wärmeabgabe	Kälteabgabe	Befeuchtung	Entfeuchtung
1	Halle Bestand	Zuluftanlage mit EWT	Zuluftanlage ergänzt um Abluft und WFRG	Deckenstrahlplatten	Deckenstrahlplatten/ Lüftung	dezentrale Befeuchter Bestand	keine, gegebenenfalls indirekt über gekühlte Deckenstrahlplatten
2	Bürotrakt Nord	Zuluftanlage mit EWT	Zuluftanlage ergänzt um Abluft und WFRG	Bauteilaktivierung Bestand	Bauteilaktivierung Bestand	vorhanden über Lüftungsanlage	keine?
3	Bürotrakt Süd OG	Zuluftanlage mit EWT	Zuluftanlage ergänzt um Abluft und WFRG	Bauteilaktivierung Bestand	Bauteilaktivierung Bestand	vorhanden über Lüftungsanlage	keine?
4	Seminarraum 1	Zuluftanlage mit EWT	Zuluftanlage ergänzt um Abluft und WFRG	Bauteilaktivierung Bestand	Bauteilaktivierung Bestand	vorhanden über Lüftungsanlage	keine?
5	Technik	keine	keine	keine	keine	keine	keine
6	Anlieferung, Klimaschleuse, WF		Lüftungsanlage Hallen neu	Fußbodenheizung? Lüftungsanlage			
7	Bistro, Garderobe		Lüftungsanlage neu	Fußbodenheizung	Fußbodenkühlung+Lüftungsanlage	keine	Lüftungsanlage
8	Restaurant		Lüftungsanlage neu	Fußbodenheizung	Fußbodenkühlung+Lüftungsanlage	keine	Lüftungsanlage
9	Küche, Lager		Lüftungsanlage neu	Lüftungsanlage	Lüftungsanlage	keine	Lüftungsanlage
10	Garderobe, WC, Lager		Lüftungsanlage neu	Fußbodenheizung	keine	keine	Lüftungsanlage
11	Meditationsraum		Lüftungsanlage neu	Fußbodenheizung	Fußbodenkühlung+Lüftungsanlage	keine	Lüftungsanlage
12	Veranstaltungsraum		Lüftungsanlage neu	Deckenheizung	Deckenkühlung+Lüftungsanlage	keine	Lüftungsanlage
13	Multifunktionsfläche, Podest, Street life		Lüftungsanlage neu	Deckenheizung	Deckenkühlung+Lüftungsanlage	keine	Lüftungsanlage
14	Halle Neu		Lüftungsanlage Hallen neu	Lüftungsanlage	Lüftungsanlage	Lüftungsanlage	Lüftungsanlage
15	Atrium, Gang, Empfang		Lüftungsanlage neu	Fußbodenheizung	Fußbodenkühlung+Lüftungsanlage	keine	Lüftungsanlage
16	Kreativbereich		Lüftungsanlage neu	Deckenheizung	Deckenkühlung+Parapete+Lüftungsanlage	keine	Lüftungsanlage
17	Bürotrakt Süd EG	Zuluftanlage mit EWT	Zuluftanlage ergänzt um Abluft und WFRG			vorhanden über Lüftungsanlage	keine?
18	Kreativ Büro		Lüftungsanlage neu	Deckenheizung	Deckenkühlung+Parapete+Lüftungsanlage	keine	Lüftungsanlage

Tabelle 38: Angaben zur Lüftung, Wärme- und Kälteabgabe und Be- und Entfeuchtung der unterschiedlichen Zonen

## Lüftungsanlage

Wesentliche Angaben aus dem Raumbuch:

	Personenanzahl	Persanz. für Trnsys	Fläche m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Luftvolumen m <sup>3</sup> /h
HALLE-B	4	4	994.2	4614.0	5618.6
BÜRO-N	24	28.8	340.0	925.8	906.6
BÜRO-S	22	26.4	187.4	522.2	440.0
SEM	0	30	90.2	415.6	415.6
TECHN	0	0	209.0	544.3	2052.0
ANLI	0	0	270.7	1461.9	2247.6
BISTRO	0	10	51.7	155.2	688.1
REST	80	80	77.0	338.7	2800.0
KÜCHE	3	3	95.1	332.7	910.0
GARD	0	0	157.7	552.1	1087.9
MED	10	10	25.7	90.0	350.0
VA	80	80	86.6	303.0	2800.0
MULTI	3	3	398.6	2012.0	2012.8
HALLE-N	0	0	1704.7	8790.5	35161.8
ATRIUM	2	2	306.2	1249.9	2228.0
KREA	12	14.4	81.8	2228.0	775.2
BÜRO_SEG	27	27	212.9	912.4	630.0
KREA_BÜRO	17	20.4	109.7	391.5	595.0
	284	339	5398.9	25839.5	61719.2

Tabelle 39: Wesentliche Angaben zu den einzelnen Zonen

### Büroräume:

- Kontrollierte Be- und Entlüftung mit Doppelrotationswärmetauscher, Wärmerückgewinnungsgrad 85%, Feuchterückgewinnung mindestens 50%
- Betriebszeiten: siehe Anwesenheit Personen

Neubau:

- hygienischer Luftwechsel – CO<sub>2</sub> gesteuert (Abminderung um 20%), sonst ausgeschalten
- Quellluftauslässe im Bereich der Arbeitsplätze -> Minimierung der hygienisch erforderlichen Luftmenge

Mindestzulufttemperatur: Winter: 18 °C, Sommer: 20 °C

Die Zuluft wird nur gekühlt und entfeuchtet, im Winter gegebenenfalls leicht beheizt. Eine Befeuchtung ist nicht vorgesehen (lokal Pflanzen, wenn erforderlich)

### Produktionshallen:

Kontrollierte Be- und Entlüftung mit Rotationswärmetauscher, Wärmerückgewinnungsgrad 85%

Betriebszeiten: siehe Anwesenheit Personen

Funktionen: Kühlen, entfeuchten, Heizen und Befeuchten, Umluftbetrieb möglich.

Mindestzulufttemperatur: Winter: 18 °C, Sommer: 18 °C

Strombedarf: Zielwert 0,45 Wh/m<sup>3</sup>, im Schnitt ca. 0.3Wh/m<sup>3</sup>

Aktivierte Flächen Bestand:

#### Fläche lt. Haustechnik

EG		
Speise/Küche	Boden	63 m <sup>2</sup>
	IW zu Empfang	9.5 m <sup>2</sup>
	IW zu Küche	3.6 m <sup>2</sup>
Büros	AW Ost Para	22.7 m <sup>2</sup>
	IW zw. Räumen	42.1 m <sup>2</sup>
	Decke Empfang	14.7 m <sup>2</sup>
OG		
Büros Nord	Decke	172.5 m <sup>2</sup>
	AW N	27.3 m <sup>2</sup>
	AW O	2.8 m <sup>2</sup>
	AW W	2.8 m <sup>2</sup>
Büros Süd	Decke	157.4 m <sup>2</sup>
	AW S	20.3 m <sup>2</sup>
	AW O	2.8 m <sup>2</sup>
	AW W	2.8 m <sup>2</sup>
		<b>544.3 m<sup>2</sup></b>

Tabelle 40: Angaben zu aktivierten Flächen im Bestand

Soll Raumtemperatur: Winter: 20 °C; Sommer: 26 °C

Komfortbereich: Winter: 21 °C; Sommer: 25 °C

Durchfluss, Abmessungen und Temperaturen (siehe NEC)

Durchfluss (nicht bekannt, geschätzt)	12 l/m <sup>2</sup> h
Fluidtemperatur Winter max	30 °C

Fluidtemperatur Sommer min

20 °C

Die Simulation erfolgt vorab nur für die Bestandsflächen mit einem detaillierten Bauteilaktivierungsmodell, alle anderen thermischen Zonen werden vorab mit idealen Heizungen/Kühlungen ausgestattet.

**Es wird durchgeheizt und durchgekühlt, um die Leistungen gering zu halten. Ein bewußtes Vorheizen und –kühlen, um auf Abwärme oder –kälteangebot zu reagieren, ist noch nicht enthalten.**

Für Wirkungsgrade und Hilfsstrom Pumpen wurden die folgenden Annahmen getroffen:

	Abgabe	Verteilung	Wirkungsgrad th. gesamt	Anteil Hilfsstrom ohne Erzeugung
Heizung	95.0%	95.0%	90.3%	3.0%
Kühlung	95.0%	95.0%	90.3%	3.0%
Befeuchtung Büros			95.0%	3.6%
Befeuchtung Hallen			95.0%	3.6%
Entfeuchtung			95.0%	3.0%
Warmwasser			75.0%	3.0%

Tabelle 41: Annahmen zu den Wirkungsgraden und Anteilen des Hilfsstroms der Pumpen

## 12.2.2. Energieerzeugung

### 12.2.2.1. Abwärmenutzung Druckereimaschinen, Druckluft, Serverräume

Das technische Potential für Abwärme ergibt sich wie folgt:

Stromaufnahme Druckereimaschinen	Strombedarf/Jahr		Abwärme Kühlwasser	Abwärme Abluft	Abwärme Druckluft
Variante Auslastung	kWh/a	Kürzel	kWh/a	kWh/a	kWh/a
Mittel/Ausgangsvariante	178'785	IW2	13'816	47'355	4380
Niedrig	89'393	IW1	6'908	23'677	2'190
Hoch	357'571	IW3	27'632	94'710	8'760
Temperaturniveau			>=40 °C	>=30 °C	70 °C
Temperaturspreizung			10K	5K	20K

Annahmen Druckluft mittlere Variante 1kW thermisch, 50% der Zeit in Betrieb

Tabelle 42: Technisches Potential für die Abwärme

Für die Nutzung werden die folgenden Kennzahlen vorab eingesetzt:

	Wirkungsgrad	Hilfsstrom
	%	%
Abwärme Wasser	75.0%	2.5%
Abwärme Luft	80.0%	5.0%
Abwärme Druckluft	80.0%	2.5%

Tabelle 43: Annahmen zur Nutzung der Abwärme

Das Temperaturniveau der Abwärme Druckereimaschinen kann im Prinzip auch höher gewählt werden, allerdings sinkt dadurch der Kältewirkungsgrad der internen Kühlung.

Vorab wird die Abwärme in das Wasserheizsystem eingebracht, die Abluftwärme könnte allerdings vor allem zur Beheizung der Halle Bestand herangezogen werden.

Das Potential Druckluft wird in die Abschätzung Plusenergiestandard noch nicht einbezogen, da noch sehr unsicher.

### 12.2.2.2. Thermische Solarenergienutzung

Das theoretische Potential umfasst die gesamte auf den Bauplatz/Bestand auftreffende Strahlung. Beim technisch nutzbaren kommen vor allem die Dachflächen und die Südfassade (Südwest) in Frage.

Bei einer Dachfläche von knapp 5000m<sup>2</sup> ist weniger die Fläche als die Konkurrenz zur PV-genutzten Fläche relevant.

Für die Ausgangsvariante werden die folgenden Annahmen getroffen:

	Wirkungsgrad thermisch	Hilfsstrom
Annahmen	%	$W_{el}/W_{th}$
Wärme solarthermisch	85.0%	2.0%

Für den Wirkungsgrad des Kollektors wird pauschal über das ganze Jahr ein Wirkungsgrad von 30% angesetzt. Typische Werte liegen zwischen 30 und 40%.

Die solare Wärme ist vor allem für die Anhebung des Temperaturniveaus von 25 bis 30°C (Abwärme Druckereimaschine) auf 50°C (Duschen, Küche) erforderlich. Daher wird trotz hochwertiger Vakuumkollektoren kein höherer Gesamtwirkungsgrad angesetzt.

### 12.2.2.3. Grundwassernutzung

Die Kälte des Grundwassers wird bereits derzeit genutzt. Für 2011 wurden die folgenden Kenndaten im Monitoring erfasst [NEC 2012]:



<b>Verbrauch Gugler 2011</b>	Messwerte 2011		Endenergie	Endenergie	
Bezugsfläche 2133 m <sup>2</sup>			kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	
Wasserverbrauch Brunnenkühlung	6'093	m <sup>3</sup> /a	35'373	16.6	Berechnung mit delta T 5K

Anmerkung: Endenergie näherungsweise berechnet.

Für die Ausgangsvariante werden die folgenden Leistungen und Hilfsstrom angesetzt:

	Wirkungsgrad thermisch	Hilfsstrom
Annahmen	%	$W_{el}/W_{th}$
Wärme solarthermisch	90.0%	1.3%

In der Ausgangsvariante wird die folgende Leistung abgenommen, die im weiteren Projektverlauf geprüft werden muss:

Wassermenge	1.5	l/s
Spreizung	5	K
Leistung	31350	W
Leistung spezifisch	5.81	W/m <sup>2</sup> Bezugsfläche
Strombedarf	0.013	$W_{el}/W_{therm}$
Volumenstrom	5.4	m <sup>3</sup> /h
Spezifisch	0.075	kWh/m <sup>3</sup>
Leistung Pumpe hydr.	0.405	kW
Arbeitszahl	77.4	-
Wirkungsgrad thermisch	0.9	

Tabelle 44: Annahmen zu Grundwassernutzung

#### 12.2.2.4. Kühlung mit Außenluft

Die Kühlung durch Außenluft wird vorab in den folgenden Bereichen vorgeschlagen:

- Halle neu: Kühlung durch Außenluft über Lüftungsanlage. Wegen der geforderten Kennwerte für die Luftfeuchte könnte nur im Sommer direkt mit Außenluft ohne zusätzliche Befeuchtung gearbeitet werden

- Halle alt: Kühlung durch Außenluft über Lüftungsanlage. Eine direkte Spülung mit Außenluft ist möglich, wobei eine kontrollierte Öffnung der Lüftungsflügel erforderlich ist.
- Atrium: nächtliche Querlüftung über Lüftungsflügel im Erdgeschoss (händische Öffnung, schlagregen- und einbruchssicher) und geöffnete Oberlichter im 1.OG (mit Regenwächter). Bedienung händisch. 3 Stellungen: geschlossen, Spalt (10% des Maximalanteils), ganz geöffnet.
- Büroräume: Installation von hohen, schlagregen- und einbruchssicheren Lüftungsflügeln sowohl im Neubau wie im Bestand. Bedienung händisch. Bedienung händisch. 3 Stellungen: geschlossen, Spalt (10% des Maximalanteils), ganz geöffnet.
- Serverraum: Kühlung direkt über Außenluft mit Öffnung im Dachbereich (vertikal) und Nachströmöffnung im unteren Bereich, Unterstützung durch windgetriebenen Aufsatz und zusätzlich Ventilator bei Windstille.
- Kälte für Kühlschränke, Gemüsekühlung: Unterstützung im Winterhalbjahr direkt über temperatur- und feuchtegesteuert Öffnung, eventuell mit Kleinventilator unterstützt.

In der Ausgangsvariante wird nur für die Halle neu die Außenluftkühlung angesetzt, um Heiz- und Kühlleistungen mit Reserve zu erhalten.

Grundsätzlich sollte in den Räumen mit hohen inneren Lasten die speicherwirksame Masse erhöht werden, um das natürliche Kühlpotential zu erhöhen (Schwere Putze, schwere Splittschüttungen, PCM-Materialien)

#### **12.2.2.5. Solare Kühlung**

Der Einsatz einer solaren Kühlung für die Konditionierung der Zuluft (Kühlung, Entfeuchtung) kann wertvolle Beiträge zur Erreichung des Plusenergiestandards liefern. Der Strombedarf ist gegenüber einer klassischen Kompressionskälte deutlich niedriger. Hohe Temperaturen können allerdings nur über Hochtemperatur-Solarkollektoren oder eventuell über die Abwärme der Druckluftherzeugung generiert werden. Die Restwärme könnte aus der Biomasseheizung, bzw. Biomasse KWK kommen. Damit könnte letztere über das Jahr besser ausgenutzt werden.

Die solare Kühlung ist vor allem dann sinnvoll, wenn das bestehende Potential aus der Grundwasserkühlung nicht voll genutzt werden kann.

#### **12.2.2.6. Windenergie**

Die Messung der Winddaten vor Ort hat im groben zu folgenden Ergebnissen geführt (Detaillierte Auswertung siehe Anhang):

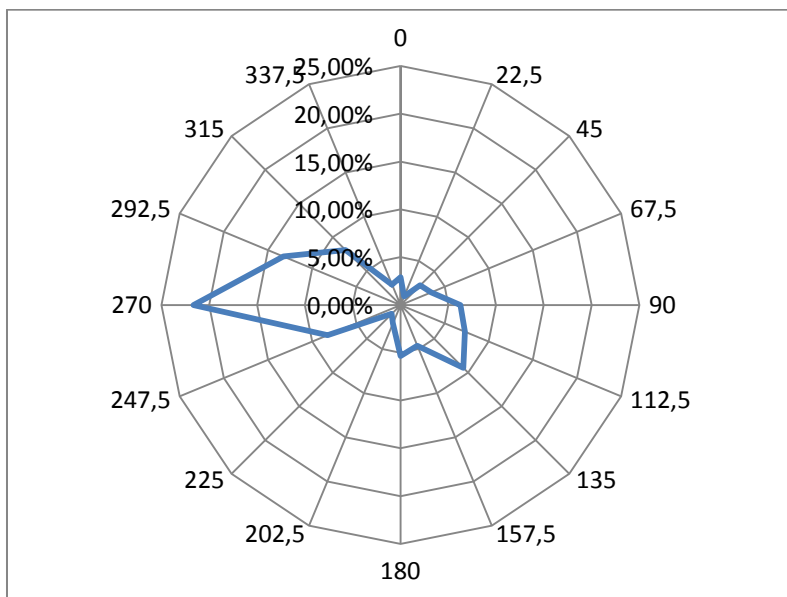


Abbildung 66: Anteil der Stunden je Windrichtung

Zum größten Teil kommt der Wind aus West-Richtung.

Geht man von der Leistungskurve der Kleinwindkraftanlage „Schachner SW10“ aus können ca. folgende Erträge erzielt werden:

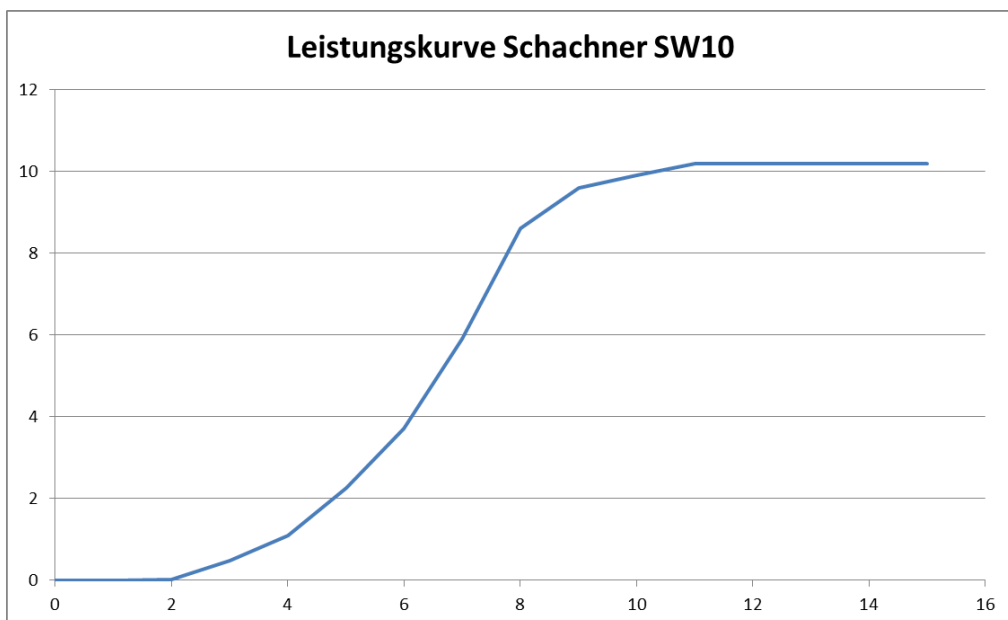


Abbildung 67: Leistungskurve Kleinwindkraftanlage Schachner SW10

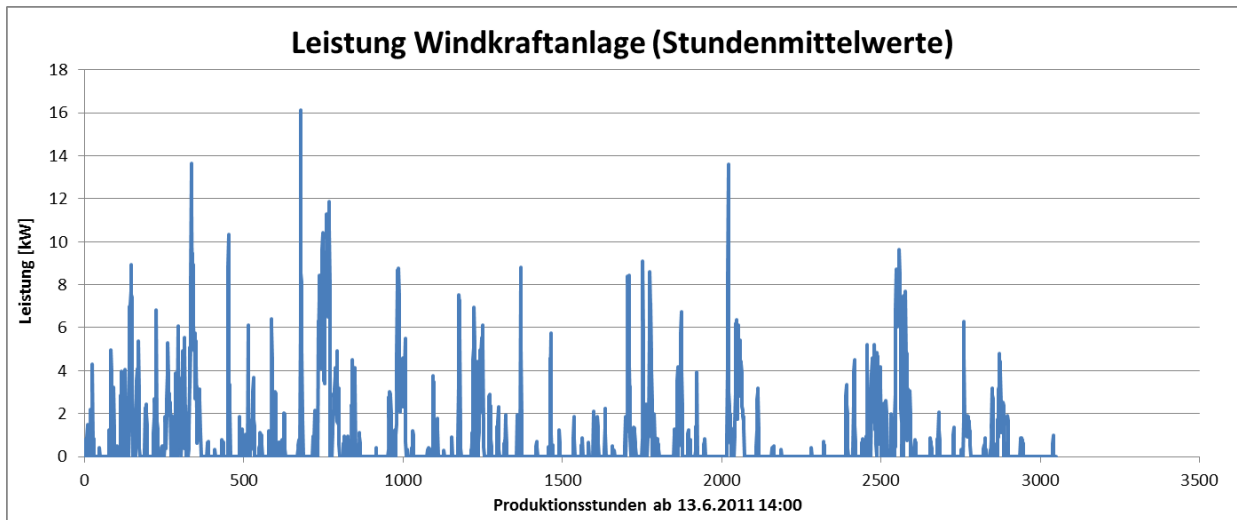


Abbildung 68: Leistung der Windkraftanlage (Stundenmittelwerte)

In der Messperiode (127 Tage) würde ein Ertrag, bezogen auf Minutenmessintervalle, von 2727 kWh erzielt werden können. Linear auf 1 Jahr hochgerechnet würden 7.040 kWh/a erreicht werden.

Lt. Hr Woess war die Messperiode in einem Zeitraum mit wenig Wind gewählt. Lt. Hr Woess werden an diesem Standort mind. 1.000 Volllaststunden erreicht. Dies würde einen jährlichen Ertrag von mind. 10.000kWh bedeuten.

### 12.2.2.7. Photovoltaik

Das Potential zur Nutzung der Stromerzeugung aus der Sonne mittels Photovoltaikmodulen ist durch die reichlichen Dachflächen sehr hoch.

Nachfolgend eine mögliche geneigte Aufstellung mit 15° geneigten PV-Modulen auf 80% der gesamten Dachfläche.

Auf einer Fläche von ca. 1360 m<sup>2</sup> werden monokristalline PV- Paneele in das Hallendach integriert. Die Neigung des Sheddaches ist auf den Wirkungsgrad der PV- Module optimal ausgerichtet. Durch die flache Neigung der Sheddachflächen mit 30°/12,5° bzw. 10°/10° ist die gegenseitige Verschattung ausgeschlossen, die selbstreinigende Wirkung der Oberfläche garantiert. Der geringfügig über die Oberlichtverglasung der Druckerhalle ragende Teil der PV-Paneele wirkt gleichzeitig als baulicher Sonnenschutz gegen sommerliche Überwärmung.

	Max. Ertrag für PV optimaler Ausrichtung (kWh/m <sup>2</sup> a)							brutto	netto		
								140	4301	4310	
	0° ist Nord Orientierung	Neigung	Breite Schnitt (m)	Länge Draufsicht (m)	Anzahl Streifen	tatsächliche PV Flächen (m <sup>2</sup> )	Abminderungsfaktor Orientierung	Abminderungsfaktor Nachbarverschattung	Ertrag (kWh/a)	Ertrag pro m <sup>2</sup> BGF (kWh/a/m <sup>2</sup> )	Ertrag pro m <sup>2</sup> Nfl.V (kWh/a/m <sup>2</sup> )
Shed Dach Variante 2B	OSO,119°	30 °	2,24	22,00	8,00	394,24	90%	100%	49.674	11,549	11,525
Oberlichtbreite 1,60m	WNW,299°	12,5 °	1,82	22,00	8,00	320,32	79%	100%	35.427	8,237	8,220
	OSO,119°	10 °	2,86	10,30	11,00	324,04	88%	100%	39.921	9,282	9,263
	WNW,299°	10 °	2,86	10,30	11,00	324,04	79%	100%	35.839	8,333	8,315
						1.362,64			160.862	37,401	37,323

Tabelle 45: Auflistung Kenndaten zur Photovoltaikanlage nach den Orientierungen

Jahresglobalstrahlung (ebene Fläche)	1'280	kWh/m <sup>2</sup>
Verfügbare Bruttodachfläche	4964	m <sup>2</sup>
davon für PV verwendbar	80	%
Neigung PV-Module	15	°
Wirkungsgrad PV-Module	18%	%
Performance Ratio PV Anlage	80%	%
PV-Nettofläche	2'735	m <sup>2</sup>
PV-Nennleistung	492	kWp
PV-Ertrag spezifisch	1'024	kWh/kWp
PV-Ertrag gesamt	504'011	kWh

Tabelle 46: Zusammenfassung der Photovoltaikanlage

Es kann eine Gesamtleistung von knapp 500kWp installiert werden, insgesamt können damit ca. 500.000 kWh/a erzeugt werden.

### 12.2.2.8. Kraft-Wärmekopplung

Als Backupheizung wird vorab eine Biomasse-KWK-Anlage mit Hackschnitzel als Brennstoff eingesetzt:

Wirkungsgrad thermisch	70%	%
Wirkungsgrad elektrisch	15%	%
Hilfsstrom th	0.02	$W_{el}/W_{th}$
Hilfsstrom el	0.02	$W_{el}/W_{th}$

Tabelle 47: Kenndaten Biomasse-KWK-Anlage mit Brennstoff Hackschnitzel

Alternativ ist ein Hackschnitzel/Strohgemisch für eine Wärmeerzeugung ohne Stromerzeugung vorgesehen:

Wirkungsgrad thermisch	85%	%
Hilfsstrom th	0.02	$W_{el}/W_{th}$

Tabelle 48: Kenndaten Biomasse Anlage mit Brennstoff Hackschnitzel/Strohgemisch (Ohne Stromerzeugung)

### 12.2.2.9. Wärme/Kälte-Speicherung

Für den Lastenausgleich werden 3 Speicher zu je 5m<sup>3</sup> Fassungsvermögen eingesetzt. Diese dienen vor allem der Speicherung:

- der Abwärme der Druckereimaschinen,
- der Druckluftabwärme
- der thermischen Solarwärme und teilweise
- im Sommer zur Speicherung von Grundwasserkälte, sollte die Leistung nicht ausreichen.

Kennwerte der Speicher (für Nutzung Wärme):

Volumen Wasser	15	m <sup>3</sup>
Temperaturdifferenz nutzbar (30 auf 25°C)	5	K
Wärmekapazität	87.1	kWh
Verlust Speicher	0.001	Wh/Wh
Wirkungsgrad	80.0%	%
Hilfsstrom Beladung	1.0%	%

Tabelle 49: Kenndaten der Wärmespeicher

Für die Speicherung der Kälte stehen maximal 2 Speicher zur Verfügung, vorab wird nur mit einem Speicher gerechnet.

#### 12.2.2.10. Speicherung von elektrischer Energie

Diese ist noch im Detail zu untersuchen, vor allem in Hinblick auf eine Speicherung mit Druckluft. Vorab wird mit den folgenden Kennwerten gerechnet:

Kapazität Speicher	5000	Wh
Kapazität spezifisch	0.93	Wh/m <sup>2</sup> EBF
Entladungsverluste	80.0%	%
Beladungsverluste	80.0%	%

Tabelle 50: Kenndaten für Speicher von elektrischer Energie

## **12.3. Ergebnisse Ausgangsvariante und Optimierung Plusenergiestandard**

### **12.3.1. Ergebnisse Ausgangsvariante**

Das Gebäude wird vorab mit idealer Heizung und Kühlung berechnet. Nur die Bestandszonen wurden mit den bestehenden Bauteilaktivierungen ausgestattet und simuliert

#### **12.3.1.1. Kurzfassung wesentliche Inputdaten**

Zum Bedarf siehe Beschreibung Ausgangsvariante.

Erzeugung:

- Abwärmenutzung Kühlwasser und Abluft
- Thermische Solarkollektoren 30m<sup>2</sup>, 45° geneigt, Vakuumkollektoren
- Backup Biomasse KWK 70% thermisch, 15% elektrisch
- Grundwasser 1,2l/s, 5K Spreizung
- Speicher 3\*5m<sup>3</sup>, einer im Sommer für Kältespeicherung
- 150kWp PV, ca. 830m<sup>2</sup>, 15° geneigt gegen Südwest (Parallel zur Südfassade)
- 60kW Windkraft, 4 Windräder á 15kW
- kein Elektrospeicher
- Netzstrom



### 12.3.1.2. Komfort

Ideal Heizung/Kühlung	Maximaltemperaturen [°C]		Stundenhäufigkeiten [h/a]									
	Min:	Max:	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-25	25-26	26-27	27-28	>28
Außenlufttemperatur	-18.1	34.3	7335	234	212	177	163	112	97	86	83	150
HALLE-B	19.7	26.3	127	600	737	1144	1379	1536	2661	576	0	0
BÜRO-N	19.4	26.5	1047	765	838	1090	1222	1286	1780	732	0	0
BÜRO-S	19.4	26.6	1038	779	919	908	1104	1284	1481	1247	0	0
SEM	19.1	26.6	2752	1030	1048	1151	906	638	795	440	0	0
TECHN	19.9	26.3	221	1819	1241	1227	1337	1394	1182	339	0	0
ANLI	19.7	26.3	497	1003	1091	1324	1417	1353	1602	473	0	0
BISTRO	19.7	26.4	1377	984	837	891	1660	1376	1103	532	0	0
REST	19.3	27.3	2354	749	791	1029	1056	1029	958	759	35	0
KÜCHE	19.3	26.0	4822	1543	795	359	499	554	183	5	0	0
GARD	19.6	26.3	2236	1366	928	1077	1206	862	873	212	0	0
MED	19.5	27.2	1135	951	929	1025	1186	1291	1227	981	35	0
VA	19.1	27.8	1935	670	723	886	1004	1034	1013	1089	406	0
MULTI	19.4	26.7	1367	1280	956	1094	1621	1134	812	496	0	0
HALLE-N	19.5	26.3	612	1160	1088	870	429	381	2562	1658	0	0
ATRIUM	19.5	26.7	951	854	880	1245	1567	1651	1145	467	0	0
KREA	19.5	26.5	1963	1222	883	945	1337	951	1035	424	0	0
BÜRO_SEG	19.7	26.4	1135	1316	1060	1436	1534	1130	963	186	0	0
KREA_BÜRO	19.1	26.7	1460	704	667	927	1105	1172	1819	906	0	0

Tabelle 51: Auftretende Maximaltemperaturen in den unterschiedlichen Zonen mit auftretender Stundenhäufigkeit

- Die empfundenen Temperaturen werden durch die ideale Heizung und Kühlung auf den maximal zulässigen Temperaturen von 20 bis 26°C gehalten.
- Deutlich höhere empfundene Temperaturen sind vor allem den Bereichen mit hohen solaren und inneren Lasten zu finden.

Die relativen Feuchten liegen durchgehend über 20%, wobei mit Pflanzen meist über 30% eingehalten werden können.

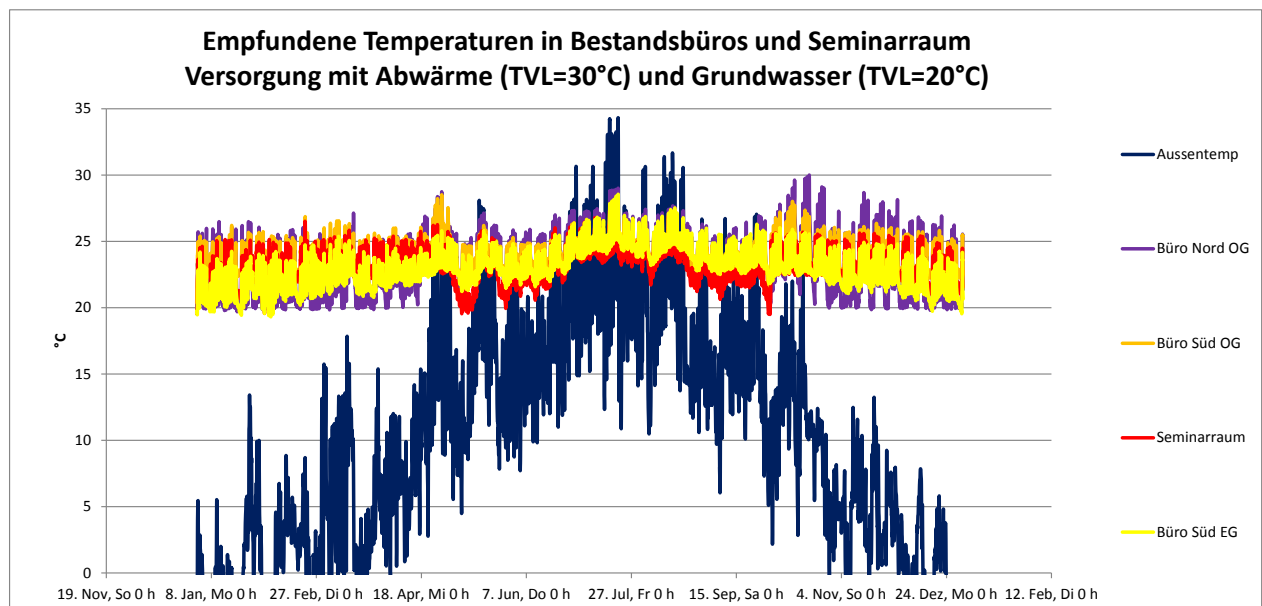


Abbildung 69: Empfundene Temperaturen in Bestandsbüros und Seminarraum bei Versorgung mit Abwärme und Grundwasser

- Die Mindesttemperatur von 20°C kann in der Betriebszeit fast durchwegs eingehalten werden, nur nach sehr kalten Wochenenden kann im Büro EG und im Seminarraum die Temperatur bei Arbeitsbeginn knapp unter 20°C liegen.
- Die Maximaltemperaturen können trotz der hohen Belegungsdichten und der hohen inneren Lasten in Hitzeperioden unter 29°C gehalten werden. Die hohen Temperaturen Ende Oktober sind einer nicht angepassten Regelung der Bauteilaktivierung geschuldet: Diese schaltet zu langsam auf Kühlen um, durch die hohen inneren Lasten steigen die Temperaturen deutlich an, in den Nordbüros mit den zum Teil konzentrierten sehr hohen Lasten und den großen Fensterflächen treten Temperaturen von fast 30°C an. Durch eine angepasste Regelung sind die hohen Temperaturen in dieser Periode vermeidbar.
- Auch in der hochsommerlichen Periode im Juli sind die hochbelegten Nordbüros am kritischsten. Außerhalb der Hitzeperiode können im Sommer 27°C als Maximaltemperaturen knapp eingehalten werden.
- Deutlich werden die hohen Schwankungen der Raumtemperaturen im Winterhalbjahr, die aus den hohen konzentrierten Lasten, der geringen Speichermasse und der nicht „idealen“ Regelung der Bauteilheizung/kühlung resultieren.

Deutlich wird, dass eine zusätzliche Kühlung vor allem in den Büros OG erforderlich ist, mögliche Lösungen:

- Vorlauftemperaturen von 18°C mit entsprechend entfeuchteter Zuluft
- Zusätzlich vorgekühlte Zuluft aus dem Randbereich über zusätzliche Zuluftleitungen, besonders für die Büros im OG.
- Optimierung der Regelung in der Übergangszeit.

### 12.3.1.3. Nutzenergiebedarf

#### 12.3.1.3.1. Heizung, Kühlung, Befeuchtung und Entfeuchtung

Nachfolgend ist der Bedarf mit „idealer“ Heizung und Kühlung (Wirkungsgrade für reale Wärmeabgabe BTA wird für Berechnung der Endenergie berücksichtigt) dargestellt.

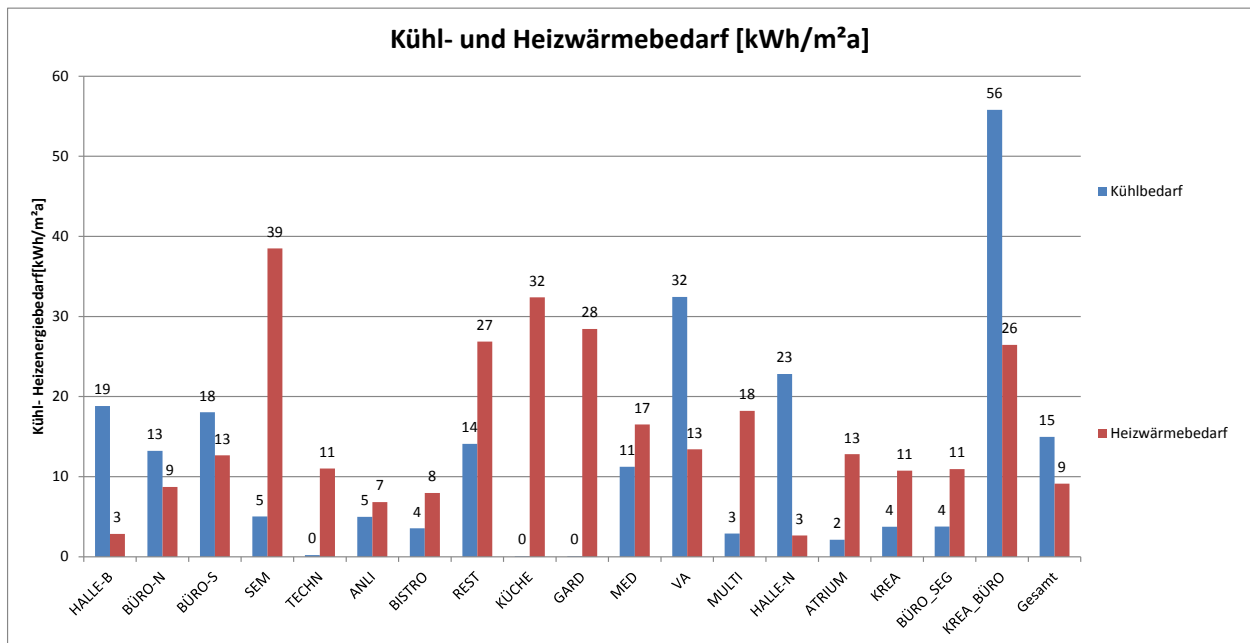


Abbildung 70: Spezifischer Kühl- und Heizwärmebedarf der verschiedenen Zonen

- Der Heizwärmebedarf ist vor allem im Seminarraum und im exponierten Kreativbüro OG hoch.
- Der Kühlbedarf ist in den Büros (vor allem den dicht belegten und solar exponierten) trotz optimiertem Sonnenschutz verhältnismäßig hoch.
- Der hohe Bedarf im Veranstaltungsraum ist den hohen inneren Wärmen geschuldet.
- Der hohe Kühlbedarf in der Halle Bestand ist auf hohe innere Lasten zurückzuführen, die eher zu hoch angesetzt sind!
- Insgesamt liegt der Bedarf niedrig.

Die erforderlichen Leistungen ergeben sich wie folgt:

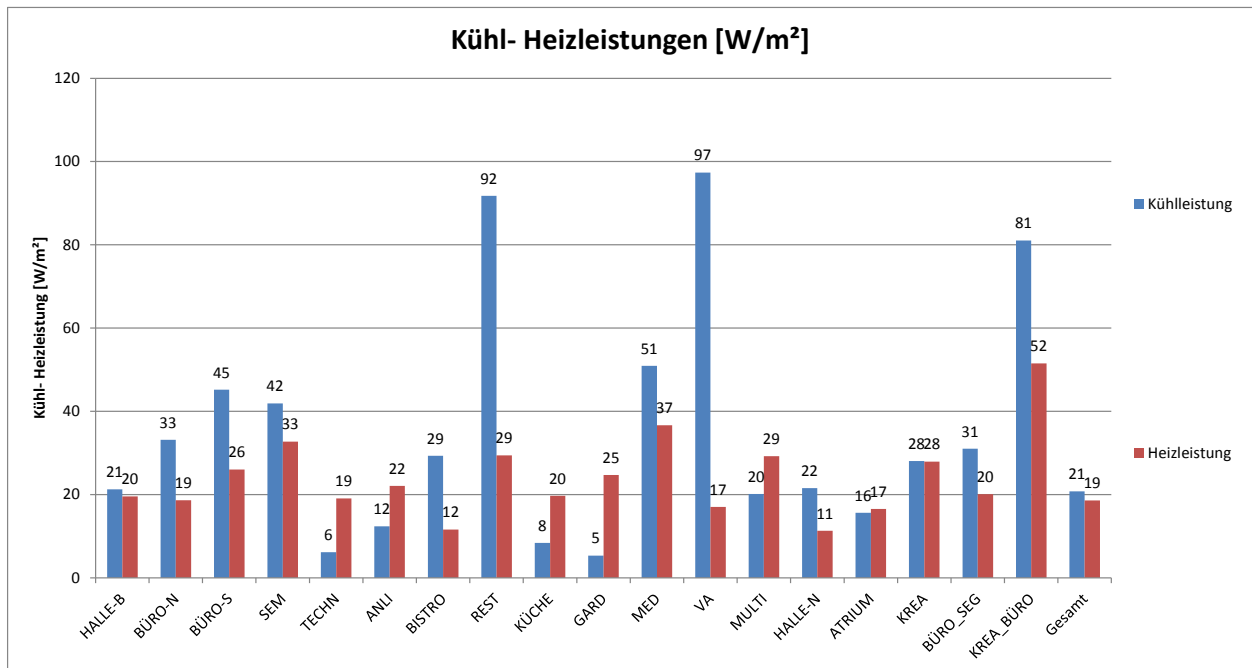


Abbildung 71: Spezifischer Kühl- und Heizleistungen der verschiedenen Zonen

- Die Heizleistungen liegen verhältnismäßig niedrig und können fast durchwegs mit den geplanten Abgabeflächen eingebracht werden (Ausnahme Kreativbüro)
- Die Kühlleistungen liegen zum Teil deutlich über den mittels BTA einbringbaren Leistungen.
- Für Restaurant und Veranstaltung ist eine stärkere Kühlung über die Lüftung denkbar.
- Der Meditationsbereich kann vorgekühlt werden.
- Der Multifunktionsbereich muss mit Kühlpaneelen ausgerüstet werden (z.B. an den opak geschlossenen Dachflächenfenster)
- Im Kreativbereich müssen die solaren Lasten noch deutlich reduziert werden. Zudem muss ein Umluftkühlsystem installiert werden, um die hohen Lasten abführen zu können. Hier ist eine detaillierte Analyse je nach Entfaltung Vorentwurfplanung neu vonnöten.

Zuluftkonditionierung	Heizung	Kühlung	Entfeuchtung	
Bedarf	0.0	0.4	2.9	kWh/m²a
Leistung	0.0	3.4	24.3	W/m²

Anmerkung: Be- und Entfeuchtung Halle neu nicht enthalten

Für die Halle neu ergibt sich bezüglich Feuchteregulierung der folgende Bedarf:

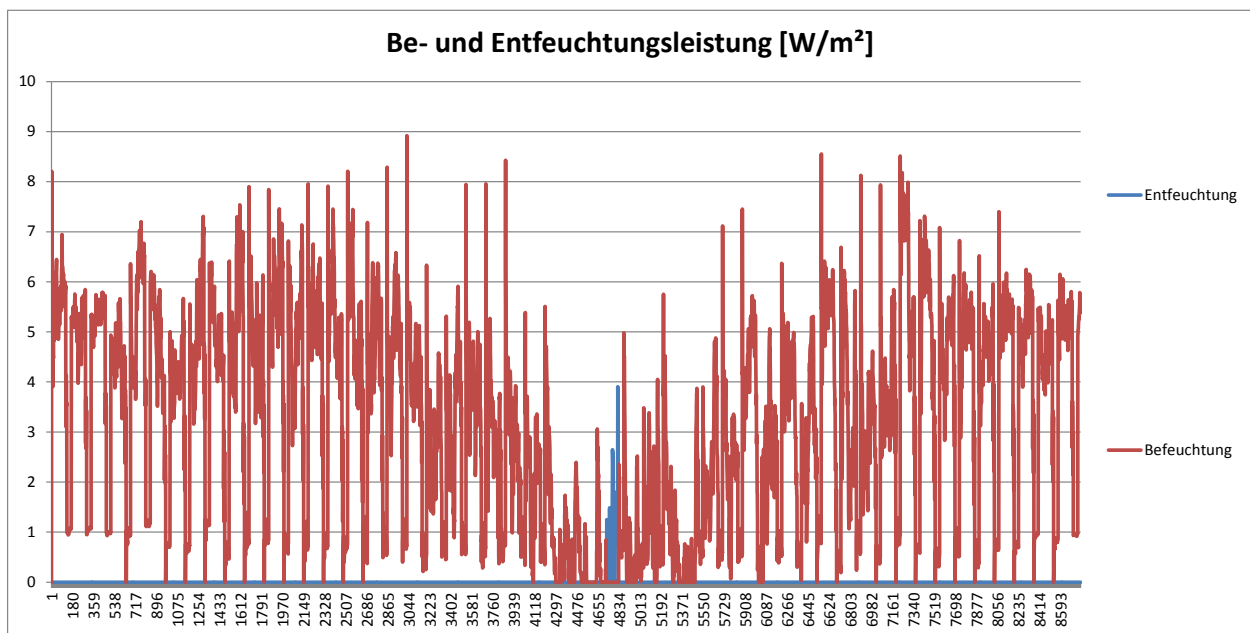


Abbildung 72: Spezifische Be- und Entfeuchtungsleistung der verschiedenen Zonen

Die Konditionierung der Druckereihalle neu erfolgt über eine Lüftungsanlage mit Umluftbetrieb, um die geforderten Raumkonditionen (vor allem die relative Feuchte) homogen im gesamten Raum sicherstellen zu können:

- Der Befeuchtungsaufwand ist durch die geforderten hohen Raumlufffeuchten von 55 bis 65% sehr hoch. Primärenergetisch fällt „nur“ der Pumpenstrom an, dazu kommt noch die Aufbereitung des Wassers (Enthärtung etc.).
- Durch die Befeuchtung kann die Verdampfungsenthalpie zur Vorkühlung der Zuluft genutzt werden
- Die Kühlung erfolgt vor allem direkt über die Außenluft, die Zuluft wird mit mindestens 18°C eingeblasen.
- Als Mindestluftvolumenstrom (für den hygienischen Luftwechsel) werden 1500 m<sup>3</sup>/h zugeführt. Dieser kann bis zu einem 4-fachen Luftwechsel erhöht werden (35000 m<sup>3</sup>/h). Durch diese Maßnahmen kann der Kühlbedarf in der Variante mit mittlerer Auslastung deutlich reduziert werden.

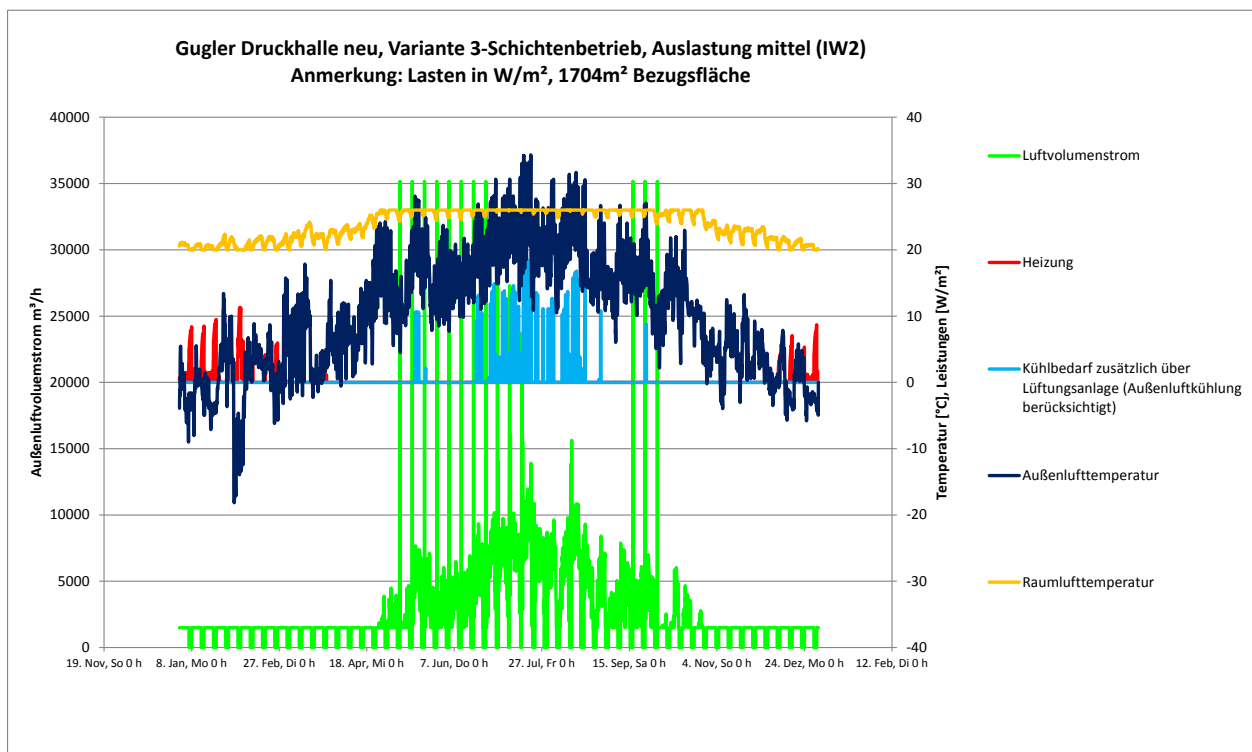


Abbildung 73: Thermisches Verhalten Druckhalle neu

- Die Außenluftkühlung kann den mechanischen Kühlbedarf deutlich senken
- In Perioden mit Temperaturen über 26°C treten Kühlleistungen ein, die über die Zuluft (Umluft) leistungsmäßig eingebracht werden können.
- Abgesehen von einigen Spitzen mit 4-fachen Luftwechsel sind Luftwechsel mit einem ca. 1,5fachen Luftwechsel ausreichend. Wird die Anlage auf diesen Luftwechsel dimensioniert, steigt der mechanische Kälteaufwand verhältnismäßig geringfügig an. Der 4-fache Luftwechsel ist allerdings bei doppelter Auslastung Druckereimaschinen sinnvoll.

Nach Vorliegen der validierten Monitoringergebnisse sollte ein Optimum zwischen groß dimensionierter Lüftungsanlage mit hohem natürlichem Außenluftkühlpotential und klein dimensionierter Anlage mit entsprechend erhöhtem zusätzlichem Kühlbedarf gefunden werden.

### 12.3.1.3.2. Belichtung und Beleuchtung

Für die Belichtung ergibt sich der folgende Bedarf in der Ausgangsvariante:

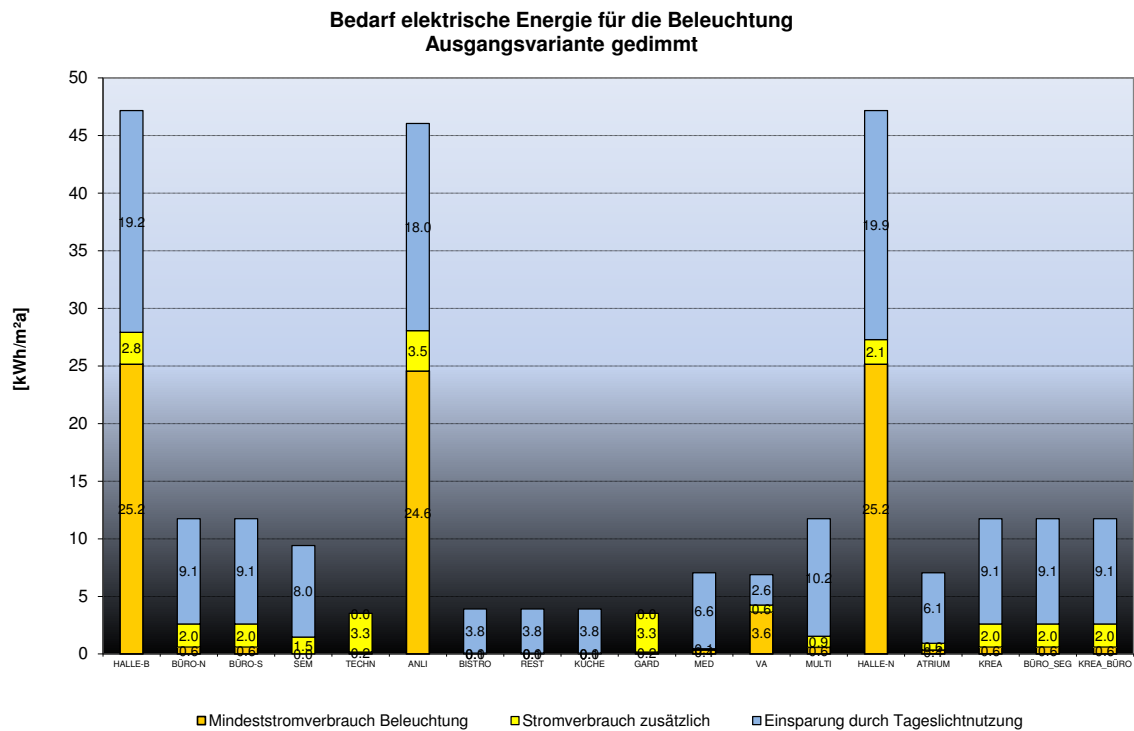


Abbildung 74: Bedarf an elektrischer Energie für die Beleuchtung bei der Ausgangsvariante der einzelnen Zonen

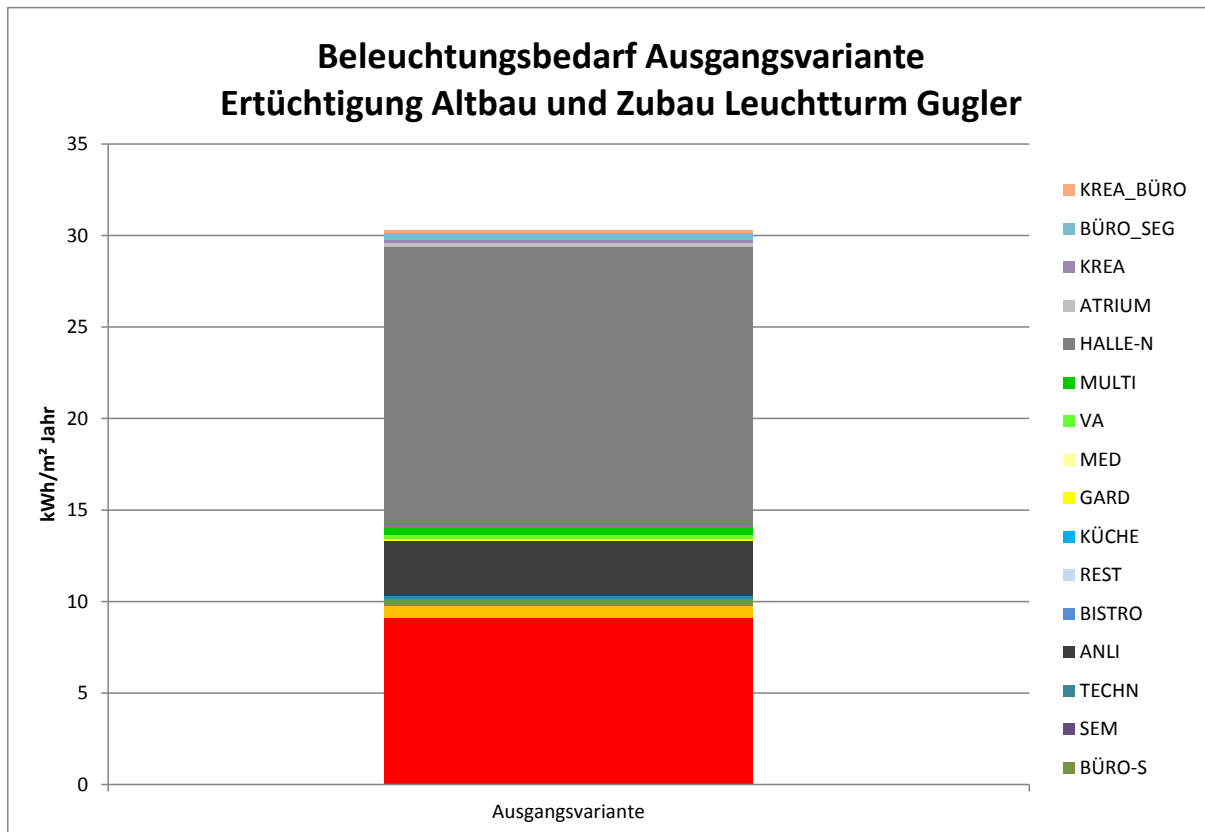


Abbildung 75: Beleuchtungsbedarf der Ausgangsvariante Ertüchtigung Altbau und Zubau Leuchtturm Gugler

- Der Strombedarf wird fast ausschließlich durch die Produktionsbereiche: Halle alt, neu und Anlieferung - bestimmt. Die Betriebszeiten umfassen 3 Schichten!

#### 12.3.1.3.3. Warmwasser, Sonstige Gebäudetechnik

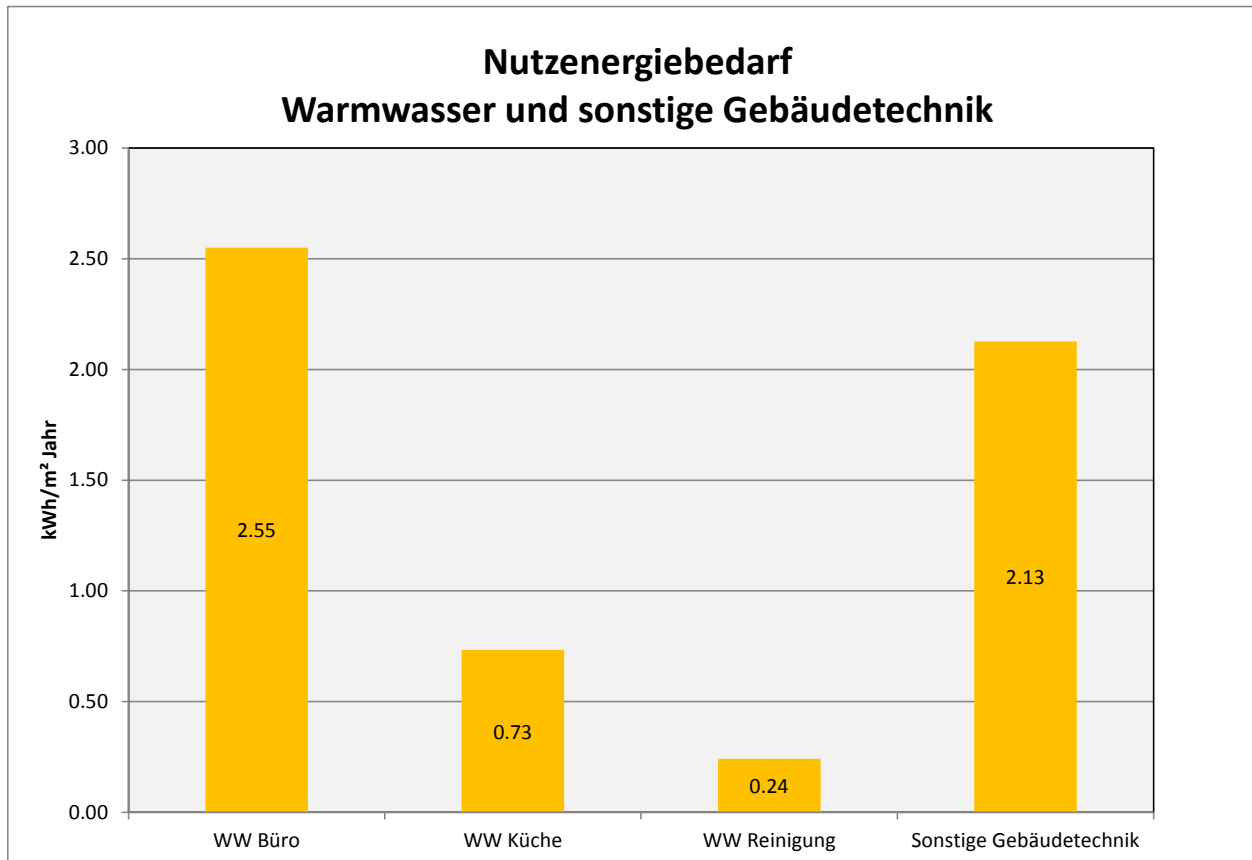


Abbildung 76: Nutzenergiebedarf an Warmwasser und sonstige Gebäudetechnik

#### 12.3.1.3.4. Nutzerstrom

Für den Nutzerstrom ergibt sich der folgende Verbrauch:



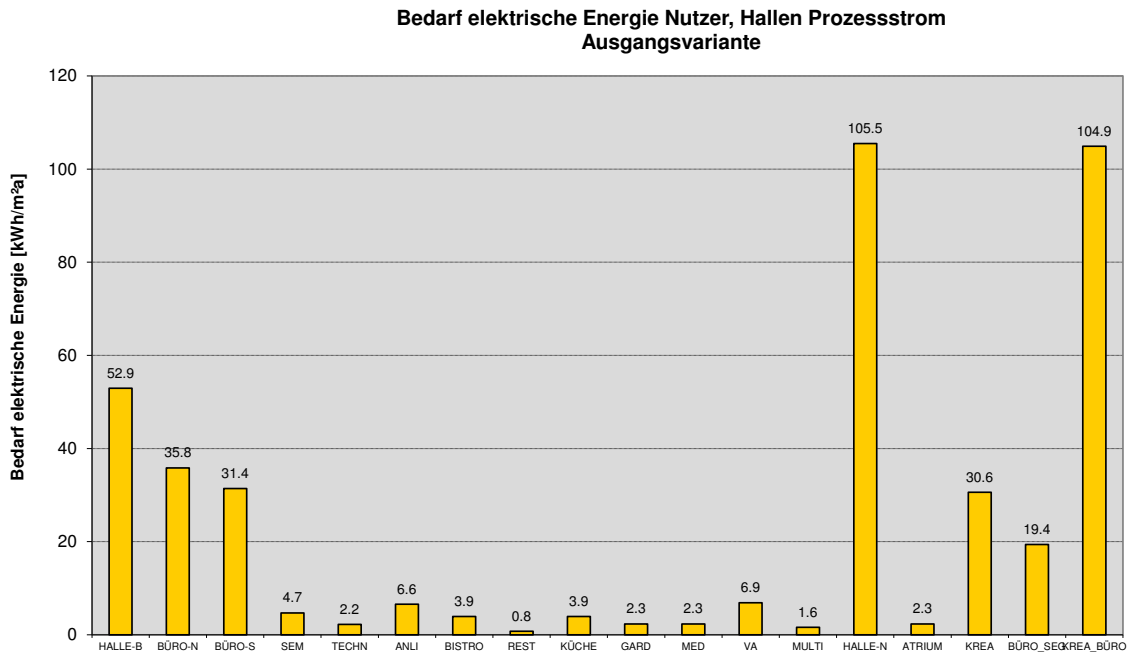


Abbildung 77: Bedarf an elektrischer Energie der Nutzer, Hallen Prozessstrom der Ausgangsvariante

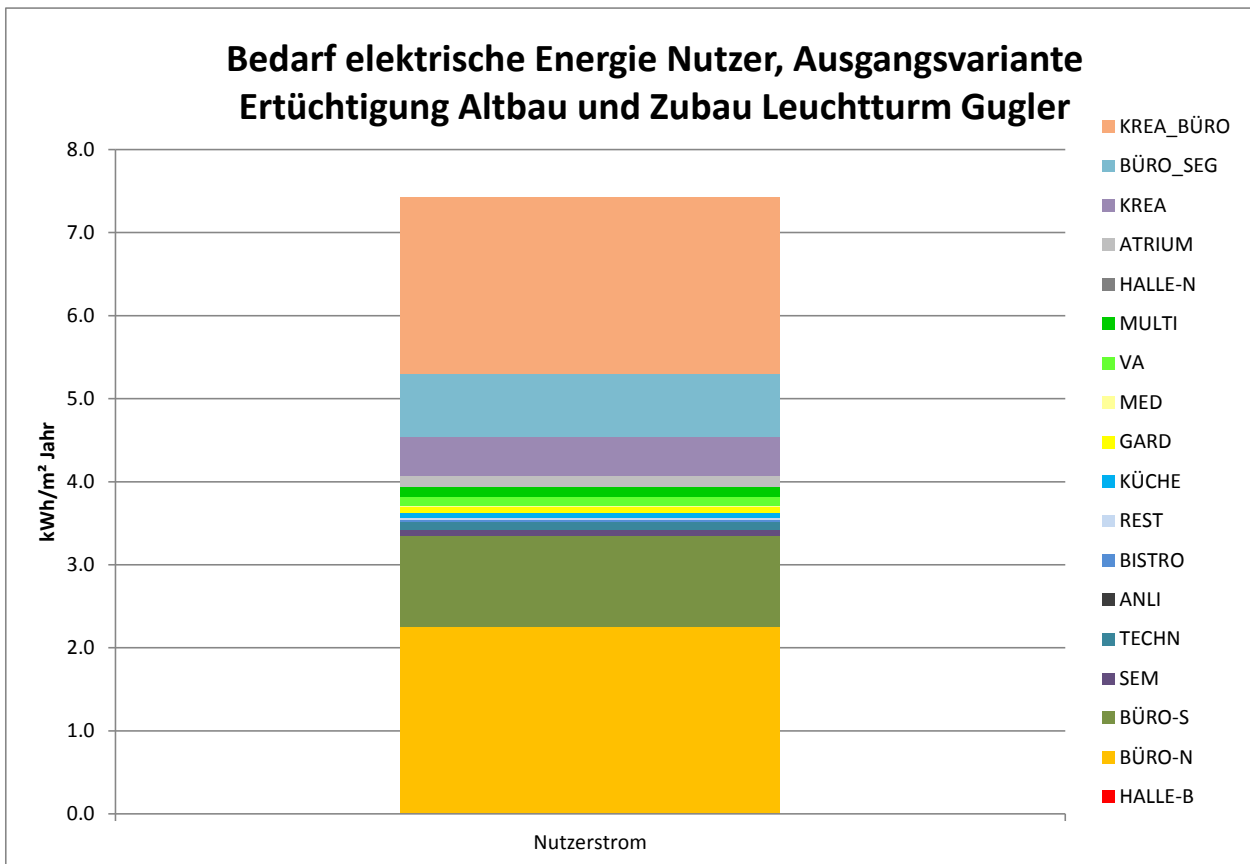


Abbildung 78: Bedarf an elektrischer Energie der Nutzer der Ausgangsvariante Ertüchtigung Altbau und Zubau Leuchtturm Gugler

- Der Strombedarf wird durch die Arbeitshilfen in den Büros dominiert

### 12.3.1.3.5. Prozessenergie

Für die Prozessenergie ergibt sich der folgende Strombedarf in den simulierten Zonen:

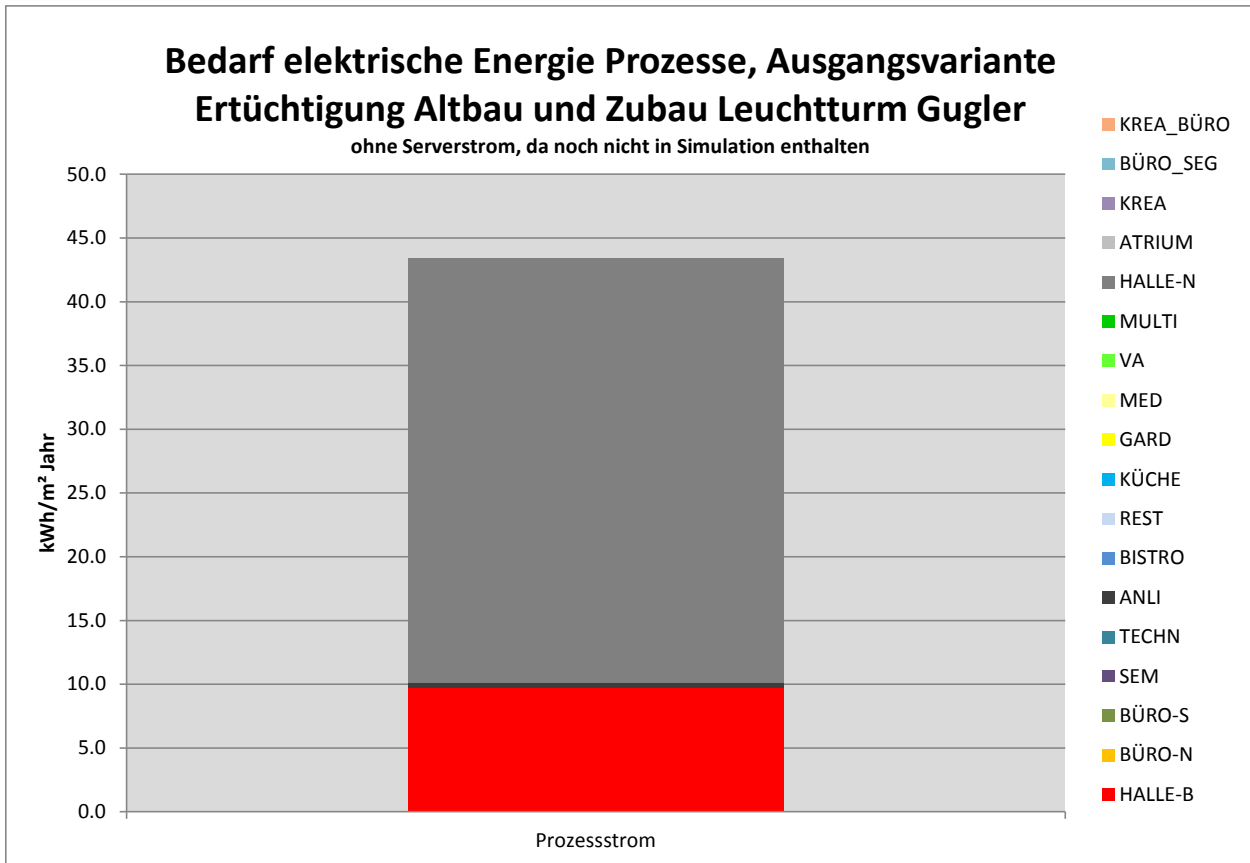


Abbildung 79: Bedarf an elektrischer Energie der Prozesse der Ausgangsvariante Ertüchtigung Altbau und Zubau Leuchtturm Gugler

- Der Serverraum ist noch zu inkludieren in die thermische Simulation, Strom- und näherungsweise Kühlbedarf ist in der Primärenergiebilanz enthalten.

### 12.3.1.3.6. Zusammenfassung Nutzenergie

Die folgende Abbildung zeigt den gesamt Nutzenergiebedarf ausgenommen Prozessenergie.

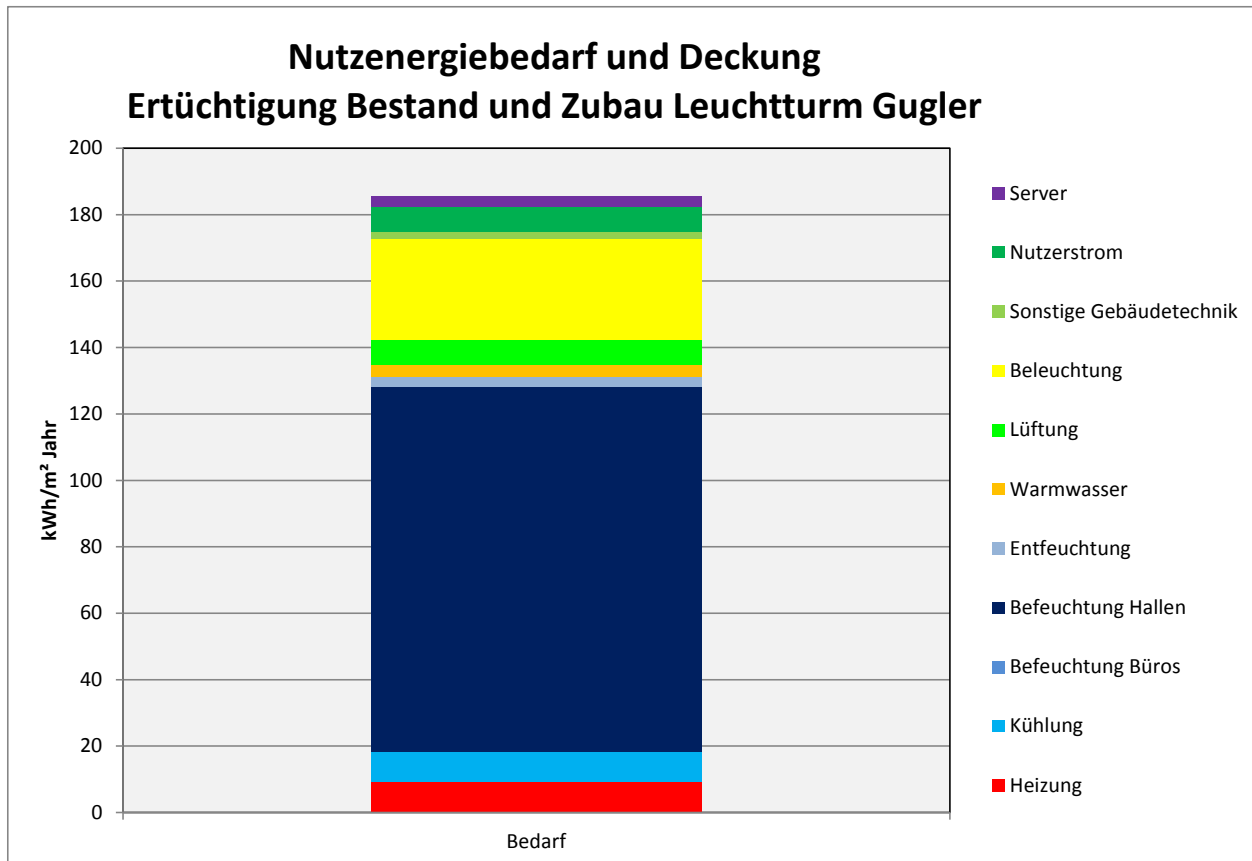


Abbildung 80: Gesamter Nutzenergiebedarf und Deckung Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler (exkl. der Prozessenergie)

### 12.3.1.4. Endenergiebedarf

Die folgende Abbildung stellt den Nutzenergiebedarf für den Bereich Wärme und Befeuchtung dar.

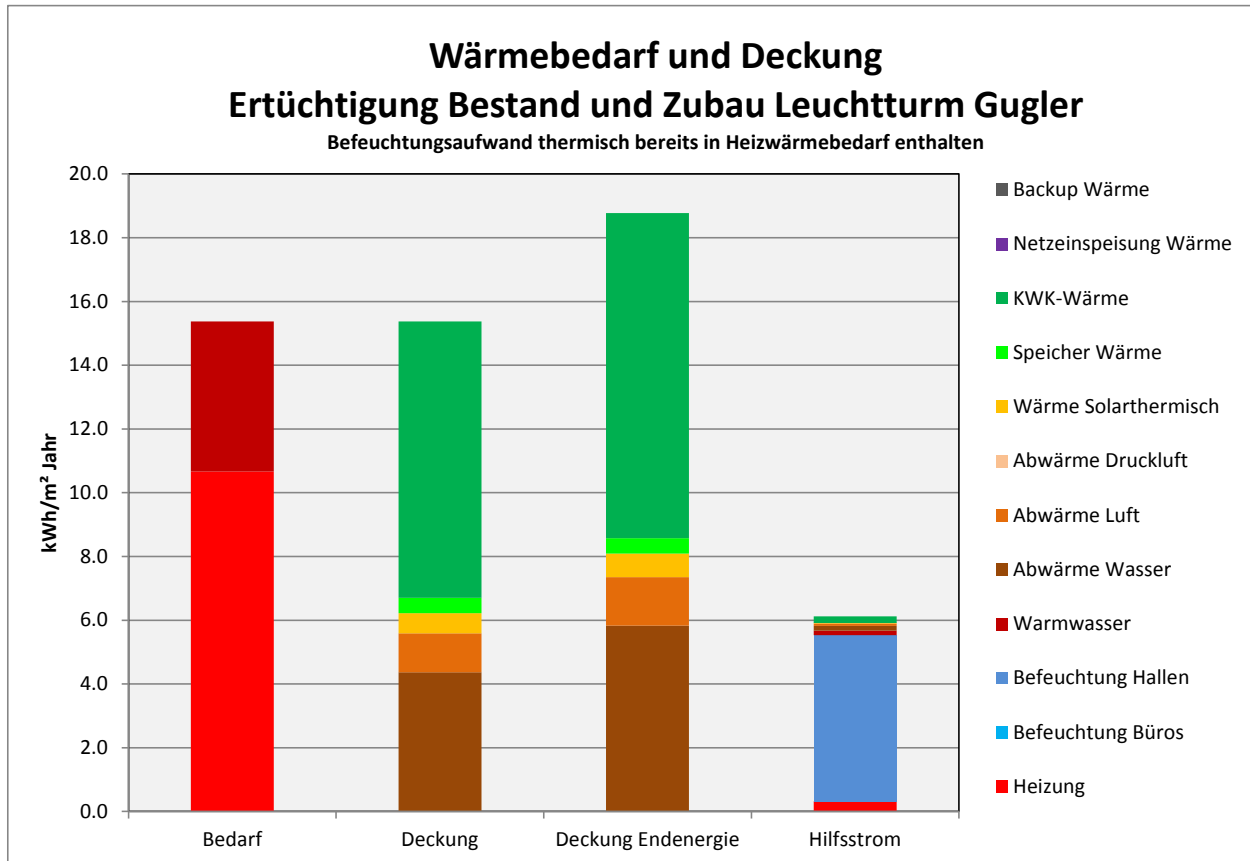


Abbildung 81: Nutzenergiebedarf der Wärme und Befeuchtung und Deckung Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- Durch die Abwärme der Druckereimaschinen können gut 40% des Wärmebedarfs gedeckt werden
- Durch die 15 m<sup>3</sup> Speicher kann zusätzlich nur eine verhältnismäßig geringe Menge gedeckt werden. Dies hängt vor allem mit dem geringen Temperaturniveau zusammen (30 °C, nur 5K Spreizung)
- Durch die 30 m<sup>2</sup> thermische Solarkollektoren kann ein nicht unwesentlicher Anteil gedeckt werden.
- Das Backupsystem mit Biomasse KWK muss knapp mehr als die Hälfte decken und liegt mit ca. 10 kWh/m<sup>2</sup>a relativ niedrig.
- Der Hilfsstrombedarf ist durch den erforderlichen hohen Befeuchtungsbedarf durch den Pumpenbedarf dominiert.

Insgesamt sollte durch ein abwärmeanbot-gesteuertes Vorheizen der Räumlichkeiten der Biomasse-Wärmeanteil reduziert werden können.

Die folgende Abbildung stellt den Nutzenergiebedarf für den Bereich Kühlung und Entfeuchtung dar.

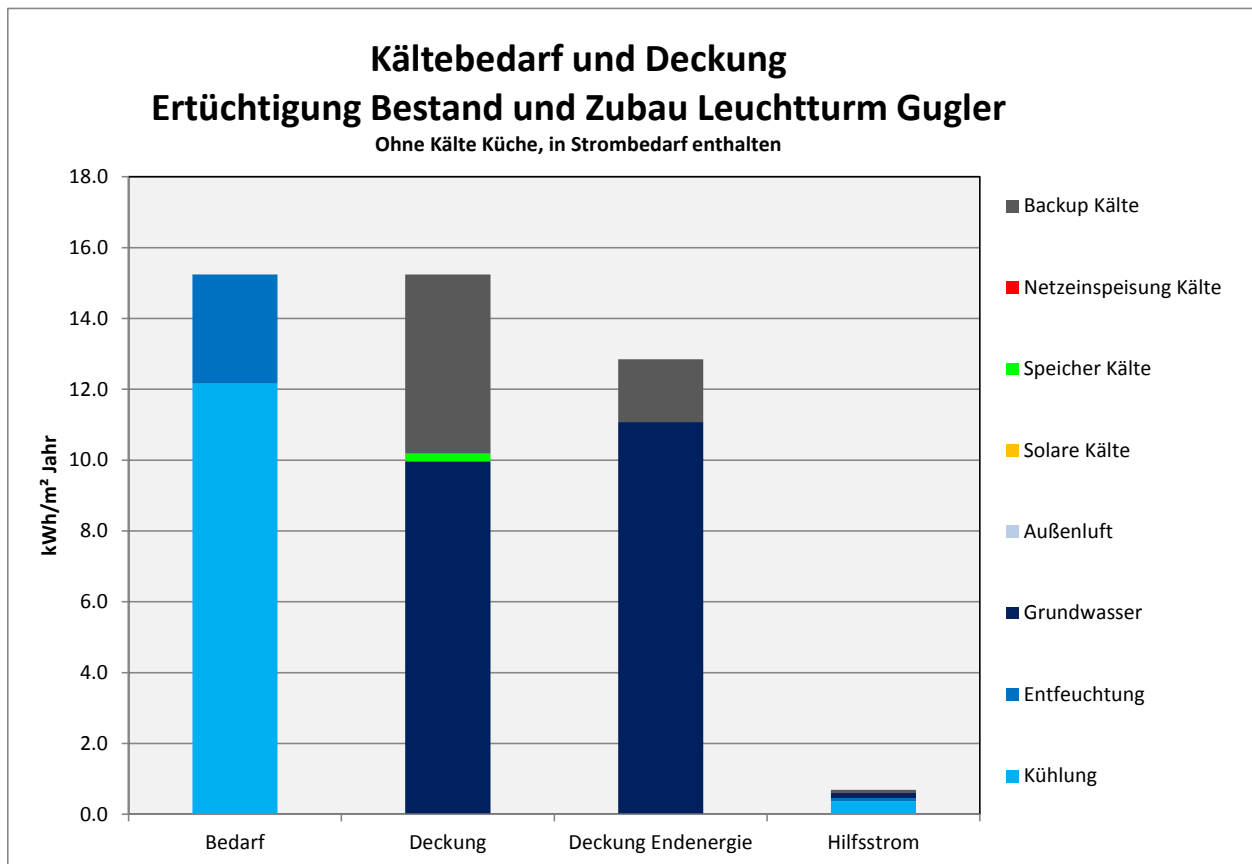


Abbildung 82: Nutzenergiebedarf der Kühlung und Entfeuchtung und Deckung Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- Der Großteil des anfallenden Kältebedarfs kann über das Grundwasser gedeckt werden (sofern die angesetzte Leistung genehmigt und vorhanden ist)
- Die Kältespeicherung trägt nur relativ wenig zur Deckung bei
- Das Backupsystem mit angesetzter klassischer Kompressionskälte (COP gesamt = 3) muss ca. 1/3 des Kältebedarfs decken, mit einem Strombedarf von ca. 2 kWh/m<sup>2</sup>a ist der Bedarf allerdings nicht extra hoch.
- Der Hilfsstrom ist durch die Verwendung einer hocheffizienten Pumpe und geringer Förderhöhe (Annahme, die noch zu prüfen ist) verhältnismäßig niedrig.

Nachfolgend die Deckung Bedarf an elektrischer Energie (Jahresbilanz):

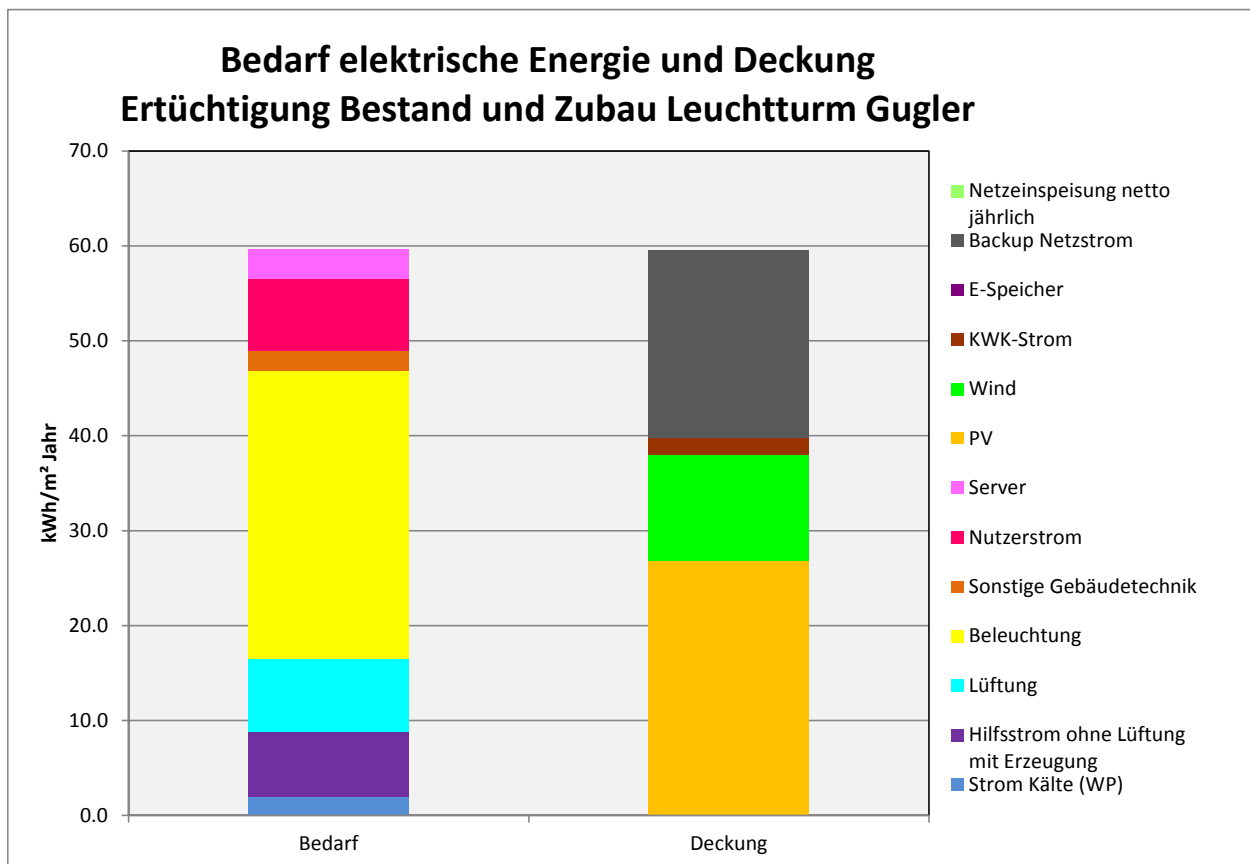


Abbildung 83: Bedarf an elektrischer Energie und Deckung Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- Der Bedarf kann in der Ausgangsvariante zu 2/3 über erneuerbare Quellen gedeckt werden
- Deutlich wird der hohe Bedarf für Beleuchtung, für Lüftung und die Hallenbefeuchtung.
- Den größten Teil der Deckung kann die solare Stromerzeugung übernehmen (150 kWp-Anlage ohne Nachführung)
- Mittels Windkraftherzeugung (60 kW-Anlage) können über 15% des Stroms erzeugt werden.
- Der mittels Biomasse-KWK erzeugte Strom deckt demgegenüber nur etwas über 2%.
- Ca. 1/3 des Strombedarfs muss aus dem Netz gedeckt werden.

### 12.3.1.5. Plusenergiebewertung

Eine Summierung über den gesamten nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf auf der Basis von Stundenwerten über ein gesamtes Jahr ergibt die folgende Gesamt-Bilanz.

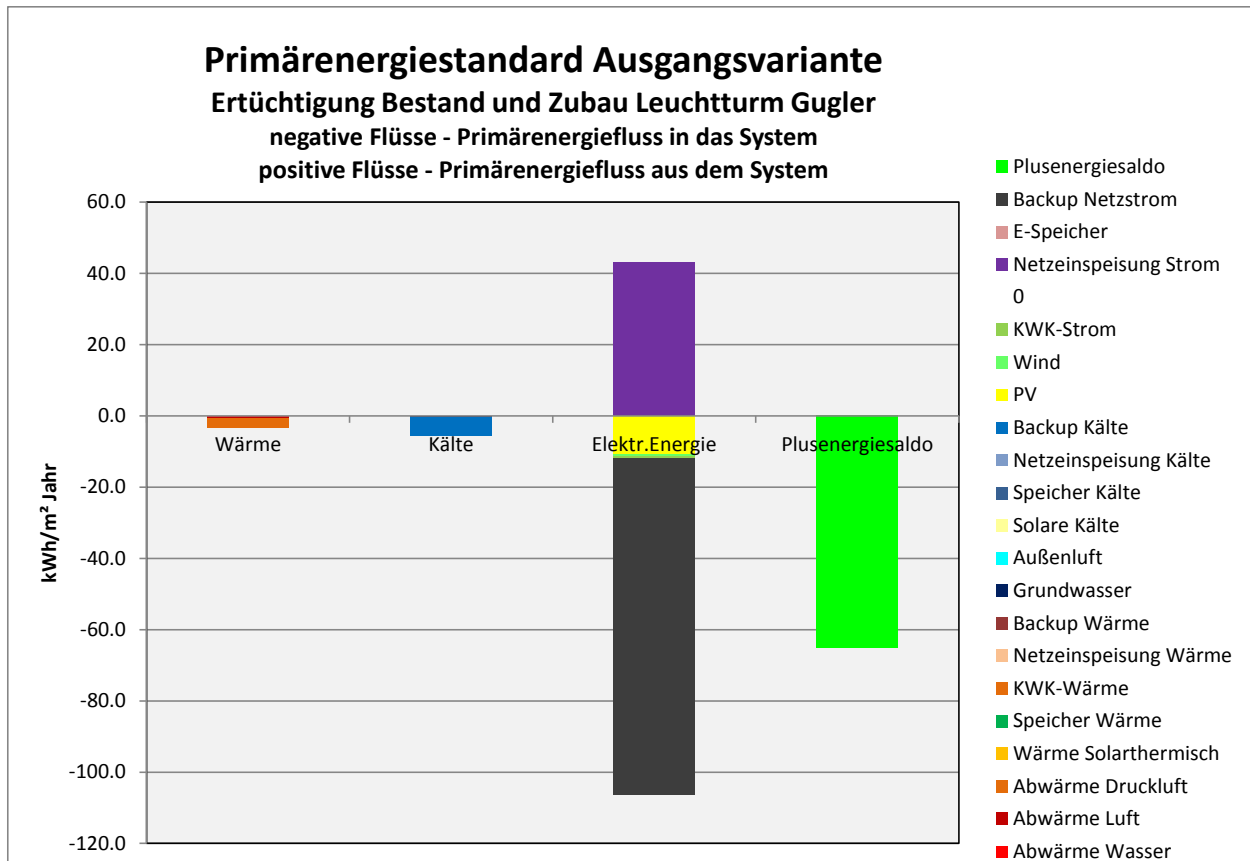


Abbildung 84: Primärenergiestandard der Ausgangsvariante Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- Die Primärflüsse für Wärme- und Kälteerzeugung sind sehr niedrig, fließen allerdings in das System (i.e. negative Bilanz)
- Für den Bereich Stromaufbringung fließt ein nicht unwesentlicher Teil als ökologischer Rucksack der PV-Paneelherstellung in das System und belastet dadurch die Primärenergiebilanz. Der Anteil für die Herstellung der Windstromherstellung ist demgegenüber gering.
- Ein nicht unwesentlicher selbst hergestellter Stromanteil kann nicht sofort verbraucht werden und wird daher in das Netz gespeist und ersetzt dort den im UCTE-Mix hergestellten Netzstrom.
- Insgesamt muss allerdings noch ein nicht unwesentlicher Anteil an Netzstrom in das System fließen, um alle Energiedienstleistungen zu decken.
- Insgesamt wird ein Plusenergiestandard nicht erreicht. Dafür wären in diesem Szenario weitere 150 kWp Photovoltaikpaneele zu installieren

## 12.3.2. Optimierung

Die Optimierung erfolgt vorerst nur bedarfsseitig. Anbotsseitige Maßnahmen folgen im Anschluss.

### 12.3.2.1. Kurzfassung wesentliche Inputdaten

#### Ausgangsvariante

	Abgabe	Verteilung	Wirkungs- grad	Anteil Hilfsstrom	Raum	Zuluft	
Heizung	90.0%	95.0%	90.3%	3.0%	100%	100%	Optimierung
Kühlung	80.0%	95.0%	90.3%	3.0%	100%	100%	Optimierung
Befeuchtung Büros			95.0%	3.6%	100%	100%	Optimierung
Befeuchtung Hallen			95.0%	3.6%	100%	100%	Optimierung
Entfeuchtung			95.0%	3.0%	100%	100%	Optimierung
Warmwasser			75.0%	3.0%	100%	100%	Büros/Küche
Lüftung					100%		Optimierung
Beleuchtung					100%	100%	Büros/Hallen; Optimierung, Bezogen auf maximal mögliches Potential
Sonstige Gebäudetechnik					100%	Optimierung	(Anteil pauschal)
Nutzerstrom					100%	Optimierung	(Anteil pauschal)
Server					100%	Optimierung	(Anteil pauschal)
Hilfsstrom ohne Lüftung					100%	Optimierung	(Anteil pauschal)

Tabelle 52: Wesentliche Inputdaten der Ausgangsvariante

#### Optimierte Variante

	Abgabe	Verteilung	Wirkungs grad	Anteil Hilfsstrom	Raum	Zuluft	
Heizung	95.0%	98.0%	93.1%	1.5%	100%	100%	Optimierung
Kühlung	85.0%	98.0%	83.3%	1.5%	100%	100%	Optimierung
Befeuchtung Büros			98.0%	1.8%	50%	50%	Optimierung
Befeuchtung Hallen			98.0%	1.8%	50%	50%	Optimierung
Entfeuchtung			98.0%	1.5%	100%	100%	Optimierung
Warmwasser			85.0%	1.5%	80%	80%	Büros/Küche
Lüftung					50%		Optimierung
Beleuchtung					0%	0%	Büros/Hallen; Optimierung, Bezogen auf maximal mögliches Potential
Sonstige Gebäudetechnik					50%	Optimierung	(Anteil pauschal)
Nutzerstrom					75%	Optimierung	(Anteil pauschal)
Server					50%	Optimierung	(Anteil pauschal)
Hilfsstrom ohne Lüftung					100%	Optimierung	(Anteil pauschal)

Tabelle 53: Wesentliche Inputdaten optimierte Variante



## Maßnahmen:

- Hocheffiziente Pumpen durchgängig (auch im Bestand), reduzierte Laufzeiten durch intelligente Regelung
- Zusätzliche Dämmung der Verteilung
- Reduzierung der Befeuchtung Hallen auf mindestens 40% relative Feuchte, Verwendung der effizientesten Technologie (Effekt auf Heizwärmebedarf wurde nicht ausgewiesen)
- Reduzierung der Warmwasserzapfstellen, Erhöhung der Effizienz Verteilung
- Lüftung Betrieb nur im Hochwinter und –Sommer, Fensterlüftung in der Übergangszeit, Stromverbrauch im Schnitt von 0.3Wh/m<sup>3</sup>. Automatisches Abschalten außerhalb der Kernbetriebszeiten.
- Fensteranordnung optimiert für Tageslichtnutzung. In den Hallen LED Leuchten, die ausschließlich bedarfsgerecht geregelt sind. Reduzierung der installierten Leistung durch Workshop Mitarbeiter/Geschäftsführung/Planungsteam. Austausch aller Bestandslampen und Einsatz der derzeit energieeffizientesten Beleuchtungskörper.
- Hocheffiziente Anlagen für Gebäuderegulung, Lift, Notbeleuchtung etc., dadurch Reduktion der sonstigen Stromverbraucher
- Nutzerstromreduktion durch konsequentes, automatisches vom Netz nehmen von nicht genutzten elektrischen Verbrauchern. Hinterfragen der Computereinstellungen, (z.B. Stromspareinstellungen, Bildschirmschoner) von Mitarbeitern mit Planungsteam. Cloud computing.
- Umstieg auf stromeffiziente Server, Einstellung der stromsparendsten Konfiguration.

### 12.3.2.2. Endenergiebedarf

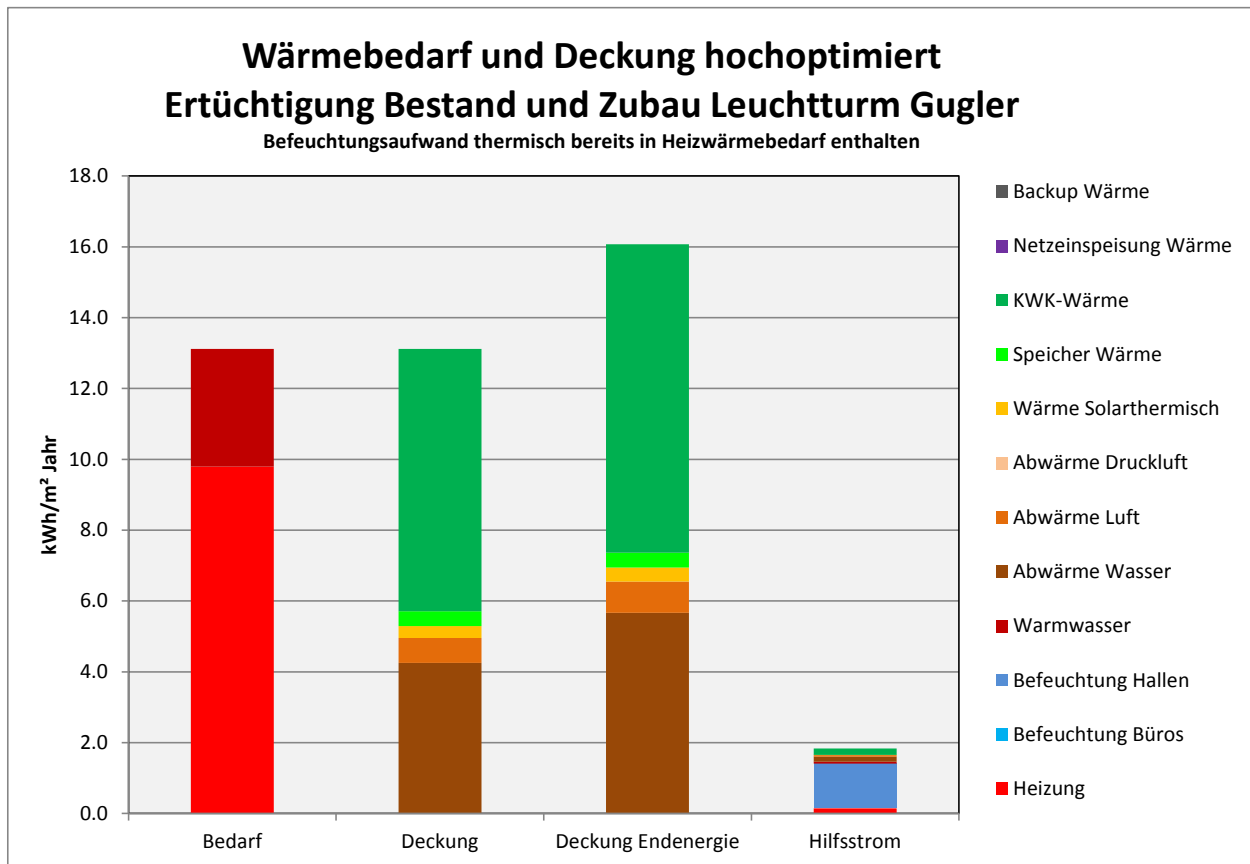


Abbildung 85: Wärmebedarf und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- Reduziert wird in diesem Bereich gegenüber der Ausgangsvariante vor allem der Hilfsstrom für die Befeuchtung.

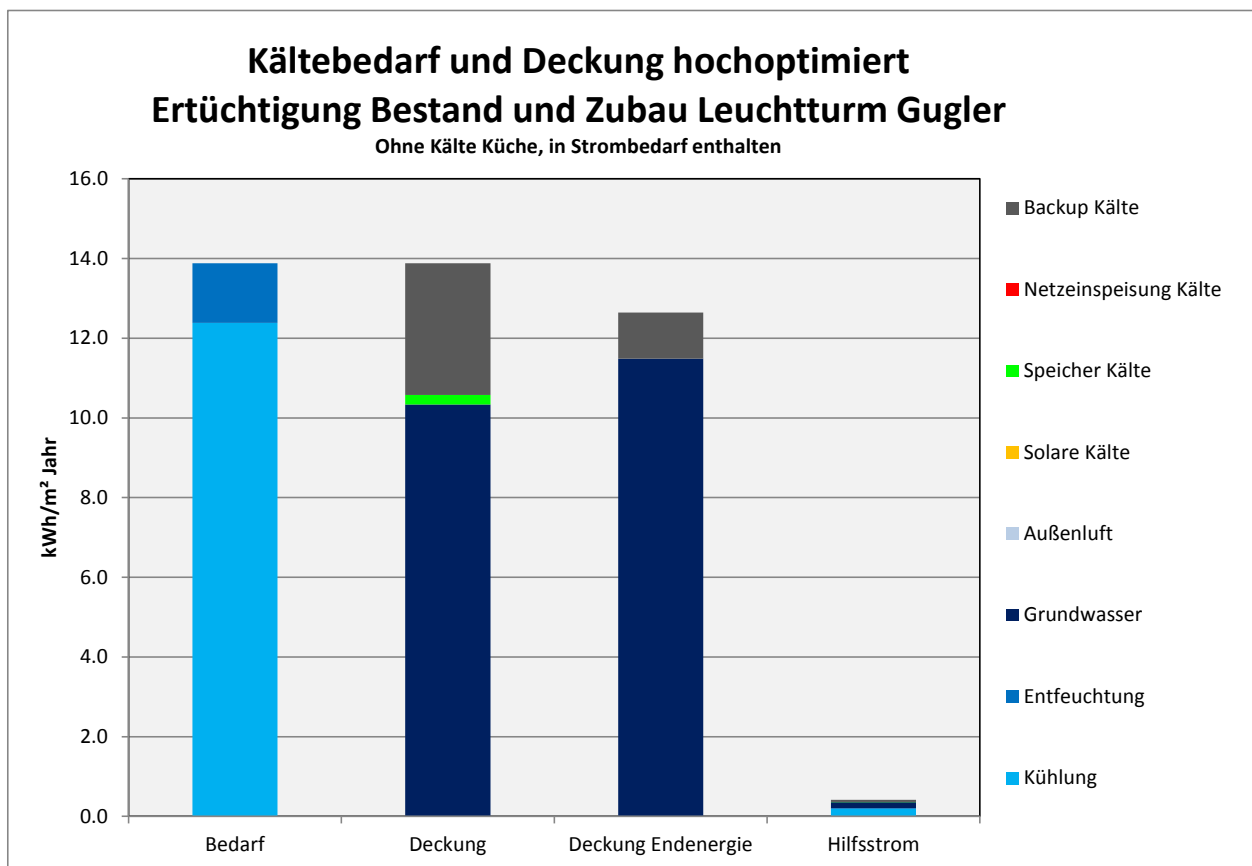


Abbildung 86: Kältebedarf und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- Im Bereich Kälte werden nur noch geringe Optimierungspotentiale gehoben, die vor allem in der Kälteabgabe Raum und im Hilfsstromaufwand liegen.

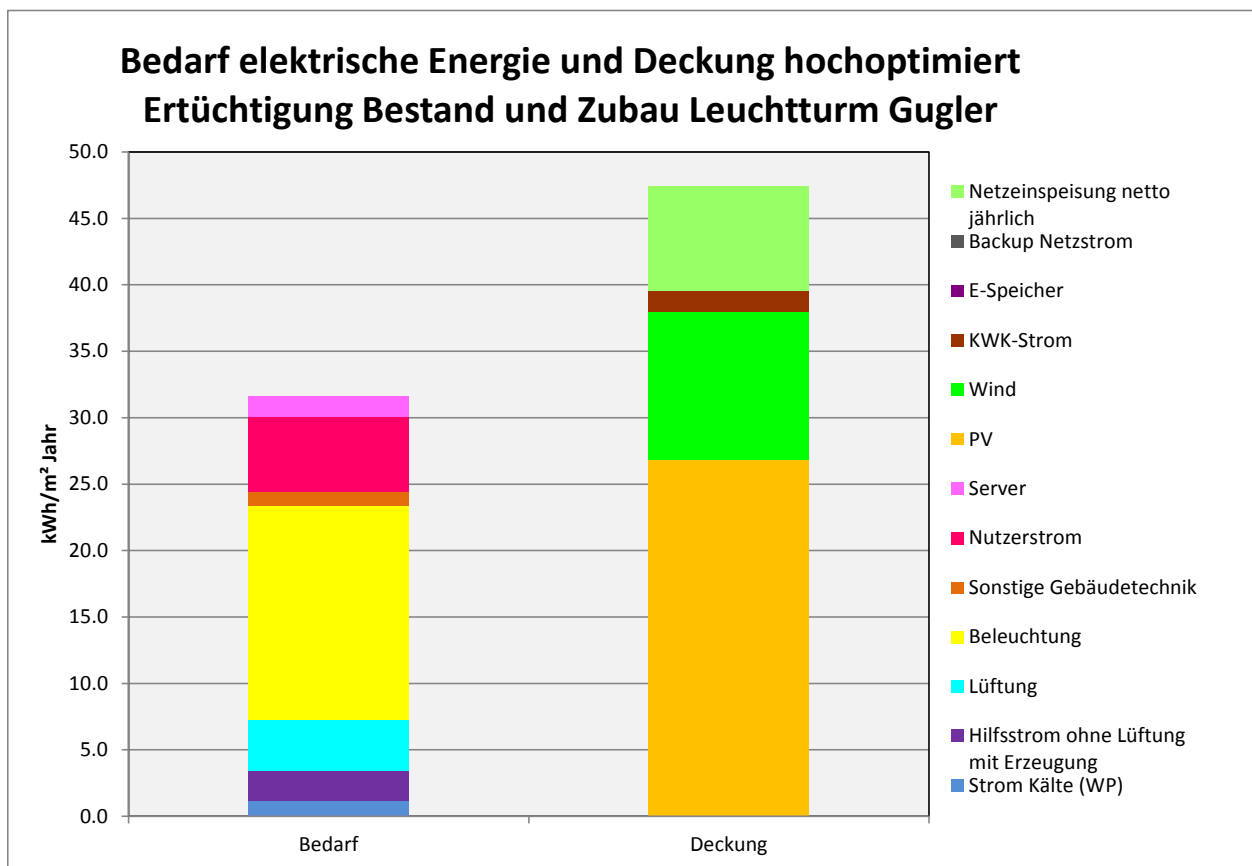


Abbildung 87: Bedarf an elektrischer Energie und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- In der Jahresbilanz wird ein deutlicher Stromüberschuss erwirtschaftet, der auf einer konsequenten Nutzung aller Stromsparpotentiale gründet.
- Weitere Sparpotentiale sind wohl nur noch in der Beleuchtung möglich.

### 12.3.2.3. Plusenergiebewertung

Die Bilanzierung über das gesamte Jahr auf Stundenbasis ist in der folgenden Grafik dargestellt.

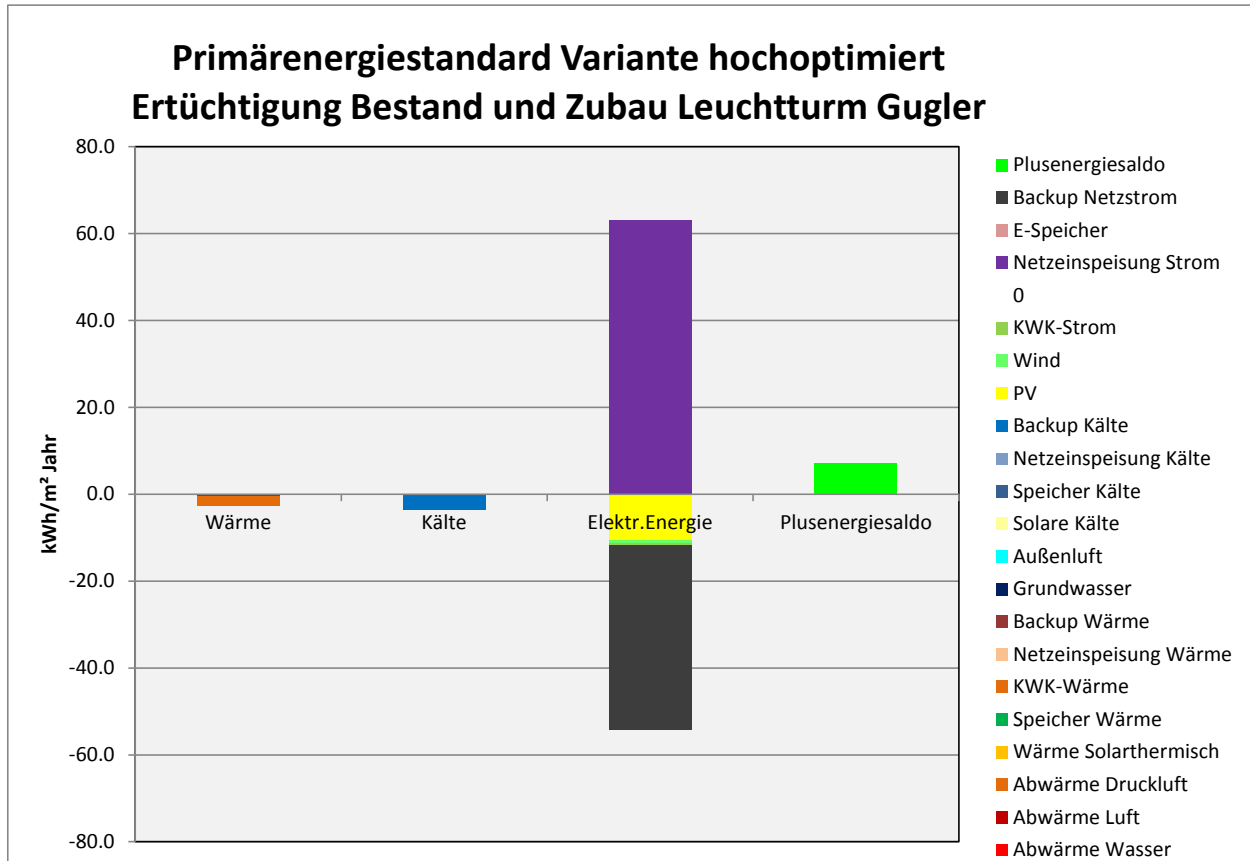


Abbildung 88: Primärenergiestandard Variante hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- Durch den reduzierten Primärenergiebedarf nicht erneuerbar vor allem im Bereich elektrischer Energiebedarf kann ein nicht unwesentlicher Stromanteil in das Netz gespeist werden und ersetzt dort UCTE-Strom.
- Damit kann der immer noch erforderliche Netzstrom, der Primärenergieaufwand für Wärme- und Kälteerzeugung überkompensiert werden.

**Die hochoptimierte Variante der Druckerei Gugler weist ein Plusenergiesaldo von 7,2 kWh/m<sup>2</sup>a auf. Das heißt, es wird mehr Primärenergie nicht erneuerbar hergestellt als verbraucht wird und kann dem Umfeld zur Verfügung gestellt werden.**

In realiter wird dieser Überschuss allerdings für die Abdeckung der Prozessenergie (Druckereimaschinen etc.) aufgewendet werden.

Die folgenden Abbildungen stellt die Situation im Vergleich zu den Verbräuchen 2011 dar, zusätzlich ist im 2.ten Bild der Aufwand für den Prozessstrom mitberücksichtigt.

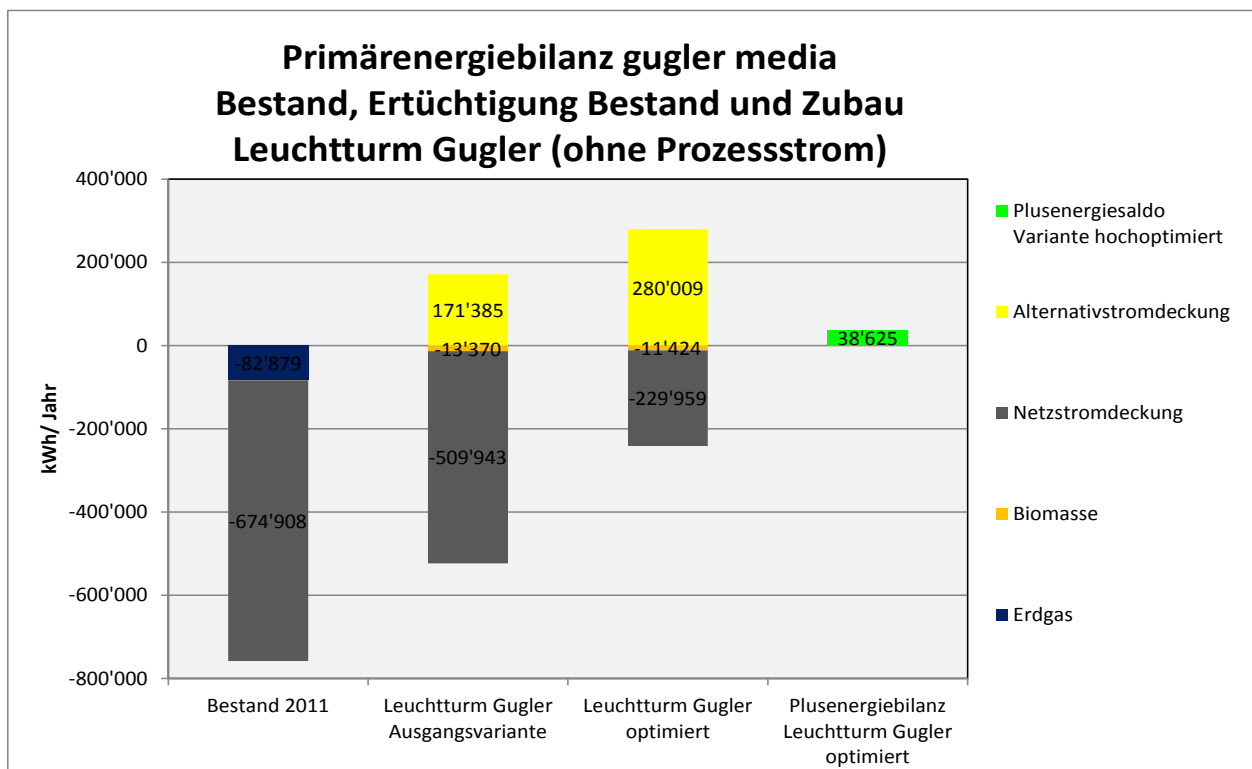


Abbildung 89: Primärenergiebilanz Gugler Media Bestand Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler (ohne Prozessstrom)

Das Ergebnis inkl. Prozessstrom

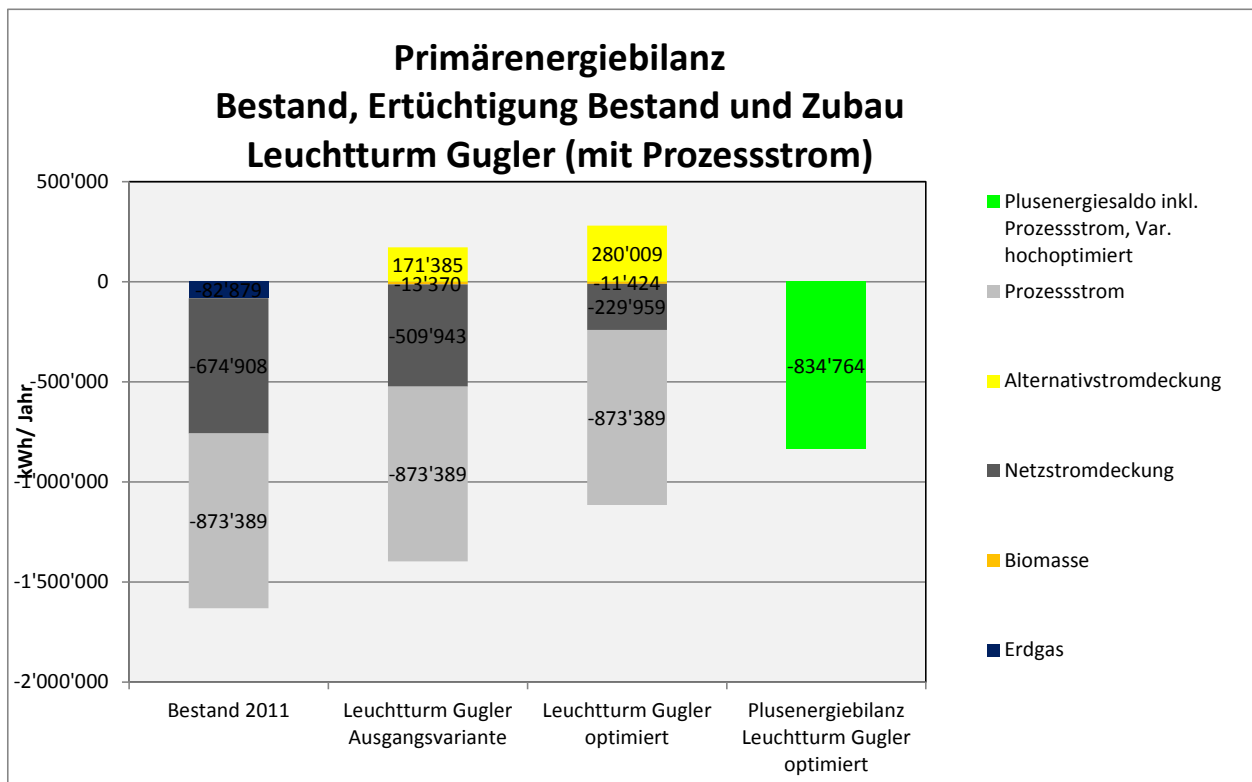


Abbildung 90: Primärenergiebilanz Gugler Media Bestand Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler (ohne Prozessstrom)

Es verbleibt ein nicht unwesentlicher „Negativ“-Primärenergiesaldo! Für die Kompensation des Prozessstroms wäre beispielsweise die zusätzliche Installation einer ca. 350 kWp großen PV-Anlage erforderlich. Platzmäßig müssten daher ca. 500kWp untergebracht werden. Dafür reicht die Dachfläche allein nicht mehr aus, hier wären noch die angedachten nachgeführten „PV-Schmetterlingsflügel“ an der Attika anzudenken.

### **12.3.3. Zusammenfassung und Schlussfolgerung**

Gugler Media wird Leuchtturm Gugler. Aus energetischer Perspektive bedeutet dies Plusenergiestandard für alle Energiedienstleistungen. Ausgenommen wird nur die Prozessenergie. Zukünftig wird mehr selbst erzeugte Primärenergie aus dem Betriebsgelände in das System fließen als umgekehrt.

Erreichbar ist dies nur durch die konsequente Umsetzung der folgenden Leitlinien:

- Hinterfragen der Notwendigkeit von Energiedienstleistungen
- Hocheffiziente Deckung der Dienstleistungen
- Bedarfsgerechte Deckung
- Deckung wenn möglich mit vor Ort vorhandenen Energiequellen wie Prozessabwärme, Solar- oder Windenergie

Im Konkreten heißt dies:

- optimierter Passivhausstandard für den Neubau, Ertüchtigung mit Passivhauskomponenten im Bereich Altbau (Passivhaus-Verglasungen, hocheffiziente Lüftungsanlage mit Doppelrotationswärmetauscher)
- hocheffiziente Pumpen und Ventilatoren, ausschließlich bedarfsgerecht betrieben
- Reduktion der Mindestfeuchten in Hallen von 55% auf 40%, hocheffiziente Befeuchtung
- Reduktion Laufzeiten Lüftungsanlage in der Übergangszeit durch Fensterlüftung, Zur Verfügungstellen entsprechender Öffnungen
- Tageslichtoptimierte Räumlichkeiten, die in der natürlichen Ausleuchtung den Anforderungen der Nutzer (Computerarbeitsplätze) möglichst nahe kommen
- Energieeffiziente Beleuchtungskörper, bedarfsgeregelt, auch im Bereich Ertüchtigung Bestand. Hinterfragen der Beleuchtungsstärken vor allem im Bereich Hallen und Anlieferung wegen der sehr langen Betriebszeiten
- Zentral gesteuerte Reduktion des Standby-Verbrauchs, auch im Bereich Gebäudetechnik
- Arbeitshilfen ausschließlich hocheffizient
- Servertechnologie stromsparend bzgl. Hardware und Software
- Nutzung der Abwärme Druckereimaschinen und Druckluft
- Thermische Solaranlage mindestens 30 m<sup>2</sup>
- PV-Anlage Dach mindestens 150 kWp (ca. 800 m<sup>2</sup> Nettofläche)
- 60 kW Windkraftanlage (4 Windräder á 15 kW)
- Biomasse-KWK als Backup Wärme
- Stark erweiterte Grundwassernutzung im Vergleich zu Bestand.
- Nachlüftung zur Vorkühlung Gebäude mit schlagregensicheren, einbruchssicheren thermisch optimierten Öffnungen.

Die folgenden Maßnahmen sind noch in Ihrer Wirkung abzuschätzen:

- Solare Kälte und Entfeuchtung über DEC-Anlage
- Nutzung der Küchenabfälle für Energieerzeugung (Biogas)
- Erweiterte Flächen für Windstromerzeugung
- Elektrische Speicher (Autos etc.)



## 12.4. Energiekonzept nach Freigabe Vorentwurf

In der Erarbeitung Vorentwurf wurden eine Reihe von Varianten entwickelt, die vor allem die Investkosten dämpfen sollten. Nachfolgend wird der freigegebene Vorentwurf dargestellt, der eine Reihe von Vereinfachungen (z.B. Gas-KWK statt Biomasse KWK) enthält.

### 12.4.1. Deckung Bedarf Wärme

- Abwärme Kühlwasser Druckmaschine für Heizung Büros Bestand und gesamter Zubau (Fußbodenheizung besonders effizient für hohen Deckungsgrad)
- Abwärme in der Abluft der Druckmaschinen wird über einen Luft/Luftwärmetauscher rückgewonnen und für die Beheizung des Altbaus über das Zuluftsystem genutzt (teilweise Vorheizung Zuluft Verwaltung)
- Abwärme Herstellung Druckluft
- Nutzung Expansionskälte nach Druckluftspeicher für Kühlung
- Die Hallen werden im Herbst per Abwärme möglichst vorgeheizt (Bodenplatte), da diese Abfallwärme sonst nicht genutzt werden kann. Eine erhöhte Befeuchtung muss in dieser Zeit in Kauf genommen werden
- Nutzung Serverabwärme möglich.
- Kleine solarthermische Anlage für Warmwasserbereitung Küchen, Duschen und Gästehaus (30 m<sup>2</sup>)
- Abwärme aus Gas-KWK mit insgesamt 20 kW (12,5 kW thermisch), erneuerbare KWK derzeit ökonomisch noch nicht darstellbar. In Zukunft Versorgung mit Biogas möglich.
- Backup aus bestehendem Erdgaskessel (ca. 15 Jahre alt)

Es ergibt sich die folgende Bilanz Wärmebedarf und -deckung:

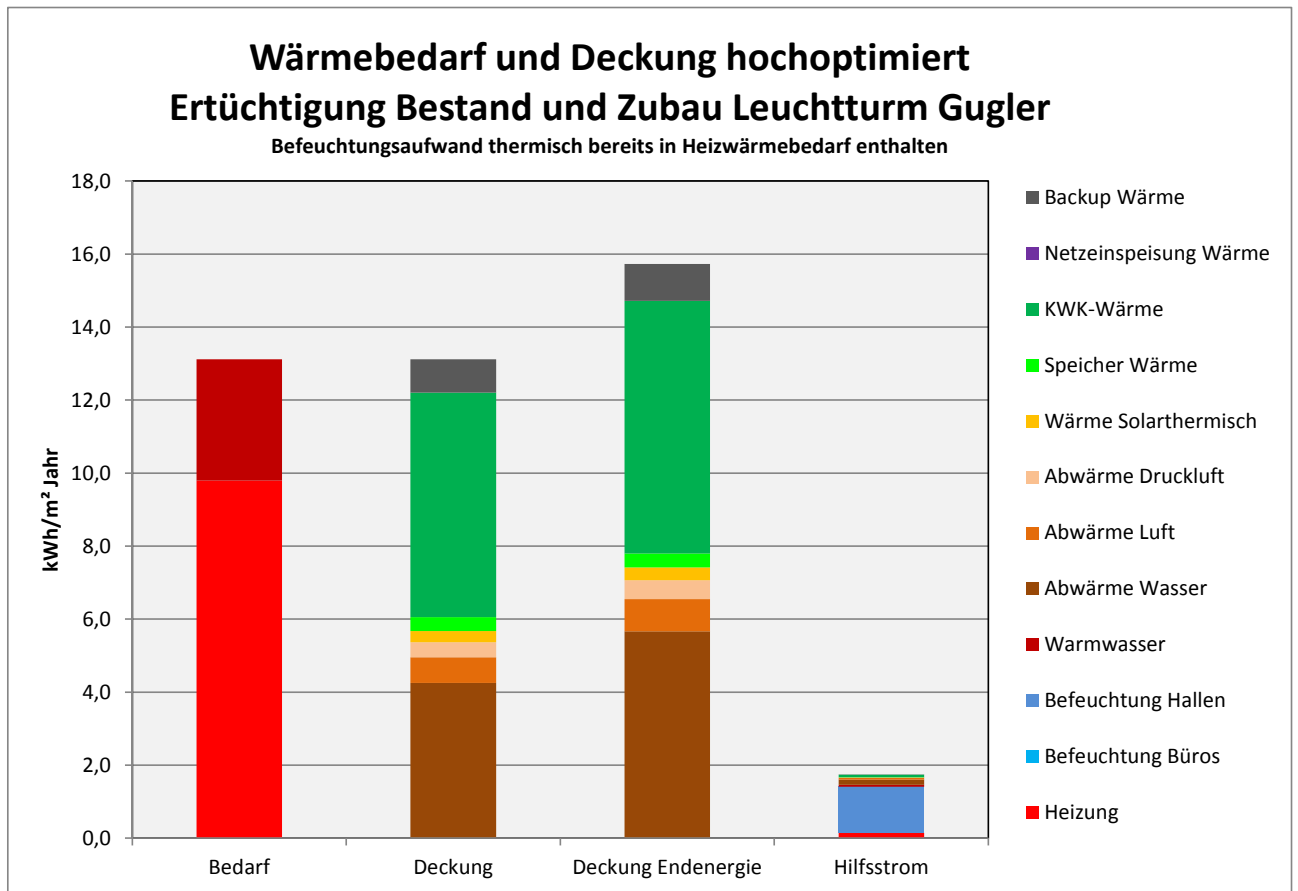


Abbildung 91: Wärmebedarf und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

#### 12.4.2. Deckung Bedarf Kälte

- Außenluftkühlung Halle neu, Halle alt, Server, Büros
- Nutzung Brunnenwasser für Kühlung Zuluft, in Teilbereichen auch als Deckenkühlung und Fußbodenkühlung in hochsommerlichen Klimata
- Backup Kälte Kompressionskälte (Spitzen, Serverkühlung)

Es ergibt sich die folgende Bilanz Wärmebedarf und -deckung:

## Kältebedarf und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

Ohne Kälte Küche, in Strombedarf enthalten

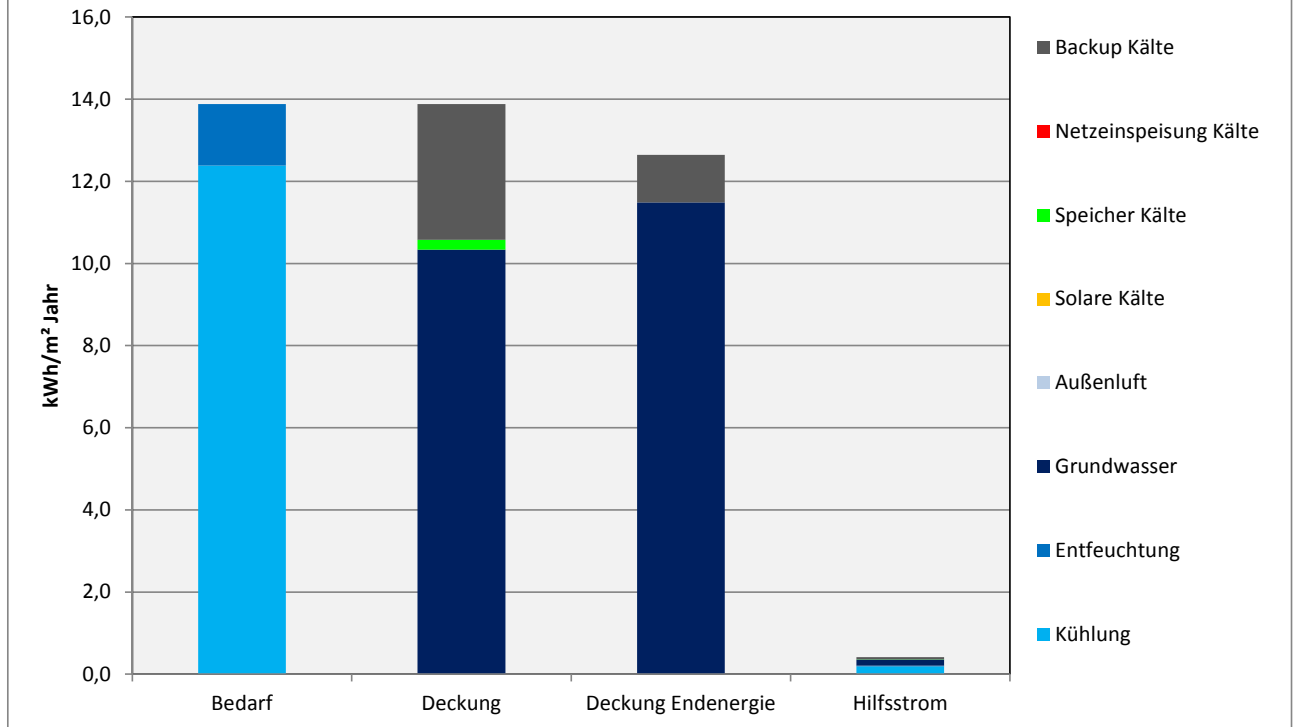


Abbildung 92: Kältebedarf und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

### 12.4.3. Deckung Bedarf elektrische Energie

- PV-Anlage auf Dach neue Lagerhalle ( ca. 180kWp, 1362m<sup>2</sup>)
- Kleinwindräder: Gesamt 60 kW (4 Windräder),
- Strom aus Gas-KWK mit insgesamt 20kW (7,5kW elektrisch), erneuerbare KWK derzeit ökonomisch noch nicht darstellbar. In Zukunft Versorgung mit Biogas möglich.
- Restbedarf aus Netz

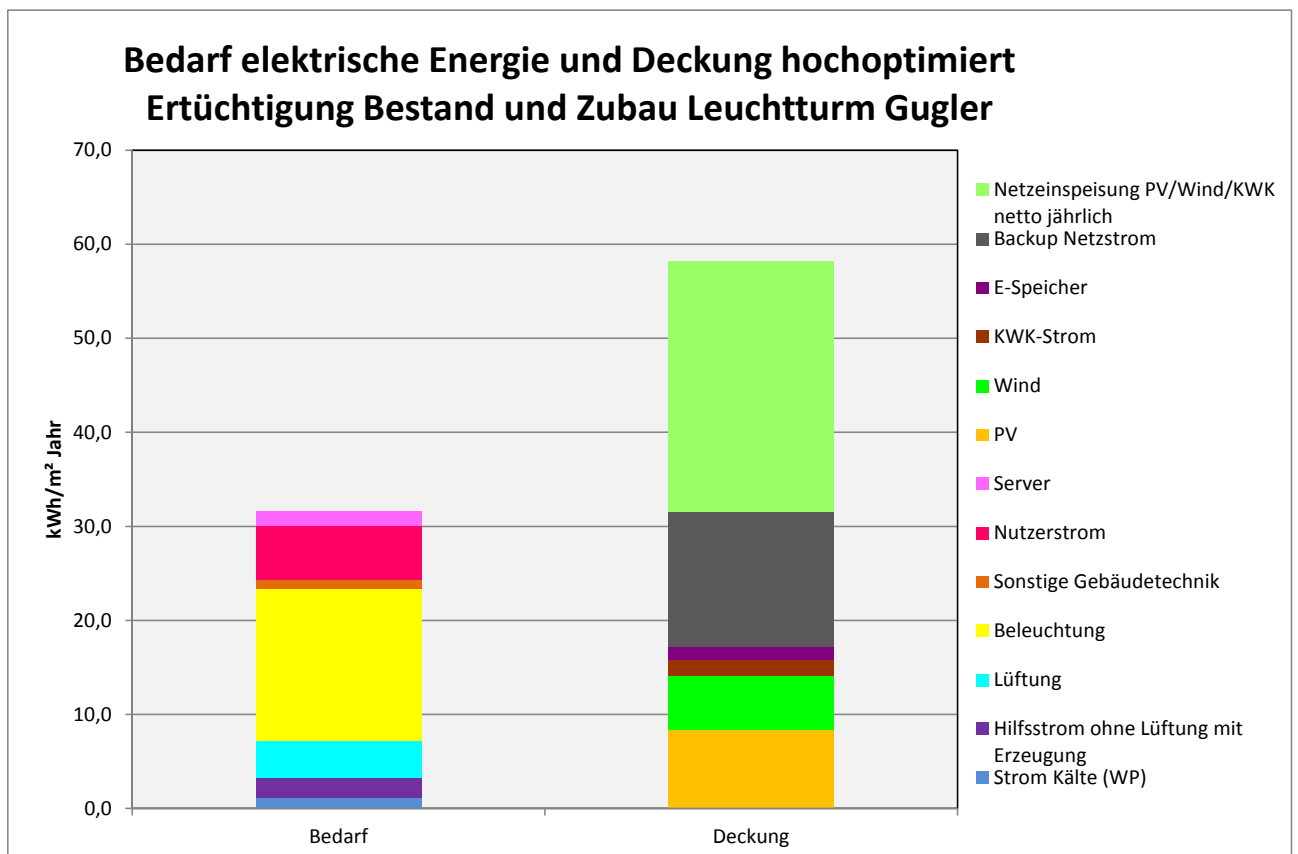


Abbildung 93: Bedarf an elektrischer Energie und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

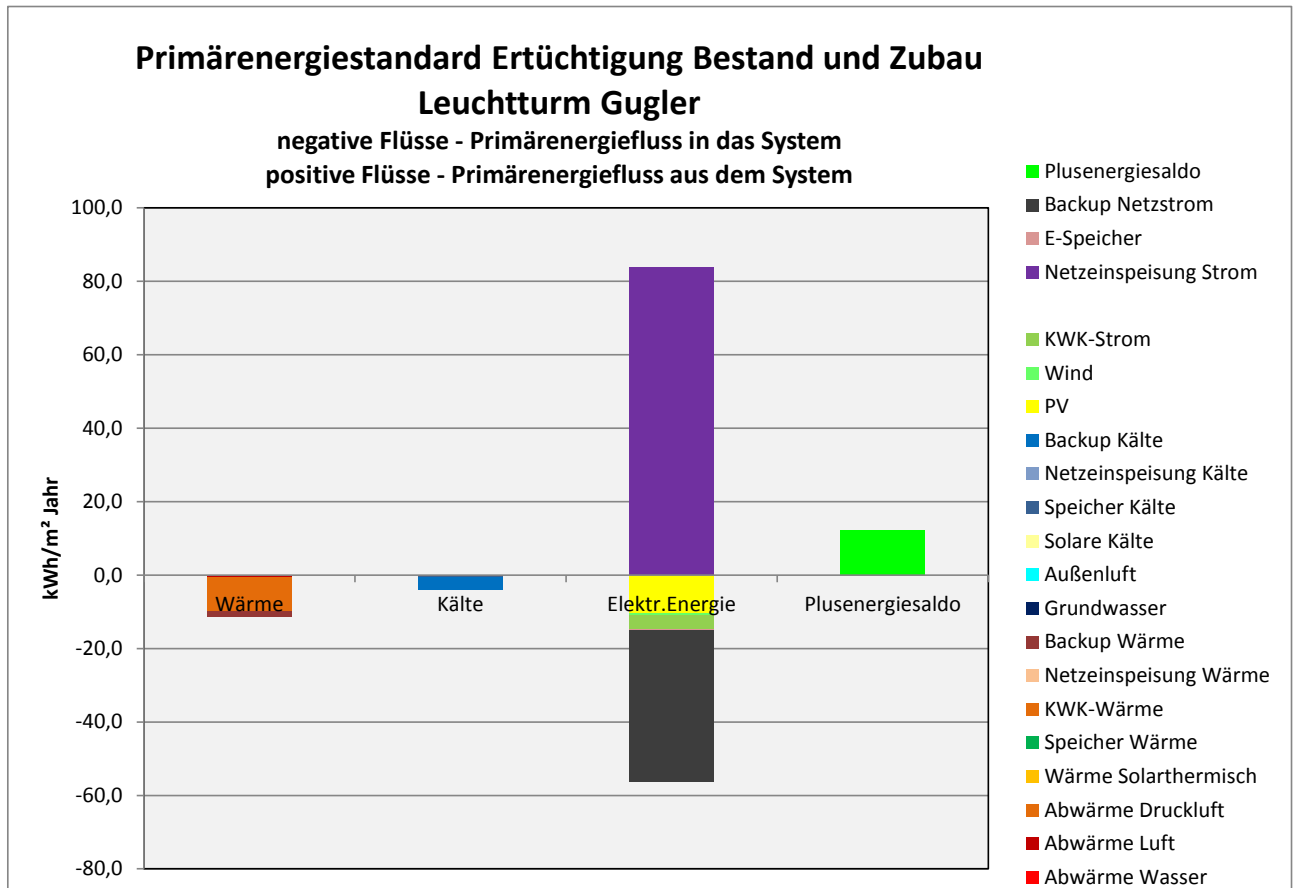
### 12.4.4. Speicherung

Es werden die folgenden Speicher aktiviert:

- Gebäudestruktur, insbesondere die Bodenplatten der neuen Bereiche werden für Zwischenspeicherung genutzt, bzw. geladen, wenn Überangebot an Abwärme oder solarer Wärme besteht.
- Wärme-/ Kältespeicherung in konventionellen Pufferspeichern, 3 Pufferspeicher mit je 10 m<sup>3</sup>, hochwärmegeämmt und damit Speicherung über längere Zeitperioden. Auch für Erreichen von höheren Laufzeiten KWK gut geeignet.
- Ein Speicher für Wärme, ein Speicher für Kälte, ein Speicher, der je nach Jahreszeit für Speicherung von Wärme oder Grundwasserkälte verwendet, um bei Bedarf höhere Leistungen zu fahren.
- Kleiner Druckluftspeicher für die kurzfristige Zwischenspeicherung von elektrischer Energie, Nutzung von Kompressionswärme und Entladungskälte

- Speicherung von elektrischer Energie in Elektromobilen (Auto, Motorrad, Fahrräder)

Für die Primärenergiebilanz ohne Prozessenergie ergibt sich die folgende Bilanz:



Hinweis: Auch in der Bereitstellung von Wärme und Kälte ist elektrischer Primärenergiebedarf enthalten.

Abbildung 94: Primärenergiestandard Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- Durch den reduzierten Primärenergiebedarf nicht erneuerbar vor allem im Bereich elektrischer Energiebedarf kann ein nicht unwesentlicher Stromanteil in das Netz gespeist werden und ersetzt dort UCTE-Strom.
- Damit kann der immer noch erforderliche Netzstrom, der Primärenergieaufwand für Wärme- und Kälteerzeugung überkompensiert werden.

**Die optimierte Variante der Druckerei Gugler weist einen Plusenergiesaldo von 12,3 kWh/m²a auf. Das heißt, es wird mehr Primärenergie nicht erneuerbar hergestellt als verbraucht wird und kann dem Umfeld zur Verfügung gestellt werden.**

Realiter wird dieser Überschuss allerdings für die Abdeckung der Prozessenergie (Druckereimaschinen etc.) aufgewendet werden.

## 12.4.5. Gegenüberstellung Standardgebäude

Die folgenden Grafiken geben die Reduktion des Nutz- und Endenergiebedarfs sowie die alternative Deckung des verbleibenden Bedarfs wieder für die Bereiche:

- Wärmebedarf
- Kältebedarf
- Bedarf an elektrischer Energie

Der Bedarf an thermischer Energie, der über elektrische Energie gedeckt wird (z.B. Kompressionskälte), wird sowohl thermisch wie auch elektrisch angegeben.

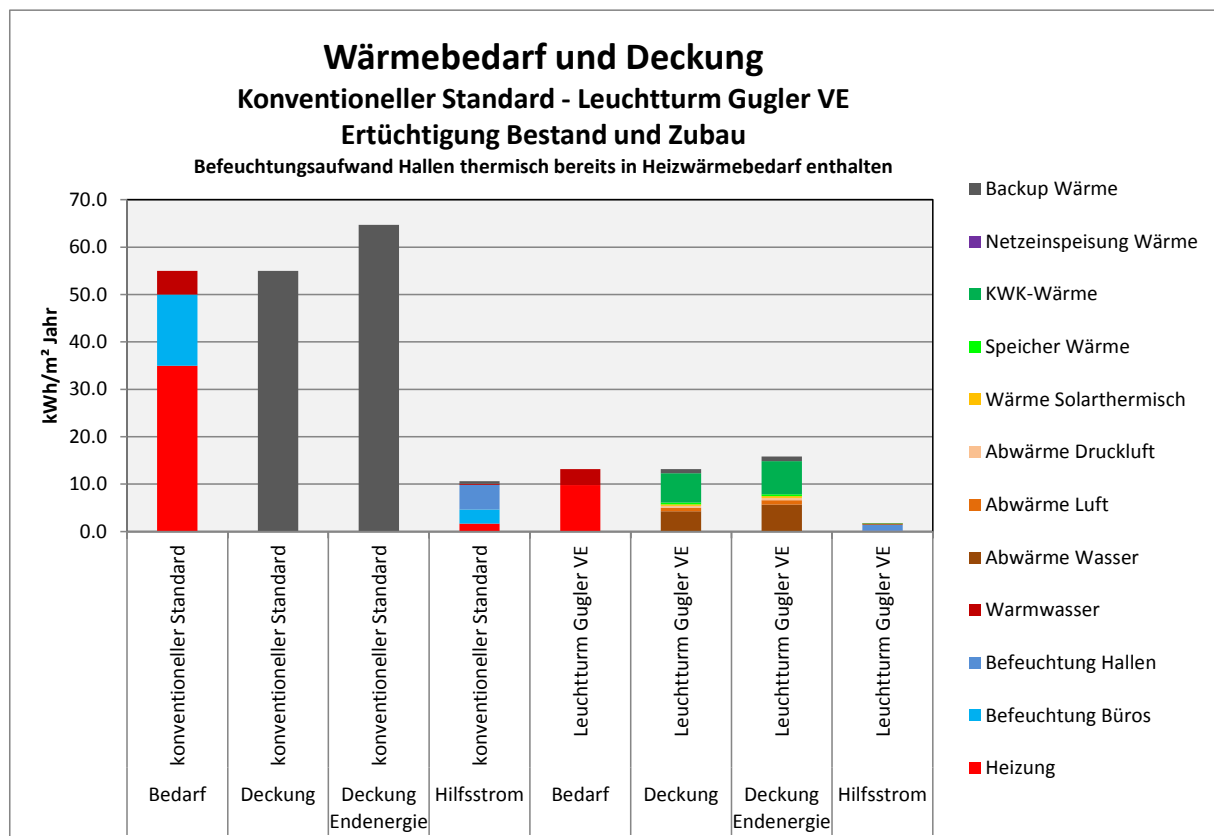


Abbildung 95: Wärmebedarf und Deckung Konventioneller Standard – Leuchtturm Gugler VE Ertüchtigung Bestand und Zubau

Deutlich wird, dass im Bereich Wärme in allen Bereichen die Effizienz deutlich erhöht wird sowie in der Deckung stark auf die Nutzung von Abwärme und teilweise auch von erneuerbaren Energieträgern (Sonne) gesetzt wird:

- Der Wärmebedarf kann um ca. 75% abgesenkt werden, vor allem durch passive Maßnahmen im Bereich Gebäudehülle, bedarfsgerechter und hocheffizienter Lüftung (s.o.).
- Die Deckung erfolgt zu knapp 50% durch Abwärme aus dem Betrieb, vor allem durch Nutzung der an das Kühlwasser abgegebenen Wärme als auch über die Abwärme aus Abluft und Druckluffterzeugung
- Eine thermische Solaranlage hebt vor allem das Temperaturniveau für die Warmwassernutzung.
- Der verbleibende Rest wird durch eine gut dimensionierte KWK-Anlage mit Erdgas als Brennstoff gedeckt, die einen Teil der Stromdeckung übernimmt.

- Nur zu Spitzenzeiten wird der Bestand-Erdgaskessel mit herangezogen.

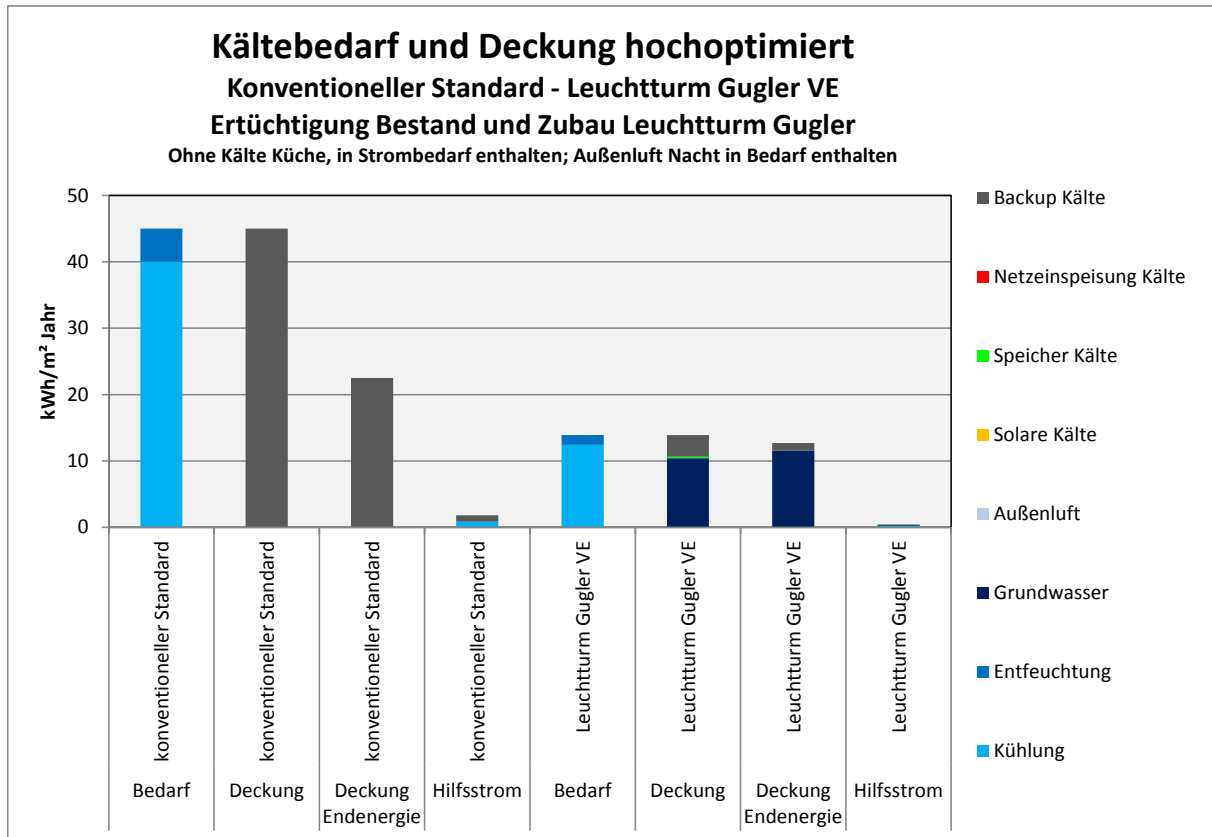


Abbildung 96: Kältebedarf und Deckung hochoptimiert Konventioneller Standard – Leuchtturm Gugler VE Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

Deutlich wird, dass im Bereich Kälte in allen Bereichen die Effizienz deutlich erhöht wird sowie in der Deckung stark auf die Nutzung am Grundstück vorhandener Ressourcen gesetzt wird.

- Der Kältebedarf wird durch passive Maßnahmen (Sonnenschutz, intelligente Nachtdurchspülung mit kühler Außenluft) bereits deutlich gesenkt
- Die Deckung erfolgt vor allem mit Grundwasser, die Spitzen werden durch angebotsseitige Regelung zusätzlich erhöht.
- Für das optimierte Projekt tritt nur ein geringer Anteil an Strom für Kälteerzeugung an.

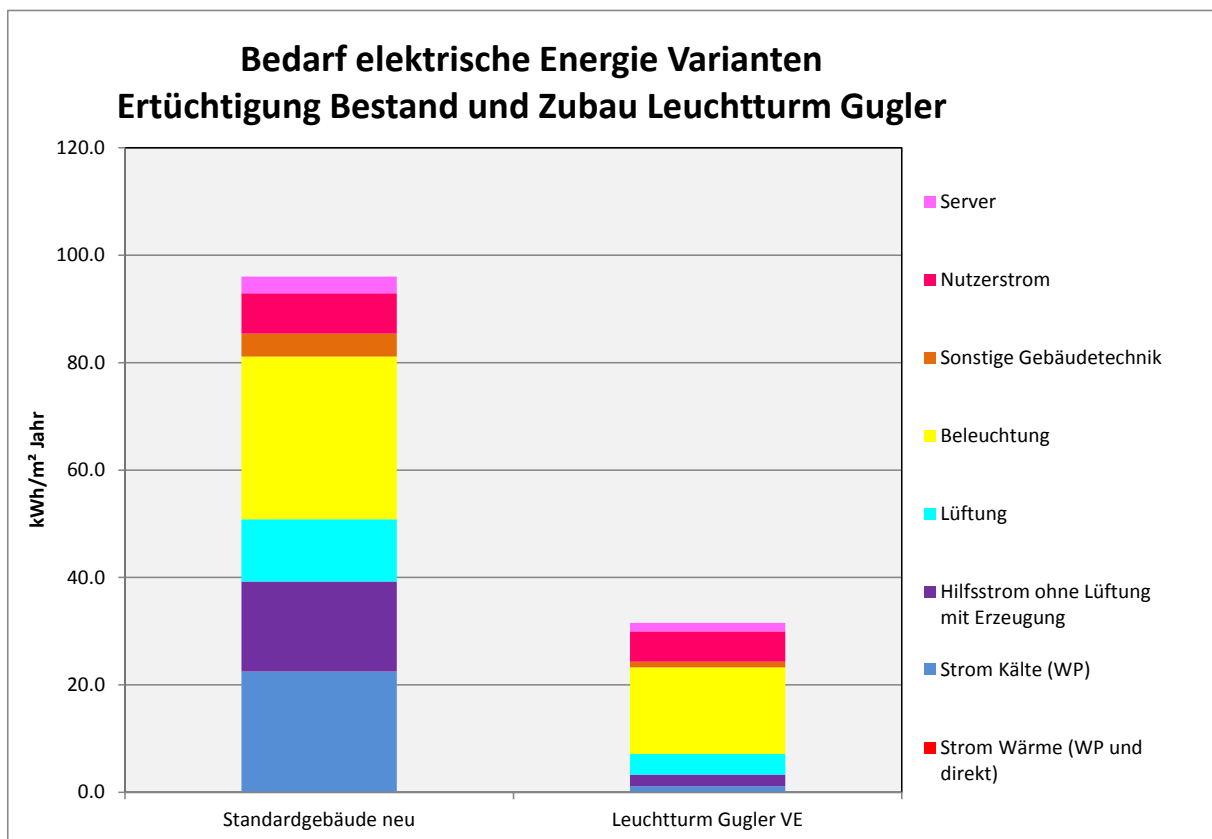


Abbildung 97: Bedarf an elektrischer Energie Varianten Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- Der Strombedarf kann vor allem durch hocheffiziente Maßnahmen im Bereich der der Kälteaufbringung reduziert werden
- Dazu wird durch die luftdichte Gebäudehülle, bedarfsgerechte Deckung und Abwärmenutzung der Befeuchtungsbedarf vor allem für Pumpenstrom drastisch gegenüber der Ausgangsvariante gesenkt.
- Die Belüftung basiert auf einem auf niedrigen Druckverlust ausgelegten Rohrnetz und Lüftungsgerät, durch eine intelligente Raumdurchströmung kann der Belüftungsbedarf mit gleicher Raumluftqualität abgesenkt werden.
- Der Beleuchtungsbedarf wird durch hochwertige Tageslichtnutzung, bedarfsgerechte Steuerung und hocheffiziente Leuchtmittel in etwa auf die Hälfte reduziert.
- Effiziente Pumpen, Aufzug,

Insgesamt kann der Strombedarf dadurch auf 1/3 abgesenkt werden.

Eine ökologische Bewertung ergibt den folgenden Primärenergiebedarf und das folgende Treibhauspotential:



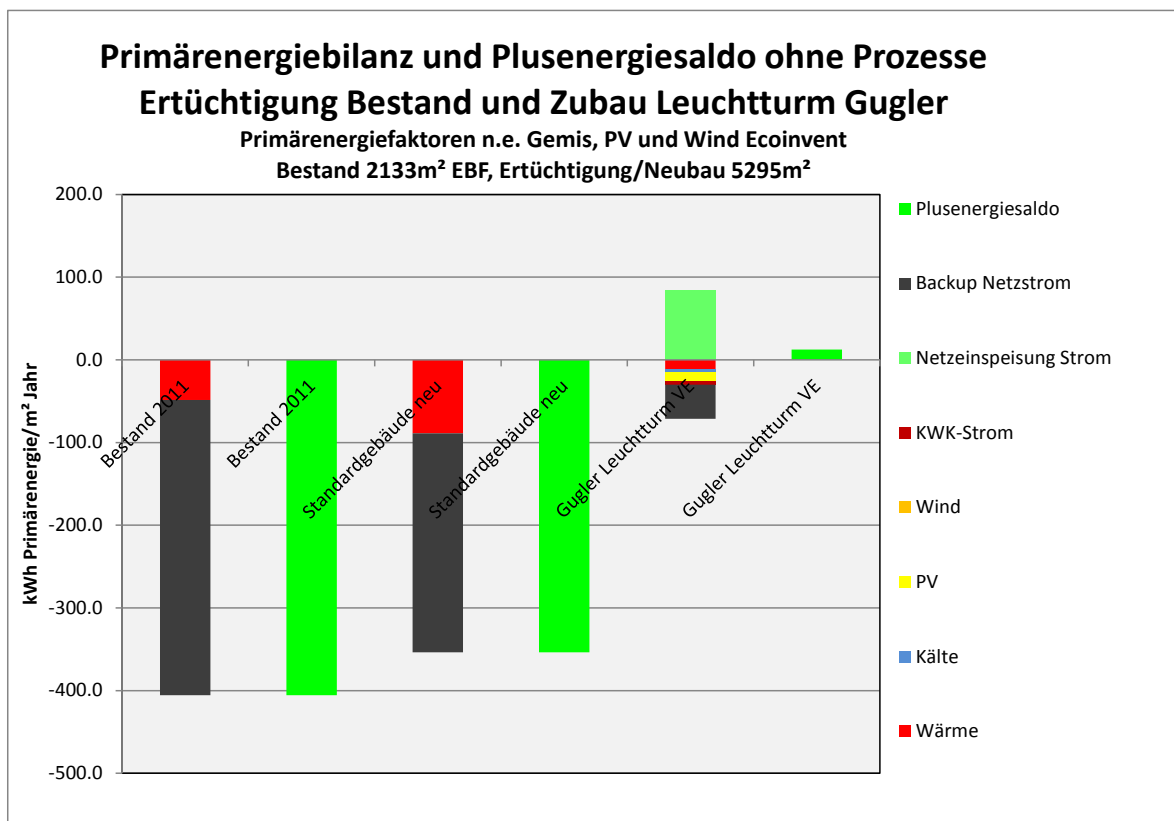


Abbildung 98: Primärenergiebilanz und Plusenergiesaldo ohne Prozesse Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

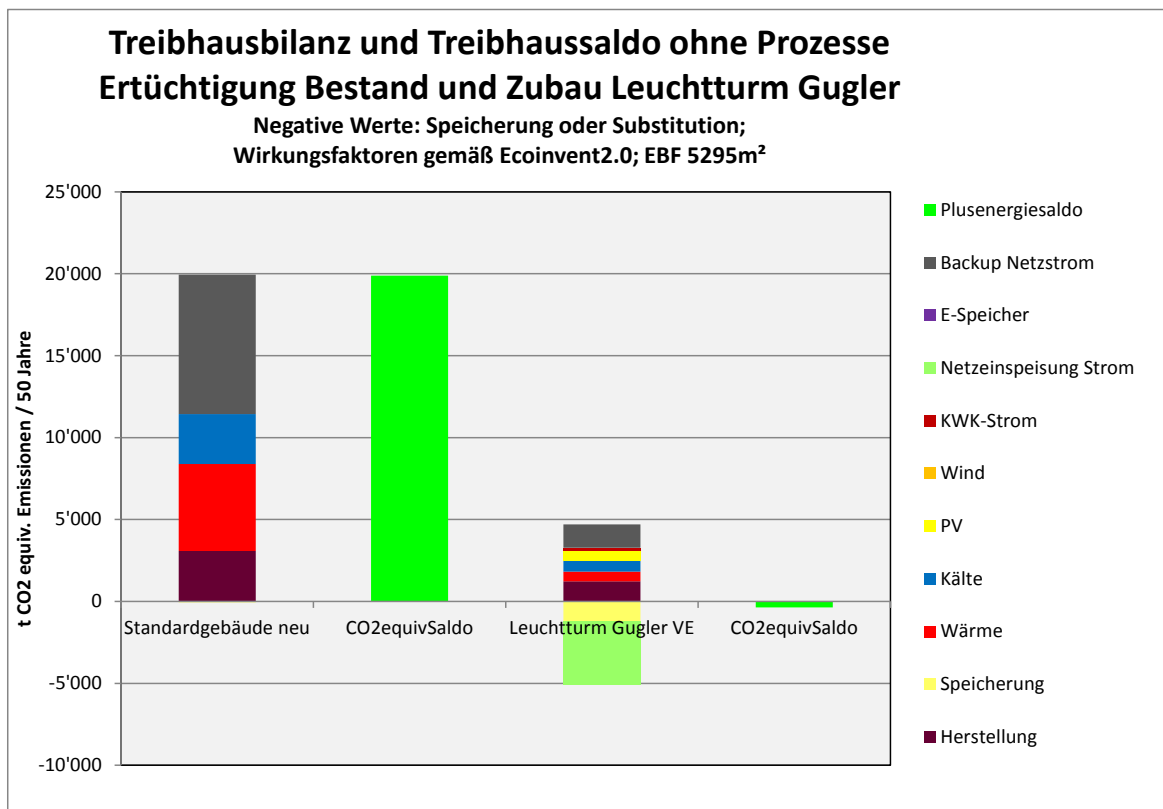


Abbildung 99: Treibhausbilanz und Treibhaussaldo ohne Prozesse Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

Es kann sowohl Plusenergiestandard (d.h. es wird mehr Primärenergie produziert als verbraucht wird) als auch CO<sub>2</sub>-Neutralität erreicht werden.

## 12.4.6. Gesundheit und Komfort

### 12.4.6.1. Thermischer Komfort

Für die wesentlichen Zonen des Gebäudes ergeben sich die folgenden Komfortkennwerte:

Ideal Heizung/Kühlung	Maximaltemperaturen [°C]		Stundenhäufigkeiten [h/a]									
	Min:	Max:	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-25	25-26	26-27	27-28	>28
Außenlufttemperatur	-18.1	34.3	7335	234	212	177	163	112	97	86	83	150
HALLE-B	19.7	26.3	127	600	737	1144	1379	1536	2661	576	0	0
BÜRO-N	19.4	26.5	1047	765	838	1090	1222	1286	1780	732	0	0
BÜRO-S	19.4	26.6	1038	779	919	908	1104	1284	1481	1247	0	0
SEM	19.1	26.6	2752	1030	1048	1151	906	638	795	440	0	0
TECHN	19.9	26.3	221	1819	1241	1227	1337	1394	1182	339	0	0
ANLI	19.7	26.3	497	1003	1091	1324	1417	1353	1602	473	0	0
BISTRO	19.7	26.4	1377	984	837	891	1660	1376	1103	532	0	0
REST	19.3	27.3	2354	749	791	1029	1056	1029	958	759	35	0
KÜCHE	19.3	26.0	4822	1543	795	359	499	554	183	5	0	0
GARD	19.6	26.3	2236	1366	928	1077	1206	862	873	212	0	0
MED	19.5	27.2	1135	951	929	1025	1186	1291	1227	981	35	0
VA	19.1	27.8	1935	670	723	886	1004	1034	1013	1089	406	0
MULTI	19.4	26.7	1367	1280	956	1094	1621	1134	812	496	0	0
HALLE-N	19.5	26.3	612	1160	1088	870	429	381	2562	1658	0	0
ATRIUM	19.5	26.7	951	854	880	1245	1567	1651	1145	467	0	0
KREA	19.5	26.5	1963	1222	883	945	1337	951	1035	424	0	0
BÜRO_SEG	19.7	26.4	1135	1316	1060	1436	1534	1130	963	186	0	0
KREA_BÜRO	19.1	26.7	1460	704	667	927	1105	1172	1819	906	0	0

Tabelle 54: Sich ergebende Komfortkennwerte in den unterschiedlichen Zonen mit auftretender Stundenhäufigkeit

- Die empfundenen Temperaturen werden durch die ideale Heizung und Kühlung auf den maximal zulässigen Temperaturen von 20 bis 26°C gehalten.
- Deutlich höhere empfundene Temperaturen sind vor allem den Bereichen mit hohen solaren und inneren Lasten zu finden.

Die relativen Feuchten liegen durchgehend über 20%, wobei mit Pflanzen meist über 30% eingehalten werden können.

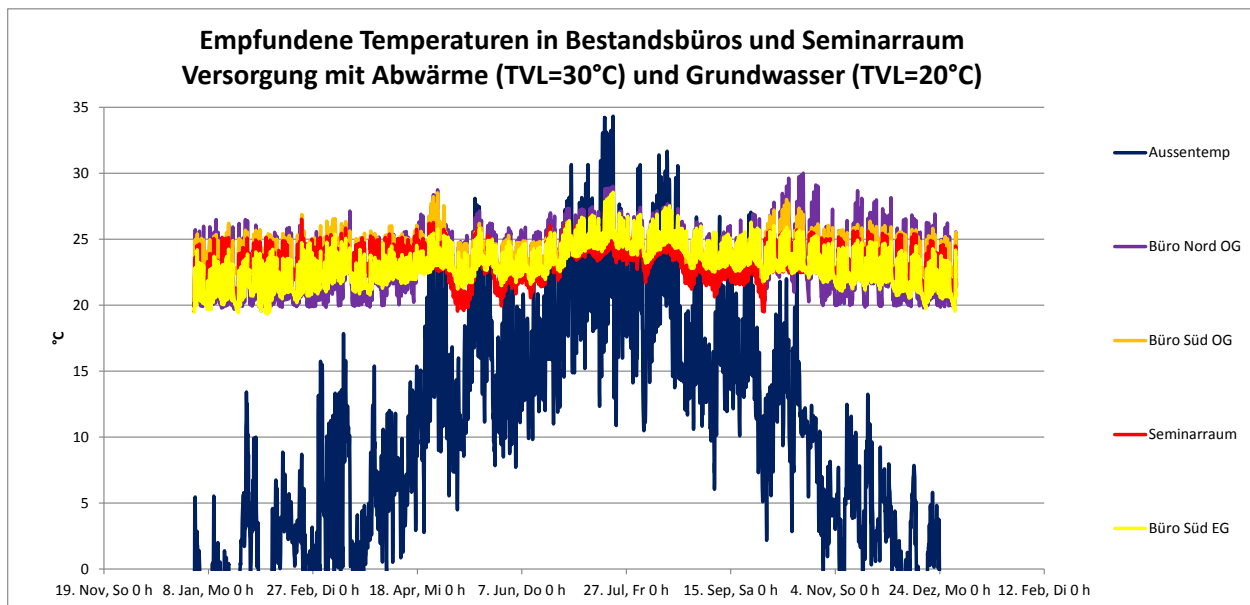


Abbildung 100: Empfundene Temperaturen in Bestandsbüros und Seminarraum bei Versorgung mit Abwärme und Grundwasser

- Die Mindesttemperatur von 20°C kann in der Betriebszeit fast durchwegs eingehalten werden, nur nach sehr kalten Wochenenden kann im Büro EG und im Seminarraum die Temperatur bei Arbeitsbeginn knapp unter 20°C liegen.
- Die Maximaltemperaturen können trotz der hohen Belegungsdichten und der hohen inneren Lasten in Hitzeperioden unter 29°C gehalten werden. Die hohen Temperaturen Ende Oktober sind einer nicht angepassten Regelung der Bauteilaktivierung geschuldet: Diese schaltet zu langsam auf Kühlen um, durch die hohen inneren Lasten steigen die Temperaturen deutlich an, in den Nordbüros mit den zum Teil konzentrierten sehr hohen Lasten und den großen Fensterflächen treten Temperaturen von fast 30°C an. Durch eine angepasste Regelung sind die hohen Temperaturen in dieser Periode vermeidbar.
- Auch in der hochsommerlichen Periode im Juli sind die hochbelegten Nordbüros am kritischsten. Außerhalb der Hitzeperiode können im Sommer 27°C als Maximaltemperaturen knapp eingehalten werden.
- Deutlich werden die hohen Schwankungen der Raumtemperaturen im Winterhalbjahr, die aus den hohen konzentrierten Lasten, der geringen Speichermasse und der nicht „idealen“ Regelung der Bauteilheizung/kühlung resultieren.

Deutlich wird, dass eine zusätzliche Kühlung vor allem in den Büros OG Bestand erforderlich ist, derzeit geplante Lösungen:

- Vorlauftemperaturen von 18°C mit entsprechend entfeuchteter Zuluft
- Zusätzlich vorgekühlte Zuluft durch Erhöhung des Luftwechsels soweit als möglich im bestehenden Netz. Eine Erhöhung ist gemäß Bestandsaufnahme Haustechnik möglich, es wird geschätzt, dass maximal 50% zusätzliches Luftvolumen eingebracht werden kann
- Optimierung der Regelung in der Übergangszeit.

Mit diesen Maßnahmen können die maximalen empfundenen Temperaturen auch im OG Bestand auf 28°C beschränkt werden.

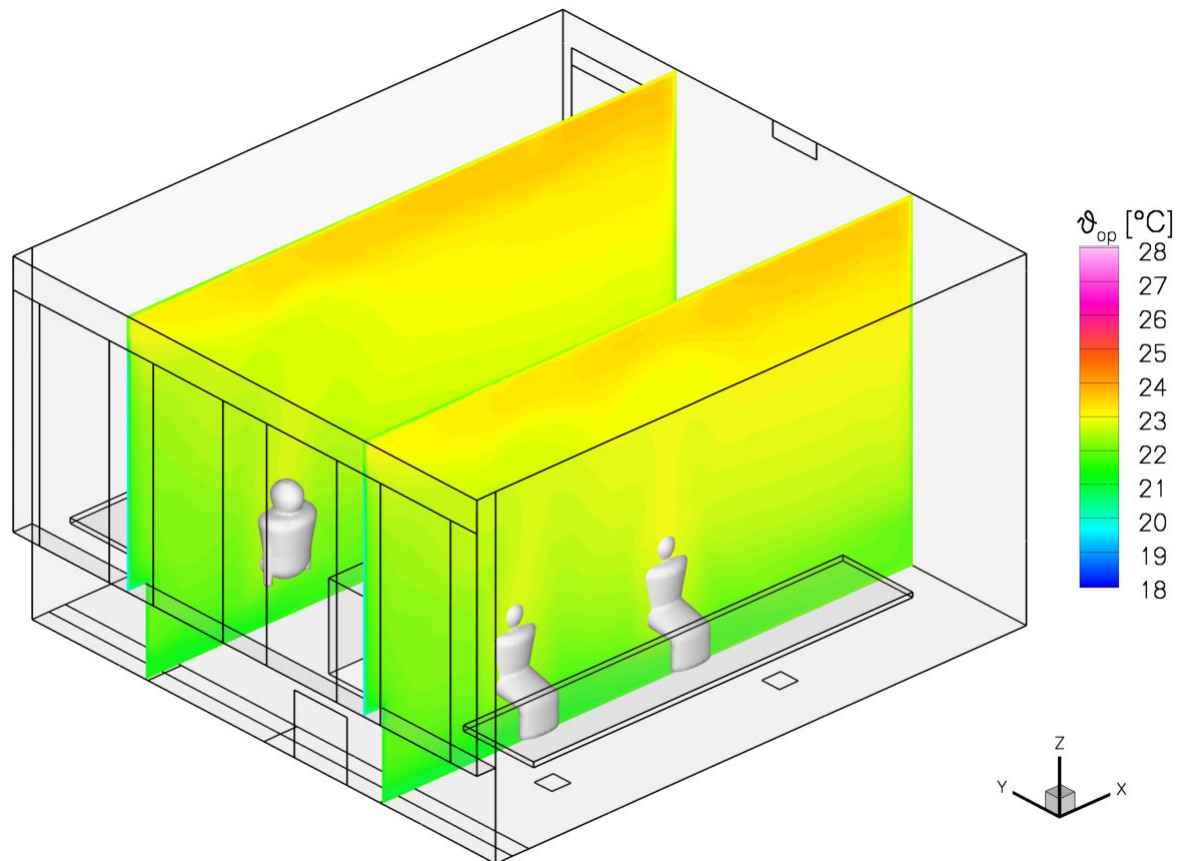


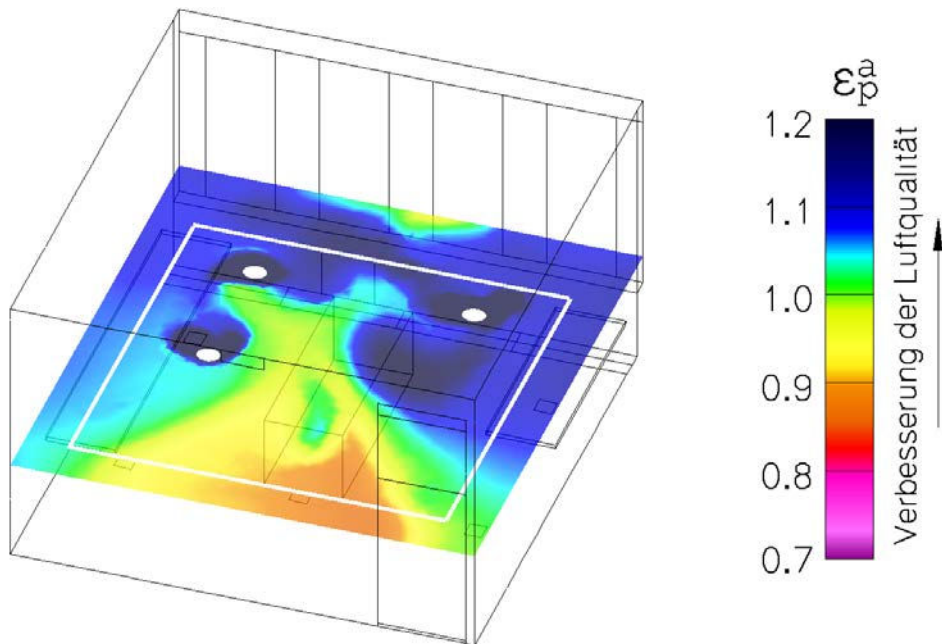
Abbildung 101: Empfundene Temperatur Deckenheizung und Quellluft

#### 12.4.6.2. Raumluftqualität

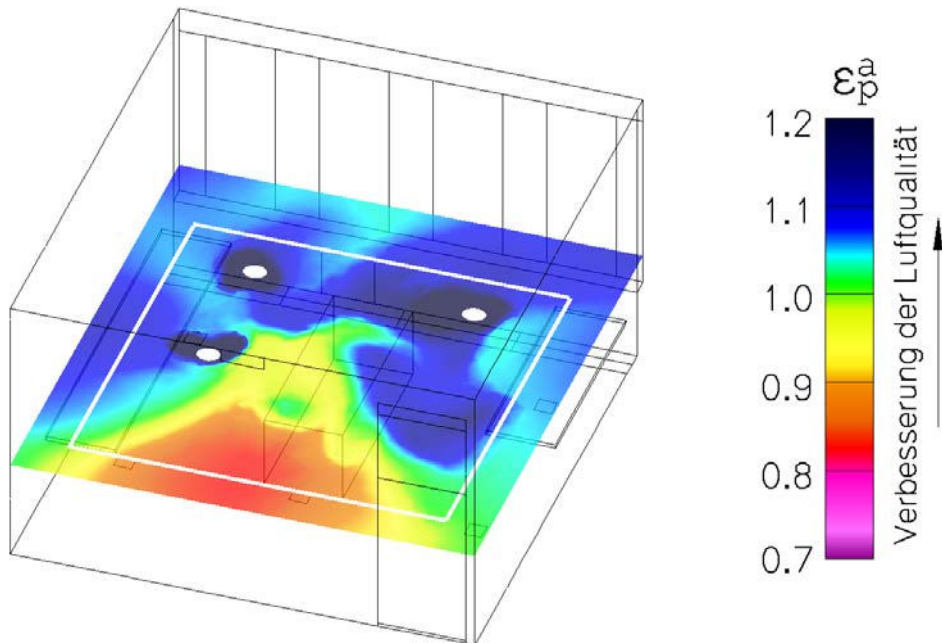
Alle Aufenthaltsräume werden über eine hocheffiziente Lüftungsanlage mit Feuchterückgewinnung mit Frischluft versorgt.

- Auf die hygienischen Bedürfnisse abgestimmte Komfortlüftung garantiert gefilterte Frischluft.
- Feuchtepufferung durch aktive Oberflächen (geölter Fußboden, Massivholzdecke unbehandelt)
- Ausreichend hohe Raumluftfeuchte im Winter durch angepassten Grundluftwechsel
- Die neuen Büroräumlichkeiten werden mit Quellluft aus Quellluftschlitzen versorgt, die Versorgung mit Wärme und Kälte erfolgt über eine Deckenheizung/kühlung. Diese garantiert ganzjährig eine hervorragende Raumluftqualität:

Sommer Quelllüftung und Kühlsegel



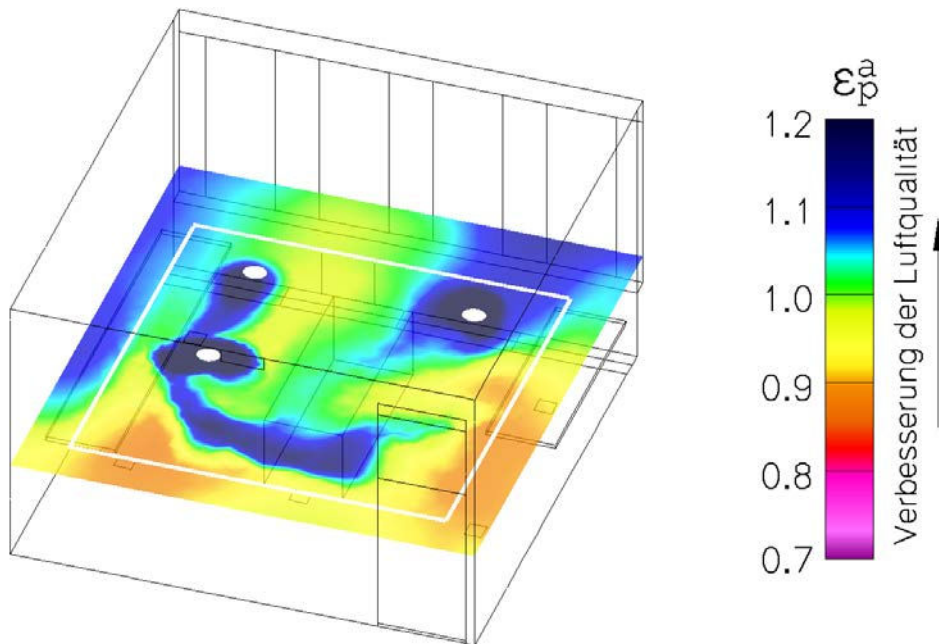
10:00



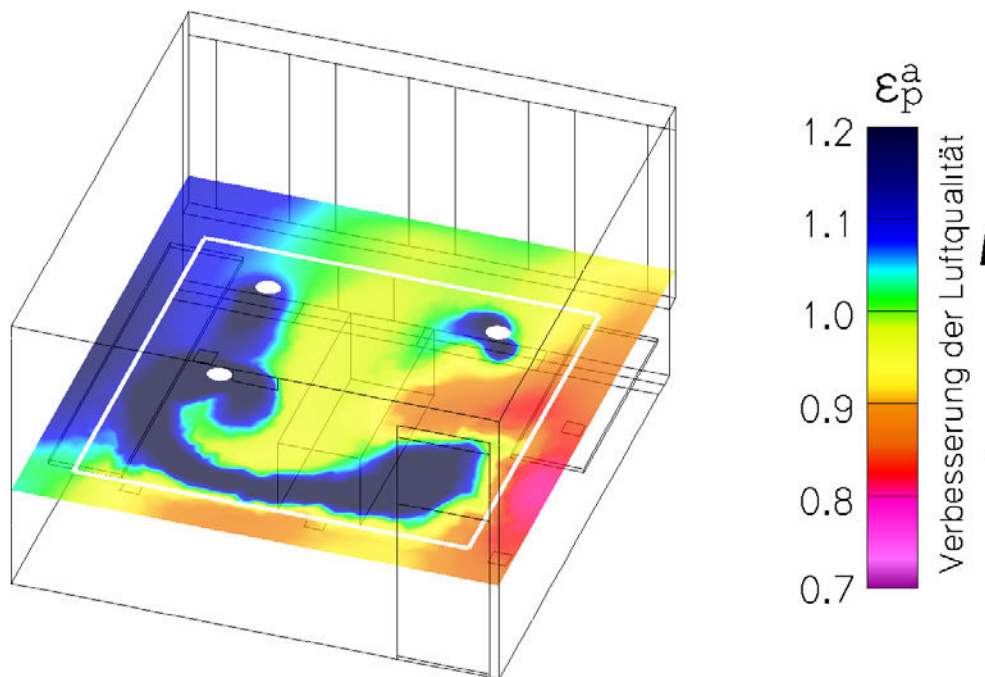
16:00

Abbildung 102: Verbesserung Luftqualität Quelllüftung und Kühlsegel Sommer

Winter: Quelllüftung und Kühlsegel



10:00



16:00

Abbildung 103: Verbesserung Luftqualität Quelllüftung und Kühlsegel Winter

Alle hochbelegten Zonen werden mit komfortoptimierten Drallauslässen von oben mit Frischluft versorgt. Die Gästehäuser werden mit üblichen Weitwurfdüsen ausgerüstet, durch die geringe Raumtiefe ist eine gute Durchspülung der Räume möglich.

### **12.4.6.3. Raumakustik**

Die raumakustische Qualität richtet sich gemäß Vorgaben der ÖNORM B 8115-3.

- Besonders hohe Anforderungen ergeben sich in der Produktionshalle neu durch die hohen Schallemissionen der Druckereimaschinen. Die Dämpfung erfolgt mit hochwertigen Absorberplatten aus Mineralschaum
- In den neuen Büroräumlichkeiten werden die Kühl/Heizdecken akustisch aktiviert, die Dämpfung erfolgt mit Schafwollgedämmstoff
- Der Veranstaltungsraum, das Restaurant, Café und Bistro werden ebenfalls über die Decke raumakustisch optimiert, auch hier werden abgehängte Decken mit Schafwolle als Absorber eingesetzt.
- Im Veranstaltungsraum und im Mediationsraum werden zusätzlich Einrichtungsgegenstände akustisch aktiviert (z.B. Stühle, im Mediationsraum auch Teppiche)
- Der Multifunktionsraum Bestand wird mit akustisch aktivierten Deckenkühlseglern (Schafwolle als Absorber) ausgerüstet.

### **12.4.6.4. Tageslicht und Besonnung**

Eine hochwertige Versorgung der Arbeitsräume mit Tageslicht ist insbesondere unter den Bedingungen der Außenverhältnisse im Melker Raum im Winter (Hochnebel) von zentraler Bedeutung für Wohlbefinden, Gesundheit und Leistungsfähigkeit der NutzerInnen.

Ein optimierter Tageslichtanteil hilft im Büro- wie Produktionstrakt hohen Stromverbrauch zu reduzieren.

Eine hohe Versorgung mit Tageslicht wurde folgendermaßen erreicht:

- Hohe Verglasungsanteile, Fenster gehen bis an die Unterkante Decke, um eine tiefe Raumausleuchtung zu erreichen, sorgfältige Auswahl der Fensterposition
- Geringe Leibungstiefen durch Leichtbauaußenwandelemente für Passivhaus
- Keine horizontalen Überstände, sondern beweglichen, regelbaren Sonnenschutz (Lamellen)
- Verhältnismäßig geringe Raamtiefen
- Produktionshallen mit Lichtversorgung von optimierten Oberlichtverglasungen mit integrierter Jalousie zum Ausblenden direkter Strahlung.
- Durchwegs helle Oberflächen innen

Die direkte Besonnung von Aufenthaltsräumen ist insbesondere im Winter von hoher Bedeutung für das Wohlbefinden der NutzerInnen. Allerdings ist diese für Arbeitsplätze mit grafischen Arbeitsplätzen nicht erwünscht. Um diese Erfordernisse zumindest über einen Arbeitstag in Einklang zu bringen, werden Pausen- und Entspannungsbereich durchwegs auch mit direkter Sonneneinstrahlung versorgt.



## 12.5. Energiekonzept und dynamische Gebäude- und Anlagensimulation Entwurf

### 12.5.1. Änderungen gegenüber Vorentwurf

- Architektur: Auf Wunsch des Bauherrn wurde das Gebäude Vorentwurf wesentlich geändert auf der Grundlage von Vorschlägen von Arch. Unterrainer. Der Eingangsbereich, Veranstaltung, Küche und Restaurant wurden in runden Formen kompakt an das Gebäude angedockt. Der Anbau der neuen Druckereihalle und die Erschließung dieser bleibt annähernd gleich. Der Mediationsraum wurde ausgelagert in ein eigenes Gebäude im Westen des Bestandes, die Hotels sind in 3 runden, eingeschossigen Gebäuden an der Südostecke positioniert. Die detaillierten Planunterlagen sind im Anhang dargestellt.
- Der Bestand bekommt keine zusätzliche Lüftungsführung, auch keine Kühlbalken. Volumenstrom Lüftungsanlage wird um 50% erhöht, Zuluft leicht entfeuchtet über Grundwasser (maximale absolute Feuchte von 11g/kg)
- Keine Fußbodenheizung in Halle Bestand, daher nur bestehendes Hochtemperatur-Heizsystem nutzbar
- Veranstaltung mit geändertem Belüftungs/Kühlsystem (2Var)
- In Raumbuch und Maschinenliste dargestellte Änderungen
- 2 Windräder mit 30 kW im derzeitigen Konzept enthalten
- 20 m<sup>2</sup> Solaranlage anstatt 30 m<sup>2</sup>
- PV-Anlage um 30% vergrößert (ca. 500 m<sup>2</sup> mehr Fläche)

### 12.5.2. Entwurf: Beschreibung und Berechnungsannahmen Änderungen

#### 12.5.2.1. Geometrische Grundlagen

##### 12.5.2.1.1. Zonierung

Das Gebäude Entwurf wurde wie folgt zониert:

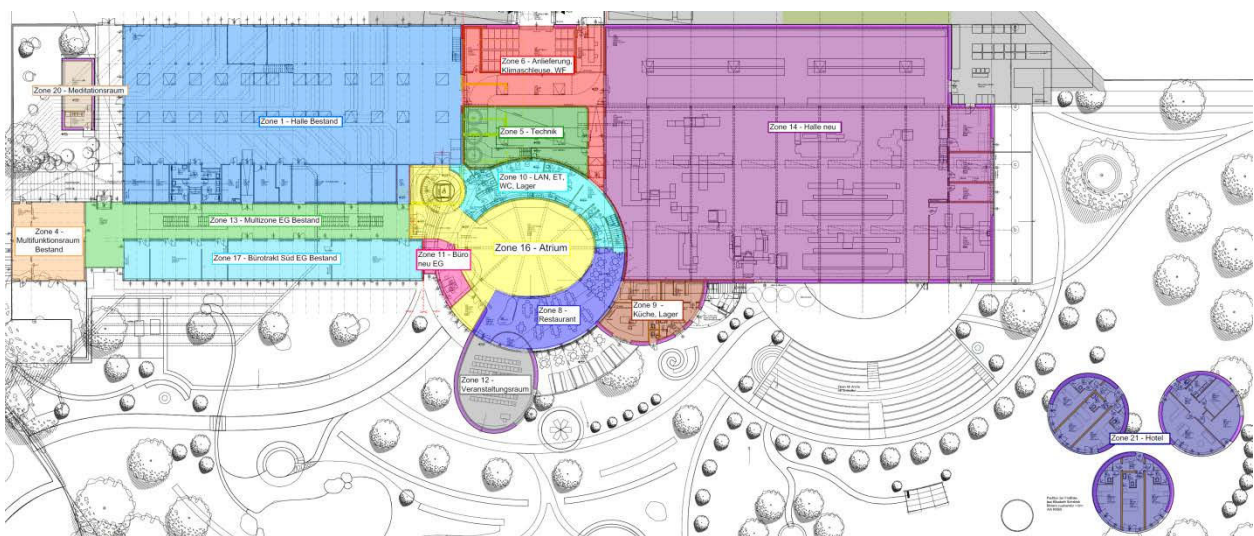


Abbildung 104: Zonierung des Erdgeschoßes

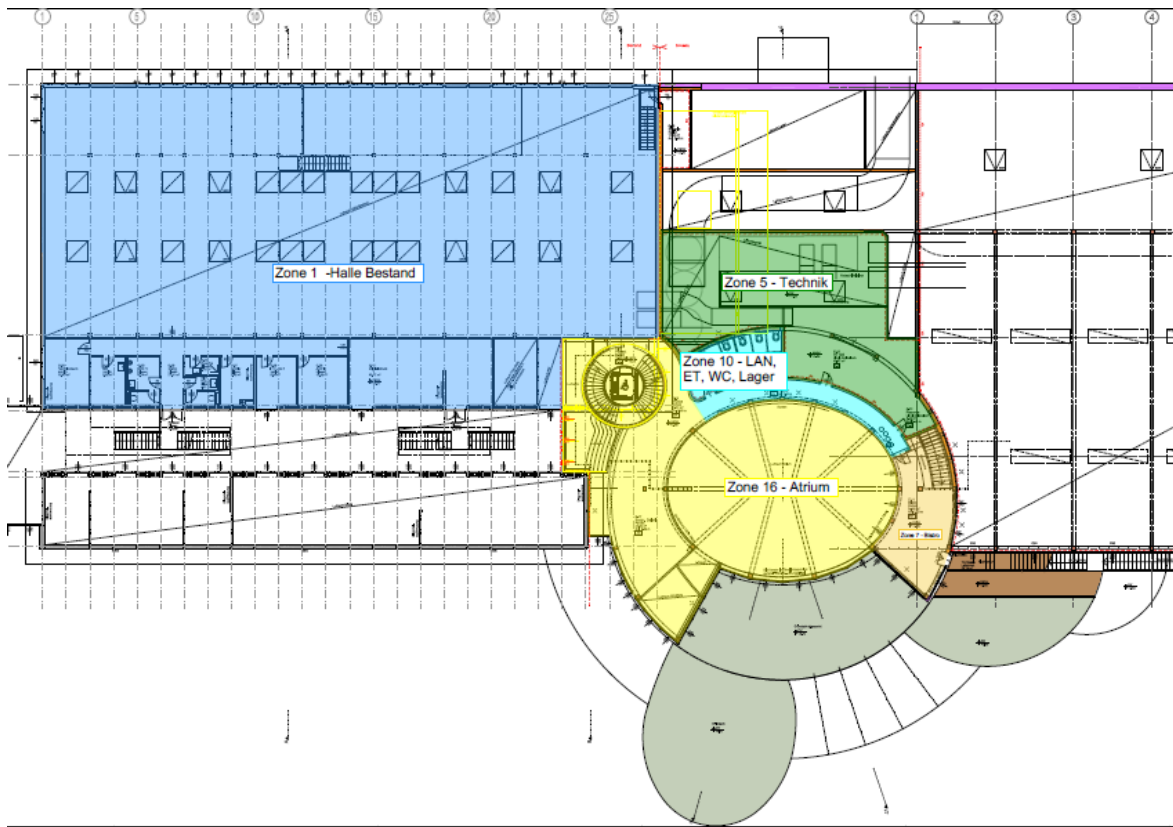


Abbildung 105: Zonierung des Zwischengeschoßes

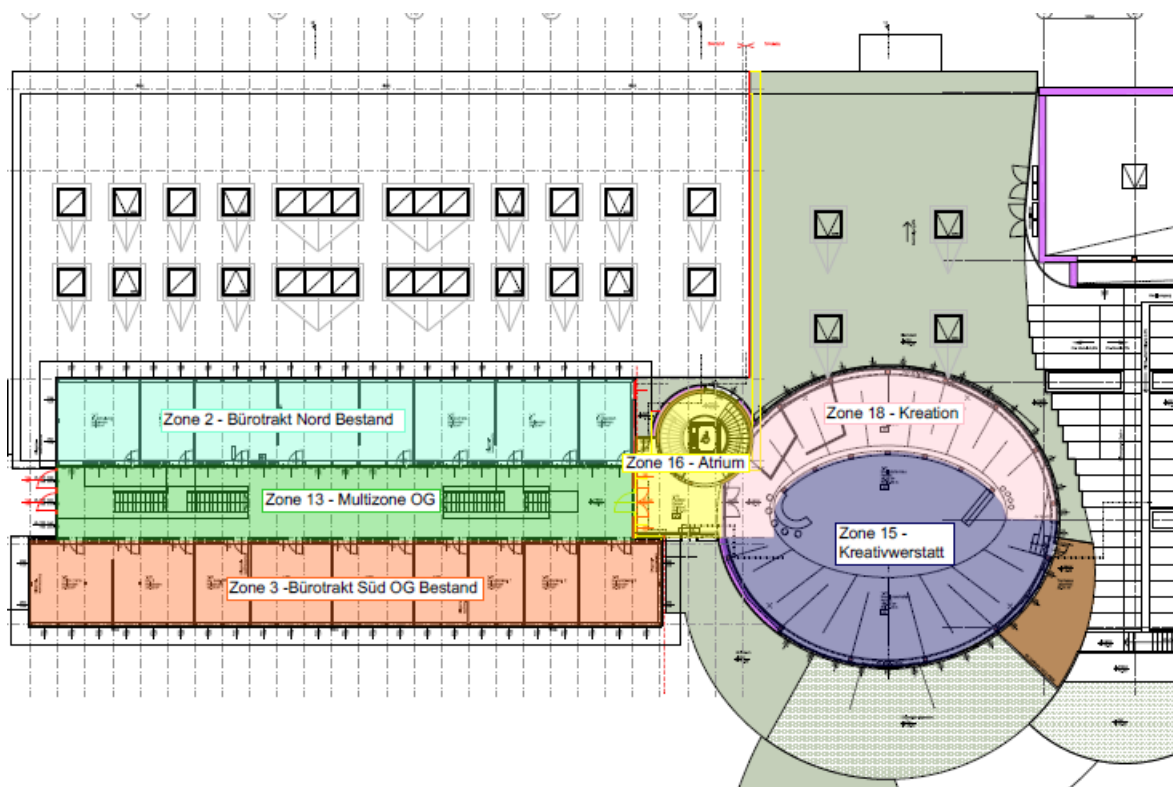


Abbildung 106: Zonierung des Obergeschoßes

Wesentliche Angaben aus dem Raumbuch:

Nr.		Personen- anzahl max	Personenanzahl Simulation	Nutzfläche m <sup>2</sup>	Netto- Volumen m <sup>3</sup>
1	Halle Bestand	10	10	1102.5	4873.5
2	Bürotrakt Nord	20	20	203.1	565.8
3	Bürotrakt Süd OG	22	22	169.4	471.9
4	Multifunktionsraum	25	25	89.3	411.8
5	Technik	0	0.5	138.2	676.0
6	Anlieferung, Klimaschleuse,WF	0	0.5	247.6	1061.0
7	Bistro	10	10	34.5	86.3
8	Restaurant	80	80	101.8	325.8
9	Küche, Lager	9	9	73.7	201.9
10	Lan+ET,WC, Lager	0	1	136.8	339.3
11	Büro neu EG	4	4	29.9	74.8
12	Veranstaltungsraum	80	80	79.3	301.5
13	Multizone OG	0	10	118.4	422.6
14	Halle Neu	0	10	1597.1	9294.9
15	Kreativwerkstatt	9	9	197.0	591.0
16	Atrium	221	221	372.2	1599.5
17	Bürotrakt Süd EG	33	33	187.8	805.0
18	Kreation	20	15	83.5	250.5
19	Multizone EG	100	10	207.3	845.8
20	Meditationsraum	15	15	29.1	81.3
21	Hotel	18	18	192.3	577.0
<b>Summe</b>		<b>676</b>	<b>603</b>	<b>5390.8</b>	<b>23857.3</b>

Tabelle 55:Wesentliche Angaben zu den verschiedenen Zonen

## 12.5.2.2. Bauteilaufbauten opak

Im Anhang sind die wesentlichen Aufbauten gemäß Unterlagen Architekt angeführt.

<b>Aussenwände</b>		
HFA	<b>AW01</b>	<b>Holzständerwand, HL, mit VS</b>
		<b>Büros, Veranstaltung</b>
	<i>REI60</i>	mit Installationsebene, lt. Dataholz HFA: awrhi06a-09
	<b>NR</b>	<b>[cm]</b> <i>R...recycros</i>
	1	5,00 Lärchenlamellen 5/5 cm , vertikal
R	3	3,00 Lattung 3/5cm (Material von Baustoffbörse)
	12	- PE-Winddichtung, diffusionsoffen, UV- beständig
R	4	2,50 Diagonalholzschalung (Material von Baustoffbörse)
R/HFA	5	40,00 Holzrahmenkonstruktion mit Strohdämmung
	14	- PE-Dampfbremse
R	4	2,50 Diagonalholzschalung (Material von Baustoffbörse)
	6	5,00 Lattung, dazwischen Schafwolle
	33	1,25 1x GKF- Platte (C2C)
		<b>59,25</b> <i>Gesamt</i>
<hr/>		
HFA	<b>AW02</b>	<b>Holzständerwand, HL, ohne VS</b>
		<b>Halle</b>
	<i>REI30</i>	ohne Installationsebene, lt. Dataholz HFA: awrho06a-06
	<b>NR</b>	<b>[cm]</b> <i>R...recycros</i>
	2	2,00 Lärchenschalung, geschlossen, waagrecht
R	3	3,00 Lattung 3/5cm (Material von Baustoffbörse)
	12	- PE-Winddichtung, diffusionsoffen, UV- beständig
R	4	2,50 Diagonalholzschalung (Material von Baustoffbörse)
R/HFA	5	40,00 Holzrahmenkonstruktion mit Strohdämmung
	14	- PE-Dampfbremse
R	4	2,50 Diagonalholzschalung (Material von Baustoffbörse)
	33	1,25 1x GKF- Platte (C2C)
		<b>51,25</b> <i>Gesamt</i>

## Fussböden

<b>FB01 Fußboden zu Erdreich, schwimm. Estrich</b>			
<b>Büros, Veranstaltung</b>			
NR	[cm]	<i>R...recycros</i>	
	30	1,00	Steinzeugfliesen
R	31	0,50	Mineral. Kleber
	40	7,00	Zementestrich (Fußbodenheizung)
	15	-	Trennlage PE-Folie
R	9	1,50	Glaswolle
R	43	5,00	Schwere Splittschüttung, RC Material, ungebunden, verdichtet
R	39	25,00	Fundamentplatte Slagstar, WU, lt. Statik
	17	-	Schutzfolie, Papier
R	8	40,00	Schaumglasschotter, Variable Dämmstärke lt. Bauphysik
	16	-	Schutzfolie, Geotextil
		-	Rohbauplanum
		<b>80,00</b>	<i>Gesamt</i>
		<b>10,00</b>	<i>Bodenaufbau</i>
<b>FB02 Fußboden zu Erdreich, aufgeständert</b>			
<b>Pavillons, Meditationsraum</b>			
NR	[cm]	<i>R...recycros</i>	
	29	2,00	Holzboden, schwimmend
R	6	0,50	Schafwolle- Filz
	36	2,20	Gipsfaser Trockenunterboden zB: Knauf Vidifloor
R	9	3,00	Glaswolle, nur in Pavillons
R	43	4,00	Schwere Splittschüttung, RC Material, verdichtet
	14	-	PE-Dampfbremse
R	4	2,50	Diagonalholzschalung (Material von Baustoffbörse)
R	5	40,00	Holzrahmenkonstruktion mit Strohdämmung
R	4	2,50	Diagonalholzschalung (Material von Baustoffbörse)
	12	-	PE-Winddichtung, diffusionsoffen
		8,00	Lattung/ Hinterlüftung
	4	3,00	Schalung
		<b>67,70</b>	<i>Gesamt</i>
		<b>11,70</b>	<i>Bodenaufbau</i>
<b>FB03 Fußboden zu Erdreich, Verbundestrich</b>			
<b>Halle</b>			
NR	[cm]	<i>R...recycros</i>	
	41		Beton- Imprägnierung
	40	10,00	Verbundestrich (Fußbodenheizung)
R	39	25,00	Fundamentplatte Slagstar, WU, lt. Statik
	17	-	Schutzfolie, Papier
R	8	40,00	Schaumglasschotter, Variable Dämmstärke lt. Bauphysik
	16	-	Schutzfolie, Geotextil
		-	Rohbauplanum
		<b>75,00</b>	<i>Gesamt</i>
		<b>10,00</b>	<i>Bodenaufbau</i>
			<i>Unterbau</i>

**Holzrahmenbauweise**

[cm]	R...recycros
HFA...Abklärung Klassifiz. mit Holzforschung Austria	

**Decken****DE01 Geschoßdecke mit KLH , Trockenestrich***REI60* **Decke GG zu OG, 48 dB: Bistro, Bespr. Galerie**

NR	[cm]	R...recycros
R	29	2,00 Holzboden, schwimmend
	6	0,50 Schafwolle- Filz
	36	2,20 Gipsfaser Trockenunterboden zB: Knauf Vidifloor
R	9	3,00 Glaswolle
	43	10,00 Schwere Splittschüttung, RC Material, ungebunden, verdichtet
R		Rieselschutz
	24	20,00 KLH 20 cm
R	35	10,00 Abgeh. Akustik- Kühldecke 20 mm+ Dämmung, Abhängehöhe: Büros 10 cm
		37,70 <i>Gesamt</i>
		17,70 <i>Bodenaufbau</i>
<i>Elementpreis ohne Bodenaufbau</i>		

**DE02 Geschoßdecke mit KLH, Trockenestrich***REI60* **Decke EG zu GG, 48 dB: Restaurant, VA-Raum**

NR	[cm]	R...recycros
R	29	2,00 Holzboden, schwimmend
	6	0,50 Schafwolle- Filz
	36	2,20 Gipsfaser Trockenunterboden zB: Knauf Vidifloor
R	9	3,00 Glaswolle
R	43	10,00 Schwere Splittschüttung, RC Material, ungebunden, verdichtet
		Rieselschutz
	24	20,00 KLH 20 cm
	35	10,00 Abgeh. Akustik GK- Decke Abhängehöhe: VA-Raum 25 cm , Restaurant 10 cm
		47,70 <i>Gesamt</i>
		17,70 <i>Bodenaufbau</i>
<i>Elementpreis ohne Bodenaufbau</i>		

**DE03 Geschoßdecke mit Sichtträger, Trockenestrich***REI60* **Decke Atrium zu OG, 48 dB**

NR	[cm]	R...recycros
R	29	2,00 Holzboden, schwimmend
	6	0,50 Schafwolle- Filz
	36	2,20 Gipsfaser Trockenunterboden zB: Knauf Vidifloor
R	9	3,00 Glaswolle
R	43	10,00 Schwere Splittschüttung, RC Material, ungebunden, verdichtet
		- Rieselschutz
	24	16,00 KLH 16 bzw. tiw. 20
		50,00 Träger lt. Statik, zB: 30/35-50
R?		10,00 Lattung auf Federbügel (Material von Baustoffbörse)
	25	5,00 Holz Akustikelemente, mit Lochung, zwischen Trägern abgehängt
		83,70 <i>Gesamt</i>
		17,70 <i>Bodenaufbau ohne Akustikanforderung</i>

**Holzrahmenbauweise**

[cm]	R...recycros
	HFA...Abklärung Klassifiz. mit Holzforschung Austria

**Dächer****DA01 Flachdach Sandwich/ ext. Begrünung**

REI60 Dach über OG

NR	[cm]	R...recycros	
R	19	10,00	Substrat Gründach Extens. mit Ziegelsplitt
	20	-	PP-Filtervlies
R	21	5,00	Dränschicht, RC Material
R	22	1,00	RC Gummigranulat-Schutzmatte
	13	0,20	EPDM Abdichtung
R?	4	2,40	Holzschalung
		12,00	Hinterlüftung/Dampfentspannung zwischen Holzlatten
	18	-	diff.offenen PE-Dachauflegebahn, strömungsdicht verschweisst
	4	2,40	Holzschalung
R	5	50,00	Sandwichelement mit Träger 12/50, e=60-80, dazwischen Strohdämmung
	14	-	PE Dampfbremse
	24	8,00	KLH- Platte 3s
	35	10,00	Abgeh. Akustik- Kühldecke 20 mm+ Dämmung, Abhängehöhe: Büros 10 cm , Mittelbereich 50 cm
		101,00	Gesamt

**DA02 Flachdach Holz- Leichtbau mit PV**

REI30 Dach über Halle mit KLH

NR	[cm]	R...recycros	
R		10,00	PV Paneel mit Unterkonstruktion
R		10,00	Kies- Teilflächen
R	22	1,00	RC Gummigranulat-Schutzmatte
	13	0,20	EPDM Abdichtung
R?	4	2,40	Holzschalung
		12,00	Hinterlüftung/Dampfentspannung zwischen Holzlatten
	18	-	diff.offenen PE-Dachauflegebahn, strömungsdicht verschweisst
	4	2,40	Holzschalung
R	5	50,00	Sandwichelement mit Träger zB. 12/50, e=60-80, dazwischen Strohdämmung
	14	-	PE Dampfbremse
	24	6,00	KLH- Platte 3s
	10	0,00	AkustikBaffel zB. fa. Isolena OPTIMAL, h= 90 cm
		94,00	Gesamt

**Innenwände****IW01 Innenwand nichttragend (Lignotrend)**

NR	[cm]	R...recycros	
	33	1,25	GKB- Platte (C2C)
	26	7,40	Trennwandständer-Systemsteher Lignotrend Uni*versa
R	11		dazwischen Schafwolle 60 mm
	33	1,25	GKB- Platte (C2C)
		9,90	Gesamt

**IW02 Innenwand tragend**

NR	[cm]	R...recycros	
	33	1,25	GKB- Platte (C2C)
R	28	16,00	Holzrahmenkonstruktion 16-30 cm
	11	16,00	dazwischen Schafwolle 160 mm bzw. Strohdämmung
	33	1,25	GKB- Platte (C2C)
		34,50	Gesamt

Wärme- und Schallschutz ist für die wesentlichen Bauteile nachfolgend dargestellt:

Nr	Bauteil Bezeichnung	U [W/m²K]		R <sub>w</sub> [dB]		L <sub>n,T,w</sub> [dB]	
		Ist	Soll	Ist	Soll	Ist	Soll
AWI1	Holzständerwand, HL, mit VS	0.13	0.35	51	47	-	-
AWI2	Holzständerwand, HL, ohne VS	0.14	0.35	47	43	-	-
FB01	Fußboden zu Erdreich, mit Aufbau	0.20	0.40	-	-	-	-
FB02	Fußboden zu Erdreich, aufgeständert	0.13	0.20	-	-	-	-
FB03	Fußboden zu Erdreich, Unterseite gedämmt	0.23	0.40	-	-	-	-
DE01	Geschoßdecke Tramdecke mit Hohlrumboden	-	-	>=58dB	50	<=48dB, ca. 46dB	48
DE02	Geschoßdecke Tramdecke Galerie	-	-	>=58dB	50	<=48dB, ca. 46dB	48
DE03	Geschoßdecke Tramdecke OG	-	-	>=58dB	50	<=48dB, ca. 46dB	48
DA01	Flachdach Holz- Leichtbau/ ext. Begrünung	0.11	0.20	47	47	-	-
IW1	Innenwand nichttragend (Lignotrend)	0.55	-	45	-	-	-
IW2	Innenwand tragend	0.55	-	45	-	-	-
IW3	Innenwand tragend, REI90, A2	2.88	-	60	-	-	-
IW4	Innenwand nichttragend, 42 dB, REI60	0.53	-	44	-	-	-

Tabelle 56: Wärme- und Schallschutz der wesentlichen Bauteile

### 12.5.2.3. Fenster

Einsatz von 3 Scheibenisolierverglasung mit thermisch entkoppelten Randverbund, hochwertiger Holzrahmen, wärmebrückenarmer Einbau:

- $U_G = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $\Psi_g = 0.035 \text{ W/mK}$
- $U_F = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- g-Wert = 0,5

Diese hochwertige Verglasung wird auch für die Ertüchtigung des Bestandes eingesetzt.

Die Oberlichten in der Halle alt wird ebenfalls durch hochwertige Oberlichten ersetzt und möglichst wärmebrückenfrei eingesetzt ( $U_{w,eff} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

### 12.5.2.4. Sonnenschutz

- Süd- Ost- Westseitig außenliegender Sonnenschutz  $F_c = 20\%$ , fein gelochte Lamellen
- Nordseitig hochwertige innenliegende Verschattung bzw. im Bestand bestehende Verschattung erhalten.
- Im Bürobereich mit sehr hohen inneren Lasten (z.B. Kreativbereich) ist ein detaillierte Analyse zwischen Sonnenschutz, Tageslichtversorgung und gewünschter Lichtabschattung für hochwertige Computerarbeit erforderlich. Die derzeitige Annahme in der Simulation unterstellt keine Konkurrenz, d.h. der Sonnenschutz mindert nicht die Tageslichtnutzung.

Regelstrategie: Wenn Globalstrahlung auf Fassade größer  $150 \text{ W/m}^2$ , wird Sonnenschutz geschlossen. Individuell übersteuerbar.



Das Öffnen wegen zu starken Windes ist noch nicht enthalten!

### 12.5.2.5. Luftdichtigkeit

### 12.5.2.6. Innere Lasten, Strombedarf

#### 12.5.2.6.1. Personen

siehe Kapitel Annahmen Vorentwurf

#### 12.5.2.6.2. Arbeitshilfen

siehe Kapitel Annahmen Vorentwurf

Beleuchtung

	Installierte Leistung	Regelung (immer manuell ein, automatisch aus)
	W/m <sup>2</sup>	1-manuell, 2-tageslichtabhängig ein/aus 3-tageslichtabhängig dimmend, 4-Anwesenheit
Büro Standard	8.8	3,4
Kundenbetreuung	8.8	3,4
Medientechnik	10	3,4
Kreation/Graphik	10	3,4
Teeküchen	5	4
Toiletten	10	4
Gangbereich mit Kommunikationsinseln	7.5	3,4
Gangbereich Verkehrsfläche	4.5	3
Serverraum	12.2	1
Druckerei neu	6.8	3
Lagerhalle (Druckerei alt)	4.5	4
Lagerhalle neu	5.0	4
Bistro	15	2
Veranstaltung/Seminar	13.8	4
Hotel	15	1

Tabelle 57: Installierte Leistung und Regelung der Beleuchtung der verschiedenen Zonen

### 12.5.2.6.3. Maschinen

siehe Kapitel Annahmen Vorentwurf

Aus den Lastprofilen wurden vorab die wesentlichen Stromabnehmer wie folgt abgeleitet:

	Niedrige Auslastung	Hohe Auslastung	Niedrige Auslastung	Mittelwert	Hohe Auslastung
	kW	kW	kWh/a	kWh/a	kWh/a
Grundlast	20	20	175'200	175'200	175'200
Büro/Kreativ	30	30	205'920	205'920	205'920
Produktion ohne Druckereimaschine	20	50	137'280	240'240	343'200
Druckereimaschinen	0	40	0	52'000	104'000
Summe	70	140	518'400	673'360	828'320

Tabelle 58: Angaben zu den wesentlichen Stromabnehmern

Der Strombedarf im Jahr 2011 liegt bei knapp 600000 kWh/a, also zwischen Niedriger und mittlerer Auslastung.

Es ergibt sich das folgende Profil für einen typischen Wochentag. Am Samstag ist nur die große Druckereimaschine bis Mittag in Betrieb, am Sonntag ist ausgeschaltet.

Wochentag	Strombedarf CD102 Druckereimaschine	Strombedarf SM52 Druckereimaschine	Abwärme Wasser_CD 102	Abwärme Wasser_SM 52	Abwärme Abluft_CD10 2	Abwärme Abluft_SM52	Stromaufnahme gesamt	Abgabe Kühlwasser gesamt	Abgabe Abluft gesamt
h	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
1	12.53	7.29	0.00	0.00	1.25	0.73	19.82	0.00	1.98
2	12.53	7.29	0.00	0.00	1.25	0.73	19.82	0.00	1.98
3	12.53	7.29	0.00	0.00	1.25	0.73	19.82	0.00	1.98
4	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
5	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
6	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
7	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
8	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
9	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
10	12.53	7.29	0.00	0.00	1.25	0.73	19.82	0.00	1.98
11	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
12	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
13	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
14	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
15	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
16	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
17	12.53	7.29	0.00	0.00	1.25	0.73	19.82	0.00	1.98
18	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
19	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
20	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
21	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
22	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
23	20.37	9.26	7.85	1.80	1.24	0.90	29.62	9.65	2.14
24	12.53	7.29	0.00	0.00	1.25	0.73	19.82	0.00	1.98
Jahr	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
Gesamt	123'875	54'911	38'919	8'436	8'455	5'361	<b>178'785</b>	<b>47'355</b>	<b>13'816</b>
spezifisch	kWh/m²a	kWh/m²a	kWh/m²a	kWh/m²a	kWh/m²a	kWh/m²a	kWh/m²a	kWh/m²a	kWh/m²a
	72.70	32.22	22.84	4.95	4.96	3.15	104.92	27.79	8.11

Tabelle 59: Nutzungsprofil eines typischen Wochentags

Der angenommene Strombedarf in den Szenarien ergibt sich wie folgt:

<b>Stromaufnahme Druckereimaschinen</b>		Strombedarf/Jahr
Bezeichnung		kWh/a
Mittel/Ausgangsvariante		178'785
Niedrig		89'393
Hoch		357'571

Anmerkung: In IW1 wird eine verkürzte Betriebszeit angenommen.

Halle Bestand:

Annahme Leistung für Maschinen 40 kW bei einer Gleichzeitigkeit von 20%

Sonstiges:

In der Technikzone wird eine Wärmeabgabeleistung von 1 W/m<sup>2</sup> angenommen.

Insgesamt wird mit dem folgenden Strombedarf Prozesse gerechnet:

Prozessstrom	kWh/a
Server Rest (ohne interne Verwaltung)*	37'248
Druckmaschinen	178'785
Digitaldruck	44'615
Druckluft	1'000
Sonstiges	9'790
<b>Gesamt</b>	<b>271'439</b>
Spezifisch	kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Gesamt</b>	<b>50.3</b>

\* Anmerkung: Der Serverstrom wird in einen Teil interne Verwaltung, der im Nutzerstrom mitbilanziert wird und den Rest geteilt, der als Dienstleistung unter den Prozessstrom fällt.

Tabelle 60:Angaben zu dem Strombedarf verschiedener Prozesse

### 12.5.2.7. Haustechnik

Wärmeabgabe über Flächensysteme

- EG Fußboden und Zuluft (Ausnahme eventuell Veranstaltung)
- OG Deckenkühlung und -heizung
- Halle alt ohne eigene Kühlung, keine Fußbodenheizung
- Be/Entfeuchtung der Produktionshalle
- Büro: Zuluft wird leicht entfeuchtet. Vorab keine Befeuchtung (nur durch Pflanzen, Feuchterückgewinnung)
- Kontrollierte Be- und Entlüftung mit Doppelrotationswärmetauscher, Wärmerückgewinnungsgrad mind. 85%, Feuchterückgewinnungsgrad 50%
- Bedarfsgerechte Regelung, außerhalb Betrieb ausgeschaltet
- Hocheffiziente Ventilatoren, Zielwert Strombedarf 0.4Wh/m<sup>3</sup>

Stromsparen

- Bedarfsgerechte Lüftung eventuell mit CO<sub>2</sub>-Steuerung, hocheffiziente Ventilatoren, hocheffiziente Pumpen, niedriger Druckverluste durch Leitungen und Einbauten
- Übergangszeit Fensterlüftung
- Größtmögliche Tageslichtnutzung
- Hocheffiziente Beleuchtung
- Winterhalbjahr Kühlung Serverraum, mit Nutzung Kamineffekt
- Automatische Ausschaltung aller Computer und Arbeitshilfen außerhalb Betriebszeiten (Reduktion Standby, Reduktion Kühlbedarf)

### 12.5.3. Energieerzeugung

#### 12.5.3.1. Abwärmenutzung Druckereimaschinen, Druckluft, Serverräume

- Kühlwasser Druckmaschine für Heizung Büros Bestand und gesamter Zubau (Fußbodenheizung besonders effizient)
- Abwärme in der Abluft der Druckmaschinen wird über einen Luft/Luftwärmetauscher rückgewonnen und für die Beheizung des Altbaus über das Zuluftsystem genutzt (teilweise Vorheizung Zuluft Verwaltung)
- Nutzung Expansionskälte nach Druckluftspeicher für Kühlung
- Die Hallen werden im Herbst per Abwärme möglichst vorgeheizt (Bodenplatte), da diese Abfallwärme sonst nicht genutzt werden kann. Eine erhöhte Befeuchtung muss in dieser Zeit in Kauf genommen werden
- Nutzung Serverabwärme derzeit noch nicht vorgesehen.
- Einen hohen Anteil an konventioneller Wärme braucht Halle neu, da Hochtemperaturabgabesystem.

### **12.5.3.2. Energieversorgung**

- PV-Anlage auf Dach neue Lagerhalle ( ca. 230 kWp, ca. 1900 m<sup>2</sup>)
- Kleinwindräder: Gesamt 30 kW (2 Windräder),
- Kleine solarthermische Anlage für Warmwasserbereitung Küchen, Duschen und Gästehaus (20 m<sup>2</sup>)
- Nutzung Brunnenwasser für Kühlung Zuluft, in Teilbereichen auch als Deckenkühlung und Fußbodenkühlung
- Der Restbedarf an Wärme über Erdgas/Biogas Kraftwärmekopplung 20 kW, Backup bestehende Erdgasheizung für Aufheizen nach Ferien etc.
- Backup Kälte Kompressionskälte (Spitzen, Serverkühlung)

### **12.5.3.3. Speicher**

- Gebäudestruktur, insbesondere die Bodenplatten der neuen Bereiche werden für Zwischenspeicherung genutzt, bzw. geladen, wenn Überangebot an Abwärme oder solarer Wärme besteht.
- Wärmespeicherung in Pufferspeichern, insgesamt 20 m<sup>3</sup>, hochwärmegeklämmt und damit Speicherung über längere Zeitperioden. Auch für Erreichen von höheren Laufzeiten KWK gut geeignet.
- Im Sommer wird 1 Pufferspeicher auch für Speicherung von Grundwasserkälte verwendet, um bei Bedarf höhere Leistungen zu fahren.
- Druckluftspeichern für die kurzfristige Zwischenspeicherung von elektrischer Energie
- Speicherung von elektrischer Energie in zukünftigen Elektromobilen

### **12.5.4. Ergebnisse Einzelzonen**

Für einige typische Zonen werden detaillierte Ergebnisse dargestellt, die energetische Bewertung erfolgt gemeinsam über das gesamte Gebäude.

#### **12.5.4.1. Druckhalle neu**

##### **12.5.4.1.1. Varianten Wärmedämmung Bodenplatte**

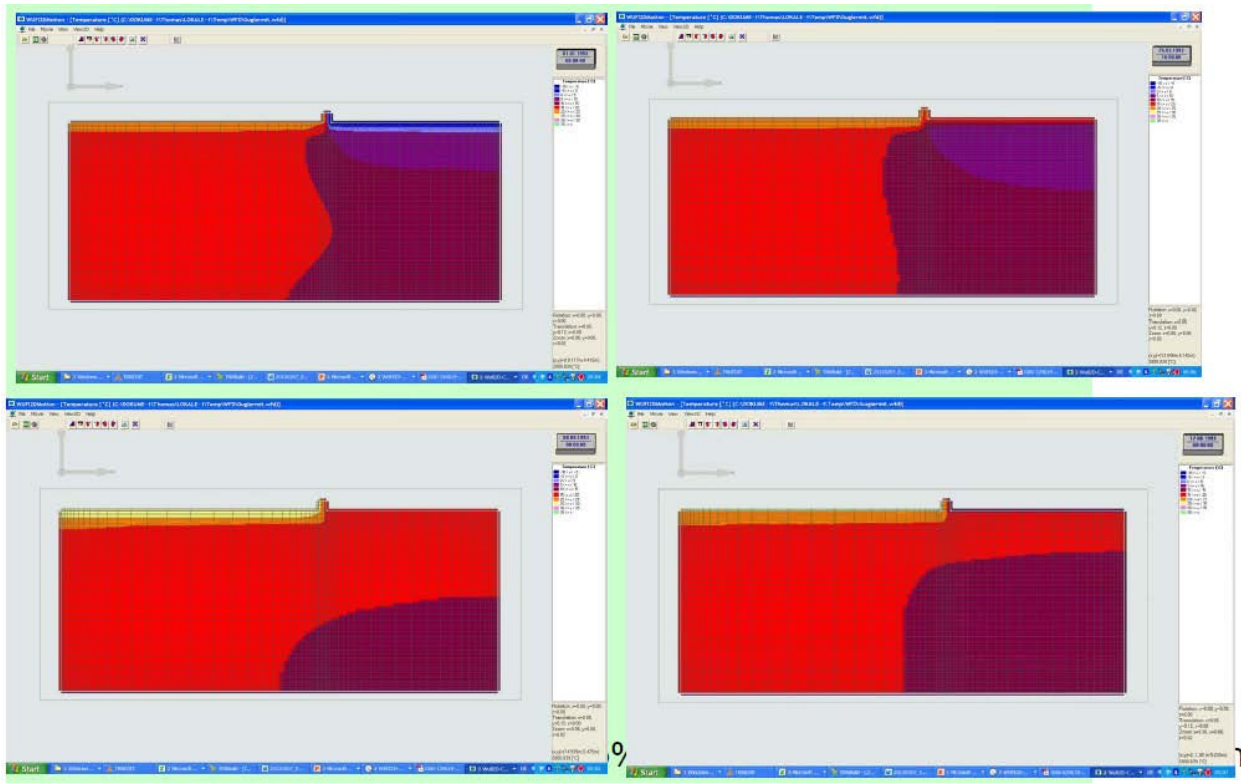


Abbildung 107: Temperaturprofile unterschiedlicher Dämmvarianten der Bodenplatte

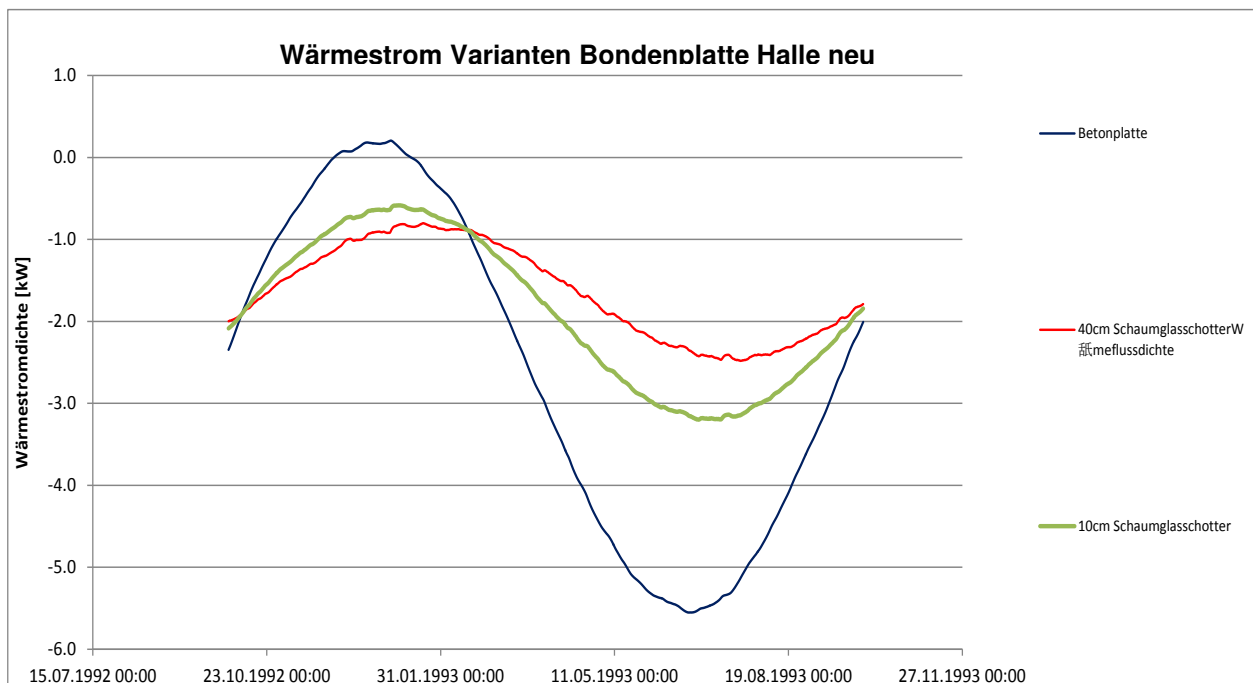


Abbildung 108: Wärmestromdichte der unterschiedlichen Bodenplattenvarianten

- Faktor 1 zu 3 zwischen Winter und Sommer!
- In mitteleuropäischen Klima ist meist der Winter relevanter, allerdings relativiert sich das bei hohen inneren Wärmen

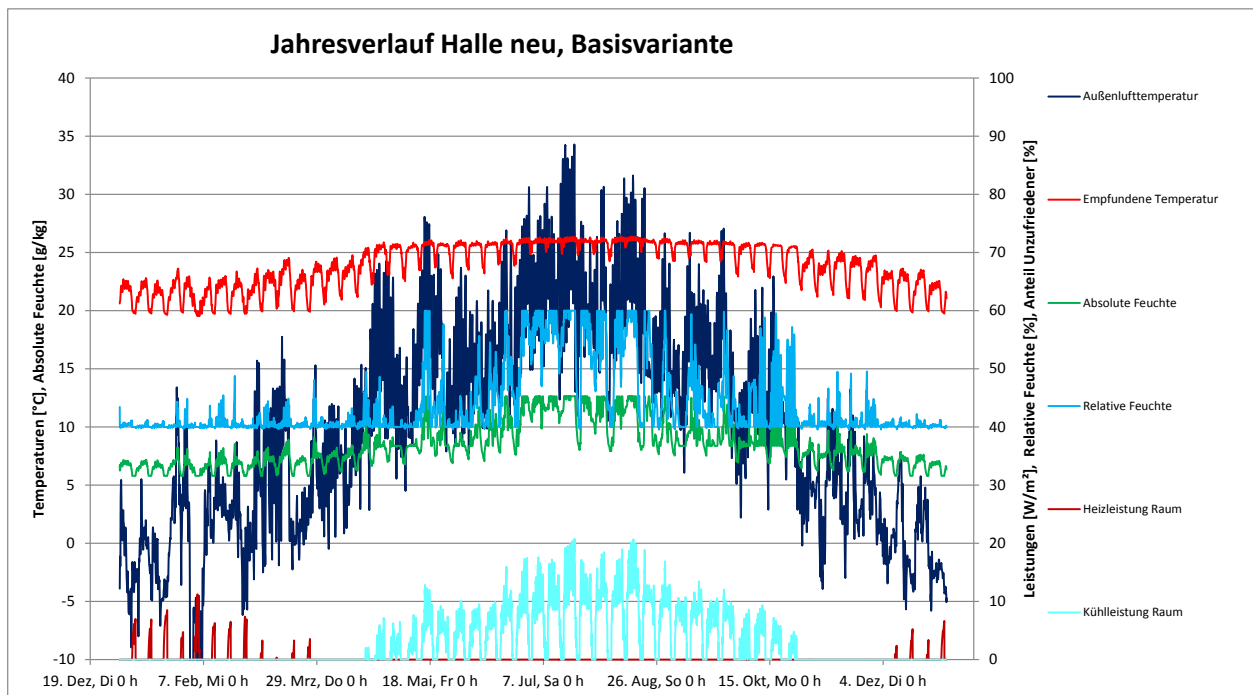


Abbildung 109: Thermisches Verhalten Halle neu, Basisvariante

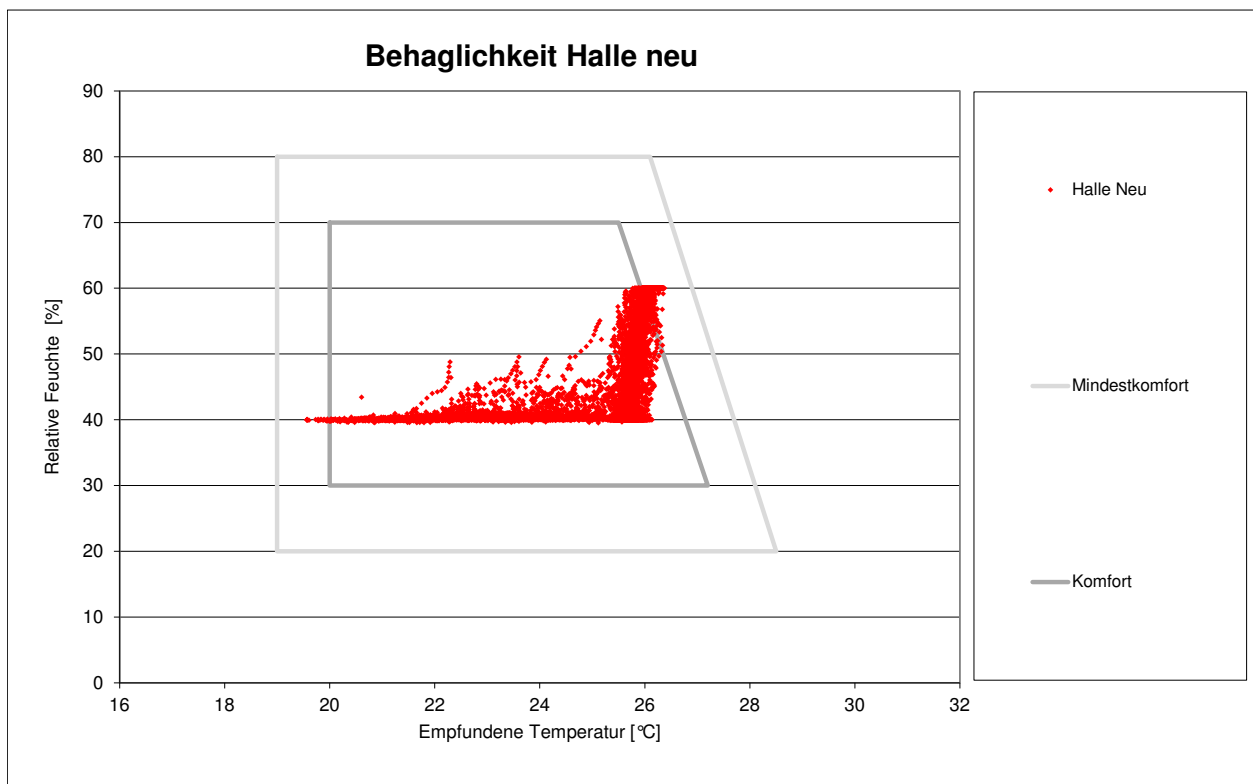


Abbildung 110: Behaglichkeitsfeld der Halle neu

### 12.5.4.1.2. Varianten innere Lasten

Wegen des hohen Einflusses der Abwärmen in der Druckereihalle wurden 2 Varianten simuliert.

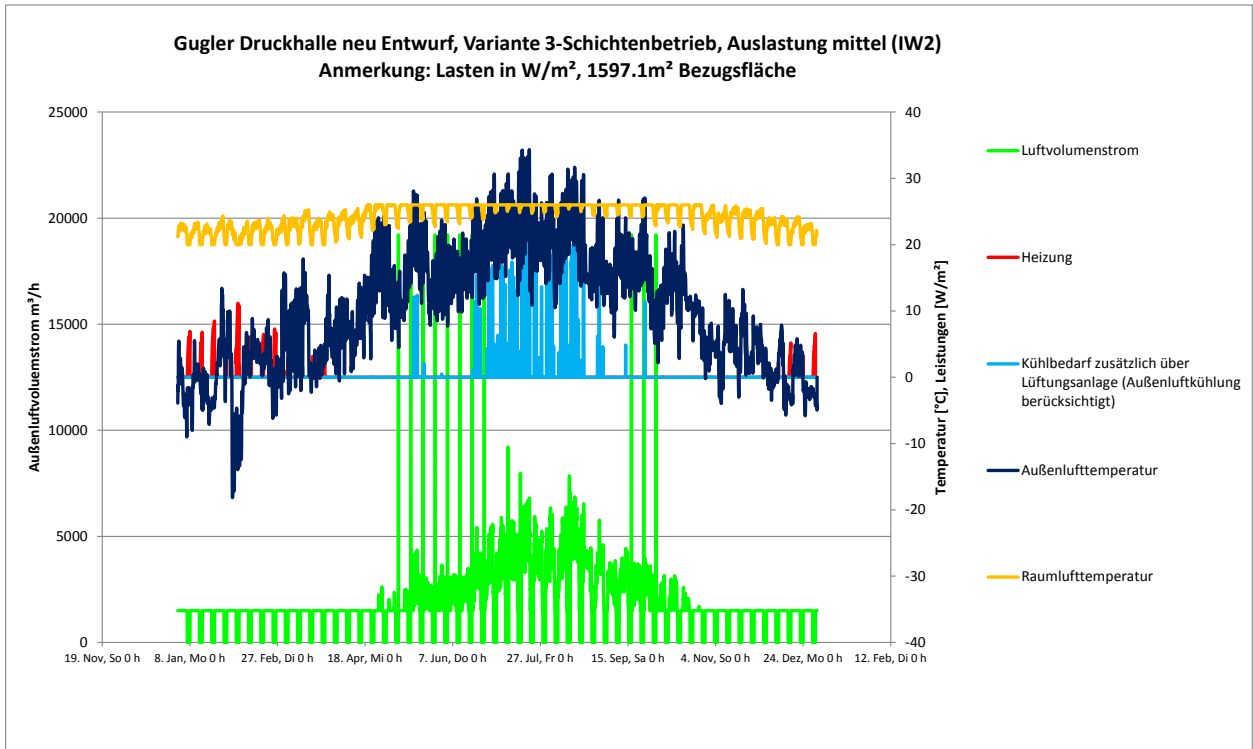


Abbildung 111: Thermisches Verhalten Druckhalle neu, Auslastung mittel

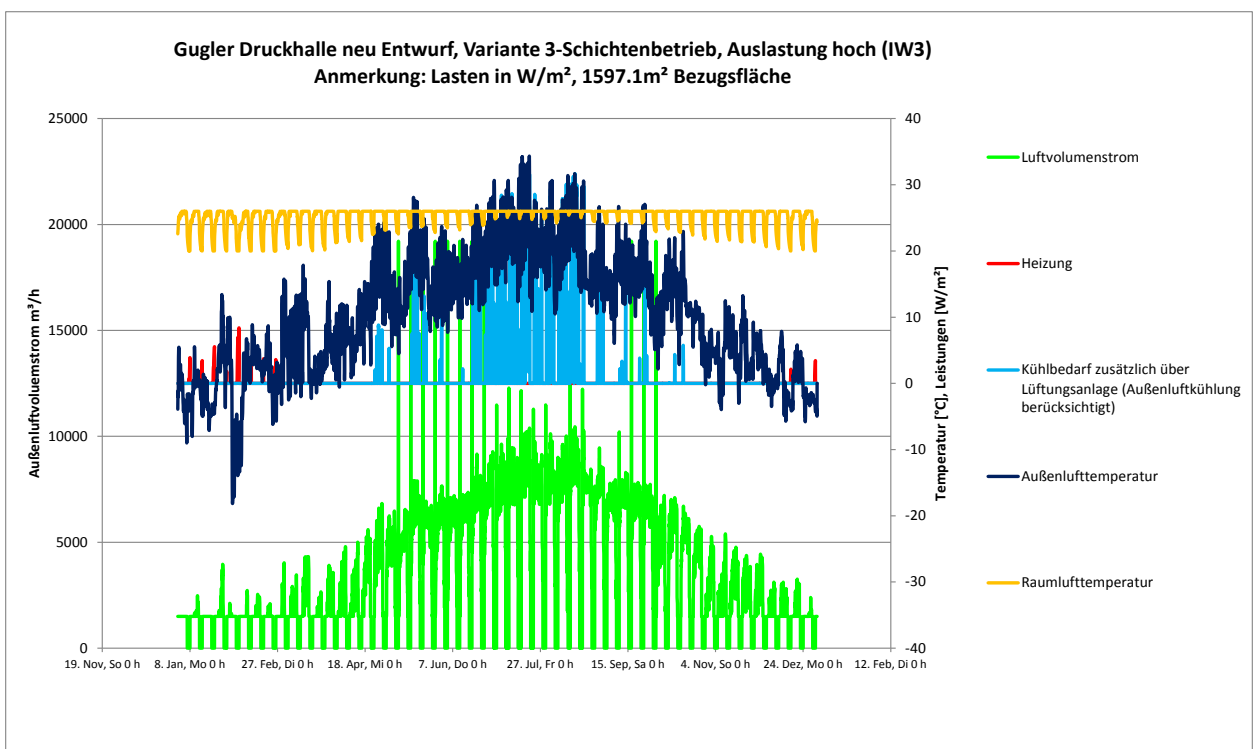


Abbildung 112: Thermisches Verhalten Druckhalle neu, Auslastung hoch



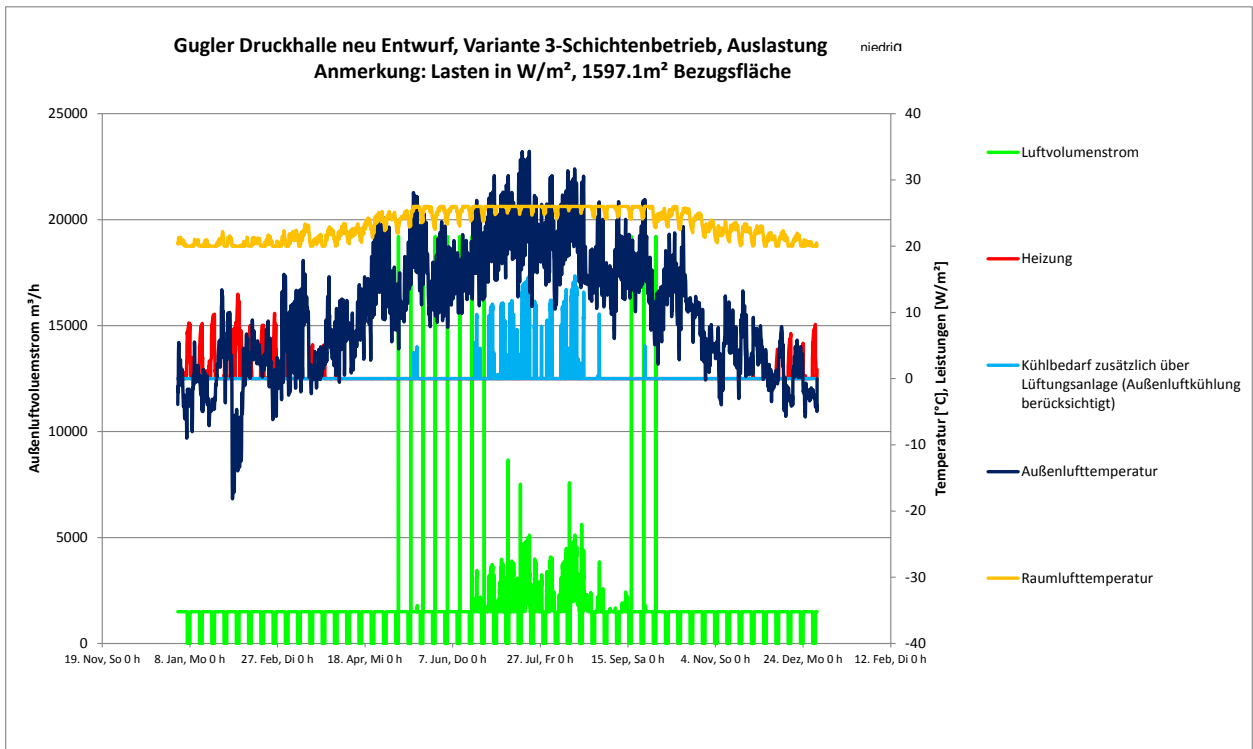


Abbildung 113: Thermisches Verhalten Druckhalle neu, Auslastung niedrig

### 12.5.4.2. Kreativwerkstatt Neubau Süd

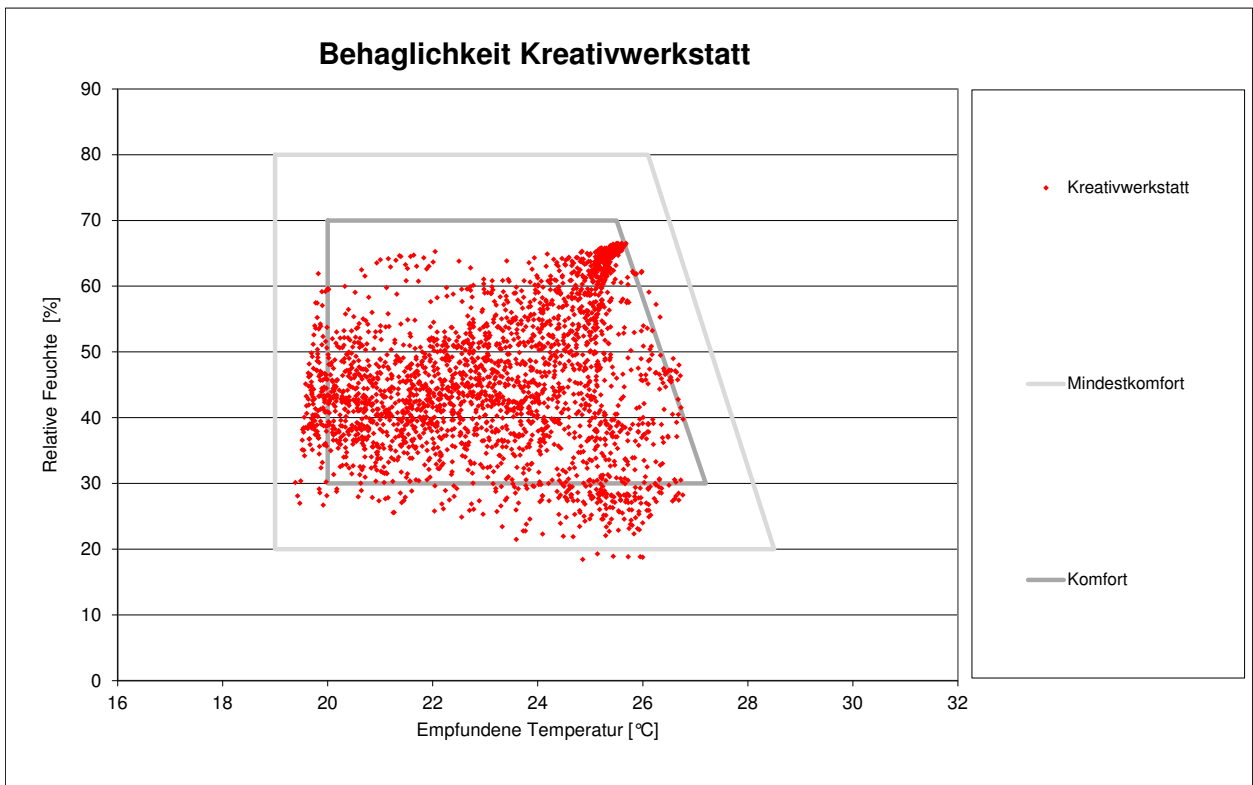


Abbildung 114: Behaglichkeitsfeld der Kreativwerkstatt

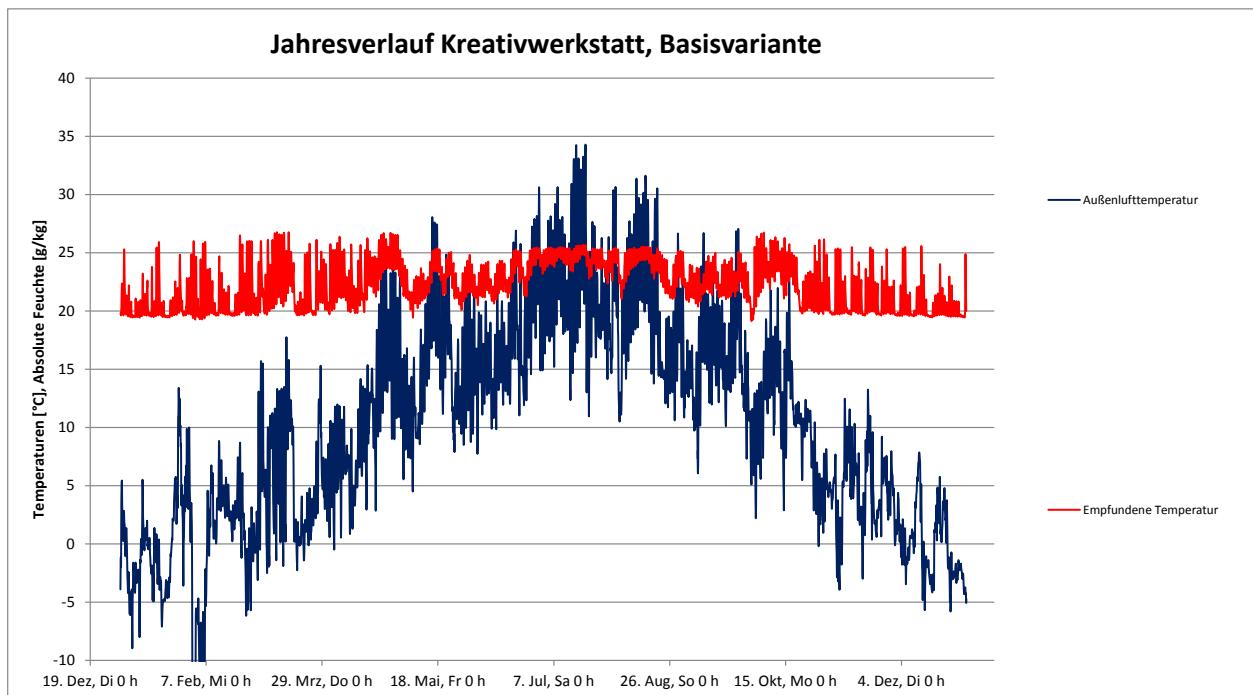


Abbildung 115: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur der Kreativwerkstatt der Basisvariante

### 12.5.4.3. Kreation Neubau Nord

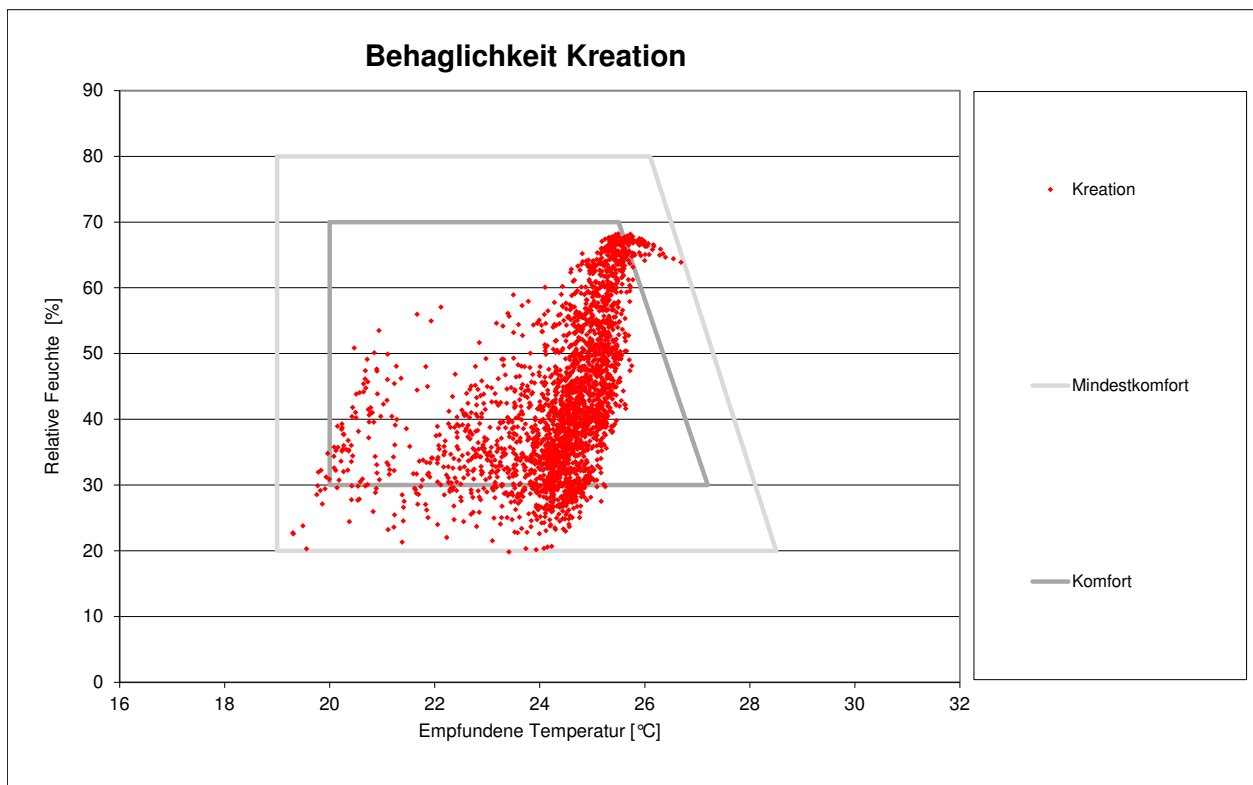


Abbildung 116: Behaglichkeitsfeld der Zone Kreation

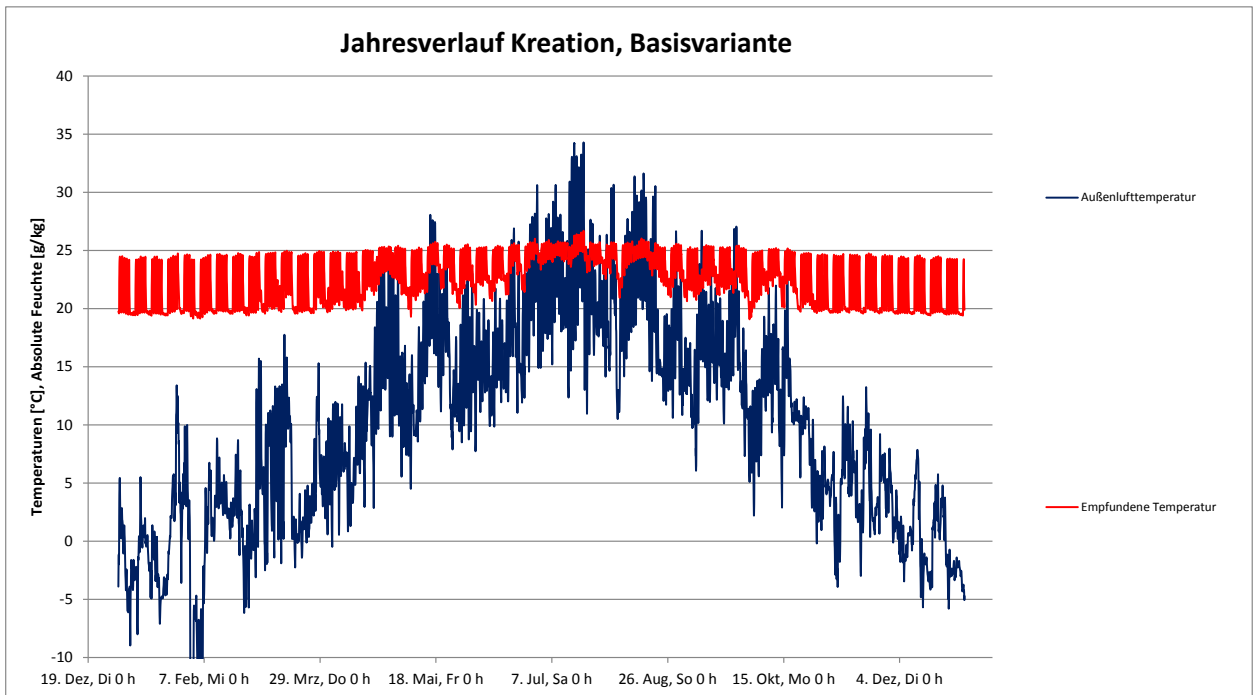


Abbildung 117: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur der Zone Kreation der Basisvariante

#### 12.5.4.4. Büro EG Neubau Südwest

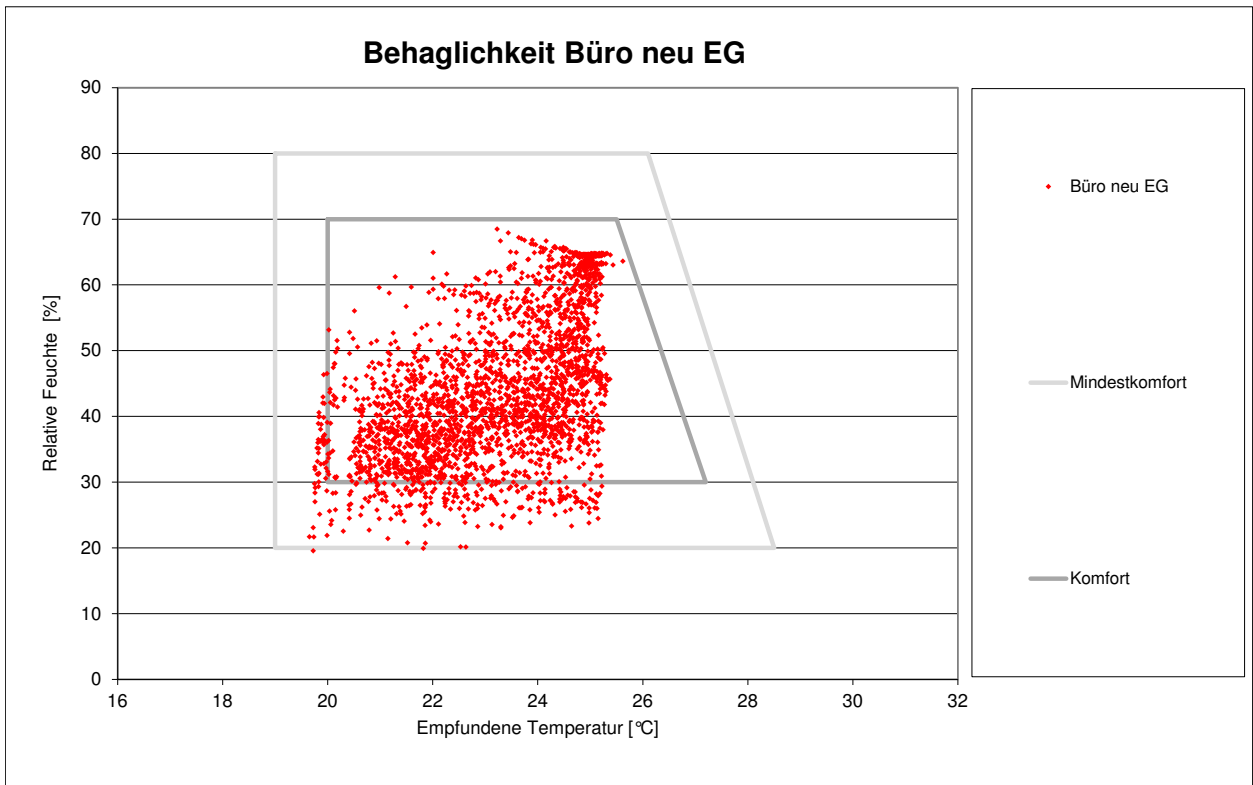


Abbildung 118: Behaglichkeitsfeld der Büros neu im Erdgeschoß

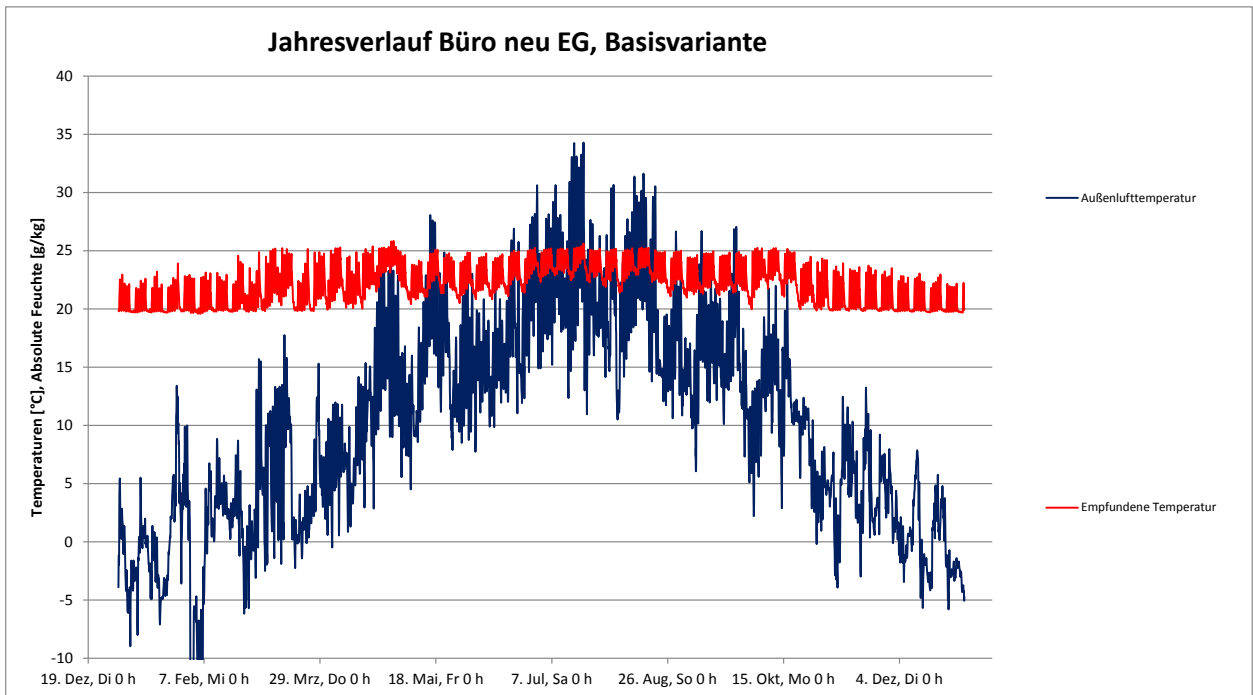


Abbildung 119: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur der Büros neu im Erdgeschoß der Basisvariante

### 12.5.4.5. Veranstaltung Neubau

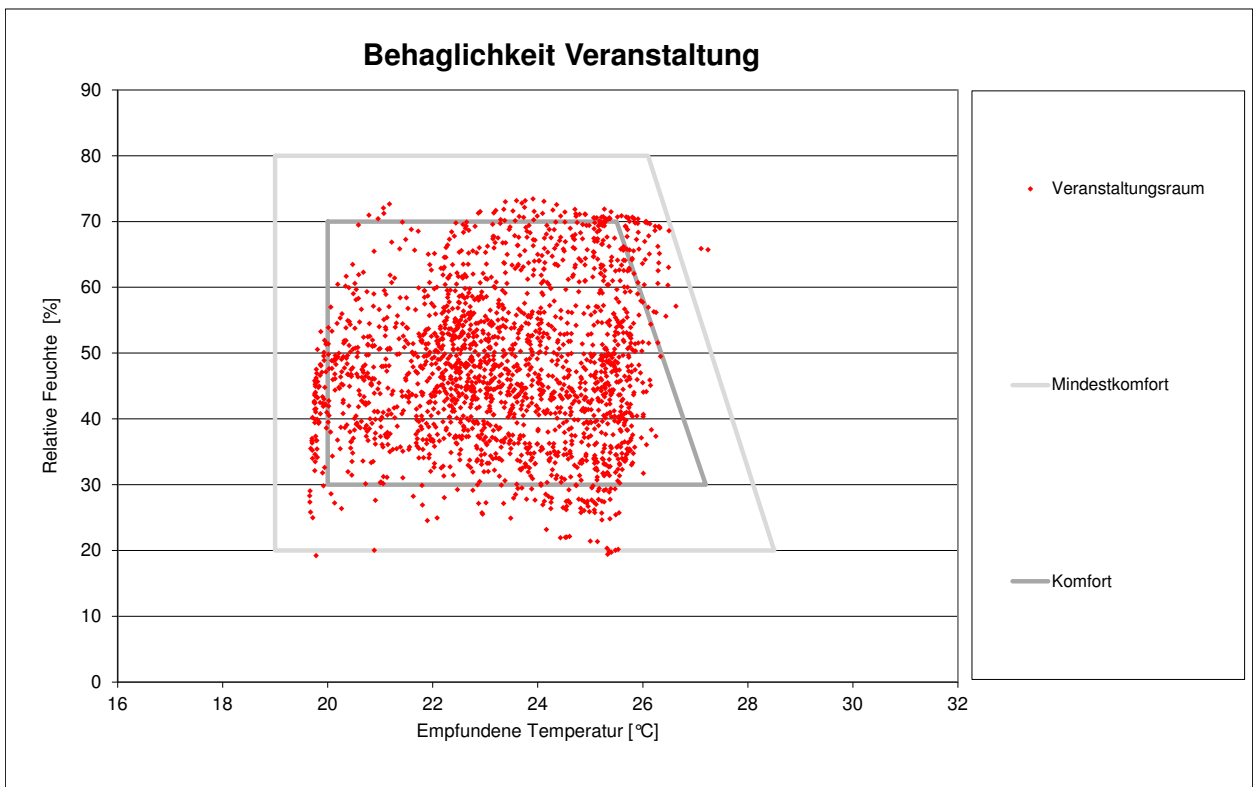


Abbildung 120: Behaglichkeitsfeld der Veranstaltung

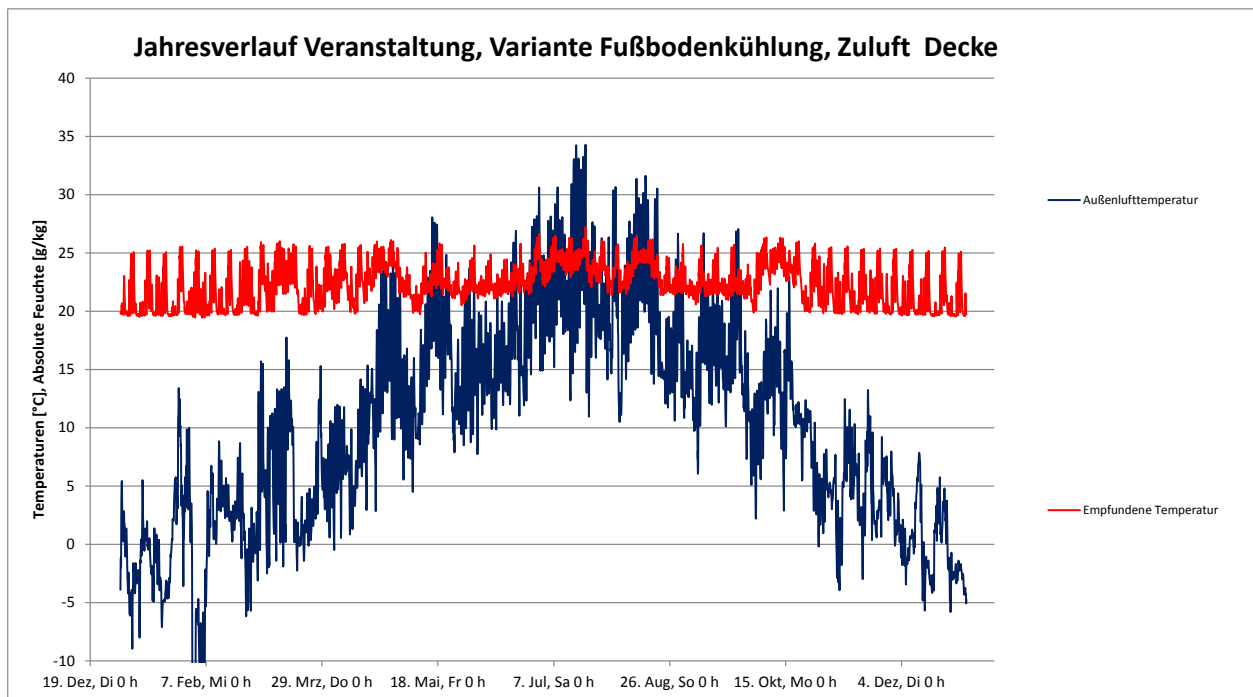


Abbildung 121: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur der Veranstaltung der Variante mit Fußbodenkühlung und Zuluft über die Decke

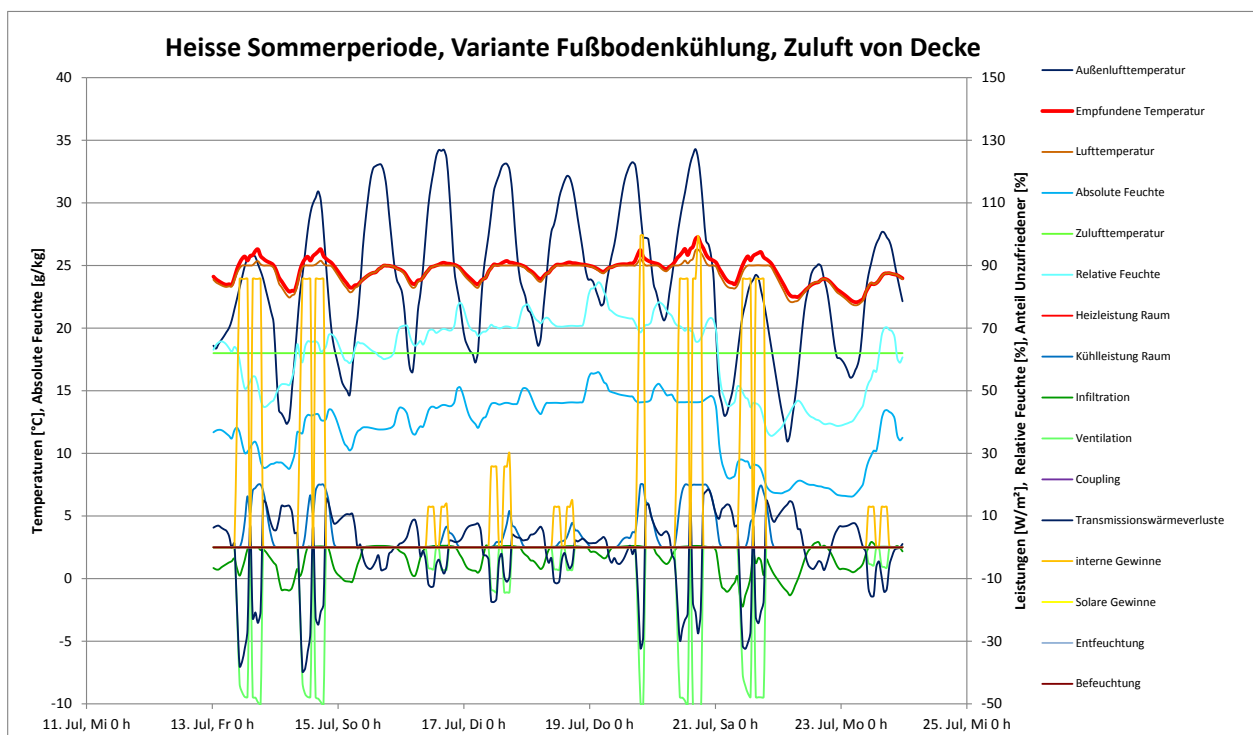


Abbildung 122: Veranstaltung, Variante mit Fußbodenkühlung und Zuluft über die Decke, warme Periode

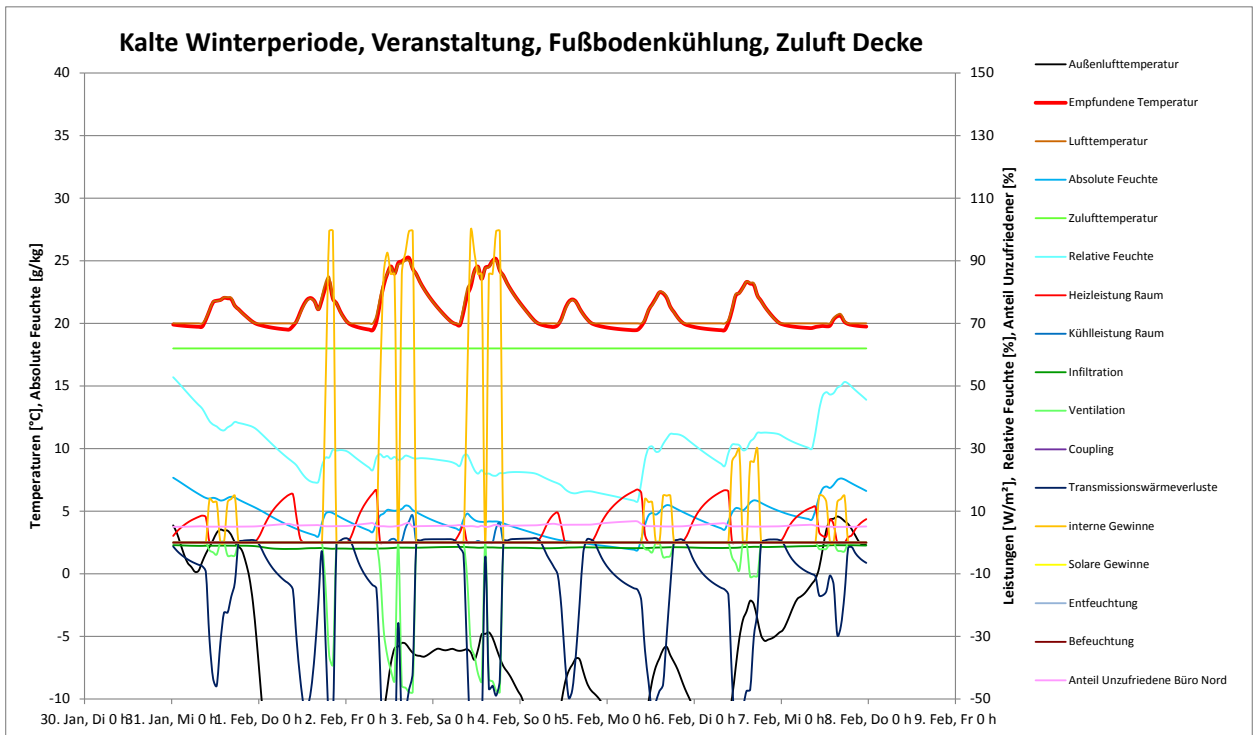


Abbildung 123: Veranstaltung, Variante mit Fußbodenkühlung und Zuluft über die Decke, kalte Periode

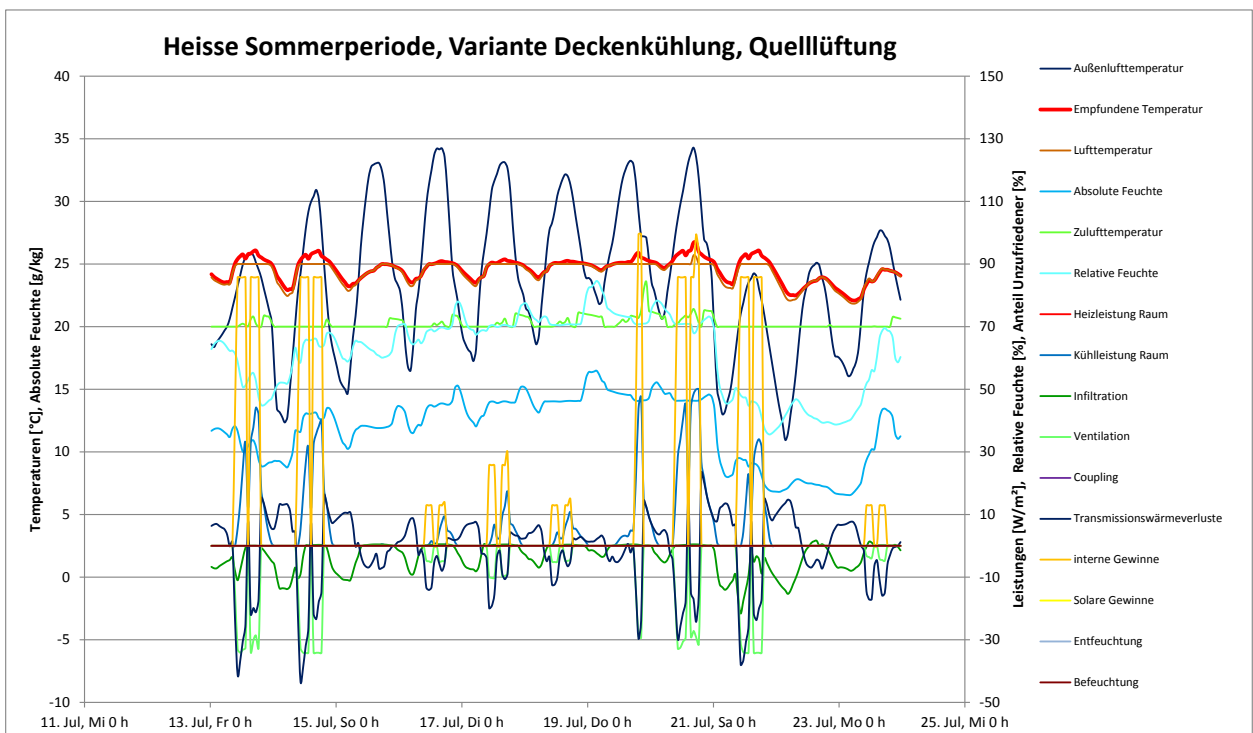


Abbildung 124: Veranstaltung, Variante mit Deckenkühlung und Quelllüftung, warme Periode

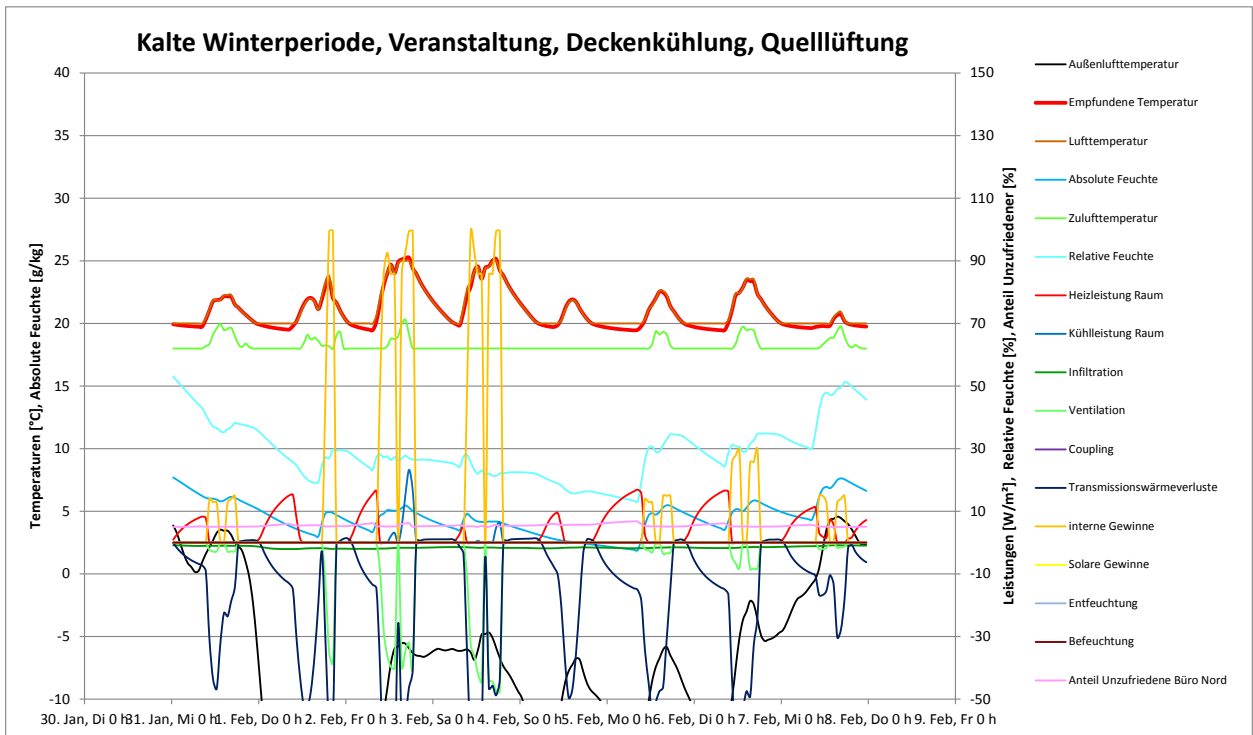


Abbildung 125: Veranstaltung. Variante mit Deckenkühlung und Quelllüftung, kalte Periode

### 12.5.4.6. Atrium Neubau

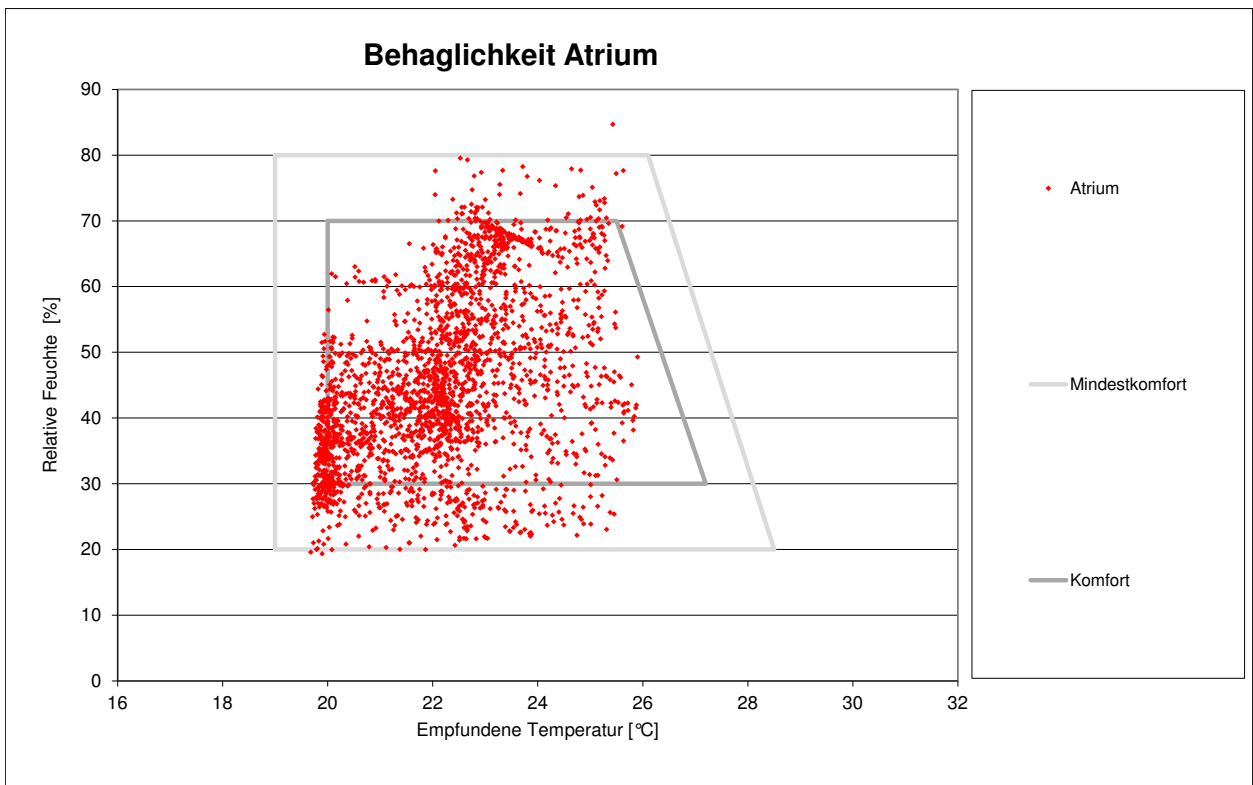


Abbildung 126: Behaglichkeitsfeld des Atriums

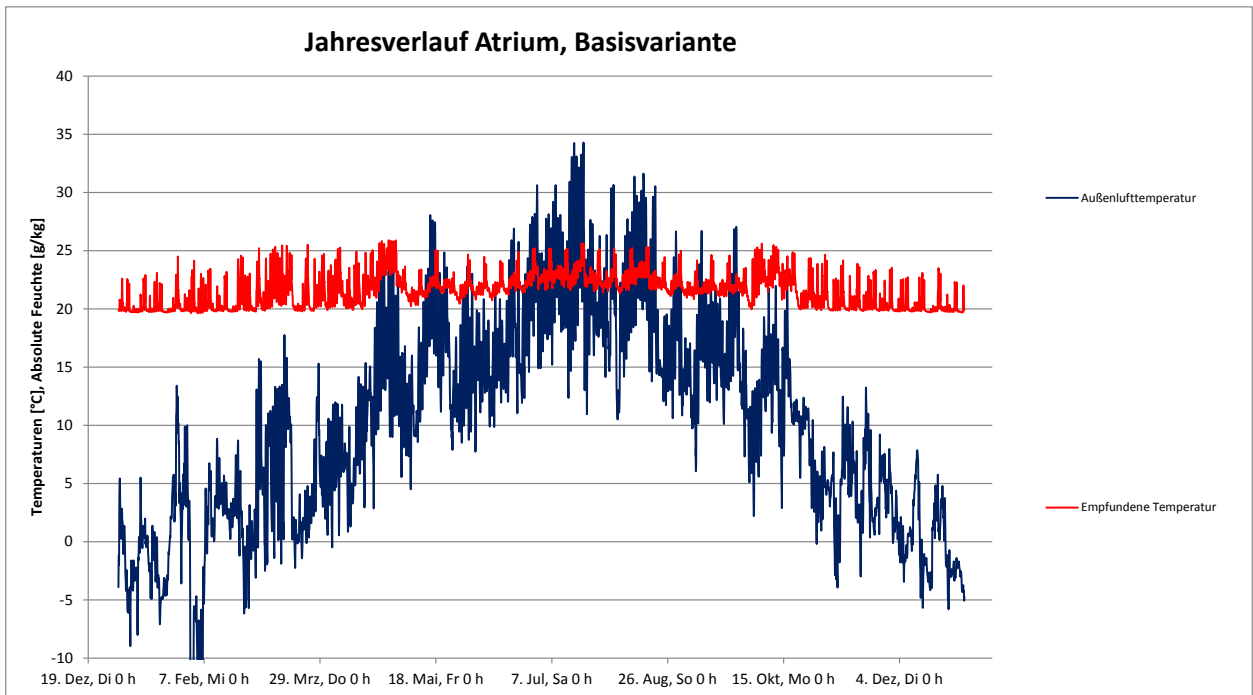


Abbildung 127: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur des Atriums der Basisvariante

### 12.5.4.7. Restaurant Neubau

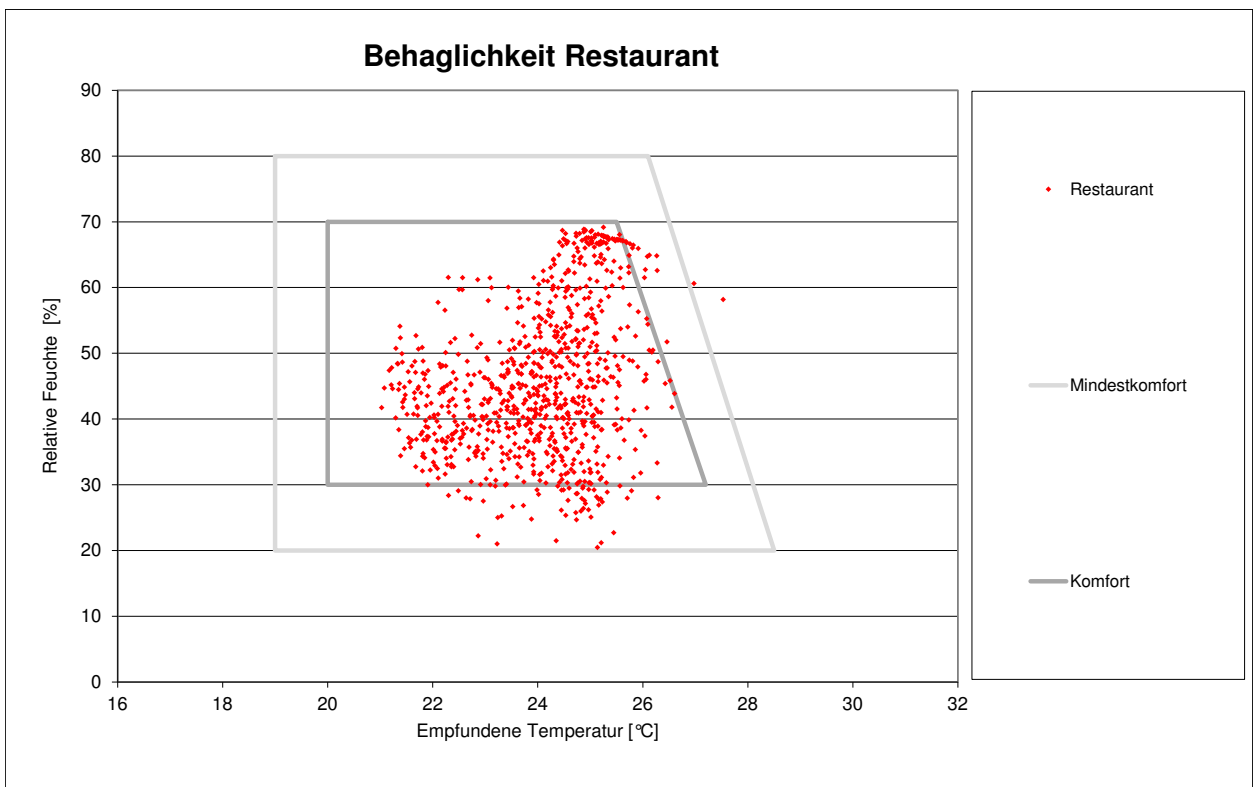


Abbildung 128: Behaglichkeitsfeld des Restaurants



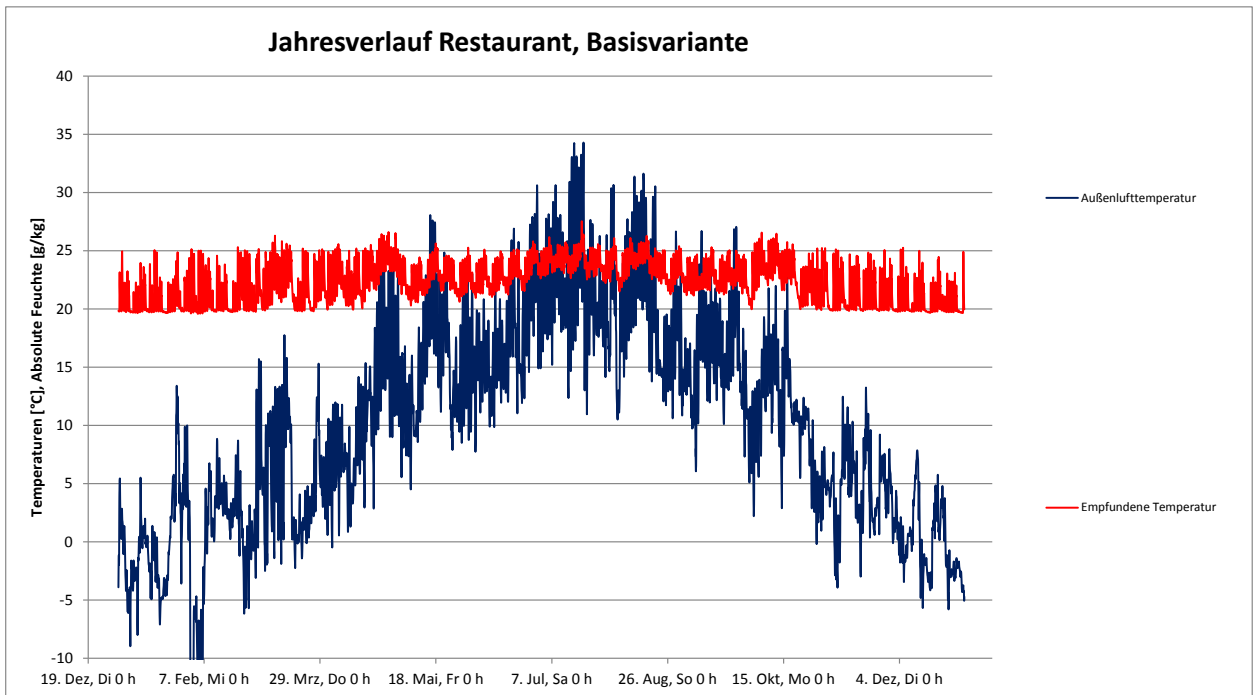


Abbildung 129: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur des Restaurants der Basisvariante

### 12.5.4.8. Bistro GG

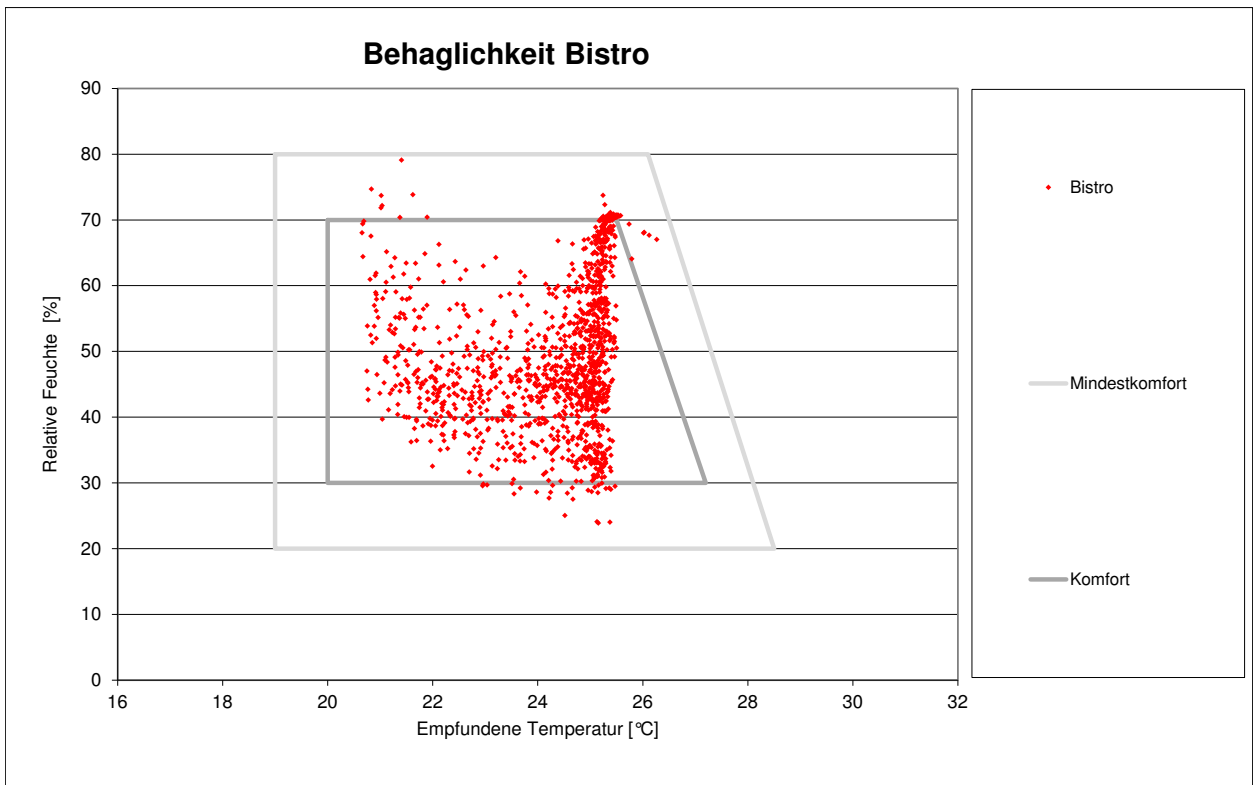


Abbildung 130: Behaglichkeitsfeld des Bistros

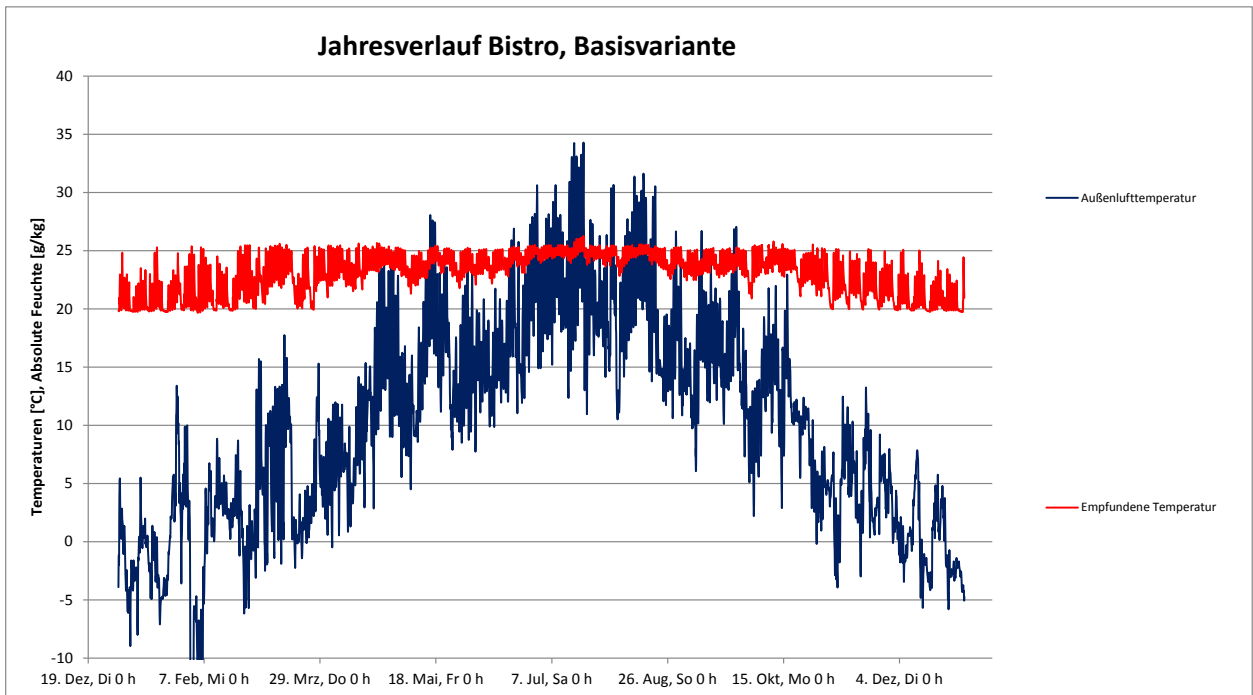


Abbildung 131: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur des Bistros der Basisvariante

### 12.5.4.9. Büros OG und Multifunktionszone Altbau

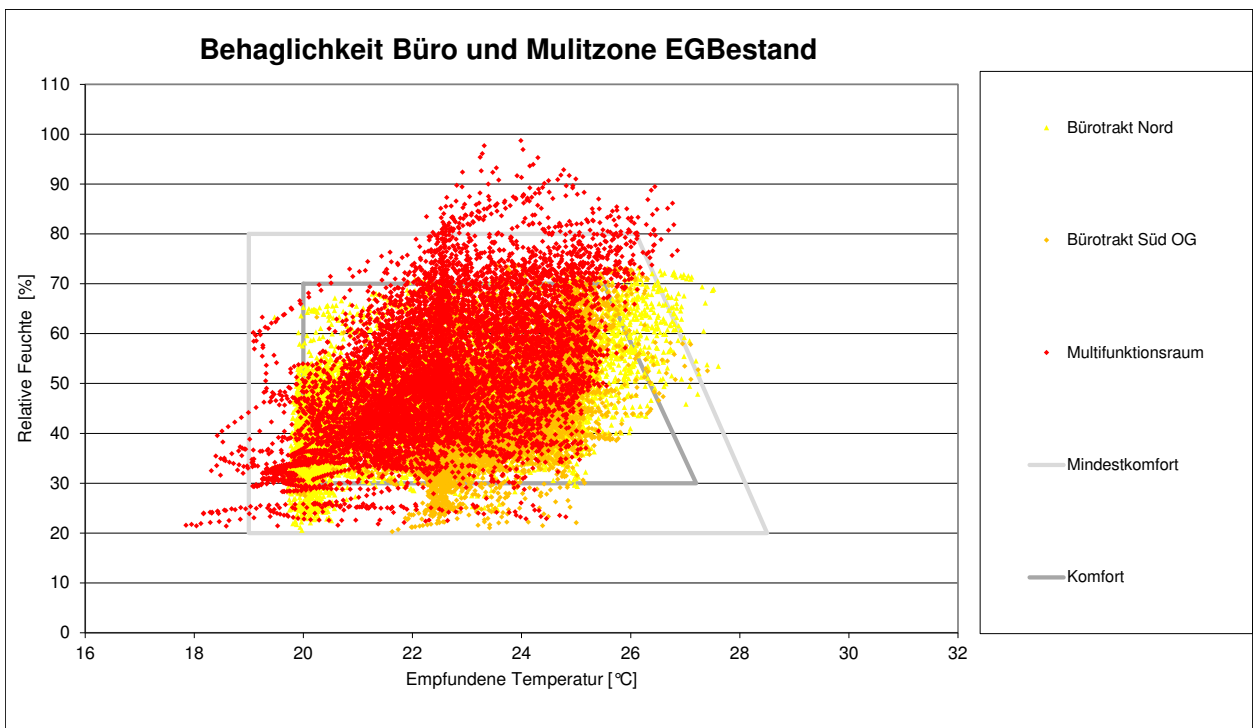


Abbildung 132: Behaglichkeitsfeld des Büros und der Multizone Bestand im Erdgeschoß

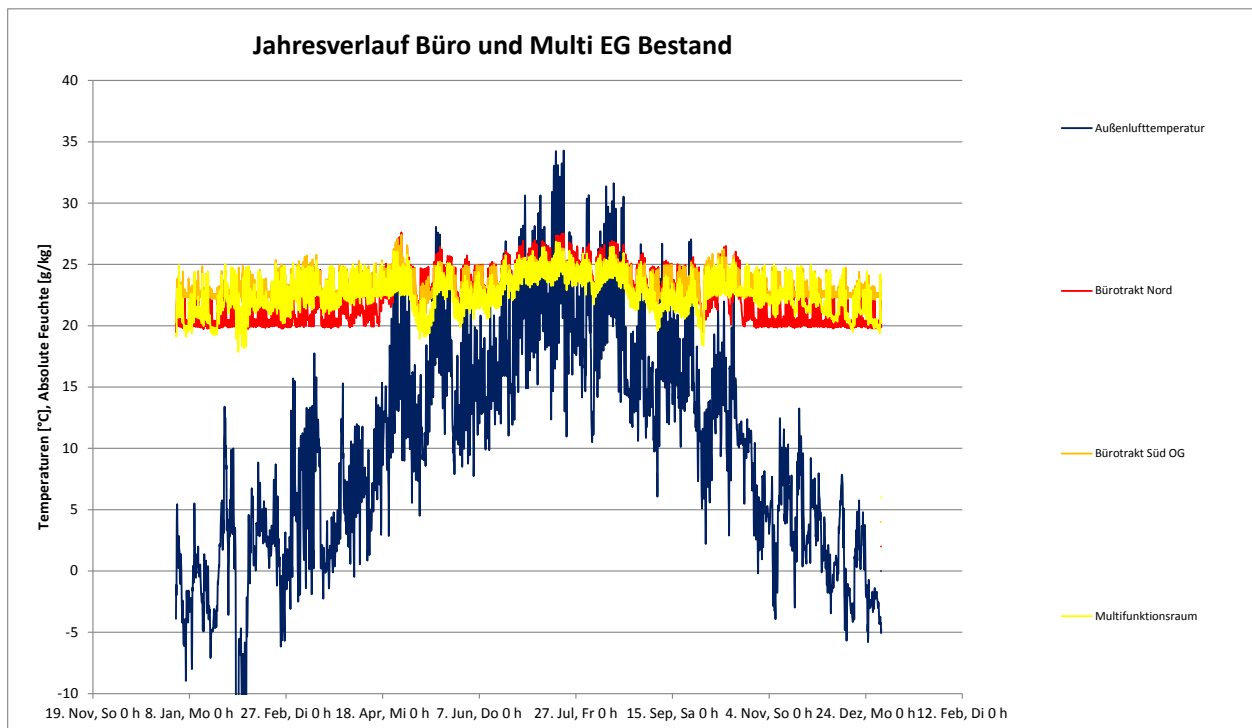


Abbildung 133: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur des Büros und der Multizone des Bestands

#### 12.5.4.10. Multizone Bestand OG

- Bestand: Isolierverglasung mit außenliegendem Screen. Sehr windanfällig. Lüftung über gekippte nordseitige Klappen, westseitige Fenster und Fenster in EG (Empfangsbereich). Es wird immer geöffnet, wenn Außenlufttemperatur unter Raumlufttemperatur.
- Variante 1: Neue 3-Scheibenverglasung mit integrierter PV, ca. 80% der Fensterfläche mit Zellen belegt. (System Ertex)
- Variante 2: Wie vor, zusätzlich Kühlsegel in Aufenthaltsbereichen (31 m<sup>2</sup>)
- Variante 3: Schließen von ca. knapp über 50% (116 m<sup>2</sup>), Verglasungen werden mit integriertem Sonnenschutz ausgeführt, Schüttung 8 cm, zusätzlich Kühlsegel in Aufenthaltsbereichen (31 m<sup>2</sup>)

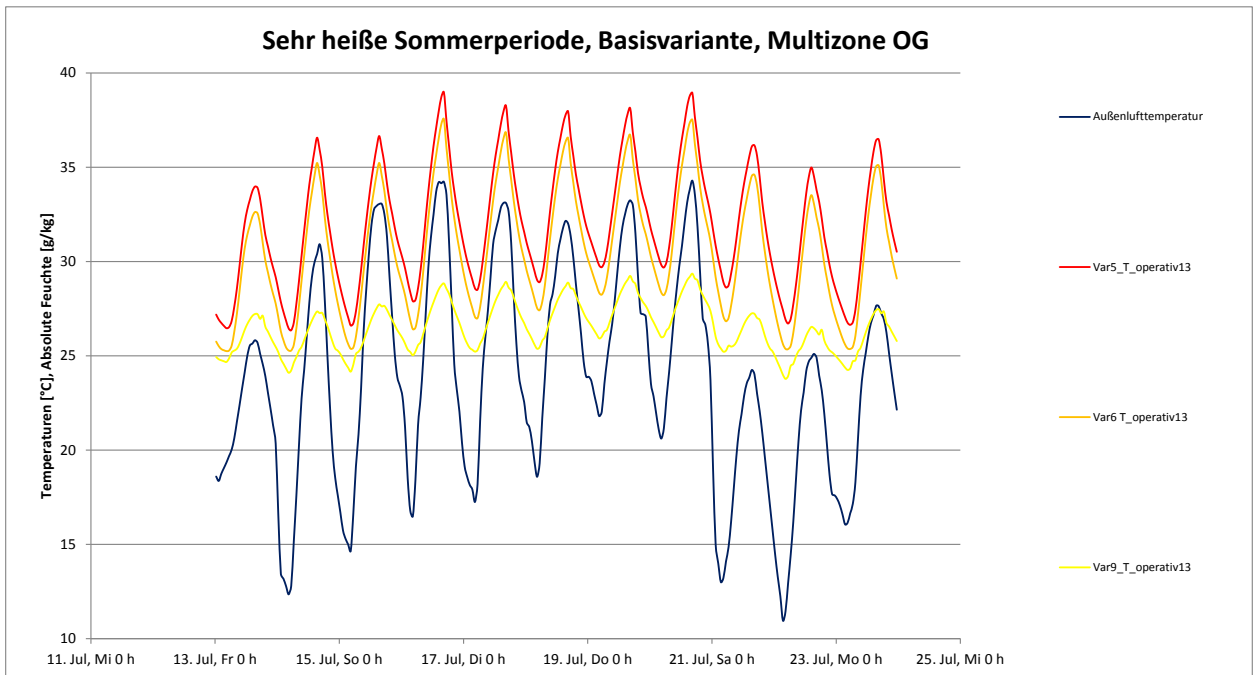


Abbildung 134: Varianten heiße Periode der Multizone im Obergeschoß

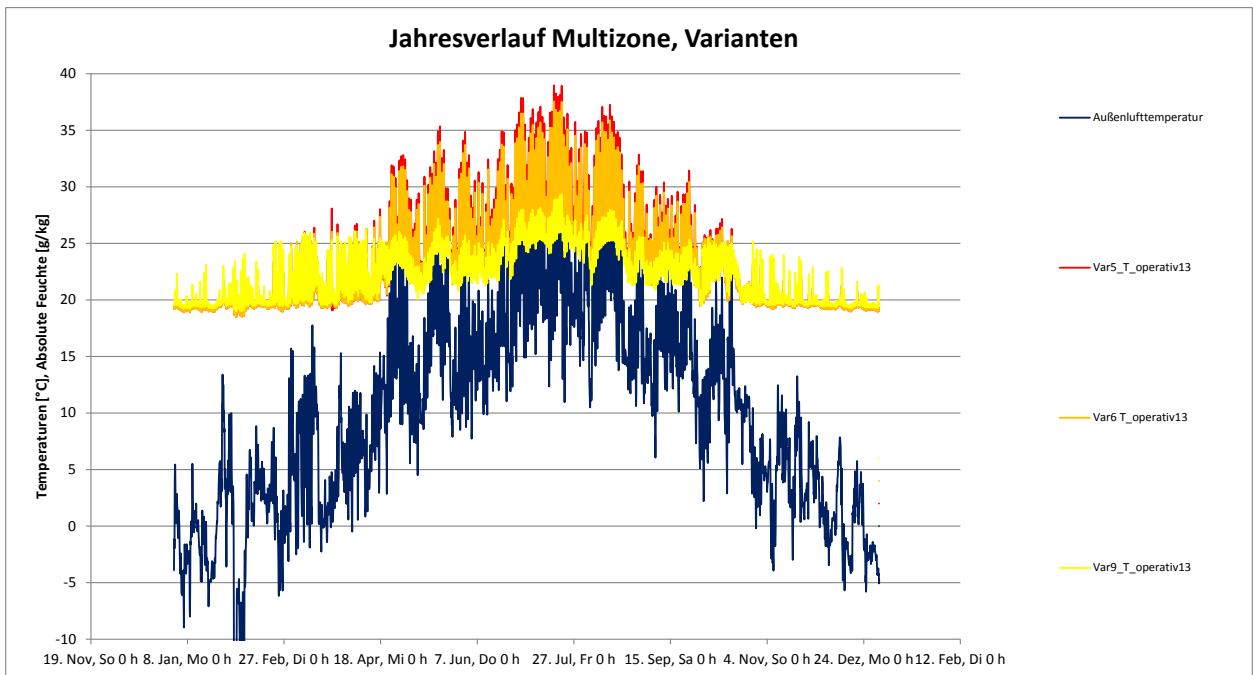


Abbildung 135: Jahresverlauf der Multizone im Obergeschoß Varianten

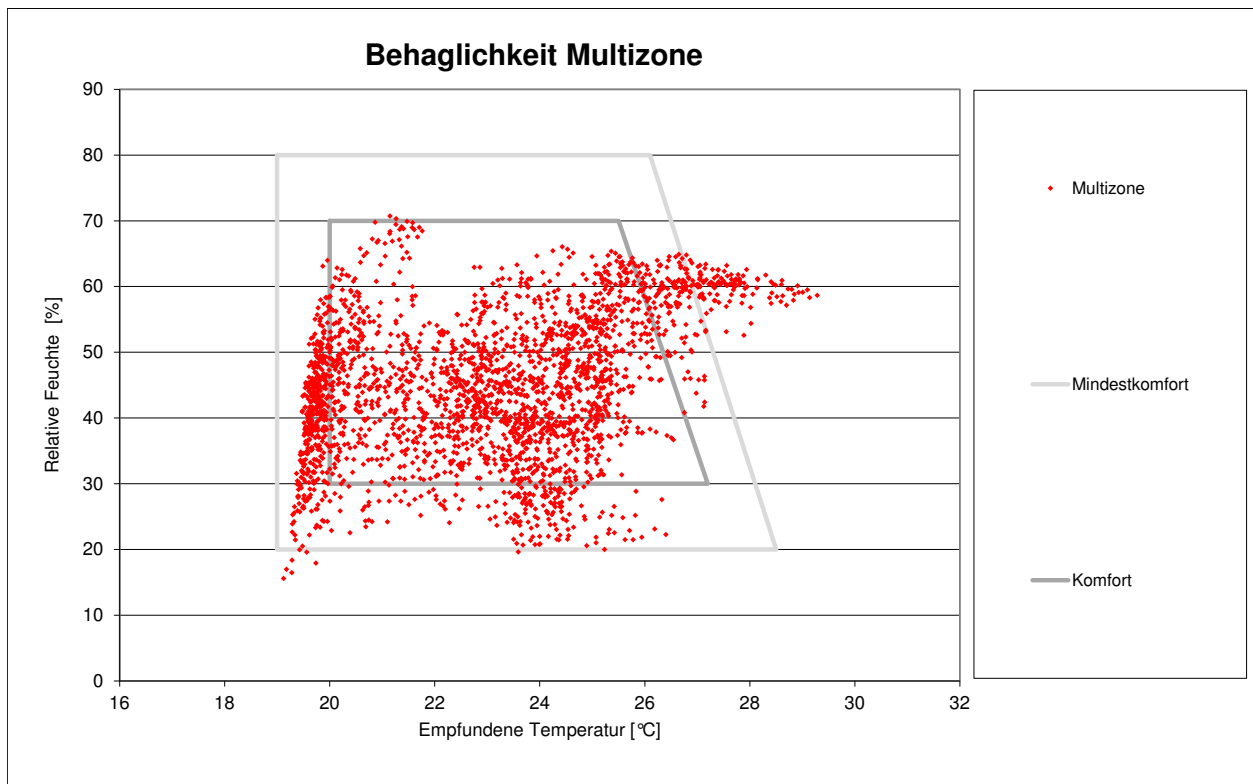


Abbildung 136: Behaglichkeitsfeld der Multizone im Obergeschoß Variante 3

- Zu beachten ist, dass in Aufenthaltszone ca. 2°C niedrigere Temperaturen empfunden werden durch Kühlsegel, weitere 2°C wären durch mechanische Zugluft herstellbar
- Akzeptable Konditionen nur durch teilweises Schließen der Verglasungen möglich, zusätzlich hochwertiger, nicht windanfälliger Sonnenschutz erforderlich.
- Beide Lösungen liefern solaren Strom in einer ähnlichen Größenordnung (ca. 20.000 kWh/a), im Fall der integrierten PV-Zellen durch geringere Hinterlüftung geringerer Wirkungsgrad.
- Belüftung sollte durch schlagregengeschützte, ganz öffnbare Flügel an West und Nordfassade erhöht werden.

## 12.5.5. Ergebnisse gesamt

Die dynamischen Ergebnisse von Bedarf und Potential von Abwärme und erneuerbaren Energiequellen vor Ort zeigt die folgende Tabelle:

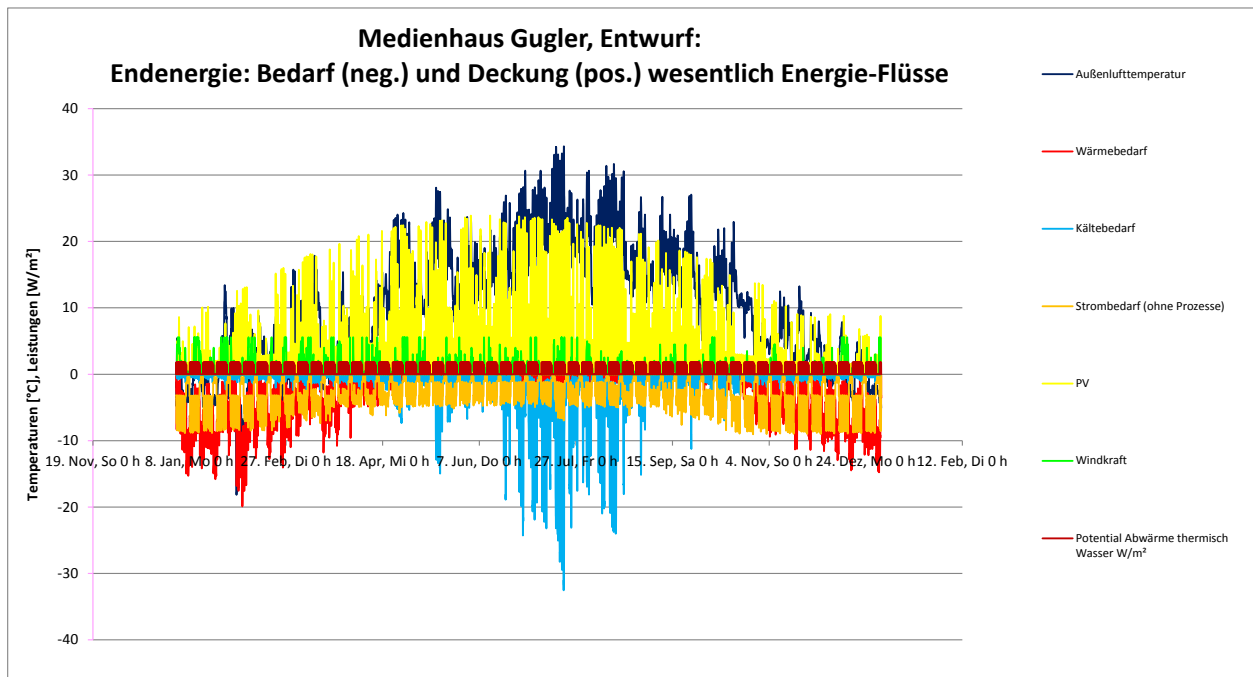


Abbildung 137: Endenergiebedarf und Deckung der wesentlichen Energie-Flüsse

- Trotz der hochwertigen Hülle und den hohen direkten Quellen ist der Wärmebedarf im Winter deutlich erhöht. Dies resultiert vor allem aus der Befeuchtung der neuen Druckerhalle und dem Heizwärmebedarf der Bestands Halle, die kaum mehr Gratis innere Wärmen aufweist (große Druckermaschinen im Neubau)
- Der Kältebedarf tritt ganzjährig auf (Server), der Großteil kann sehr gut über das Grundwasser und die Außenluft direkt (free cooling) gedeckt werden. Nur in sehr heißen Phasen ist vor allem eine Entfeuchtung erforderlich, die über klassische Kompressorkälte gedeckt wird.
- Der Strombedarf liegt dauernd an mit maximalen Werten in den Arbeitszeiten. Im Winter führt der Beleuchtungsbedarf trotz effizienter Beleuchtung in den Hallen durch den 3-Schichten-Betrieb zu höherem Bedarf als im Sommer.
- Die Abwärmeproduktion korreliert mit dem 3-Schicht-Betrieb. Die kleine solarthermische Anlage (nicht dargestellt) ist vor allem zur Erzielung eines Warmwasser-Temperaturniveaus ausgelegt, die erzeugte Wärme ist vor allem im Sommerhalbjahr relevant
- Die Windkraft ist über das gesamte Jahr mit verstärkten Kennwerten im Spätherbst und im Frühling vorhanden, fluktuert aber stark. Durch die verhältnismäßig geringe Leistung kann der Großteil direkt genutzt werden
- Die Produktion von elektrischer Energie ist breitenlängenabhängig und durch die verhältnismäßig flache Neigung der Module stark saisonal schwankend. Im Sommer kann ein Großteil des Strombedarfs direkt gedeckt werden.

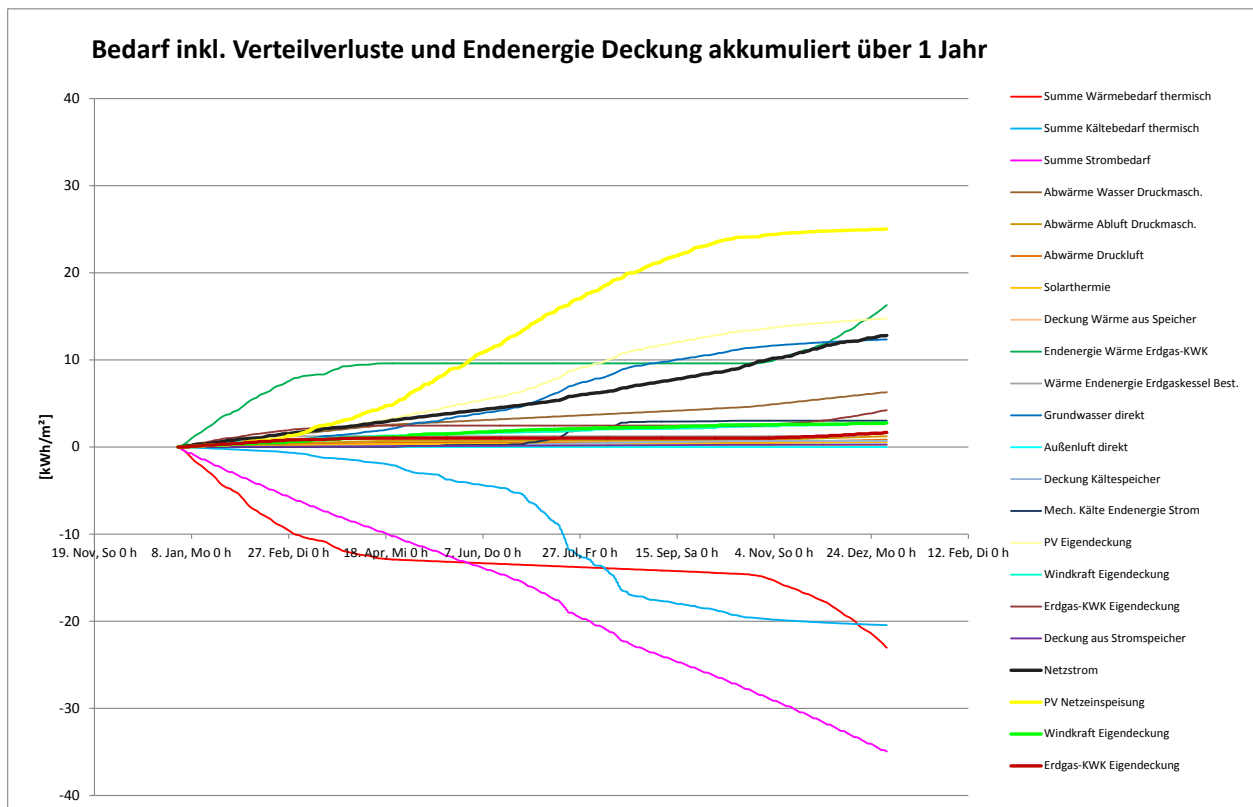


Abbildung 138: Bedarf inkl. Abgabe- und Verteilverluste und Endenergie-Deckung akkumuliert dargestellt

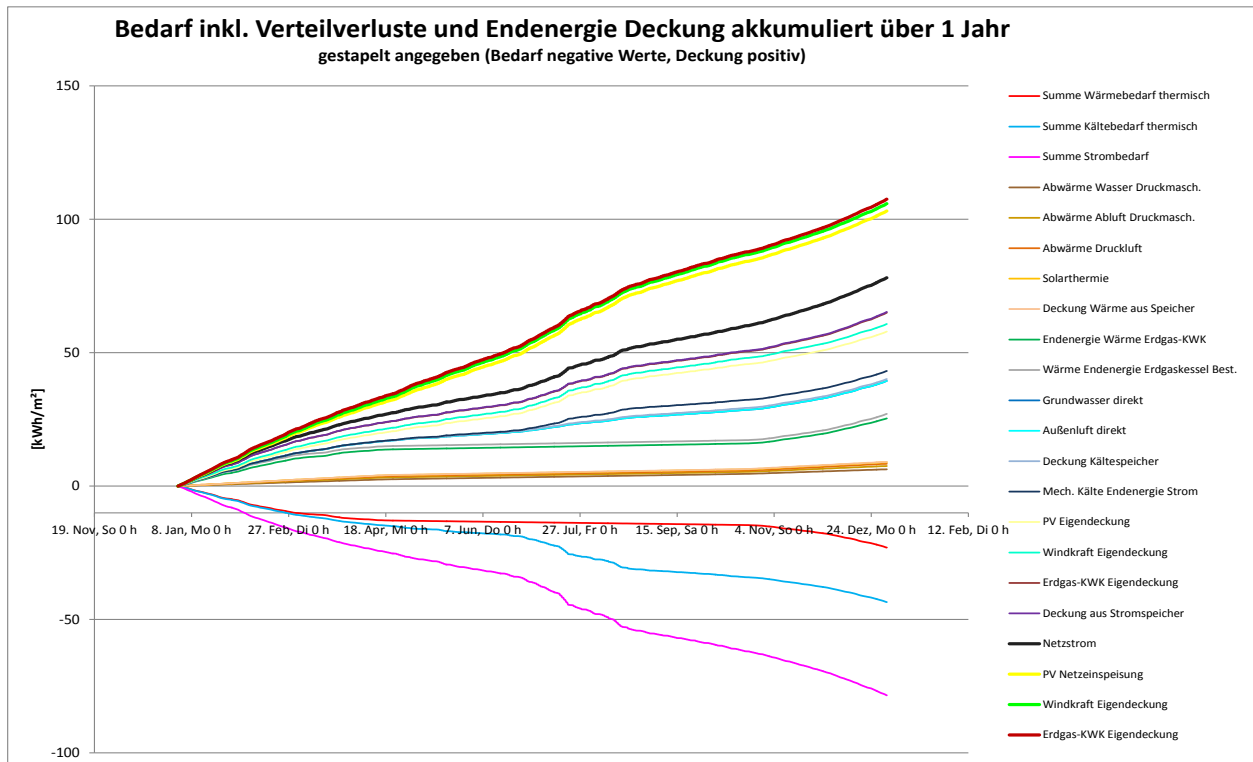


Abbildung 139: Bedarf inkl. Abgabe- und Verteilverluste und Endenergie-Deckung akkumuliert und gestapelt dargestellt

Wesentliche Beiträge vor Ort liefert die Abwärme aus den Produktionsprozessen, das Grundwasser und Photovoltaik, Windkraft und KWK-Strom bei.

Den akkumulierten Saldo an nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf des Entwurfs Gugler triple zero im Vergleich zu Vergleichsgebäude stellt die folgende Abbildung akkumuliert über ein Jahr dar:

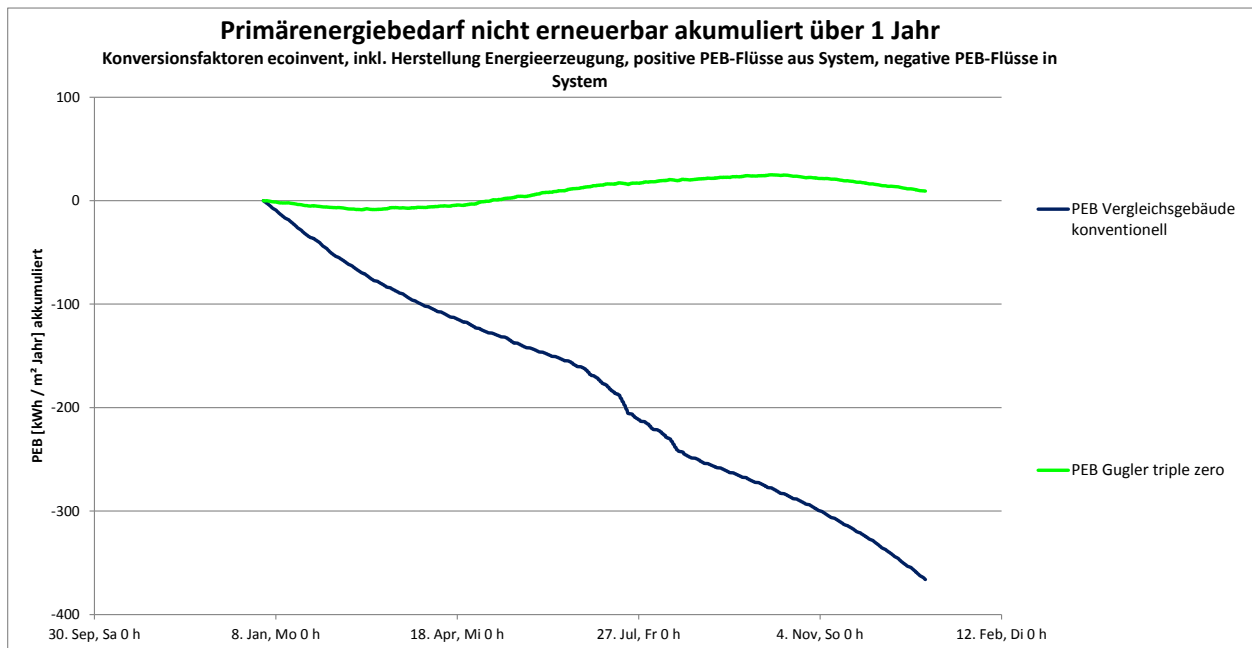


Abbildung 140: Saldo Primärenergiebedarf nicht erneuerbar Gugler Triple Zero Entwurf akkumuliert dargestellt

**Bis Ende Februar muss Primärenergie importiert werden, von März bis Ende September kann Primärenergie exportiert werden.**

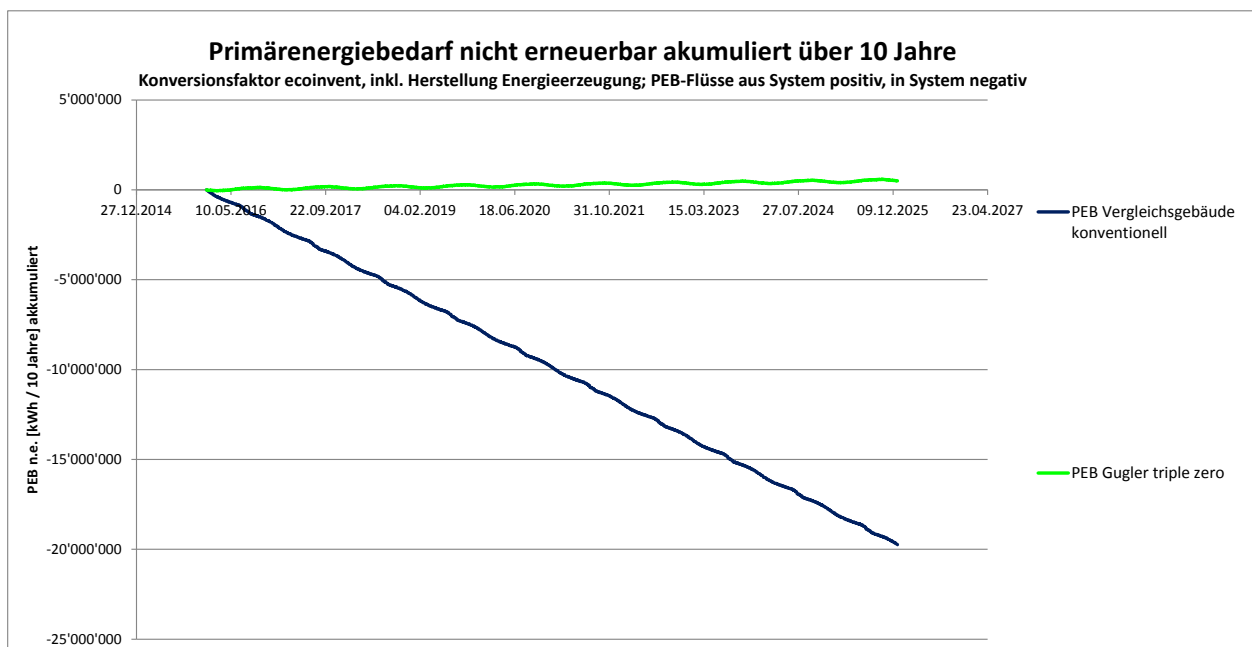


Abbildung 141: Saldo Primärenergiebedarf nicht erneuerbar Gugler Triple Zero Entwurf akkumuliert über 10 Jahre

Eine Perspektive über 10 Jahre zeigt die relevanten Mengen an einsparbaren nicht erneuerbaren Energieressourcen.



### 12.5.5.1. Bilanz Endenergiebedarf

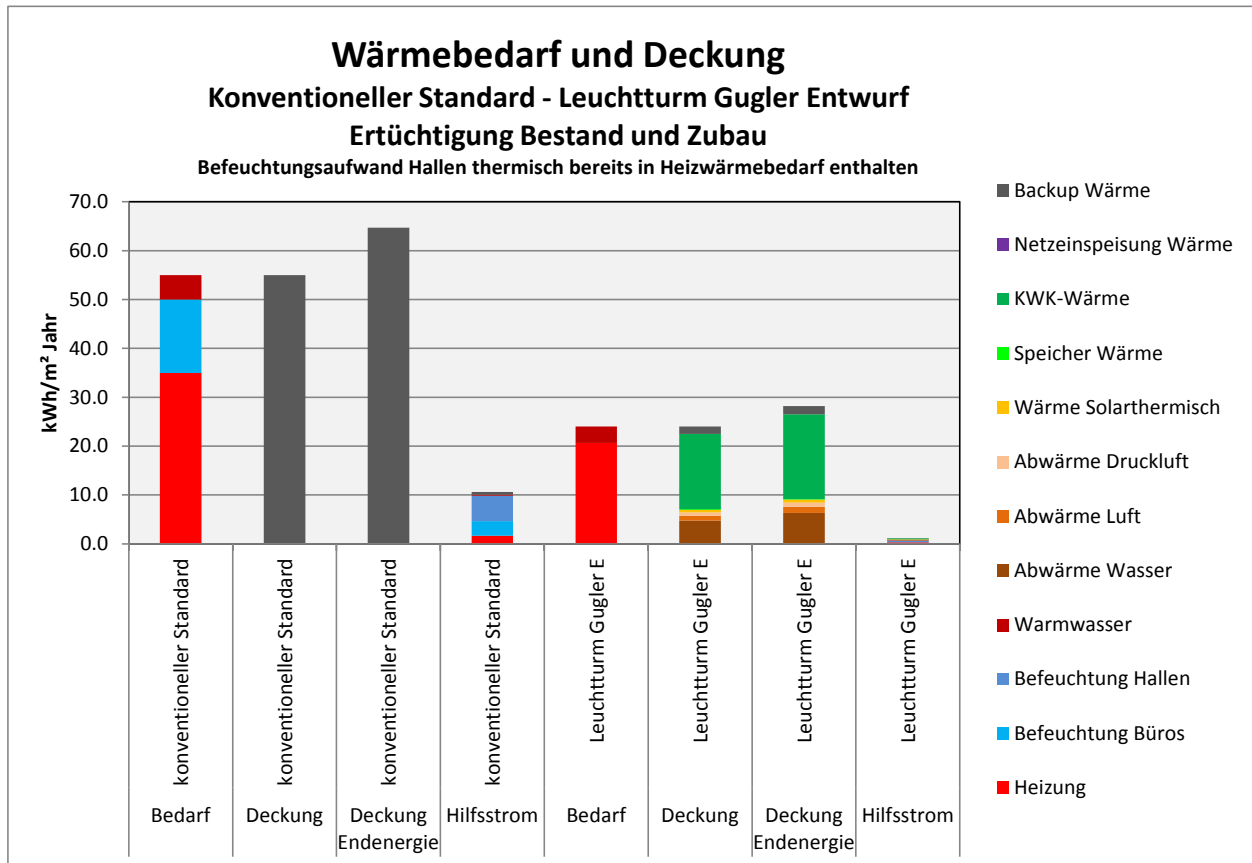


Abbildung 142: Wärmebedarf und Deckung konventioneller Standard – Leuchtturm Gugler Entwurf Ertüchtigung Bestand und Zubau

- Reduziert wird in diesem Bereich gegenüber der Ausgangsvariante vor allem der Hilfsstrom für die Befeuchtung.

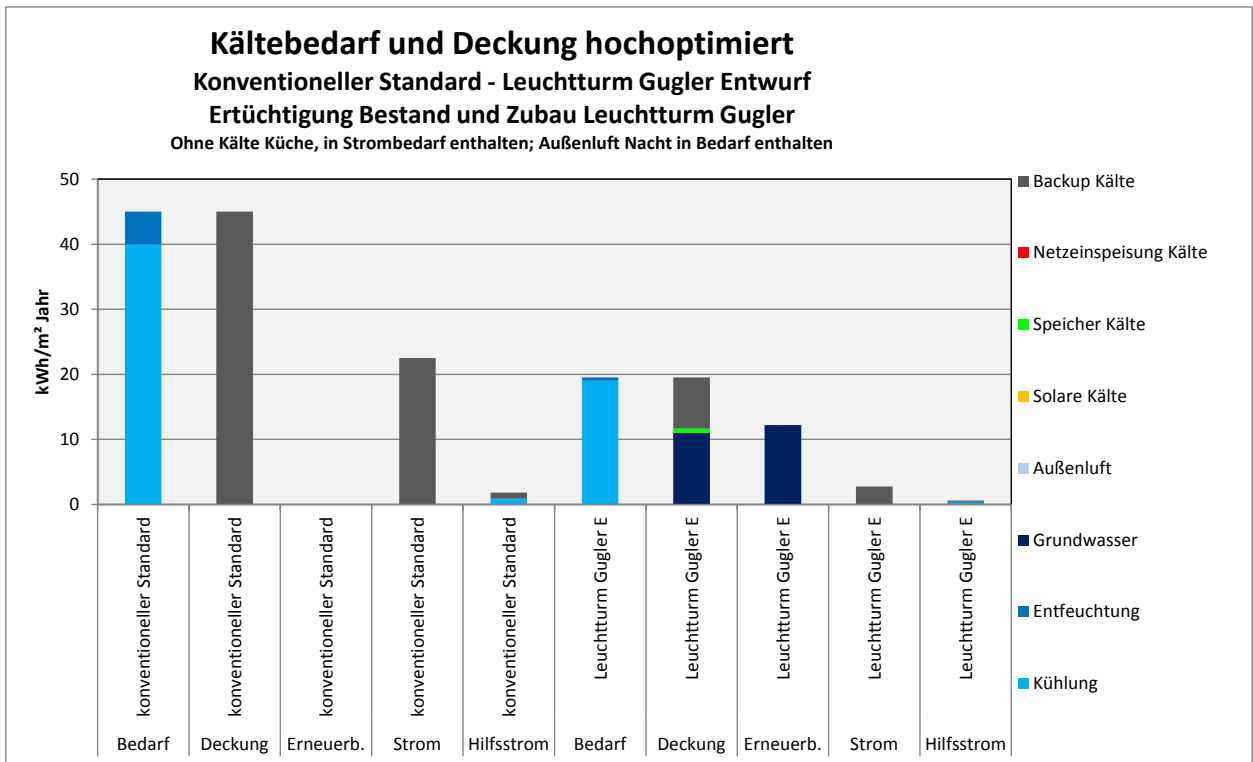


Abbildung 143: Kältebedarf und Deckung hochoptimiert konventioneller Standard – Leuchtturm Gugler Entwurf Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- Im Bereich Kälte werden nur noch geringe Optimierungspotentiale gehoben, die vor allem in der Kälteabgabe Raum und im Hilfsstromaufwand liegen.

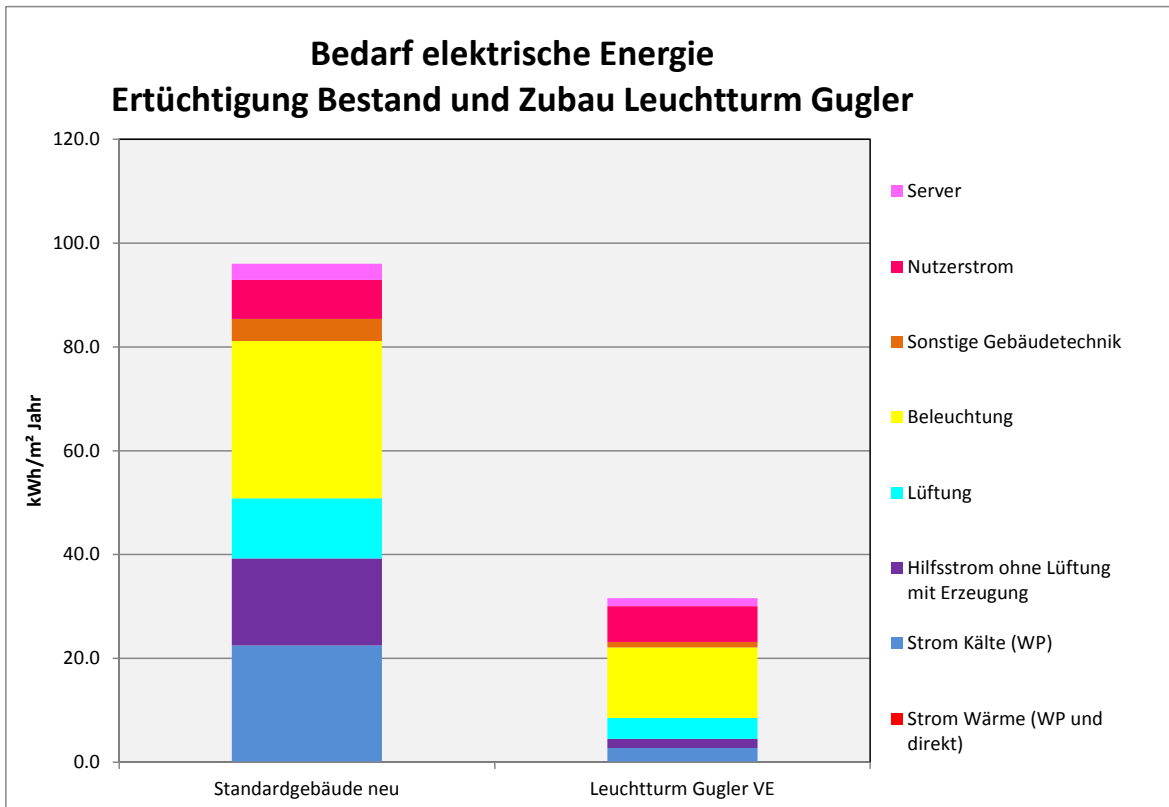


Abbildung 144: Bedarf an elektrischer Energie Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

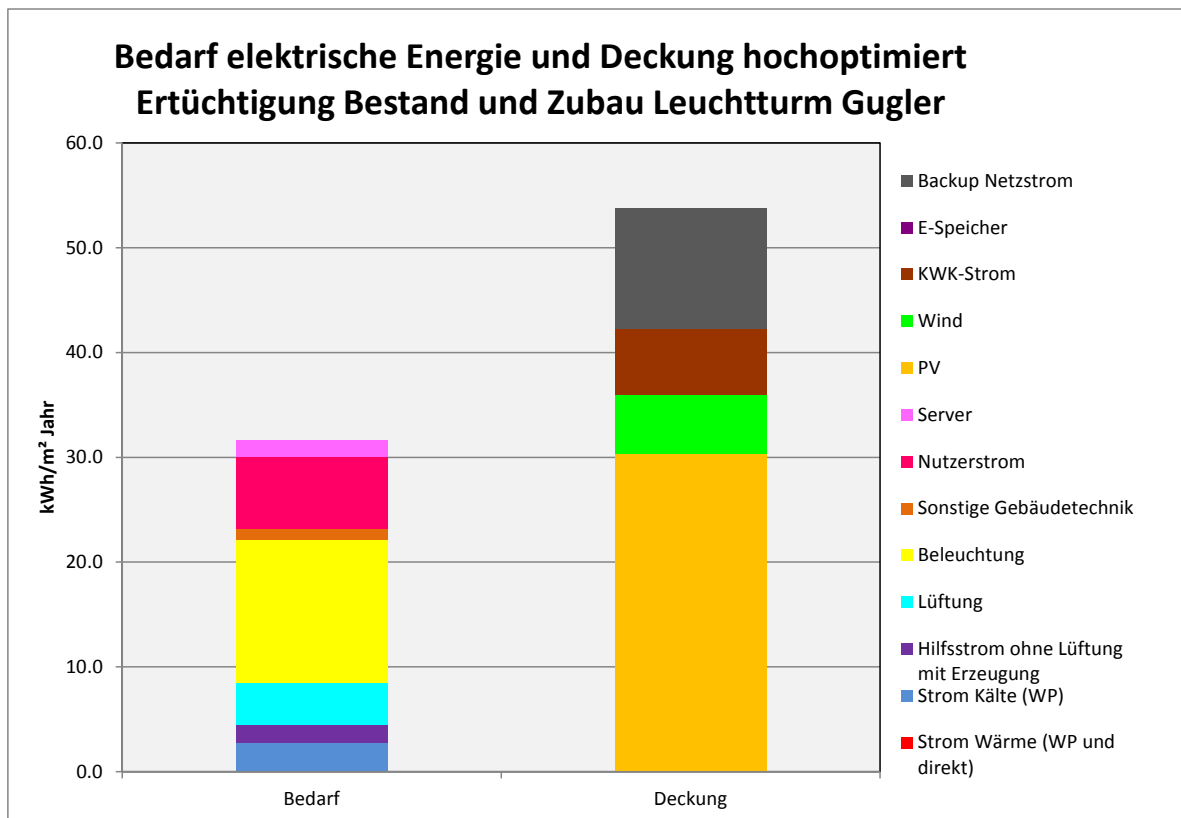


Abbildung 145: Bedarf an elektrischer Energie und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

- In der Jahresbilanz wird ein deutlicher Stromüberschuss erwirtschaftet, der auf einer konsequenten Nutzung aller Stromsparpotentiale gründet.
- Weitere Sparpotentiale sind wohl nur noch in der Beleuchtung möglich.

### 12.5.5.2. Nachfragegesteuerte Optimierung

Um den Eigendeckungsanteil zu erhöhen, wurde die Wirkung von nachfrageseitigen Maßnahmen mittels dynamischer Simulation untersucht. Im speziellen ging es um die folgenden Maßnahmen:

**Beheizung:** Die Solltemperatur im Bürobereich und in den Hallen kann im Hochwinter zwischen 20 und 24°C schwanken

**Kühlung:** Die Solltemperatur im Bürobereich und in den Hallen kann zwischen 23 und 26°C schwanken.

Damit ergeben sich die folgenden Deckungsvarianten für Wärme- und Kältedeckung:

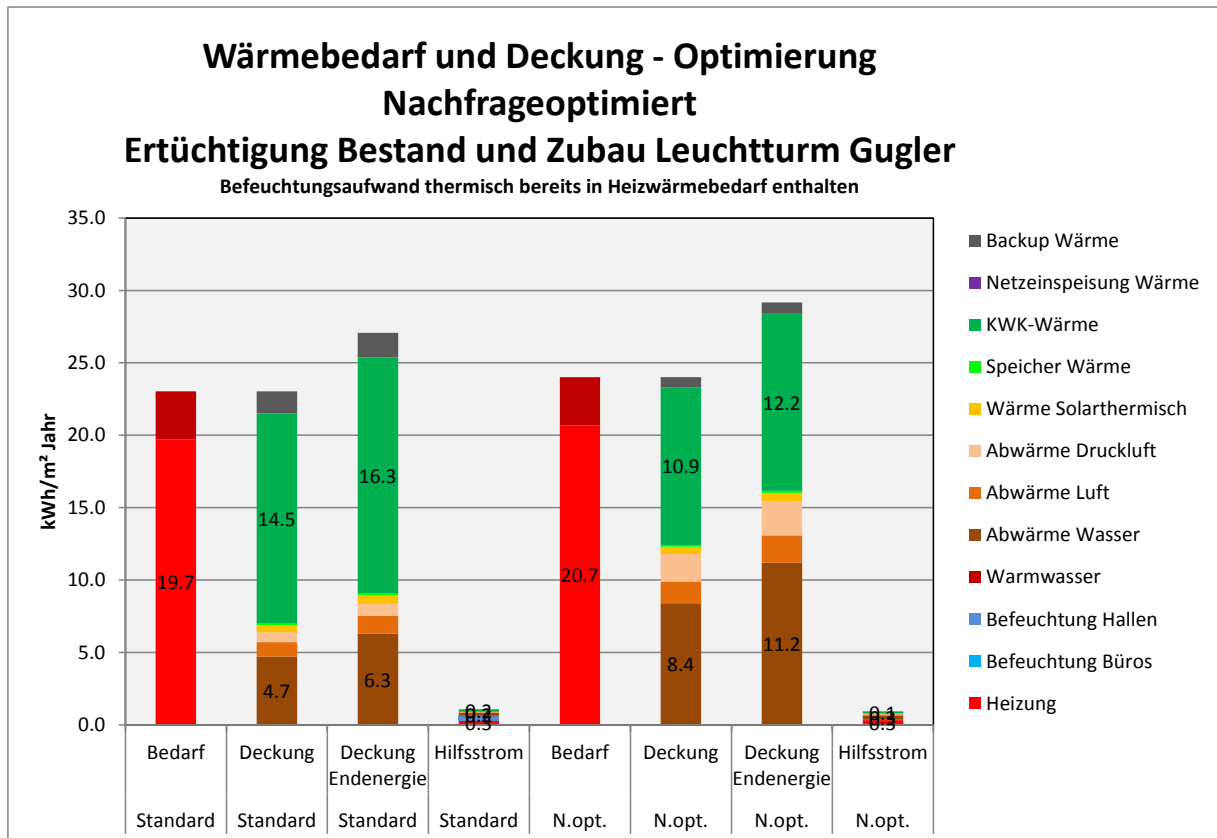


Abbildung 146: Wärmebedarf und Deckung - Optimierung Nachfrageoptimiert

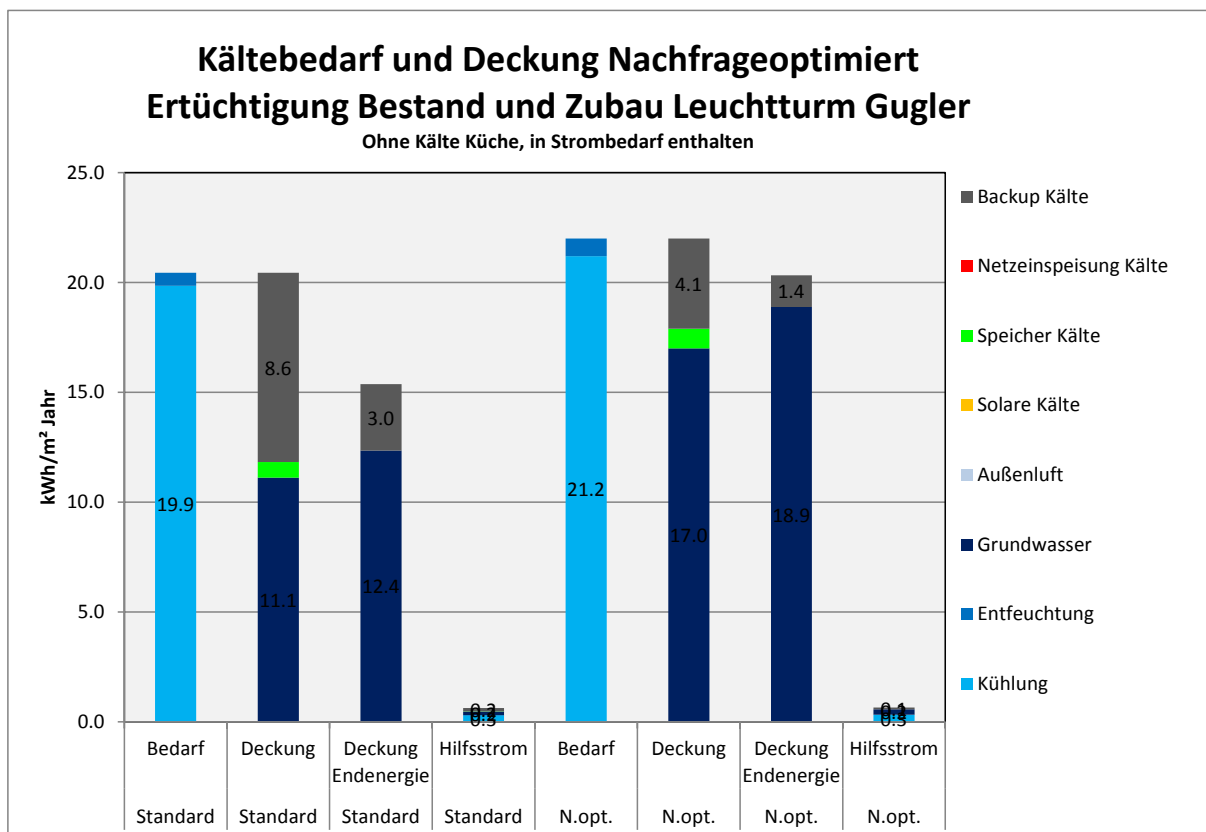


Abbildung 147: Kältebedarf und Deckung Nachfrageoptimiert

- Durch die Abweichung vom Sollwert erhöht sich sowohl der Heiz- wie auch der Kühlbedarf
- Der Anteil an Abwärme kann allerdings überproportional gesteigert werden, sodass die Gas-KWK deutlich seltener eingesetzt werden muss
- Noch deutlicher wird dies im Sommer: Der Kühlbedarf steigt, der Anteil an Kompressionskälte kann halbiert werden.

Die Einsparung können somit einen wenn auch kleinen Beitrag zum Plusenergiestandard leisten.

### 12.5.5.3. Plusenergiebewertung

Die Bilanzierung über das gesamte Jahr auf Stundenbasis ist in der folgenden Grafik dargestellt.

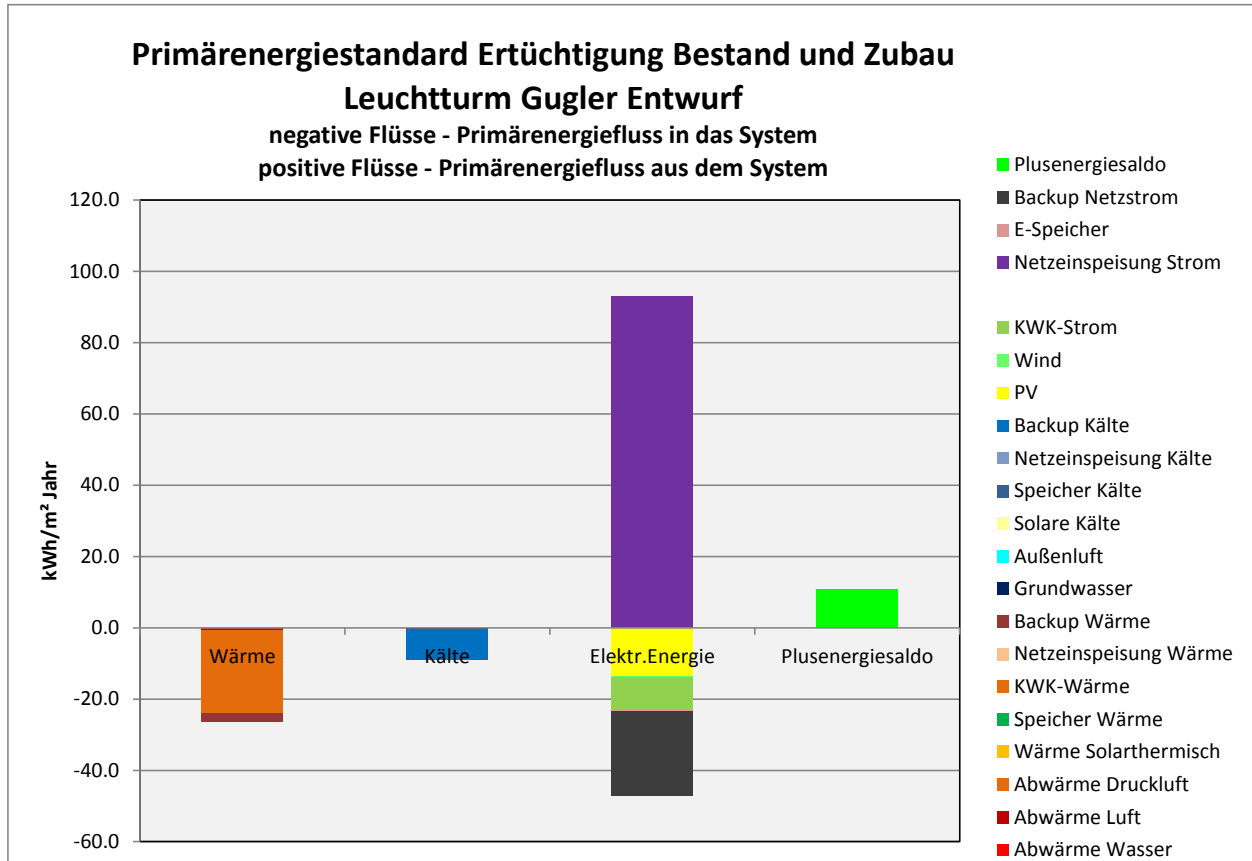


Abbildung 148: Primärenergiestandard Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler Entwurf

- Durch den reduzierten Primärenergiebedarf nicht erneuerbar vor allem im Bereich elektrischer Energiebedarf kann ein nicht unwesentlicher Stromanteil in das Netz gespeist werden und ersetzt dort UCTE-Strom.
- Damit kann der immer noch erforderliche Netzstrom, der Primärenergieaufwand für Wärme- und Kälteerzeugung überkompensiert werden.

**Die hochoptimierte Variante der Druckerei Gugler weist ein Plusenergiesaldo von 7,2 kWh/m²a auf. Das heißt, es wird mehr Primärenergie nicht erneuerbar hergestellt als verbraucht wird und kann dem Umfeld zur Verfügung gestellt werden.**

In realiter wird dieser Überschuss allerdings für die Abdeckung der Prozessenergie (Druckereimaschinen etc.) aufgewendet werden.

Die folgenden Abbildungen stellt die Situation im Vergleich zu den Verbräuchen 2011 dar, zusätzlich ist im 2.ten Bild der Aufwand für den Prozessstrom mitberücksichtigt.

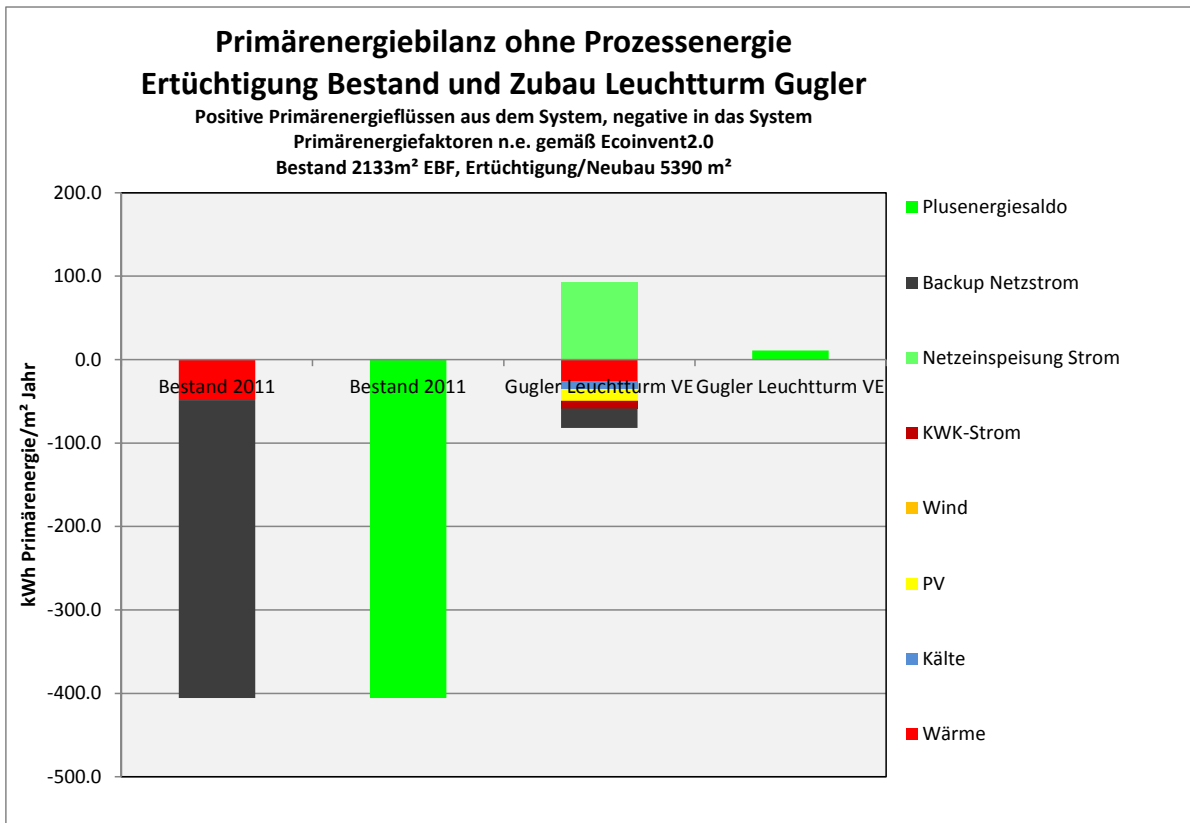


Abbildung 149: Primärenergiebilanz ohne Prozessenergie Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

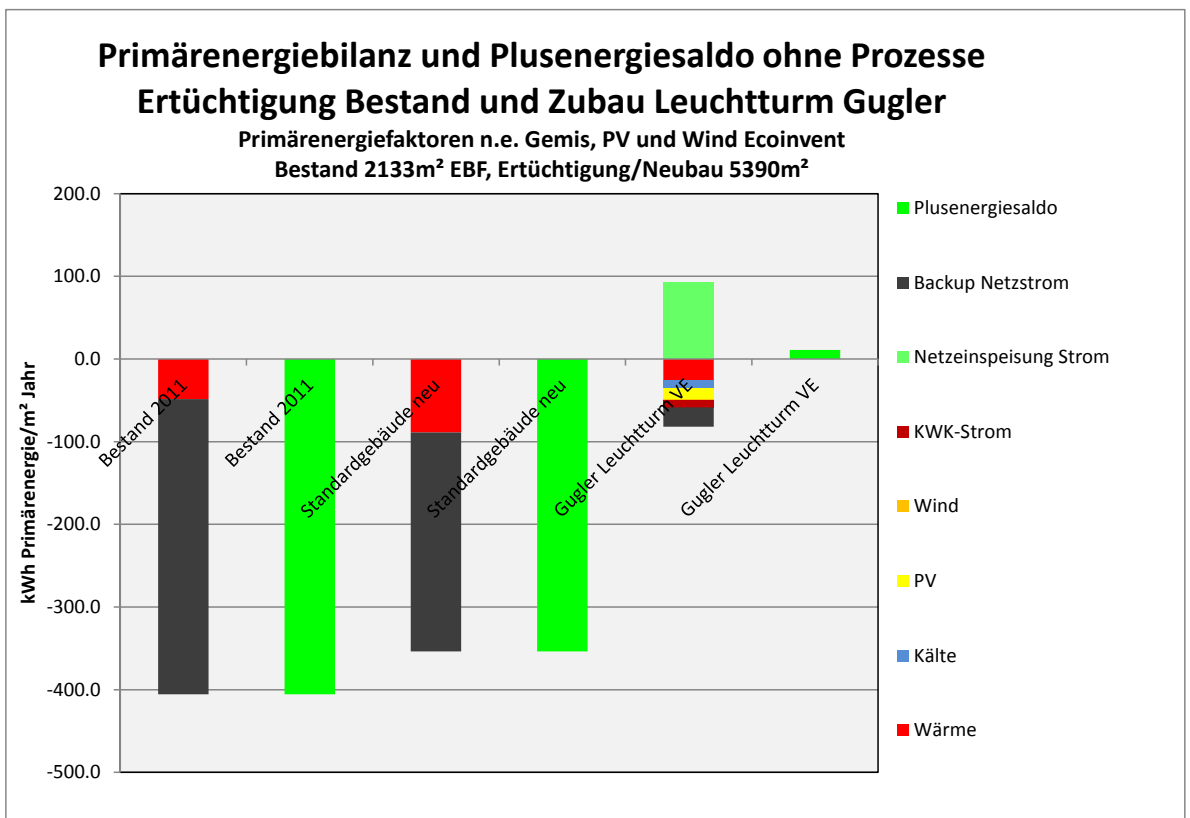


Abbildung 150: Primärenergiebilanz und Plusenergiesaldo ohne Prozessenergie Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

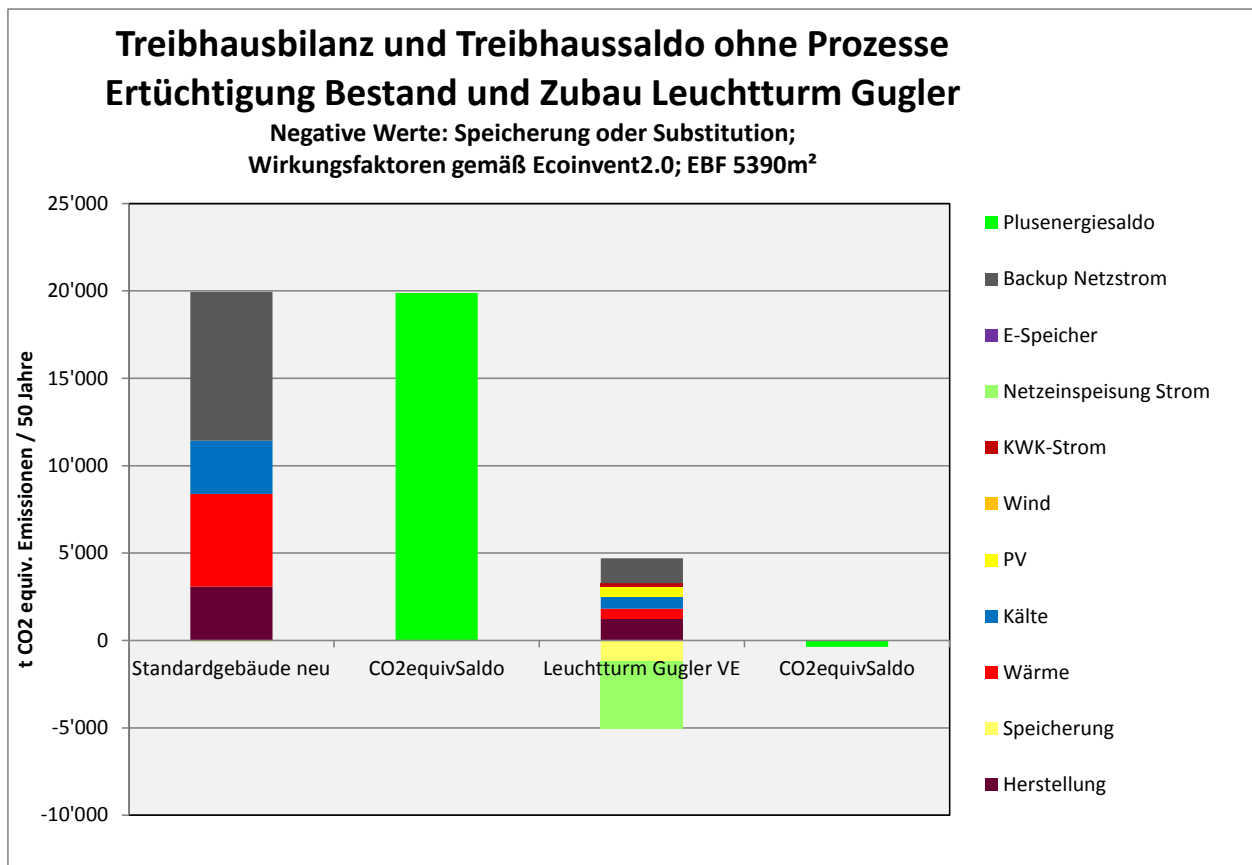


Abbildung 151: Treibhausbilanz und Treibhaussaldo ohne Prozessenergie Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler

Es verbleibt ein nicht unwesentlicher „Negativ“-Primärenergiesaldo! Für die Kompensation des Prozessstroms wäre beispielsweise die zusätzliche Installation einer ca. 350 kWp großen PV-Anlage erforderlich. Platzmäßig müssten daher ca. 500 kWp untergebracht werden. Dafür reicht die Dachfläche allein nicht mehr aus, hier wären noch die angedachten nachgeführten „PV-Schmetterlingsflügel“ an der Attika anzudenken.



## **13. Bewertung ökologisch und wirtschaftlich**

### **13.1. Beschreibung innovativer Kostenteile im Vergleich zu Standard-Büro und –halle**

#### **13.1.1. Vorbemerkungen**

Um im derzeitigen Vorentwurfsstadium zur kostenmäßigen Darstellung von einem konkreten Anteil an baulich - und haustechnischem Innovationsgehalt zu gelangen, stellen wir dem Demogebäude Leuchtturm Gugler Triple Zero ein Vergleichsgebäude gegenüber.

Beim Vergleichsgebäude gehen wir von einem Bürotrakt aus größtenteils passivhaustauglichen Bauteilen aus, bei der Halle von einer gehobenen Standardhalle. Dadurch sind wir in der Lage, ökoeffektive bzw. innovative Kosten auf der Bauteilebene plausibel herauszufiltern, transparent zu machen und darzustellen.

Eine Vergleich zu einem vollständigen Passivhausgebäude ist aus unserer Sicht nicht angebracht, da bei heutigen Betriebshallen mit Bürotrakt kein äquivalenter innovativer Baustandard mit Breitenwirkung vorhanden ist, wie er im Bürohaus- oder Wohnungsbau bereits zu finden ist.

Abfolge der Darstellung:

- Definierung des Vergleichsgebäudes
- Beschreibung der Unterschiede des Vergleichsgebäude zu Gugler Triple Zero
- Innovativer Gebäudeelemente, die nicht im Aufbauten- Vergleich erfasst sind
- direkter Vergleich der Bauteilaufbauten mit Kosten pro m<sup>2</sup>
- Kostenzusammenstellung Haustechnikkomponenten mit Gegenüberstellung zu einer Sparvariante Haustechnik
- Gesamtkostenschätzung mit Gegenüberstellung zum Vergleichsgebäude

#### **13.1.2. Anmerkungen zum heutigen Industriestandard:**

Der Industriestandard für Betriebsgebäude folgt vorwiegend ökonomischen Überlegungen. Der Einsatz von minimal erforderlichen Konstruktionsdicken für Böden, Wand und Decke, um die baubehördlich erforderlichen Anforderungen an Schall-, Brand-, und Wärmeschutz zu erfüllen ist üblich.

- Fensterflächen in Arbeitsstätten entsprechen der min. Anforderung lt. Arbeitsstättengesetz, min. 5% der Bodenfläche. Die Belichtung durch Oberlichter wird auf das erforderliche Minimum reduziert, meist nur in Kombination für die Brandentrauchung lt. TRVB 125 eingesetzt, da die Herstellungskosten das Vielfache kosten.

- Auf eine bessere Wärmedämmung bei Fenstern, Außentüren wird verzichtet, die Bodenplatte bleibt ungedämmt. Beheizung erfolgt über Flächenheizkörper, die Beleuchtung mit ineffizientem Standard Beleuchtung um die notwendigen Arbeitsbedingungen zu garantieren.
- Die Energiekosten für die Erhaltung werden i.d.R. nicht kalkuliert, es gelten Bedingungen minimal erforderlicher Investitionskosten.
- Die Bauweise erfolgt üblich in standardisierter Elementbauweisen, Hallen werden i.d.R. aus beschichteten Sandwichpaneelen mit geschäumter Wärmedämmung errichtet, tragende Außenwände der Bürotrakte in Massivbauweise mit Wärmedämm-Verbundsystem.
- Es entstehen nicht wiederverwertbare, vermischte Baustoffe, die nach Ablauf des Bauwerkszyklus größtenteils auf der Baurestmassen- bzw. Sondermülldeponie landen.
- Dachkonstruktionen mit erdölbasierter Wärmedämmung und darauf verklebten Abdichtungsschichten.
- Verwendung von ökologischen, regionalen Produkten wird zwar auf Landesebenen über Förderprogramme unterstützt, die Entscheidung bleibt aber beim Bauherrn und dem Planer. Die Planung erfordert einen Mehraufwand, die Entscheidenden Kriterien bezüglich Produktwahl verschieben sich Richtung Kostenebene.

Mindestanforderung Wärmeschutz an Bauteile lt. niederösterreichischer Bautechnikverordnung in  $W/m^2K$ :

- Wände gegen Außenluft (z.B. Außenwände) 0,40
- Wände gegen unbeheizte Gebäudeteile und Brandwände 0,70
- Wände gegen getrennte Wohnungen 1,60
- Erdberührte Wände und Fußböden 0,50
- Decken gegen Außenluft, Flachdächer, Decken über Durchfahrten 0,22
- Decken gegen unbeheizte Gebäudeteile 0,40
- Fenster und Türen gegen Außenluft gemittelt über Rahmen und Verglasung) 1,80
- Luftdichtheit- kein Nachweis erforderlich

### **13.1.3. Vergleichsobjekt: Betriebshalle gehobener Standard, Bürotrakt mit Passivkomponenten**

Das Vergleichsgebäude erfüllt im Gegensatz zur Bautechnikverordnung mit Wandaufbau 26 cm EPS plus Passivhausstandard im Bürotrakt.

Die Halle ist mit 16 cm gedämmten Sandwichpaneelen konzipiert, da man im Regelfall bei der Druckerhalle davon ausgehen würde, dass die Abwärme der Geräte direkt zur Beheizung verwenden werden würde.

Der Dachaufbau als Duo-Dach ist mit 26 cm EPS plus angenommen.

Der Anteil an Fensteröffnungen und Oberlichtern wurde auf die Mindestvorgaben lt. Bauordnung und Arbeitnehmerschutz reduziert.

Generell gehen wir hier von der Wahl ökologisch nicht optimierter Bauteile aus.

Anforderungen Wärmeschutz Vergleichsgebäude in  $W/m^2K$ :

- Wände gegen Außenluft: Büro 0,16; Halle 0,2
- Wände gegen unbeheizte Gebäudeteile und Brandwände 0,70
- Erdberührte Decken: Büro 0,2; Halle 1,0,
- Decken gegen Außenluft, Flachdächer, 0,16
- Fenster und Türen gegen Außenluft gemittelt über Rahmen und Verglasung 1,1
- Luftdichtheit 1,5 1/h

#### **13.1.4. Leuchtturm Gugler Triple Zero: Darstellung der kostenmäßig relevanten Innovativen Elemente**

Die Vorgaben aus dem Forschungsprojekt werden eingehalten. Durch die intelligente Integration des wärmetechnisch niedrigerem Standard vom Bestandsgebäudes mit dem neuen hochwärmegeämmten Anbau sowie einiger Ertüchtigungsmaßnahmen wird eine optimale Gebäudehülle für das Plusenergiekonzept erzielt.

Anforderungen Wärmeschutz Gugler Triple Zero in  $W/m^2K$ :

- Außenwände 0,15
- Decken 0,1
- Erdberührte Decken 0,1
- Fenster und Türen Ur 0,95, Ug 0,6
- Fenster sind mit außenliegendem Sonnenschutz und zusätzlichem Blendschutz ausgestattet.
- Luftdichtheit 0,5 1/h

##### **13.1.4.1. Darstellung Innovative Gebäudeelemente, die nicht durch den Vergleich der Aufbauten dargestellt werden können:**

###### **13.1.4.1.1. Geometrie und optimale Nutzung Tageslicht:**

- Fensteranteil der Außenwände beträgt 24%,
- die Anordnung der Fenster folgt den Prinzipien des solaren Bauens
- Anteil an Oberlichtern in der Druckerhalle 7,26%,
- Die Oberlichtern sind großflächig am Dach verteilt, bieten optimale Tageslichtbedingungen für die Arbeitnehmer
- Die Motivation der Mitarbeiter wird durch die großzügigen Ausblicke in die Landschaft verbessert.

#### **13.1.4.1.2. Wand und Decke- Elementbauweise:**

- Alle vorgefertigten Elemente sind so konzipiert, dass sie nach Ablauf des Bauwerkszyklus wieder rückgebaut werden können. Die Elementfüugungen erfolgen mechanisch.
- Die tragenden Decken und Holzrahmenelemente werden mit der statisch erforderlichen Tragstruktur verdübelt und sind wieder lösbar.
- Industriestandardelemente wie OSB- Platten sind durch sortenreine Sekundärrohstoffe wie z.B. Schalungsbretter ersetzt.
- Die Vorfertigung der Elemente erfolgt in Zusammenarbeit mit innovativen Zimmereibetrieben um Erkenntnisse aus der Holz- Fertigungstechnik in die Planung und Produktion der Elemente einfließen zu lassen.
- Das Statik- Konzept berücksichtigt die Modulbauweise mit Strohelementen, ein entsprechendes Binder- Trägersystem wurde entwickelt. Siehe techn. Beschreibung.

#### **13.1.4.1.3. Fußboden, Dachaufbau**

- Die Bodenplatte und notwendige Brandabschnitte aus unbrennbarem Material werden aus Slagstar Ökobeton, Fa. Wopfinger hergestellt, siehe Bauteilbeschreibung
- Bauteilaktivierung mittels Fußbodenheizung und kühlender Pufferspeicher gegen sommerliche Überhitzung.
- Die Dämmung erfolgt an der Außenseite mit feuchteresistentem Schaumglasschotter
- Heizung und Kühlung in den Obergeschossen erfolgt über Deckensegel
- Die Dachkonstruktion ist als Warmdach ausgeführt, kommt ohne vollflächig verklebte Schichten aus. Es gibt keine Vermischung von organischen und mineralischen Baustoffen. Mit einer zusätzlichen Hinterlüftungsebene unter der Dachabdichtung entspannt sich die Kondensatbildung, die Situation mit der innenliegenden Dampfsperre wird entschärft.
- Akustikanforderungen werden mit homogenen, mineralischen Baffel abgedeckt oder bilden eine eigene vom Deckenaufbau mechanisch lösbare Schicht.

#### **13.1.4.1.4. Bauweise**

- Mit der Entscheidung für die Holzrahmenbauweise samt Strohdämmung kann davon ausgegangen werden, dass der Brutto- Flächenbedarf geringfügig größer gegenüber einem Standardhalle sein wird, da die Wandstärke von Sandwichelemente um 2/3 geringer ist.
- Durch die Ständerbauweise im Innenausbau kann von einer grundsätzlich höheren Flexibilität und Potential an Wiederverwendbarkeit ausgegangen werden.
- Die zementgebundenen Platten im Innenausbau Platten sind robuster als Standard-Gipskartonplatten und können am Ende des Bauwerk(teil)Zyklus im Gegensatz zu gipshaltigen Bauprodukten problemlos als mineralischer Bauschutt entsorgt werden.
- Der in lose Lage eingebrachte Fußbodenaufbau in den Obergeschossen erlaubt eine spätere, zerstörungsarme Anpassung der Wände.

#### **13.1.4.1.5. Aufbauten und Beläge**

- Sämtliche verwendeten Baustoffe in Aufbauten einschließlich erforderlicher Dampfbremsen und sind wenn möglich Nature plus zertifiziert, bilden eine eigene Schicht und können wieder gelöst und rückgebaut werden.
- Auf nicht ökologische Anstriche wird weitgehend verzichtet.
- Fußbodenbeläge sind möglichst homogenen Baustoffe, haben einen hohen Recyclinganteil oder bereits c2c Zertifizierung und sind, wenn möglich regionale Produkte

#### **13.1.4.1.6. Bauliche Maßnahmen für innovative Haustechnische Anlagen**

Hier findet sich eine Auflistung der baulichen Maßnahmen, die durch haustechnischen innovative Maßnahmen erforderlich werden und nicht durch Haustechnikkosten abgedeckt sind

- Für die Luftreinigung und Befeuchtung in der Druckerei werden Tröge mit Pflanzenpuffer installiert. Auf die bauliche Integration wird zwecks Anpassbarkeit verzichtet. Die Tröge sind verschiebbar und im Entwurf südöstlich entlang der Hallenwand untergebracht.
- Das Trockentoilettensystem Ecodry, Fa. Wostman wird für 10 WC Einheiten hergestellt. Dafür ist im Veranstaltungsbereich ein eigener Sammelraum mit gesichertem, luftdicht Zugang vorgesehen. Die für die Sanitärgegenstände erforderliche mechanische Entlüftung über Dach ist in den Haustechnikkosten berücksichtigt. Der erforderliche Höhenunterschied zwischen den erdgeschossigen WCs und dem Sammelraum wurde bereits im Vorentwurf berücksichtigt.
- Sämtliche anfallenden Grauwässer werden über ein 16 m<sup>2</sup> großes Indoor-Pflanzenklärbeet gefiltert und gereinigt. Zu Demonstrationszwecken der Technologie wurde als Lage der allgemein zugängige Veranstaltungsbereich gewählt. Eine Integration in die Bodenplatte und Anschluss an das Sanitäre Abwassersystem ist erforderlich.
- Für die Kompostierung von Urin und Feststoff Abfällen der Trockentoiletten sind Lagerflächen im Freiraum vorgesehen. Die Belieferung muss gewährleistet sein
- Der Aufwand zur Aktivierung des erforderlichen Brunnenwassers zur Kühlung ist in den Haustechnikkosten berücksichtigt
- Für die 4 Windräder sind Fundamentierungen von je ca. 10x 10 m erforderlich
- Erkenntnisse aus der Biodiversität fließen in die Gestaltung mit ein
- Freiraumplanung Bauliche Maßnahmen für Freiluftarena, Zen- Garten, Erdkeller

### **13.1.4.2. Ausstattungsliste HKLSR + E + Wind + PV + E-Speicher**

#### **13.1.4.2.1. Wärmeerzeugung**

- Gas KWK (12kW<sub>th</sub> - 5kW<sub>el</sub>) inkl. Abgassystem
- Kaminsanierung des bestehenden Gaskessels
- Kompressoren Umbau auf Wasserkühlung

#### **13.1.4.2.2. Wärmeverteilung**

- Bestandssanierung Energispar-Pumpen, Regelorgane, Hydraulik, WD
- Pufferung Wärmeschichtpufferspeicher 2x10m<sup>3</sup> inkl. WD
- Variable Entnahme OPIRA
- Neue Zentrale

#### **13.1.4.2.3. Wärmeabgabe**

- Lüftungsversorgung Hallen und Büro + Neubau
- FBH in Hallenplatte (1.850m<sup>2</sup>) neue Halle
- Büro+ Seminarräume neu Flächenheizung (1.500m<sup>2</sup>)
- Büro+ Seminarräume neu Heizkörper (1.500m<sup>2</sup>)
- Flächenheizung Hotel, 3x Hotel Heizkörper

#### **13.1.4.2.4. Lüftung**

- Bestandshalle EWT Sammler + 2facher LW zum HK + Befeuchten
- Halle Neu 2facher LW zum HK + Befeuchten+ Entfeuchten (90% WRG)
- Halle Neu 2facher LW zum HK + Befeuchten (70% WRG)
- Büro Alt + Neu + Neubau (70% Gleichzeitigkeitsfaktor) 90% WRG
- WC Anlage Trocken WC's
- Lüftung Hotelanlage
- Maschinenabluft Halle Neu
- Serverlüftung 70% im Jahr mit AUL

#### **13.1.4.2.5. Kälteerzeugung**

- Brunnenkühlung Brunnenbau, Brunnenkühlung Verrohrung, Pumpe, Anlagenteile
- Splitkältegeräte
- Kompressorkältemaschine inkl. freecooling-Rückkühler

#### **13.1.4.2.6. Kälteverteilung**

- Bestandssanierung Pumpen, Regelorgane, Hydraulik, WD
- Pufferung Wärmeschichtpufferspeicher 1x10m<sup>3</sup> inkl. WD
- Variable Entnahme OPIRA
- Neue Kältezentrale

#### **13.1.4.2.7. Kälteabgabe**

- Kühlbalken, Kühlsegel Nachrüstung im Bestand
- Kühlsegel teilw. Im Neubau
- Lüftungsanlagenversorgung
- Serverraum, Umluftkühler

#### **13.1.4.2.8. Sanitär**

- Sanitäreinheiten (Inkl. Ver- und Entsorgung)
- Sanitäreinheiten Bestandssanierung Wasserlose Urinale
- Sanitäreinheiten Trockenklo
- Grauwasserspeicher lt. AEE

- Urinalspeicher lt. AEE
- Sanitäreinheiten 3 x Hotel
- Befeuchtung Hochdruckzerstäubung
- Solaranlage 20m<sup>2</sup>, + Frischwassermodul

#### **13.1.4.2.9. Brandschutz**

- F90-Brandschotts
- EI 90 Verkleidungen
- Brandsteuerzentrale der Brandrauchentlüftung
- Gaslöschanlage Serverraum

#### **13.1.4.2.10. Druckluftspeicher (Energiespeicher)**

- Hochdruckkompressor 30m<sup>3</sup>/h, 40bar
- Druckluftspeicher 40bar, 1,6kWh/m<sup>3</sup> = 16kWh = 10m<sup>3</sup>
- Wärmetauscher
- Verrohrung, Verteilung, Wärmedämmung + Regelung

#### **13.1.4.2.11. Elektrotechnik**

- Umformer und Kompensation
- Netzersatzanlagen
- Niederspannungsverteilung
- Kabel u. Leitungen
- Aufpreis HFR (Halogenfreie) Kabel und Leitungen
- Isolierte Leitungen
- Aufpreis HFR (Halogenfreie) Isolierte Leitungen
- Rohr und Tragsystem
- Aufpreis HFR (Halogenfreie) Rohr und Tragsystem
- Schalter und Steckgeräte
- Leuchten und Lampen LED nur Teilweise
- mit Tageslichtregelung Leuchten und Lampen LED (inkl. Zugang + Bestandsbüro)
- Hallenbeleuchtung Halle Bestand (LED)
- Bestandsbeleuchtung Bürobereich Optimierung
- Erdungs- Blitzschutzanlage
- Strukturierte Verkabelung
- Brandmeldeanlage
- Behinderten Notruf
- Antennenanlage
- Planung und INB
- Videoüberwachung
- Sicherheitsbeleuchtung
- Aufzug
- Windräder 15kW 4 Stück (ohne Fundamente) [kWp]
- Photovoltaik (PV) ca. 1.360m<sup>2</sup> inkl. Wechselrichter [kWp]

## 13.2. Wirtschaftliche und ökologische Bewertung über den Lebenszyklus

### 13.2.1. Annahmen

Die Annahmen für die wirtschaftliche Bewertung des optimierten Entwurfs Gugler Triple Zero wird eine dynamische Wirtschaftlichkeitberechnung durchgeführt. Folgende Kostenpunkte werden miteinbezogen:

- Investkosten Bau, HKLSE, Ausstattung, Energieerzeugung, Nebenkosten, Außenanlagen
- Laufende Energiekosten für Wärme, Kälte und Strom
- Wartungskosten für die gesamte Gebäudetechnik
- Direktförderung HDZ gemäß aktuellem Stand

Andere laufende Kosten wie Reinigung, Betriebskosten etc. werden nicht miteinbezogen, da davon ausgegangen wird, dass diese für alle untersuchten Varianten in etwa gleich sind.

Günstige Finanzierungen, die ebenfalls mit dem hohen energetischen und ökologischen Standard verbunden sind und teilweise schon ausverhandelt sind, werden in den folgenden Berechnungen nicht miteinbezogen.

Die wesentlichen Annahmen wurden in Absprache mit dem Bauherrn getroffen. Als Betrachtungszeitraum werden 30 Jahre gewählt, da im Anschluss daran üblicherweise erste relevante Instandsetzungsmaßnahmen zu realisieren sind.

Insgesamt wurden die folgenden Rahmenbedingungen festgelegt:

Betrachtungszeitraum	30 Jahre	Varianten 20, 50 Jahre
Kalkulationssatz (Diskontsatz)	2%	
Energiepreissteigerung	5%	Variante 7,5%

Tabelle 61: Input-Werte zur Wirtschaftlichkeitsberechnung

### 13.2.2. Basisvarianten

Die Gesamtkostenschätzung wurde auf Basis einer bauteilbezogenen Elementekostenschätzung lt. Ö-Norm B1801-1 erstellt und hat die Genauigkeitsstufe eines Entwurfsstandes. Sie besteht aus

- **Var1: Gug 3-zero:** Holzrahmenkonstruktion, mit ca. 40 cm Strohdämmung, konstruktives System aus Kreuzlagenholz mit Holzbinder und –steher, Beschreibung siehe oben im Detail
- **Var2: Gug konventionell:** Standardbauweise, Halle aus Alupaneele, Bereich Veranstaltung und konstruktive Elemente in STB, keine Energieerzeugung durch PV, Wind etc. am Grundstück. Beschreibung siehe oben im Detail
- **Var3: Gug 3-zero klein:** Der Entwurf wird aus Kostengründen flächenmäßig stark verkleinert, einige Gebäudeteile werden nicht realisiert (Hotel, Meditationsraum, Erdkeller). Die Neubaunutzfläche verkleinert sich von 3347m<sup>2</sup> auf 2143 m<sup>2</sup> (Gesamt inkl. Altbestand 5391 auf 4186 m<sup>2</sup>). Die technischen und ökologischen Qualitäten bleiben die gleichen wie im Entwurf.



- **Var3b: Gug 3-zero kl. + Esp.-tech.:** Gegenüber Variante 3 werden bestimmte technische Leistungen eingespart:
  - Trockenestrichplatten Pressspanplatten V100 statt Gipsfaserplatten (hat auch ökologische Auswirkung)
  - Verzicht auf Ausbaumöglichkeit 2.OG im Neubau Büroteil, daher Einsparungen in Statik der unteren Geschosse
  - Verzicht auf Druckluftspeicher
  - Verzicht auf Aufzug
- **Var3c: Gug 3-zero kl. + Esp.-öko.:** Gegenüber Variante 3 werden ökologisch vorteilhafte Materialien oder Technologien eingespart:
  - GK- Ständerwände mit einf. Holzstehern und Glaswolle
  - Steinzeugfliesen ohne C2C Zertifizierung
  - Glaswolle statt Strohdämmung in Wänden und Dach, Glaswolle statt Schafwolle in Vorsatzschalen, Innenwänden
  - OSB-Platten anstatt Diagonalschalung
- **Var3d: Gug 3-zero kl. + Esp.-ästhe.:**
  - Geländer Galeriegeschoss statt VSG mit einfacher Füllung
  - Stiege VA gerade statt gerundet
  - BSH Leimbinder statt Fachwerksträger
  - Verkleidung der Träger mit R60, Reduzierung Querschnitt
  - Statt hochwertiger Baffel einfache Lösung (zB. SEB)
  - Akustikdecke Atrium von Holz auf Gipskarton
- **Var4: Gug konv klein:** Standardbauweise, Halle aus Alupaneele, Bereich Veranstaltung und konstruktive Elemente in STB

Die Einsparungen 3b-3d wirken sich nur geringfügig auf das (betriebs)energetische Verhalten des Gebäudes aus. Nur der Elektrospeicher hat energetisch auf den Eigendeckungsanteil eine größere Wirkung. Auf die Gesamt-Jahresbilanz ergibt sich eine ungünstige Wirkung, da Ent- und Beladung und laufende Speicherverluste den insgesamt selbst erzeugten und nutzbaren Stromanteil reduzieren.

Für eine umfassende Bewertung der Maßnahmen sind neben den wirtschaftlichen Wirkungen auch die ökologischen Folgen zu bewerten. Für Herstellung, Instandsetzung und Rückbau/Weiterverwertung und Entsorgung der gebauten Struktur sind in SP2 und SP3 [Mötzl 2010], [Schneider 2010] im Detail dargestellt. Setzt man als Betrachtungszeitraum 30 Jahre an, in etwa den Zeitpunkt, an dem der erste größere Instandsetzungszyklus zu erwarten ist (Gebäudetechnik, Außenhaut, Innenhaut) ergeben sich die folgenden kumulierten Gesamtbelastungen (Restwerte sind nicht berücksichtigt).

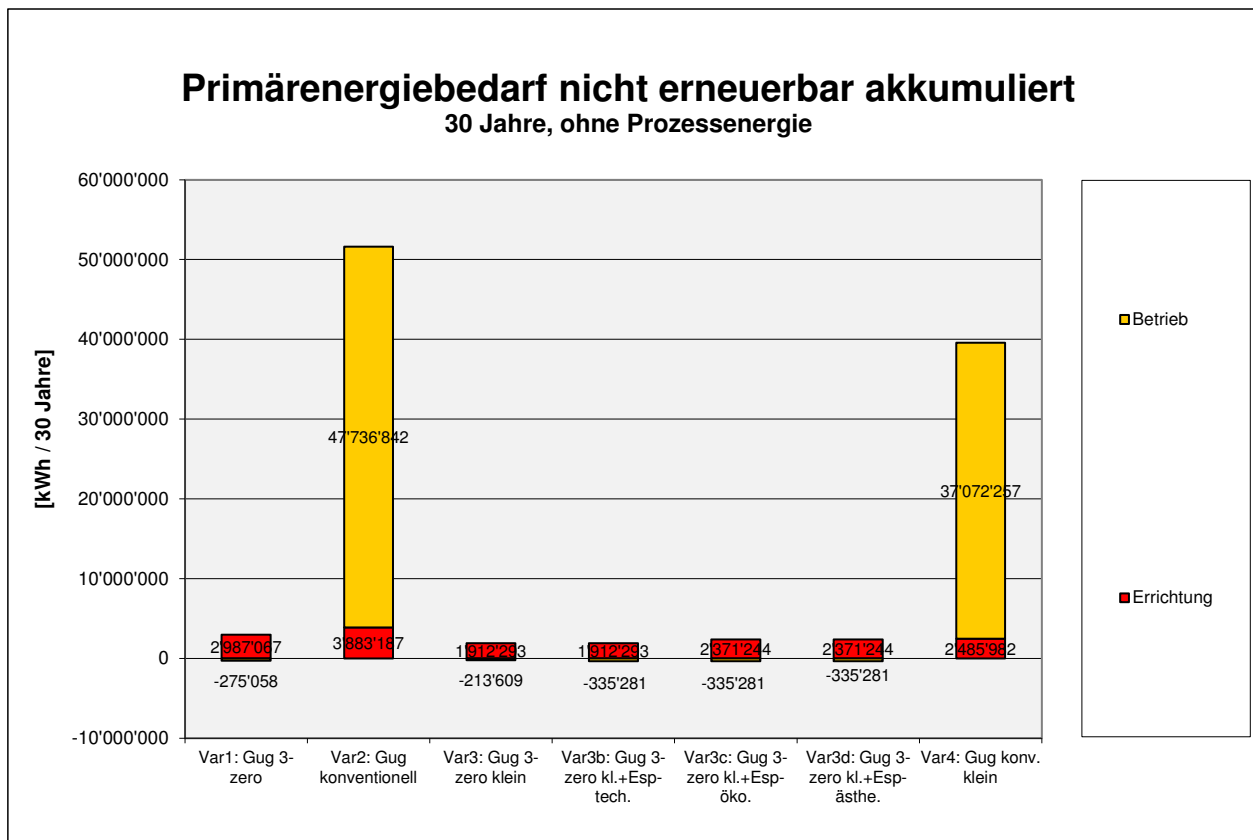


Abbildung 152: Primärenergiebedarf nicht erneuerbar akkumuliert 30 Jahre

- Die Belastungen durch den Verbrauch von nicht-erneuerbaren Primärenergieträgern der Gugler Triple Zero Varianten liegen ca. bei 5-6% der Belastungen durch die konventionellen Varianten (obwohl diese bereits einen NEH-Standard entsprechen und keinesfalls das derzeit geforderte Mindestniveau gemäß OIB erfüllen).
- Die Belastungen für alle Energiedienstleistungen (außer Prozessenergie) liegen ca. um den Faktor 12 über denjenigen aus Herstellung/Instandhaltung der gebauten Struktur.

Die Akkumulation aller treibhausgaswirksamen Gase über 30 Jahre ergibt die folgenden Summen:

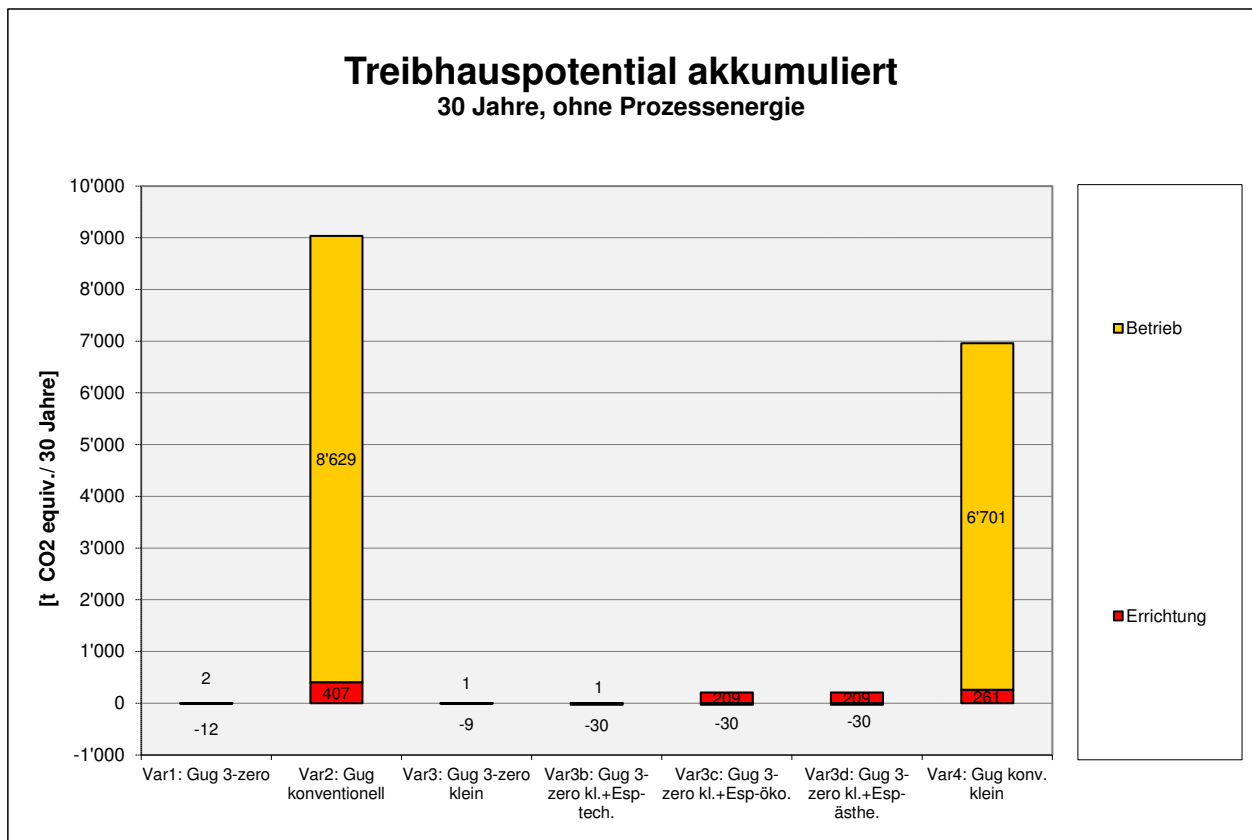


Abbildung 153: Treibhauspotential akkumuliert

- In der konventionellen Variante werden über 30 Jahre ca. 9000 t CO<sub>2</sub> equiv freigesetzt, im Falle des verkleinerten Zubaus sind es noch 7000 t. Diese können auf 0 bis 200 t CO<sub>2</sub> equiv in den Gugler Triple Zero Varianten reduziert
- Im aktuellen Entwurfsstand Gugler Triple Zero wird eine CO<sub>2</sub>-neutrale Bilanz knapp nicht erreicht. Dabei ist die Bilanz über die Betriebsenergieleistungen CO<sub>2</sub>-neutral, für die gebaute Struktur geht sich die knapp nicht aus. In der Ausführungsplanung sollte die CO<sub>2</sub>-Neutralität mittels kleiner Anpassungen erreichbar sein.
- Im Fall der verkleinerten Halle kann das Gesamtgebäude mehr CO<sub>2</sub> aufnehmen als abgegeben werden. Werden die ökologisch wirksamen Einsparungen gezogen, ist dies allerdings nicht mehr möglich (Var. 3c).

Hinweis: Zur hier dargestellten CO<sub>2</sub> equiv.-Bilanz über 30 Jahre ist zu beachten: Diese bezieht eine Reihe von Dienstleistungen, die mit der Geschäftstätigkeit der Fa. Gugler unmittelbar in Verbindung stehen, nicht ein wie die Prozessenergie Druckereimaschinen, Serverhosting, Mobilität, Betriebsmittel, Herstellung Arbeitsmittel, Herstellung Nahrungsmittel der Kantine (Küchenenergie ist enthalten). Es werden zudem alle auftretenden Senken (C-Speicherung Baustoffe, Substitution UCTE-Strom durch selbst erzeugten PV-Strom) mit den am Standort vorhandenen, bzw. in den ökologischen Baustoffrucksäcken enthaltenen CO<sub>2</sub>-equiv Emissionen „verrechnet“.

Eine Zusammenstellung der Gesamtkosten mittels Barwerten über 30 Jahre (für die laufenden Kosten sind Energieverbrauchs- und Wartungskosten Gebäudetechnik enthalten) ergibt die folgenden Summen:

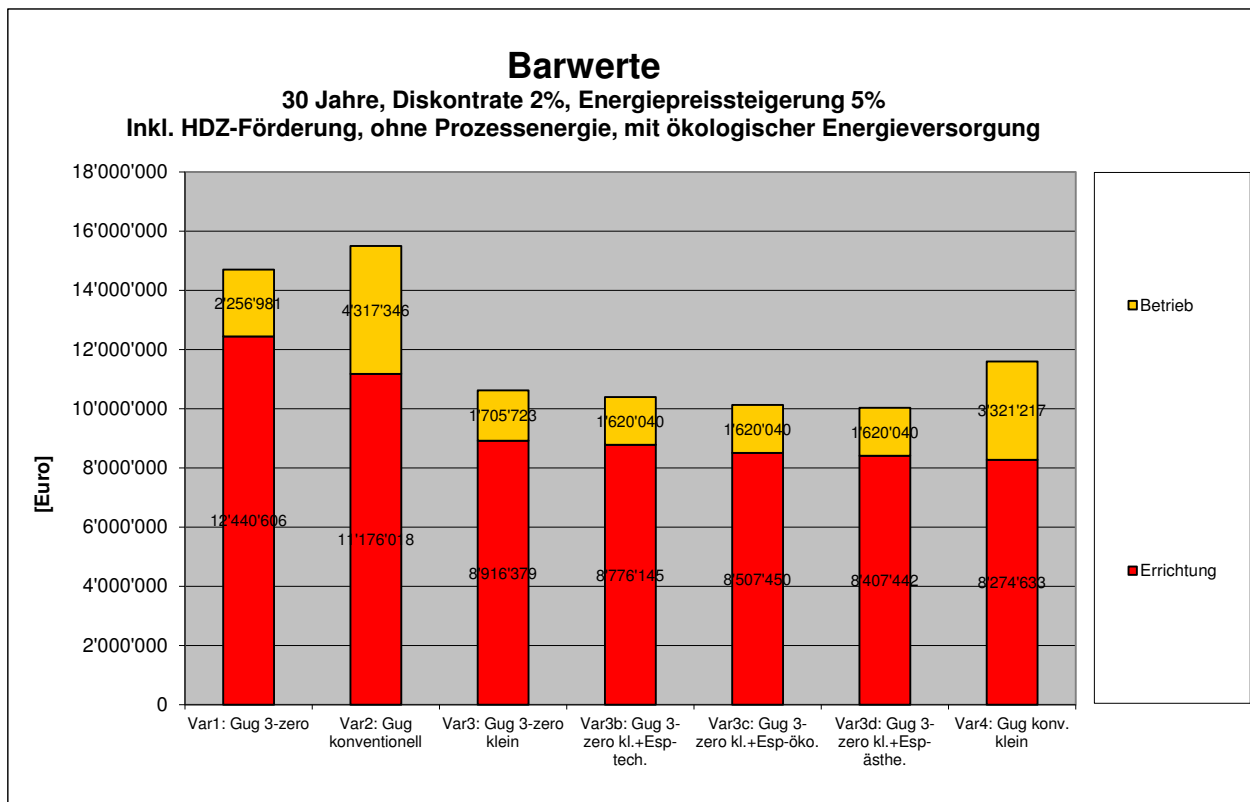


Abbildung 154: Barwerte bei einer Laufzeit von 30 Jahren, einer Diskontrate von 2%, einer Energiepreissteigerung von 5% und inkl. HDZ-Förderung

- Die Gugler Triple Zero Varianten sind durchwegs deutlich günstiger als die konventionellen Varianten, die Einsparung liegen zwischen 1 und 1,5 Mio (letztere in den maximalen Triple Zero Einsparvarianten). Die Einsparungen liegen zwischen 5 und 13%.
- In der „großen“ Lösung liegen die Energie- und Wartungskosten Gebäudetechnik in der Triple Zero Variante bei 15% der Gesamtkosten, im Fall der konventionellen Lösung bei 28%. Diese Verhältnisse sind auch in den verkleinerten Lösungen ähnlich.

Zusammenfassend kann damit festgehalten werden, dass über 30 Jahre die Triple Zero Lösungen für das Unternehmen Gugler wirtschaftlicher und deutlich ökologischer sind.

Eine Detaillierung der jeweiligen Kosten wird in der nächsten Grafik dargestellt.

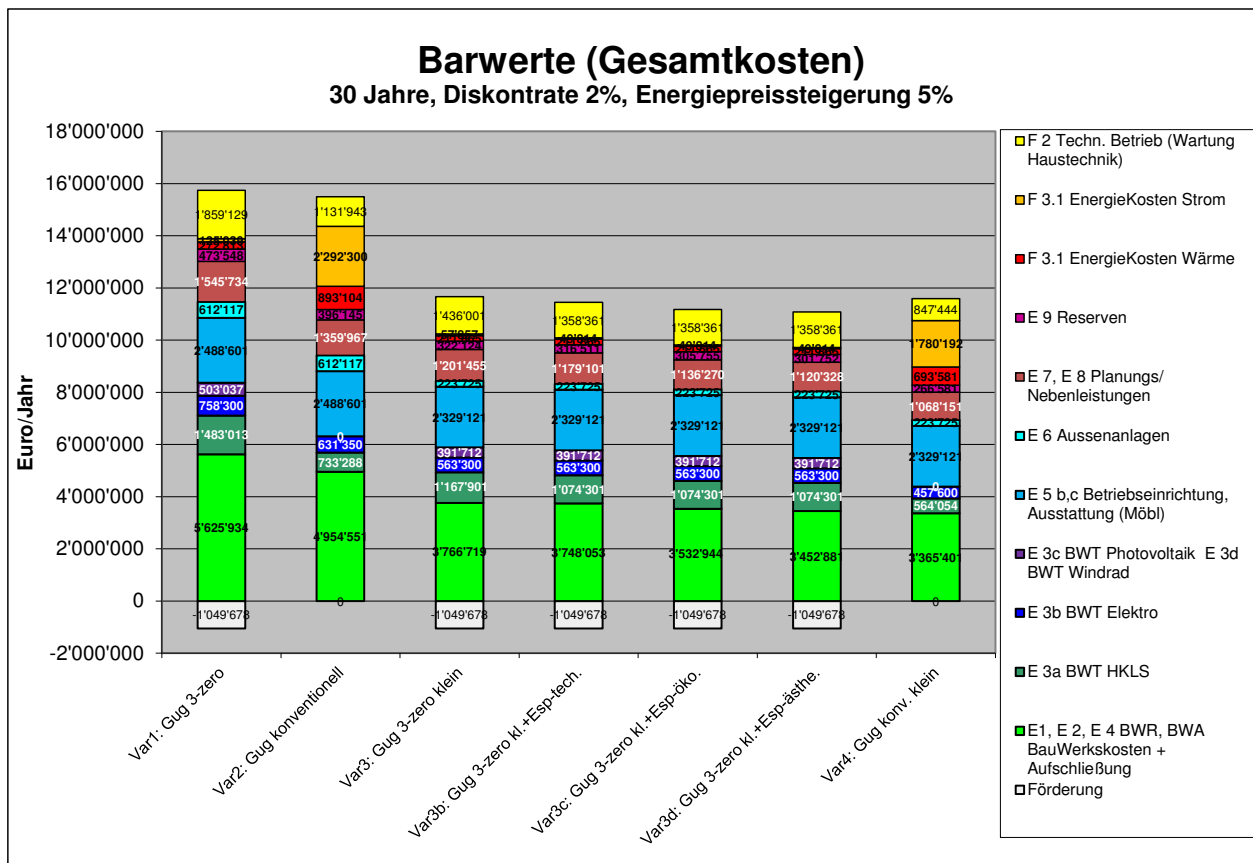


Abbildung 155: Barwerte (Gesamtkosten) bei einer Laufzeit von 30 Jahren , einer Diskontrate von 2% und einer Energiepreissteigerung von 5%

- Ohne HDZ-Invest-Förderung liegen die Gesamtkosten zwischen den Triple Zero Haupt-Varianten und den konventionellen in etwa gleich.
- Im Fall der Einsparungsvarianten Var3.b-d können günstigere Kosten erzielt werden.
- Die Mehrkosten in der Triple Zero Variante groß (Var1) gründet vor allem in der ökologischen und recycling-gerechten Bauweise, der hocheffizienten Haustechnik, den erneuerbaren Erzeugungstechnologien, die Einsparungen werden über die Energiekosten erzielt, die Wartungskosten liegen durch die aufwändigere Gebäudetechnik höher.
- Vergleicht man die bezüglich Leistung, Ökologie und Ästhetik „abgespeckte“ Variante 3d mit der konventionellen Variante 4 ergeben sich die Investmehrkosten vor allem in der Haustechnik und den PV- und Windkraftanlagen, die leicht über die eingesparten Energiekosten oder die Direktförderung kompensiert werden können. Weitere Leistungskürzungen im Bereich Haustechnik würden vor allem auf die Kosten des Komforts, der Elektroeffizienz und den geforderten engen Temperatur- und Feuchtgrenzen in der Druckereihalle gehen.

### 13.2.3. Varianten Energiepreissteigerung und Betrachtungszeitraum

Eine Verkürzung des Betrachtungszeitraums auf 30 Jahre ergibt die folgenden Barwerte:

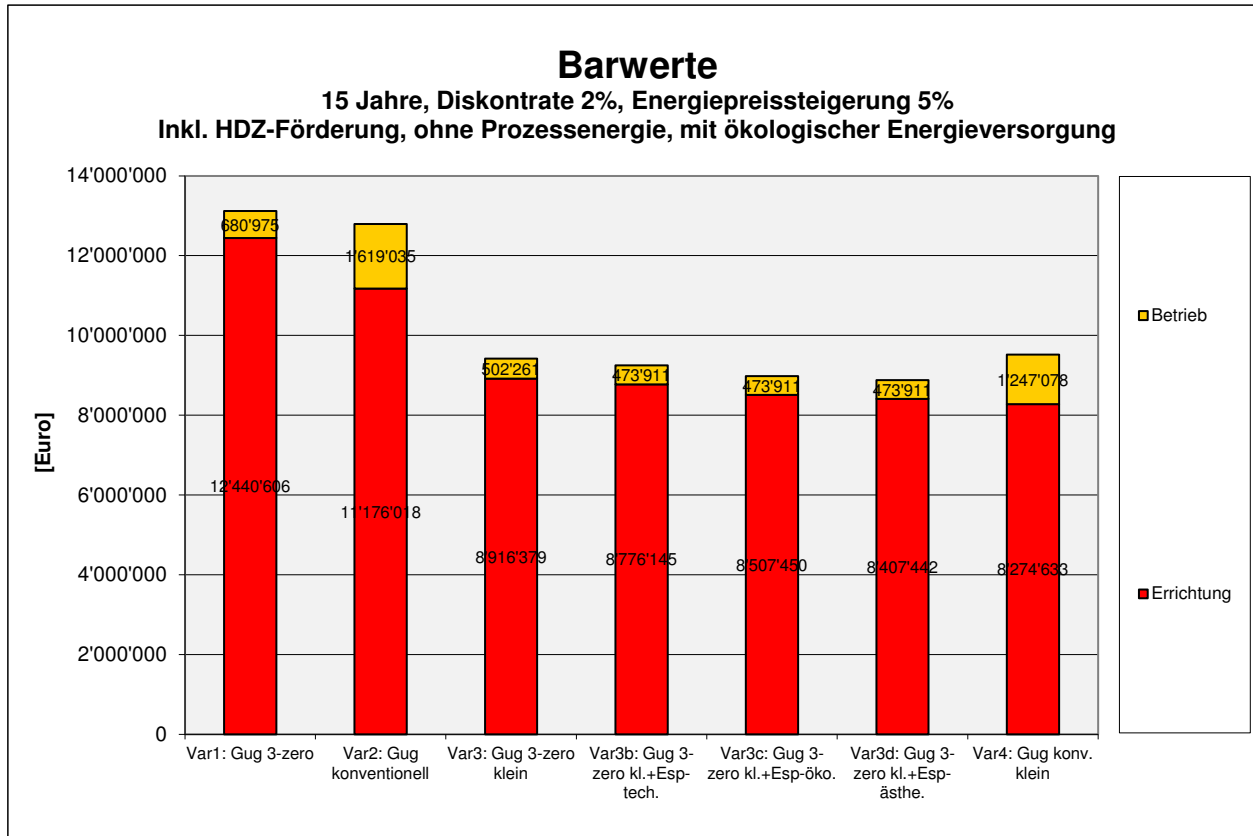


Abbildung 156: Barwerte bei einer Laufzeit von 15 Jahren, einer Diskontrate von 2%, einer Energiepreissteigerung von 5% und inkl. HDZ-Förderung

- Die große Gugler Triple Zero Variante ist über 15 Jahre leicht aufwändiger als die konventionelle Variante.
- Für das kleine Gebäude sind die Triple Zero Varianten leicht günstiger

Setzt man eine Energiepreissteigerung von 7,5% an, ergeben sich die folgenden Barwerte:

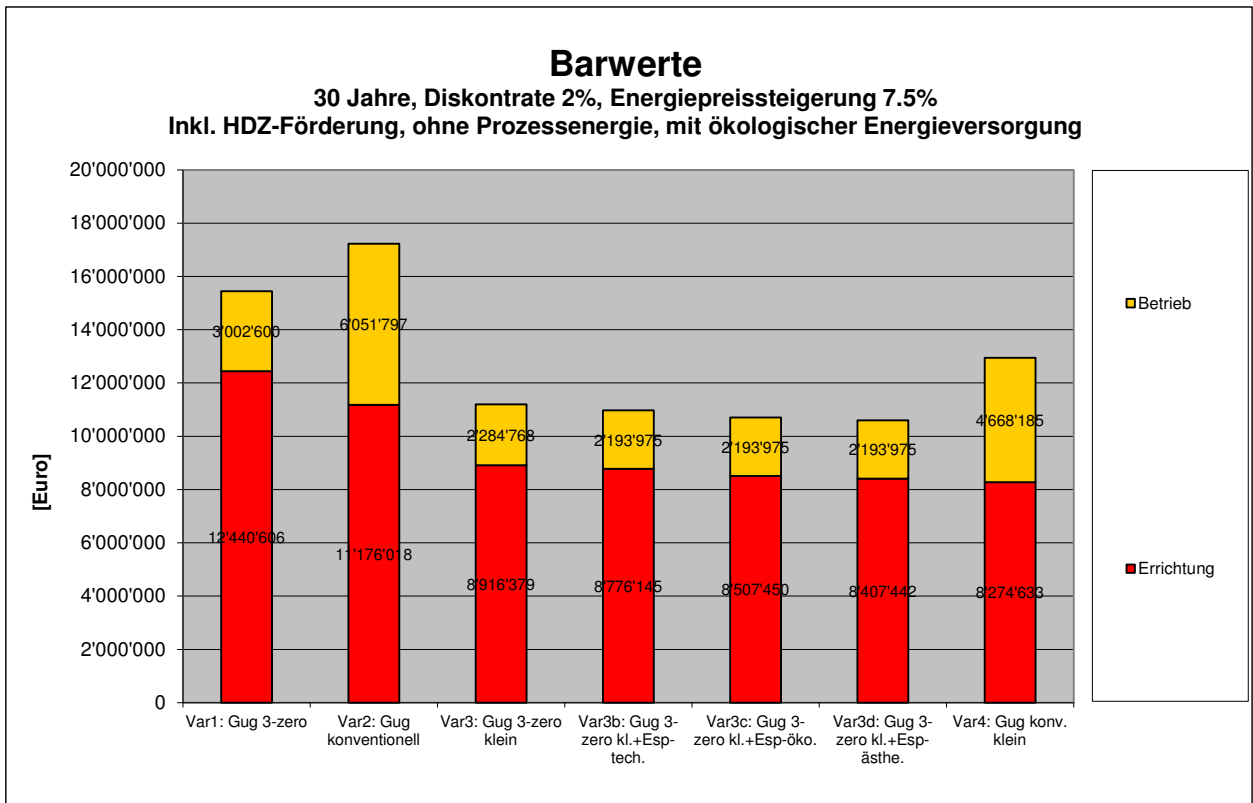


Abbildung 157: Barwerte bei einer Laufzeit von 50 Jahren, einer Diskontrate von 2%, einer Energiepreissteigerung von 5 % und inkl. HDZ-Förderung

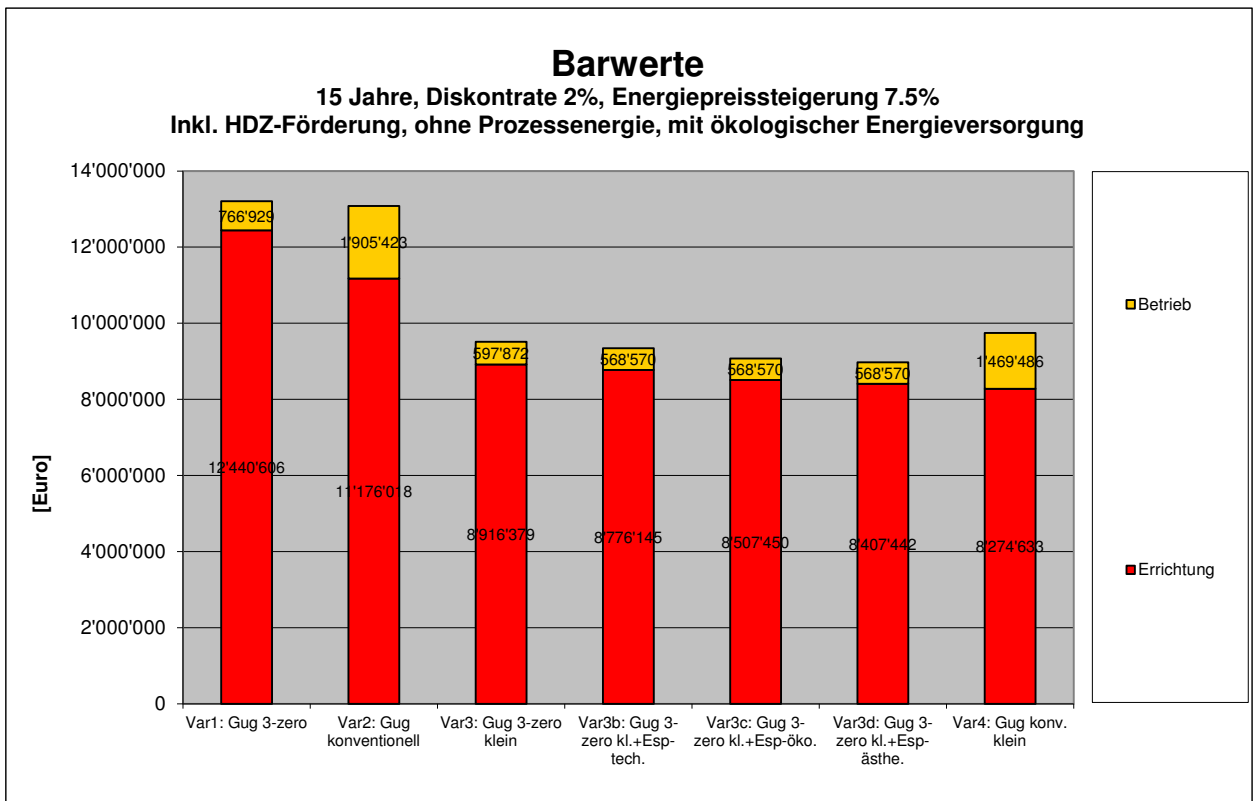


Abbildung 158: Barwerte bei einer Laufzeit von 15 Jahren, einer Diskontrate von 2%, einer Energiepreissteigerung von 7.5% und inkl. HDZ-Förderung

- Steigen die Energiepreise in den nächsten Jahren um 7.5% anstatt 5%, ergeben sich im Horizont von 30 Jahren deutlich günstigere Gesamtkosten für die Triple Zero Varianten.
- Im Fall von 15 Jahren ergeben sich für die große Bauweise in etwa gleiche Gesamtkosten, während für das kleiner Bauprojekt die Triple Zero Varianten leichte Vorteile besitzen

### 13.2.4. Zusammenfassung wirtschaftliche und ökologische Bewertung

Fasst man für das maximale Bauvolumen die Ergebnisse aus der hier durchgeführten ökologischen und wirtschaftlichen Bewertung zusammen, ergeben sich die folgenden Anteile:

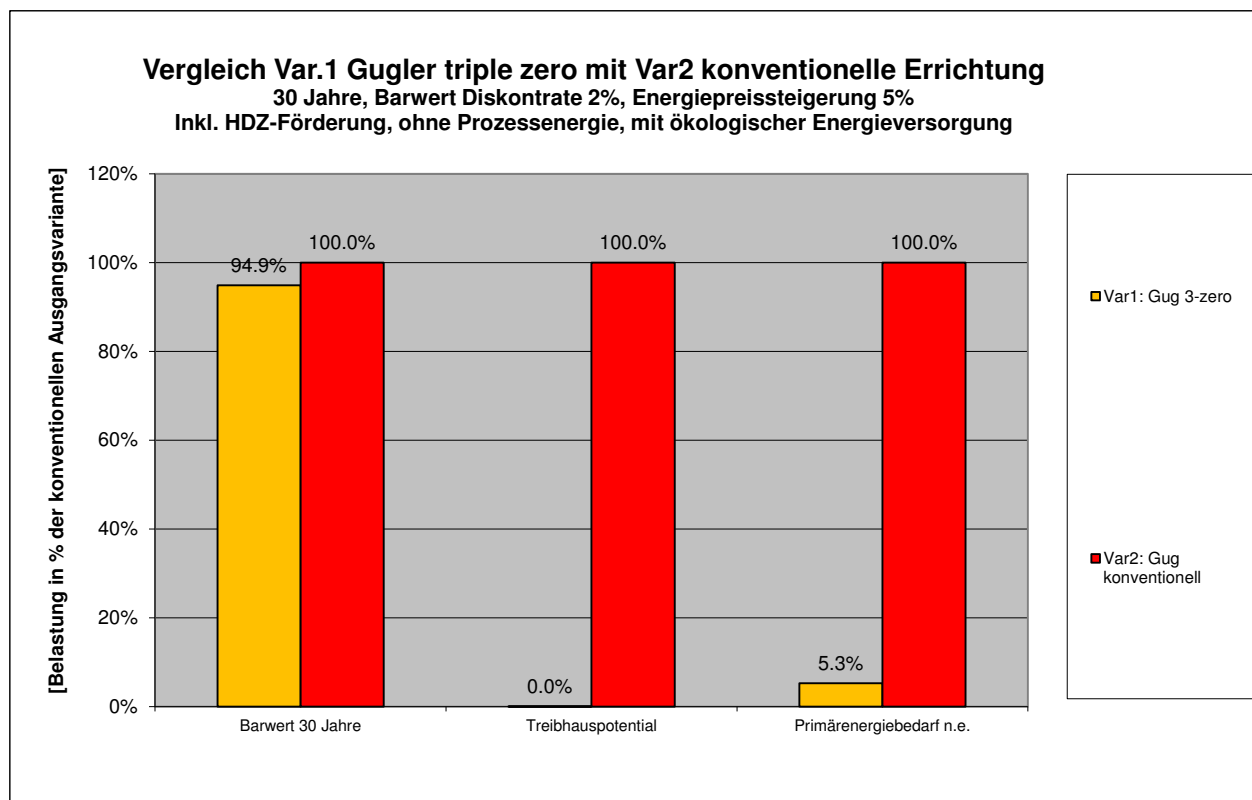


Abbildung 159: Ökologischer und wirtschaftlicher Gesamt-Vergleich von konventioneller und Gugler Triple Zero Variante

- Die Triple Zero Ausführung ist nicht allein in den ökologischen Qualitäten überragend, sie hat bei Betrachtung über die nächsten 30 Jahre auch wirtschaftliche Vorteile.
- Die ökologischen Vorteile sind bereits in der Errichtung vorhanden, wirtschaftlich wird die Triple Zero Lösung mit höheren Investkosten und niedrigen laufenden Kosten in 10 bis 20 Jahren wirtschaftlich, je nach Energiepreiserhöhung und Diskontsatz.
- Bei Verkleinerung des Bauwerks werden in 10 Jahren die Kosten der konventionellen Variante unterschritten (bei Umweltbelastungen von einigen Prozentpunkten der konventionellen Variante!)
- Die Einsparung des Druckluftspeichers, des Aufzugs und einiger späterer potentieller Ausbauten in Var. 3b, die aber nahezu noch die gesamte ökologische und energetische Qualität des Triple Zero Entwurfs enthält, führt bereits nach 7 Jahren zu einem wirtschaftlichen Vorteilen gegenüber der konventionellen Variante.



- Bei Verkleinerung und Einsparung im Bereich ökologische Bauweise, Ästhetik und technischen Leistungen (Var. 3d) ergibt sich eine Wirtschaftlichkeit in 3 Jahren.
- Die Einsparungsvariante 3b, die noch alle bauökologischen Vorteile enthält und vor allem d
- Nicht einbezogen in diese dynamische Berechnung sind allerdings günstige Kreditlinien von Land, KPC etc., die teilweise bei hohen energetischen und/oder ökologischen Qualitäten besonders günstig Geld verleihen.

Die hervorragenden ökologischen Qualitäten der Triple Zero Lösung sind in 3 bis 20 Jahren je nach Ausführungsstandard und Wahl der Rahmenbedingungen auch wirtschaftlich darstellbar. Da die meisten Maßnahmen und Qualitäten des Triple Zero Standards technische Lebensdauern von über 50 Jahren besitzen, ist bei Betrachtung über diesen Zeitraum mit relevanten wirtschaftlichen Profiten zu rechnen. Ökologisch ist sowohl Errichtung, Betrieb und Entsorgung einzeln mit deutlich weniger Ressourcenbedarf und Umweltbelastungen verbunden. Durch die Energieproduktion kann in einzelnen ökologischen Kategorien (Primärenergiebedarf n.e. und gesamt) sogar ein positiver Saldo erwirtschaftet werden.

## 14. Zusammenfassung

Gugler Media wird Leuchtturm Gugler. Aus energetischer Perspektive bedeutet dies Plusenergiestandard für alle Energiedienstleistungen. Ausgenommen wird nur die Prozessenergie für Drucken und Serverhosting. Zukünftig wird mehr selbst erzeugte Primärenergie aus dem Betriebsgelände in das System fließen als umgekehrt.

Nachfolgend ist der Plus-Primärenergiesaldo akkumuliert der optimierte Entwurf Gugler triple zero mit dem Vergleichsgebäude dargestellt.

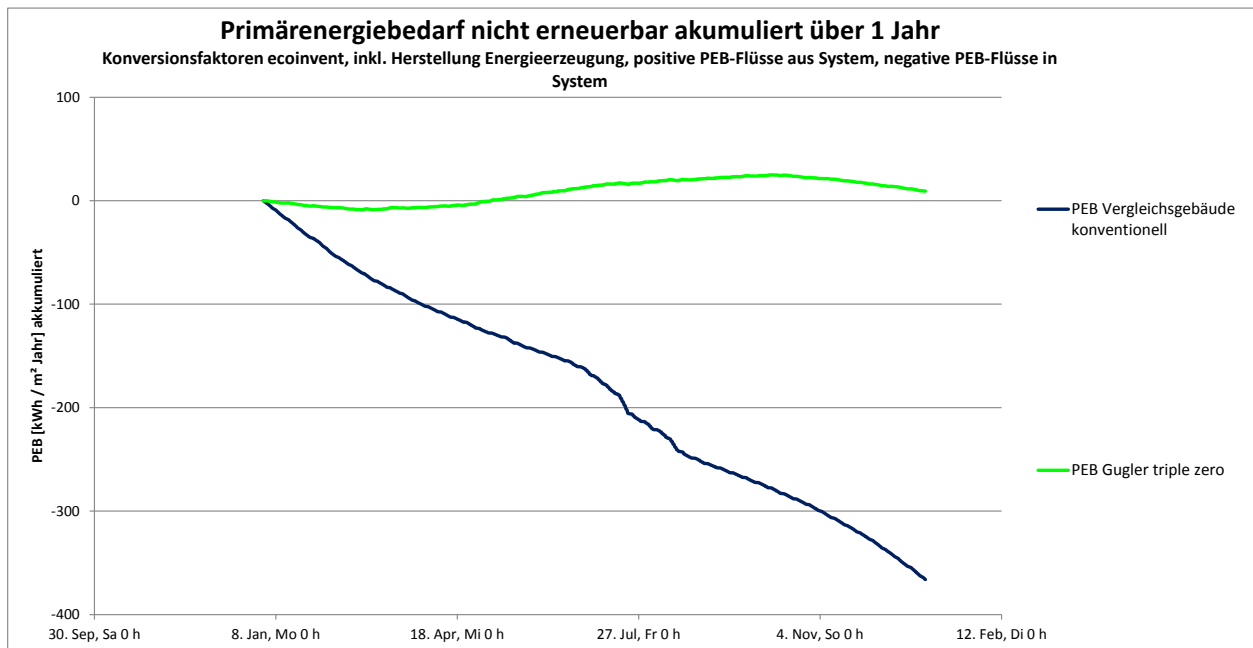


Abbildung 160: Saldo Primärenergiebedarf nicht erneuerbar Gugler Triple Zero Entwurf akkumuliert dargestellt

**Am Ende des Jahres kann ein positiver Saldo erzielt werden.**

Aus der Perspektive der „Klimawirkung“ ist das Gebäude gemäß Stand Entwurfsplanung CO<sub>2</sub>-neutral in Bezug auf Gebäudebetrieb sowie Herstellung und Instandsetzung Baumaterialien.

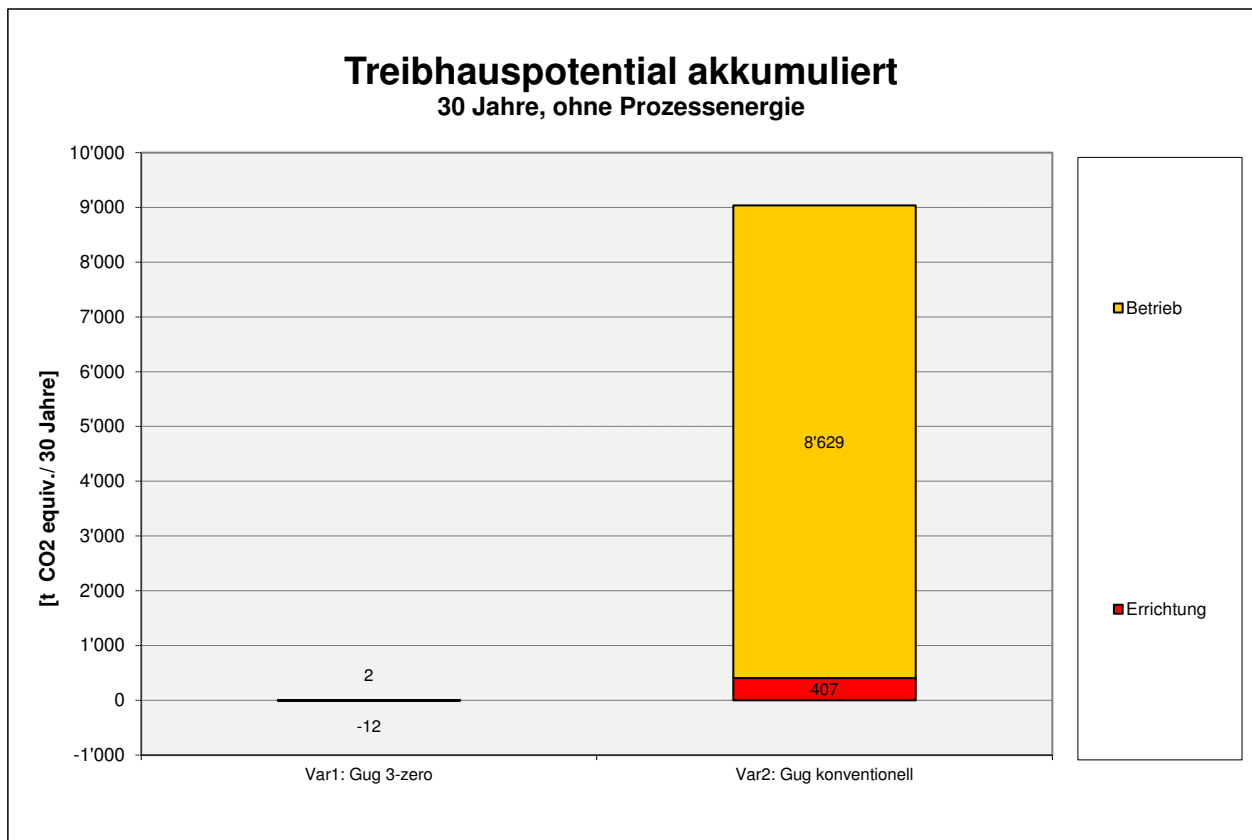


Abbildung 161: Treibhauspotential über 30 Jahre dargestellt: Gugler Triple Zero und ein konventionelles Vergleichsgebäude

Erreichbar ist dies nur durch die konsequente Umsetzung der folgenden Leitlinien:

- Hinterfragen der Notwendigkeit von Energiedienstleistungen
- Hocheffiziente Deckung der Dienstleistungen
- Bedarfsgerechte Deckung
- Deckung wenn möglich mit vor Ort vorhandenen Energiequellen wie Prozessabwärme, Solar- oder Windenergie, Grundwasser und Außenluft

Gleichzeitig wird der Komfort im Bestand deutlich erhöht, im Neubau wird dieser durch Strahlungsheiz- und Kühlsystem und hochwertige Lufteinbringung und Raumluftqualität auf hohem Niveau gesichert. Die Druckereihallen werden in effizienter Weise auf den Raumtemperatur und –feuchtesollintervallen gehalten. Durch hochwertige Quellluft-Industrieauslässe ist die Luftqualität für die ArbeiterInnen deutlich gegenüber dem Bestand erhöht. Eine Reduzierung der Luftmenge durch den C2C-Produktionsprozess ist derzeit noch nicht absehbar, bzw. eher unwahrscheinlich.

Wesentliche konkrete Maßnahmen zur Erreichung des Plusenergiestandards:

- Optimierter Passivhausstandard für den Neubau, Ertüchtigung mit Passivhauskomponenten im Bereich Altbau (Passivhaus-Verglasungen, hocheffiziente Lüftungsanlage mit Doppelrotationswärmetauscher)
- hocheffiziente Pumpen und Ventilatoren, ausschließlich bedarfsgerecht betrieben
- hocheffiziente Pumpen und Ventilatoren, ausschließlich bedarfsgerecht betrieben

- Reduktion der Mindestfeuchten in Hallen von 55% auf 40%, hocheffiziente Befeuchtung
- Reduktion Laufzeiten Lüftungsanlage in der Übergangszeit durch Fensterlüftung, zur Verfügungstellen entsprechender schlag- und einbruchssicherer Öffnungen
- Tageslichtoptimierte Räumlichkeiten, die in der natürlichen Ausleuchtung den Anforderungen der Nutzer (Computerarbeitsplätze) möglichst nahe kommen
- Energieeffiziente Beleuchtungskörper, bedarfsgeregelt, auch im Bereich Ertüchtigung Bestand. Hinterfragen der Beleuchtungsstärken vor allem im Bereich Hallen und Anlieferung wegen der sehr langen Betriebszeiten
- Zentral gesteuerte Reduktion des Standby-Verbrauchs, auch im Bereich Gebäudetechnik
- Arbeitshilfen ausschließlich hocheffizient
- Servertechnologie stromsparend bzgl. Hardware und Software. Die Umstellung aus Kostengründen ist nicht möglich
- Nutzung der Abwärme Druckereimaschinen und Druckluft, Umbau letzterer auf Wasserkühlung
- Thermische Solaranlage mit 20m<sup>2</sup> Kollektorfläche
- Befeuchtung Hallen mittels Hochdruckzerstäubung
- Nachtlüftung zur Vorkühlung Gebäude mit schlagregensicheren, einbruchssicheren thermisch optimierten Öffnungen.
- Erweiterte und optimierte Grundwassernutzung im Vergleich zu Bestand
- Ausführung von 2 hochwärmegedämmten Schichtladepufferspeicher mit je 10m<sup>3</sup> Speicherinhalt, je einmal für Wärme- und Kältespeicherung
- PV-Anlage Dach mindestens 210kWp, ca. 1300m<sup>2</sup>
- 30kW Windkraftanlage (2 Windräder a 15kW)
- Druckluftspeicher mit 16kWh Speichervermögen, 10kW laden und entladen
- Erdgas/Biogas-KWK 12kW thermisch, 5 kW elektrisch als Backup Wärme, AltGaskessel wird nur in Ausnahmefällen betrieben (nach Betriebsferien, in sehr kalten Perioden nach Wochenende)
- Kompressoranlage 60kW für Spitzenlastkühlung und Teilentfeuchtung
- Für das Erreichen des Plusenergiestandards inkl. Prozessenergie sind zusätzlich 280 bis 310kWp zu installieren, je nach Effizienz und Aufstellungsort. Dies entspricht 1500 bis 2000m<sup>2</sup> zusätzlicher PV-Flächen. Diese sind bei Mobilisierung aller Dachflächen möglich, es ist noch keine Errichtung von PV-aktivierten Sonderflächen (z.B. Flugdächer, Schmetterlings-PV) erforderlich.

## 15. Literatur

- [Adensam 2006] Adensam, H.: *Lichtblicke. Integrierte Bewertung von Tageslichtlenksystemen für eine verstärkte Tageslichtnutzung im Gebäudebestand*, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 04/2006
- [AGRAR 2013] AGRAR PLUS GMBH: *Heizwerte/-äquivalente*, Zugriff unter: <http://www.agrarplus.at/heizwerte-aequivalente.html> am 07.02.2013
- [AkkP24 2003] Feist, Wolfgang (Hrsg.): *Passivhaustechnologien bei der Altbau-Modernisierung*, Protokollband 24 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, 2003
- [AkP16 1999] Protokollband Nr. 16 des Arbeitskreises Kostengünstige Passivhäuser: *Wärmebrückenfreies Konstruieren*; Passivhaus Institut Eigenverlag, 1. Auflage, Darmstadt 1999
- [AkP21 2002] Protokollband Nr. 21: *Architekturbeispiele: Wohngebäude*, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser; Passivhaus Institut; Darmstadt 2002
- [AkP24 2003] Feist, Wolfgang (Hrsg.): *Passivhaustechnologien bei der Altbau-Modernisierung*, Protokollband 24 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, 2003
- [AkP32 2005] Feist, Wolfgang (Hrsg.): *Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauten: Passivhauskomponenten + Innendämmung*, Protokollband 32 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, 2005
- [AkP35 2007] Protokollband Nr. 35 *Wärmebrücken und Tragwerksplanung - die Grenzen des wärmebrückenfreien Konstruierens*; Passivhaus Institut Eigenverlag, 1. Auflage, Darmstadt 2007
- [Ambrozy 2007] Ambrozy, H. G.; Lange, K.: *Qualitätssicherung von Passivhäusern in Holzbauweise. Kriterienkatalog zur Qualitätssicherung in der Ausführung von Passivhäusern in Holzbauweise*, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 23/2007
- [AStV] Arbeitsstättenverordnung (AStV) – *Verordnung des Bundesministeriums für Arbeit, Gesundheit und Soziales, mit der Anforderungen an Arbeitsstätten und an Gebäude auf Baustellen festgelegt und die Bauarbeiterschutzverordnung geändert wird*, 1999
- [Balzert 2005] Balzert, H.: *Lehrbuch der Objektmodellierung - Analyse und Entwurf mit der UML 2*, 2. Ausg., Elsevier GmbH, München 2005

- [Bednar 2000] Bednar, T.: *Beurteilung des feuchte- und wärmetechnischen Verhaltens von Bauteilen und Gebäuden – Weiterentwicklung der Meß- und Rechenverfahren*, Dissertation TU Wien, 2000
- [Biermayr 2005] Biermayr, P.; Schriefl, E.; Baumann, B. et al.: *Maßnahmen zur Minimierung von Reboundeffekten bei der Sanierung von Wohngebäuden (MARESI)*, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 6/2005
- [Blümel 2004] Blümel, E.; Nussmüller, W.; Rosegger, R. et.al.: *Systemische Siedlungssanierung im sozialen Wohnbau. Sanierung im interdisziplinären Team mit Berücksichtigung der Nachhaltigkeitskriterien auf Mikro- und Makroebene*, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 2004
- [BMLFUW 2009] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung V/10 – Energie und Umweltökonomie: *IT-Geräte clever kaufen und nutzen*, Wien 2009
- [Bucar 2004] Bucar, G.; Baumgartner, B.: „*Contracting als Instrument für das Althaus der Zukunft*“, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 18/2004
- [CFD] CFD (Computational Fluid Dynamics) – Software Fluid
- [CML 2001] CML Centre of Environmental Science, Leiden University (Guinée, M.; Heijungs, Huppel, G.; Kleijn, R.; de Koning, A.; van Oers, L.; Wegener Seeswijk, S.; de Haes, U.); School of Systems Engineering, Policy Analysis and Management, Delft University of Technology (Bruijn, H.); Fuels and Materials Bureau (von Duin, R.); Interfaculty Department of Environmental Science, University of Amsterdam (Huijbregts, M.): *Life Cycle assessment: operational guide to the ISO standards*, Final Report, May 2001
- [Domenig-Meisinger 2007] Domenig-Meisinger, I.; Willensdorfer, A.; Krauß, B.; Aschauer, J.; Lang, G.: *Erstes Mehrfamilien-Passivhaus im Altbau. Passivhausstandard und -komfort in der Altbauanierung am Beispiel eines großvolumigen MFH in Linz*, Haus der Zukunft Forschungsbericht 21/2007
- [EANRW 2010] EnergieAgentur.NRW: *Beleuchtung – Potenziale zur Energieeinsparung*, Düsseldorf 2010, Zugriff unter: [https://services.nordrheinwestfalendirekt.de/broschuerenservice/download/70588/qb\\_beleuchtung\\_final.pdf](https://services.nordrheinwestfalendirekt.de/broschuerenservice/download/70588/qb_beleuchtung_final.pdf) am 02.11.2011
- [Ebel 2000] Ebel, Witta; Eicke-Hennig, Werner; Feist, Wolfgang; Groscurth, Helmut-Michael: *Energieeinsparung bei Alt- und Neubauten*, 1. Auflage, Heidelberg, 2000

- [ecoinvent 2009] ecoinvent Data v2.1.: *The Life Cycle Inventory Data version 2.1.*, Hg.v. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2009.
- [Feist 1999a] Feist, W. (Hg.): Protokollband Nr. 17 Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II: „*Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern*“, Darmstadt: Passivhaus-Institut 1999
- [Feist 1999b] Feist, W.: *Energieeffizienz – Wohlstand – Lebensqualität*; im Tagungsband zur 3. Passivhaustagung, Bregenz 1999
- [Feist 2003a] Feist, W. (Hg.): Protokollband Nr. 22 Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III: „*Lüftungsstrategien für den Sommer*“, Darmstadt: Passivhaus-Institut 2003
- [Feist 2003b] Feist, W. (Hg.): Protokollband Nr. 23 Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III: „*Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und -ausbreitung im Raum*“, Darmstadt: Passivhaus-Institut 2003
- [Feist 2003c] Feist, W. (Hg.): Protokollband Nr. 24 Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III: „*Einsatz von Passivhaustechnologien bei der Altbausanierung*“, Darmstadt: Passivhaus-Institut 2003
- [Feist 2004] Feist, W. (Hg.): Protokollband Nr. 30 Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III: „*Lüftung bei Bestandessanierung: Lösungsvarianten*“, Darmstadt: Passivhaus-Institut 2004
- [Feist 2005] Feist, W. (Hg.): Protokollband Nr. 31 Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III: „*Energieeffiziente Raumkühlung*“, Darmstadt: Passivhaus-Institut 2005
- [Feist 2012a] Feist, W. (Hg.): *EnerPHit-Planerhandbuch. Altbauten mit Passivhaus-Komponenten fit für die Zukunft machen*, Passivhaus-Institut, 1. Auflage, Darmstadt 2012
- [Feist 2012b] Feist, W. (Hg.): Tagungsband / 16. Internationale Passivhaustagung 2012; Passivhaus-Institut, Darmstadt/Innsbruck 2012
- [Ferle 2006] Ferle, A.; Essl, O.: *Praxis- und Passivhaustaugliche Sanierungssysteme für Dach und Wandbauteile unter Verwendung von Hochleistungswärmedämmsystemen*, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 76/2006
- [Fink 2002] Fink, C.; Blümel, E.; Kouba, R. ; Heimrath, R.: *Passive Kühlkonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude mittels luft- bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauscher*, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 35/2002

- [Flannery 2007] Flannery, T.: *Wir Wettermacher*, Frankfurt am Main 2007
- [Franz 2012] Franz, M.: *Thermodynamik der Dampfkraftwerke*, Zugriff unter: <http://www.axpo-holz.ch/files/artikel/190/Thermodynamik.pdf> am 17.12.2012
- [Frischknecht 1996] Frischknecht, R.; Bollens, U.; Bosshart, St.; Cior, M.; Ciseri, L.; Doka, G.; Hischier, R.; Martin, A.; Dones, R.; Gantner, U.: *Ökoinventare von Energiesystemen. Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz*; ETH Zürich Gruppe Energie – Stoffe – Umwelt (3. Aufl.) 1996
- [Frischknecht 2009] Frischknecht, R.; Steiner, R.; Jungbluth, N.: *Methoden der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 2006*; Bern 2009
- [Haas 2012] Haas, Haider, Bednar, Stiedorf, Wimmer: *Gebäudeintegration - Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung*, Endbericht Haus der Zukunft Plus 2012 (zur Veröffentlichung vorbereitet)
- [Hagauer 2009] Hagauer, D., et al.: *Empfohlene Umrechnungsfaktoren für Energieholzsortimente bei Holz- bzw. Energiebilanzberechnungen*, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 2009
- [Hänggi 2011] Hänggi, M.: *Ausgepowert. Das Ende des Ölzeitalters als Chance*, Zürich 2011
- [Hischier 2009] Swiss Centre for Life Cycle Inventories (Hrsg.): *Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods*, Final report ecoinvent v2.1 No. 3, Hischier R. et al., St. Gallen, 2009
- [Hofbauer 2009] Hofbauer, H., et al.: *Technische, ökonomische und ökologische Bewertung verschiedener Wege der energetischen und stofflichen Verwertung von Synthesegas aus der Biomassevergasung*, Projektbericht Energiesysteme der Zukunft, 2009
- [IBO 2008] IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.): *Passivhaus-Bauteilkatalog/Details for Passive Houses. Ökologisch bewertete Konstruktionen/A Catalogue of Ecologically Rated Constructions*, Springer Wien New York, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, 2008
- [IBO 2008] IBO (Hrsg.): *Passivhaus-Bauteilkatalog (2.Aufl.)*, Wien: Springer 2008
- [IEA 2002] International Energy Agency (IEA): *Potential for Building integrated Photovoltaics*, Schweiz 2002, Zugriff unter: <http://www.netenergy.ch/pdf/BipvPotentialSummary.pdf> am 25.10.2011



- [IPCC 2007] Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007. Working group III Preport: *Mitigation of Climate Change*, Cambridge 2007.
- [Kapusta 2010] Kapusta, F. et.al.: *KMU-Initiative zur Energieeffizienzsteigerung Begleitstudie: Kennwerte zur Energieeffizienz in KMU*, Energieinstitut der Wirtschaft GmbH, Wien 2010
- [klima:aktiv 2012] klima:aktiv: *Effiziente Beleuchtungssysteme*, 2012, Zugriff unter: [https://www.kommunalnet.at/fileadmin/Partner/Lebensministerium/Umwelt/Effiziente\\_Beleuchtungssysteme.pdf](https://www.kommunalnet.at/fileadmin/Partner/Lebensministerium/Umwelt/Effiziente_Beleuchtungssysteme.pdf) am 01.02.2013
- [König 2012] König, H.; Mandl, W.: *Bauteilkatalog Altbau für Wohngebäude. Bausubstanz sicher beurteilen, Maßnahmen wirtschaftlich entscheiden, Altbaukonstruktionen erfolgreich instand setzen und modernisieren*, WEKA MEDIA GmbH, Augsburg 2012
- [Künzel 2006] Künzel, H.M.; Fitz, C.: *Bauphysikalische Eigenschaften und Beanspruchung von Putzoberflächen und Anstrichstoffen*, In: Gänßmantel, J.: *Vorträge zum Hindelanger Baufachkongress 2006. Ganzheitliche Bausanierung und Bauwerkserhaltung nach WTA: Sonderheft zum Hindelanger Baufachkongress 2006*. München: WTA, 2006. (WTA-Schriftenreihe 28), pp. 49-72, Zugriff unter [http://www.hoki.ibp.fhg.de/wufi/wufi\\_frame\\_e.html](http://www.hoki.ibp.fhg.de/wufi/wufi_frame_e.html) am 30.04.2012
- [Lang 2004] Lang, G.; Plöderl, H.; Zelger, T.; Muss, Ch.; Krauß, B.; Obermayr, H. Ch.: *Erste Passivhaus-Schulsanierung. Ganzheitliche Faktor 10 Generalsanierung der Hauptschule II und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt mit vorgefertigten Holzwandelementen und Komfortlüftung*, Haus der Zukunft Forschungsbericht 22/2004
- [Lang 2007] Lang, G.; Lang, M.; Krauß, B.; Panic, E.; Obermayr, H. C.; Wimmer, R.: *Erstes Einfamilien-Passivhaus im Altbau. Umsetzung des Passivhausstandards und –komforts in der Altbausanierung von Einfamilienhäusern am Beispiel EFH Pettenbach*, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 38/2007
- [Lechner et al 2010] Lechner R. et al: *PH Office: Standard für energieeffiziente Bürobauten*, Haus der Zukunft, Wien, 2010
- [Leibundgut 2011] Leibundgut, H.: *lowEx*, Zürich 2011.
- [Lorbek 2003] Lorbek, M.; Stosch, G.: *Architekturhistorisch differenzierte, energetische Sanierung. Vergleichende Analyse von Sanierungsmethoden bei Bauten der Nachkriegsmoderne*,

- exemplarisch durchgeführt am Objekt Sonderschule Floridsdorf, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 28/2003
- [Lorbek 2005] Lorbek, M.; Stosch, G. et al.: *Katalog der Modernisierung. Fassaden- und Freiflächenmodernisierung mit standardisierten Elementen bei Geschößwohnbauten der fünfziger und sechziger Jahre*, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 15/2005
- [Marutzky 2002] Rainer Marutzky (WKI, Braunschweig): *Holzfenster Verwertung nach Gebrauch*, Initiative ProHolzfenster eV (Hrsg). Stand 01/2002
- [Mauerwerk-Kalender 2009] Mauerwerk-Kalender 2009: *Ausführung, Instandsetzung, Lehm-mauerwerk*, Hrsg. Wolfram Jäger, Berlin, Ernst & Sohn, 2009
- [Mötzl 2009] Mötzl, H. et al.: *ABC-Disposal – Maßzahlen für die Entsorgungseigenschaften von Gebäuden und Konstruktionen für die Lebenszyklusbewertung. Anhang 2 Entsorgungswege der Baustoffe*, Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie und Österreichisches Ökologie-Institut. Gefördert von BMVIT/Haus der Zukunft. FFG-Projekt-nr. 813974. Wien, Dezember 2009
- [Mötzl 2010] Mötzl, H., Schneider, U. et al.: *Bauen mit Recyclingmaterialien. Subprojekt 3 zum Leitprojekt „gugler! build & print triple zero“*. POS-Architekten und IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie. Gefördert von BMVIT/Haus der Zukunft. Wien, 2010
- [Mötzl 2012] Mötzl, H.: *Dokumentation zu den LCA-Referenzdaten von Photovoltaik-Anlagen in Ecosoft und baubook. Anhang 2 zum Endbericht „baubookPlus - Erweiterung einer umfassenden Wissensbasis für nachhaltiges Bauen*, Sperzel N., Sutter C., Mötzl H., IBO Österr. Institut für Bauen und Ökologie GmbH in Kooperation mit Energieinstitut Vorarlberg, Energie Tirol. Wien. Gefördert vom BMVIT in der Programmlinie „Haus der Zukunft Plus“, 1. Ausschreibung. FFG-Nr. 822485. Wien, 2012
- [Münzenberg 2003] M. Pritsch, U. Münzenberg und J. Thumulla: *"Schadstoffe in Innenräumen : Eine kurze übersicht über mittel- und schwerflüchtige Schadstoffe (SVOC) in Gebäuden, gesundheitliche Beschwerden der Gebäudenutzer und Nachweismethoden"*, In: *Wohnung und Gesundheit, Fachzeitschrift fuer oekologisches Bauen und Leben*, 25 (2003), H. 106, S. 34-36

- [ÖN EN 12831] ÖN EN 12831 (2003-12-01): *Heizungsanlagen in Gebäuden: Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast*
- [ÖN EN 15251] ÖN EN 15251:2007: *Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik*
- [ÖN H 6040] ÖN H 6040 (1997-03-01): *Lüftungstechnische Anlagen – Kühllastberechnung*
- [ÖN H 7500] ÖN H 7500 (2006-01-01): *Heizungssysteme in Gebäuden: Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast* (Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN 12831)
- [ÖN ISO 7730] ÖN EN ISO 7730:2006: *Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit des PMV- und PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit* [ISO 7730: 2005]
- [ÖNORM EN ISO 14040] *Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen*, Ausgabe: 2006-10; Österreichisches Normungsinstitut, Heinestraße 38, 1021 Wien.
- [ÖNORM EN ISO 14044] *Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen*, Ausgabe: 2006-10; Österreichisches Normungsinstitut, Heinestraße 38, 1021 Wien.
- [OÖESVB 2011] O.Ö. Energiesparverband: *Energie-effiziente Straßenbeleuchtung*, Linz k.A., Zugriff unter: [http://www.oec.at/fileadmin/redakteure/ESV/Info\\_und\\_Service/Publikationen/Stra%C3%9Fenbeleuchtungsfolder.pdf](http://www.oec.at/fileadmin/redakteure/ESV/Info_und_Service/Publikationen/Stra%C3%9Fenbeleuchtungsfolder.pdf) am 02.11.2011
- [Paech 2012] Paech, N.: *Befreiung vom Überfluss. Auf dem Weg in die Postwachstumsökonomie*, München 2012
- [Panic 2008] Panic, E.; Fürstenberger A.; Lang, G.; Pachner, P.: *Erste Altbausanierung auf Passivhausstandard mit VIP's. Sanierung eines 150 Jahre alten Bauernhauses auf Passivhausstandard nach PHPP unter Einsatz von Vakuumdämmung*, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 2008
- [Peper 1999] Peper, S.; Feist, W.; Sariri, V.: *Luftdichte Projektierung von Passivhäusern*, CEPHEUS-Projektinformation Nr. 7, Passivhaus Institut, Darmstadt 1999
- [Pfluger 2003] Pfluger, R.: *Lufthygiene im Passivhaus*, In [Feist 2003b]
- [Pfluger 2004] Pfluger, R.: *Integration von Lüftungsanlagen im Bestand – Planungsempfehlungen für Geräte, Anlagen und Systeme*. In [Feist 2004]
- [Pfluger 2005] Pfluger, R.: *Kleinwärmepumpen für Heizung und Kühlung – Kompaktgeräte auch für den Sommer?*, In [Feist 2005]

- [Plöderl 2008] Plöderl, H.; Berger, M.; Lang, G.; Muss, Ch.; Krauß, B.; Obermayr, H.Ch.; Weingartsberger, H.: *Demonstrationsprojekt. Erste Passivhaus-Schulsanierung. Ganzheitliche Faktor 10 Generalsanierung der Hauptschule II und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt mit vorgefertigten Holzwandelementen und Komfortlüftung*, Haus der Zukunft Forschungsbericht 33/2008
- [Poppe 2004] Poppe, H.; Prehal, A.; Kahlert, C.; Rochard, U.; Menz, W.; Pichler, J.; Ulbrich, S.; Gruber, H.: *ZSG – Zukunftsfähige Konzepte in der Stadt- und Gebäudesanierung – Trollmannkaserne Steyr*, Haus der Zukunft Forschungsbericht 23/2004
- [Prehal 2004] Prehal, A.; Poppe, H.; Fadenberger, V.; Gutmann, R.; Krauß, B.; Panic, E.; Zelger, T.: *WOP – Wohnbausanierung mit Passivhaustechnologie*, Haus der Zukunft Forschungsbericht NN/2004
- [Preisler 2012] Preisler Anita, Schneider Ursula, Rauhs Gregor, et al.: *future base, Plusenergiegebäude, Endbericht aus Studie in der Programmlinie HdZ plus des BM VIT : 6 geschoßiges Plusenergiebürogebäude mit Teilverschattung und Lebenszykluskostenberechnung und Lebenszyklusanalyse*, 2012
- [Pusch 2006] Pusch, Ch.; Reinberg, G.; Fink, Ch.; Bruck, M.; Tappeiner, G.; Ganneshofer, W.: *Passivhaussanierung Klosterneuburg Kierling. Sanierung einer Wohnhausanlage aus den 1970er Jahren auf Passivhausqualität unter Nutzung erneuerbarer Energie*, Haus der Zukunft Forschungsbericht. Zwischenbericht, April 2006
- [PVGIS 2013] PVGIS: *Performance of Grid-connected PV*, 2013, Zugriff unter: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#> am 10.1.2013
- [Raisch 1928] Raisch, E.: *Die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionen*, gi 30 (1928)
- [Richter –Sommer] Richter, W., et al: *Handbuch der thermischen Behaglichkeit: Sommerlicher Kühlbetrieb*, Hg. v. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin/ Dresden: Wirtschaftsverlag NW, 2007
- [Rietschel 1994] Rietschel, H.; Esdorn, H.: *Raumklimatechnik Band 1: Grundlagen*, 16. Auflage, korrigierter Nachdruck, Springer 1994.
- [Schleevoigt 2004] Schleevoigt, P.: *Erfahrungen mit Planung und Ausführung bei der Integration von Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung in Bestandesgebäuden*, In [Feist 2004]

- [Schmitt 1967] Schmitt, H.: *Hochbaukonstruktion: Die Bauteile u.d. Baugefüge, Grundlagen d. heutigen Bauens*, 4. Auflage, Ravensburg: Otto Maier 1967
- [Schneider 2005] Schneider, U.; Brakhan, F.; Zelger, T.; Moser, W.; Bednar, T.: *ALTes Haus. Barrierefreies Wohnen im GründerzeitPassivHaus*, 2006
- [Schneider 2006] Schneider, U.; Birnbauer, G.; Brakhan, F.; Zelger T.; Haas, Ch.; Pokorny, K.; Berger, M: *Grünes Licht. Licht, Luft, Freiraum und Gebäudebegrünung im großvolumigen Passivhauswohnbau*, Haus der Zukunft Forschungsbericht 03/2006
- [Schneider 2010] Schneider, U.; Böck, M.; Mötzl, H. et al.: *Recyclingfähig Konstruieren. Subprojekt 3 zum Leitprojekt „gugler! build & print triple zero“*, POS-Architekten und IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie. Gefördert von BMVIT/Haus der Zukunft. FFG-Projektnr. 826004. Wien, Dezember 2010
- [Schneider 2012a] Schneider U., Zelger T., Böck M., Holweck A.: *Gründerzeit mit Zukunft. Subprojekt 2: Grundlagen und Machbarkeitsstudien. Plusenergiestandard für das Gründerzeithaus Cafe Weidinger, Lerchenfelder Gürtel. Machbarkeitsstudie*,. Endbericht, 2012.
- [Schneider 2012b] Schneider U., Zelger Th., et al.: *Machbarkeitsstudie zum Plusenergiestandard für das Baugruppenprojekt JAspern, Endbericht im Rahmen Gründerzeit der Zukunft, Studie im Rahmen der Programmlinie HdZ plus des BMVIT: 7 Geschossiges Plusenergiewohnbau mit Dachintegrierter PV*, 2012
- [Schnieders 2003] Schnieders, J.: *Wirkung von Position und Art der Lüftungsöffnungen auf den Schadstoffabtransport*, In [Feist 2003b]
- [Schnieders 2005] Schnieders, J.: *Ökonomischer Vergleich unterschiedlicher Systeme am Beispiel eines Bürogebäudes*, In [Feist 2005]
- [Schnieders 2009] Schnieders, Jürgen: *Passive Houses in South West Europe*, Passivhausinstitut, Darmstadt, 2009
- [Schweizer 2006] Schweizer, P.: *Modellregion BAU-LAND-GEWINN Pongau*, Projektnummer 811588. Haus der Zukunft Forschungsbericht. 1. Zwischenbericht, 2006-12-04
- [SEPDRL 2008] SEP Druckluft: *Energieeffiziente Druckluftanwendung*, 2008, Zugriff unter:  
<http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/sep/pdf/druckluft-broschuere.pdf> am 08.01.2013

- [SEPLFT 2008] SEP Lüftung: *Energieeffizienz bei Lüftungsanlagen*, 2008, Zugriff unter: <http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/sep/pdf/lueftungen-leitfaden.pdf> am 08.01.2013
- [Sonderegger 2007] Sonderegger, A.; Nadler-Kopf, B.; Bertsch, G.; Zettler, L.: *Sanierung ökologischer Freihof Sulz. Begegnungsstätte; Gebäudehülle mit kulturellem Erbe Energie sparend sanieren; ökologische Materialien; Adaption zukunftssträchtiger alter Bautechniken; erneuerbare Energien*, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 31/2007
- [stilaenergy 2012] stilaenergy: *Energieeffiziente Industrie- und Hallenbeleuchtung*, 2012, Zugriff unter: [http://www.stilaenergy.de/fileadmin/content/Doku-presse\\_pdf/17\\_de\\_Energieeffiz\\_Ind\\_u\\_Hallenbel.pdf](http://www.stilaenergy.de/fileadmin/content/Doku-presse_pdf/17_de_Energieeffiz_Ind_u_Hallenbel.pdf) am 01.02.2013
- [Streicher 2010] Streicher, W.; Schnitzer, H.; Titz, M., Tatzber, F.; Heimrath, R.; Wetz, I.; Hausberger, S.; Haas, R.; Kalt, G.; Damm, A.; Steininger, K.; Oblasser, S.: *Energieautarkie für Österreich 2050*, Innsbruck 2010
- [VCÖ 2010] VCÖ – Verkehrsclub Österreich: *Factsheet Energiewende – Schlüsselfaktor Verkehr*, Wien 2010, Zugriff unter: <http://www.vcoe.at/de/publikationen/vcoe-factsheets/details/items/Factsheet2010-09> am 06.10.2011
- [VDI 2078] VDI 2078 (1996-07): *Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume*
- [VDI 2078-1] VDI 2078, Blatt 1 (2003-02): *Berechnung der Kühllast klimatisierter Gebäude bei Raumkühlung über gekühlte Raumumschließungsflächen*
- [VDI 6022] VDI 6022 - *Hygiene-Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte*, 2006
- [VDI 6030-1] VDI 6030 Blatt 1 (2002-07): *Auslegung von freien Raumheizflächen – Grundlagen und Auslegung von Raumheizkörpern*
- [Wagner 2007] Wagner, K.W.: *Performance Excellence. Der Praxisleitfaden zum effektiven Prozessmanagement*, Hanser Fachbuch, München 2007
- [Waldschmidt 1999] Waldschmidt, R.; Schickedanz, J.: *Der Einsatz von Weitwurfdüsen als Zuluftventile in Wohnräumen*, In [Feist 1999]
- [Welzer 2008] Welzer H.: *Klimakriege. Wofür im 21. Jahrhundert getötet wird*, Frankfurt am Main 2008
- [Werner 1999] Werner, J.; Laidig, M.: *Grundlagen der Wohnungslüftung im Passivhaus*, In [Feist 1999]

[WSTW 2013] Wienerstadtwerke: *Energieeffizienz*, Zugriff unter: <http://www.nachhaltigkeit.wienerstadtwerke.at/oekologie/energieerzeugung-bereitstellung/energieeffizienz.html> am 08.02.2013

[Zelger 2009] Zelger, T.; Waltjen, T.: *PH-Sanierungsbauteilkatalog. Auswertung gebäudesanierungsbezogener HdZ-Forschungsberichte mit konstruktiven, bauphysikalischen und bauökologischen Ergänzungen*, Wien 2009

[Zelger 2012] Zelger, Th., Waltjen, T., et al.: *PH-Sanierungsbauteilkatalog: Zweite Ausbaustufe PH-SanPlus, Projektbericht im Rahmen des Programms Haus der Zukunft im Auftrag des BMVIT*, Enderbericht 2012

[Zotlöterer 2011] Zotlöterer, F.: *Kleinwindkraftanlagen für Einfamilienhäuser und Kleinbetriebe*, Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien 2011

## 16. Tabellen und Abbildungsverzeichnis

### 16.1. Tabellen

Tabelle 1: Energetische Kennzahlen des Bestands in 2011 .....	17
Tabelle 2: Konversionsfaktoren Ecoinvent.....	20
Tabelle 3: Vergleich Monitoringdaten am Gebäude (Subprojekt Neu) und Messdaten ZAMG Melk des Jahres 2012 .....	28
Tabelle 4:Auflistung der Kennwerte der Druckereimaschinen.....	30
Tabelle 5: Kenndaten der Kompressoren .....	31
Tabelle 6: Monitoringwerte der Abwärmepotentiale im Bestand des Zeitraums März 2012 bis Februar 2013.....	36
Tabelle 7: Technisches Abwärmepotential für den Plusenergiestandard .....	36
Tabelle 8: Kennzahlen für die Nutzung des Abwärmepotentials .....	37
Tabelle 9: Solarthermisch theoretisches und technisches Energiepotential vor Ort .....	38
Tabelle 10: Solarelektrisch theoretisches und technisches Energiepotential vor Ort.....	41
Tabelle 11: Technische Daten diverser Photovoltaikmodule der Fa. KIOTO Photovoltaics GmbH, Quelle: KIOTO Photovoltaics GmbH .....	43
Tabelle 12: Technische Daten diverser Photovoltaikmodule der Fa. SunPower GmbH, Quelle: SunPower GmbH .....	43
Tabelle 13: Daten zu unterschiedlichen Anlagenkonfigurationen.....	44
Tabelle 14:Derzeit genutzte Kühlenergie des Grundwassers .....	47
Tabelle 15: Theoretische Kühlpotential des Grundwassers .....	48
Tabelle 16: Technische Potentiale der Außenluft bei unterschiedlichen Anwendungen .....	50
Tabelle 17: Technische Daten zum Trockenrückkühler GCHSD107KB/6S-30 Y V (ZA) .....	52
Tabelle 18: Theoretisches und technisches Potential des oberflächennahen Erdreichs .....	53

Tabelle 19: Theoretisches und technisches Potential der Windkraft .....	56
Tabelle 20: Datenblatt zu Horizontalläufer Windkraftanlage SW10 .....	57
Tabelle 21: Datenblatt zu Vertikalläufer Windkraftanlage BVT-15KW .....	58
Tabelle 22: Datenblatt des Pelletsofens ÖkoFEN PELLEMATIC SMART_e .....	61
Tabelle 23: Zusammenfassung der theoretischen und technischen Potentiale unterschiedlicher erneuerbarer Energieträger .....	64
Tabelle 24: Übersicht über verschiedene Elektrotankstellenarten.....	74
Tabelle 25: Einzuhaltende Raumtemperaturen bei Normaußentemperatur ( $t_{ne} = -14^{\circ}\text{C}$ ) .....	80
Tabelle 26: Tabellarische Zusammenfassung der Optimierungsmaßnahmen und Zuordnung zu Bedarfskategorien .....	89
Tabelle 27: Tabellarische Auflistung der Zonen der Simulation .....	93
Tabelle 28: Angaben zu den Zonen der Simulation .....	94
Tabelle 29: Wesentliche Aufbauten .....	95
Tabelle 30: Ergebnisse der Blower Door Messung .....	96
Tabelle 31: Aufstellung der Leistungen der Arbeitshilfen .....	99
Tabelle 32: Angenommene aufgenommene Leistung der Druckereimaschinen .....	104
Tabelle 33: Abgeleitete wesentliche Stromabnehmer .....	104
Tabelle 34: Nutzungsprofil eines typischen Wochentags .....	105
Tabelle 35: Berechnungsgrundlage für den Strombedarf verschiedener Prozesse .....	106
Tabelle 36: Angaben zum Warmwasserbedarf .....	106
Tabelle 37: Angaben zum Energiebedarf für sonstige Gebäudetechnik.....	107
Tabelle 38: Angaben zur Lüftung, Wärme- und Kälteabgabe und Be- und Entfeuchtung der unterschiedlichen Zonen .....	108
Tabelle 39: Wesentliche Angaben zu den einzelnen Zonen .....	109
Tabelle 40: Angaben zu aktivierten Flächen im Bestand .....	110
Tabelle 41: Annahmen zu den Wirkungsgraden und Anteilen des Hilfsstroms der Pumpen ...	111
Tabelle 42: Technisches Potential für die Abwärme .....	111
Tabelle 43: Annahmen zur Nutzung der Abwärme .....	112
Tabelle 44: Annahmen zu Grundwassernutzung .....	113
Tabelle 45: Auflistung Kenndaten zur Photovoltaikanlage nach den Orientierungen .....	117
Tabelle 46: Zusammenfassung der Photovoltaikanlage.....	117
Tabelle 47: Kenndaten Biomasse-KWK-Anlage mit Brennstoff Hackschnitzel .....	118
Tabelle 48: Kenndaten Biomasse Anlage mit Brennstoff Hackschnitzel/Strohgemisch (Ohne Stromerzeugung).....	118
Tabelle 49: Kenndaten der Wärmespeicher.....	118
Tabelle 50: Kenndaten für Speicher von elektrischer Energie.....	119
Tabelle 51: Auftretende Maximaltemperaturen in den unterschiedlichen Zonen mit auftretender Stundenhäufigkeit.....	121



Tabelle 52: Wesentliche Inputdaten der Ausgangsvariante .....	136
Tabelle 53: Wesentliche Inputdaten optimierte Variante .....	136
Tabelle 54: Sich ergebende Komfortkennwerte in den unterschiedlichen Zonen mit auftretender Stundenhäufigkeit.....	155
Tabelle 55:Wesentliche Angaben zu den verschiedenen Zonen.....	163
Tabelle 56: Wärme- und Schallschutz der wesentlichen Bauteile .....	168
Tabelle 57:Installierte Leistung und Regelung der Beleuchtung der verschiedenen Zonen ....	169
Tabelle 58: Angaben zu den wesentlichen Stromabnehmern .....	170
Tabelle 59:Nutzungsprofil eines typischen Wochentags .....	170
Tabelle 60:Angaben zu dem Strombedarf verschiedener Prozesse.....	171
Tabelle 61: Input-Werte zur Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	208

## 16.2. Abbildungen

Abbildung 1: Primärenergiebilanz nicht erneuerbar des Bestands in 2011 der Druckerei Gugler .....	18
Abbildung 2: Systemgenze Plusenergiestandard.....	22
Abbildung 3: Messergebnisse der Klimamessstelle Melk der Jahre 2009-2012.....	24
Abbildung 4: Messergebnisse der Klimamessstelle St. Pölten der Jahre 2000-2012.....	25
Abbildung 5: Verlauf der Außenlufttemperaturen in Melk der Jahre 2009-2012.....	26
Abbildung 6: Verlauf der Windgeschwindigkeiten von Melk der Jahre 2009-2012.....	26
Abbildung 7: Verlauf der Globalstrahlung auf die Horizontale von Melk der Jahre 2009-2012 ..	27
Abbildung 8: Verlauf der Direktstrahlung auf die Horizontale von Melk der Jahre 2009-2012 ...	27
Abbildung 9: Vergleich Monitoringdaten am Gebäude (Subprojekt Neu) und Messdaten ZAMG Melk des Jahres 2012, kalte Periode.....	28
Abbildung 10: Vergleich Monitoringdaten am Gebäude (Subprojekt Neu) und Messdaten ZAMG Melk des Jahres 2012, warme Periode.....	29
Abbildung 11: Foto des Kompressors bzw. der Druckluftanlage (alt) KAESER Airtower 19.....	32
Abbildung 12: Typenschild des Kompressors (alt) KAESER Airtower 19.....	32
Abbildung 13: Foto des Kompressors bzw. der Druckluftanlage (neu) KAESER ASD 47 T.....	33
Abbildung 14: Typenschild des Kompressors (neu) KAESER ASD 47 T.....	33
Abbildung 15: Mögliche zu erwartbare Wärmemengen lt. Fa. Kaeser, erhalten 2012.....	34
Abbildung 16: Abwärmepotential auf Grundlage des Monitorings der Jahre 2012 und 2013 ....	36
Abbildung 17: Beispielhafte Darstellung der Montage eines solarthermischen Flachkollektors.	39
Abbildung 18: Technische Daten und Montagevarianten der Solarthermiekollektoren SKR500 und SKR500L.....	39
Abbildung 19: Beispielhafte Darstellung der Montage eines solarthermischen Röhrenkollektors .....	40
Abbildung 20: Technische Daten des Solarthermiekollektors VK25.....	40
Abbildung 21: Beispielhafte Montagesituation einer Photovoltaikanlage 1.....	41
Abbildung 22: Beispielhafte Montagesituation einer Photovoltaikanlage 1.....	42
Abbildung 23: Rückseitenansicht beispielhafter Photovoltaikmodule.....	42
Abbildung 24: Preisentwicklung von Solarstrom-Anlagen seit 2006, Quelle: <a href="http://www.solarwirtschaft.de/pressegrafiken.html">http://www.solarwirtschaft.de/pressegrafiken.html</a> .....	44
Abbildung 25: Beispielhafte Darstellung der Funktionsweise eines solarhybrid Kollektors.....	45
Abbildung 26: Beispielhafte Darstellung des Aufbaus eines solarhybrid.....	46
Abbildung 27: Beispielhafte Darstellung einer Tauchpumpe für Grundwassernutzung.....	48
Abbildung 28: Datenblatt der mehrstufigen Unterwassermotorpumpe SCUBA 409 C, Quelle: <a href="http://lowara.de/borehole-pumps/scuba/">http://lowara.de/borehole-pumps/scuba/</a> .....	49
Abbildung 29: Beispielhafte Darstellung einer Rückkühleinheit einer Lüftungsanlage.....	51
Abbildung 30: Beispielhafte Abbildung einer Tiefensonde .....	54

Abbildung 31: Darstellung der spezifischen Entzugsleistung in Abhängigkeit der Bodenbeschaffenheit bei Tiefensonden.....	54
Abbildung 32: Beispielhafte Darstellung der Verlegung von oberflächennahen Erdkollektoren..	55
Abbildung 33 : Beispielhafte Darstellung der Nutzung des Kompostierprozesses 1.....	59
Abbildung 34: Beispielhafte Darstellung der Nutzung des Kompostierprozesses 2.....	60
Abbildung 35: Darstellung des Pelletsofens ÖkoFEN PELLEMATIC SMART-e.....	62
Abbildung 36: Beispielhafte Darstellung der Nutzung von Biomasse für einen KWK-Prozess ..	63
Abbildung 37: Potential erneuerbare Energien .....	64
Abbildung 38: Beispiel eines Warmwasserspeichers.....	65
Abbildung 39: Lade- und Entladevorrichtung Warmwasserspeicher .....	65
Abbildung 40: Schematische Darstellung der Speicherung von Wärme bzw. Kälte in der Baustruktur mittels Rohre in der Betondecke.....	66
Abbildung 41: Darstellung der Verteilung von Wärme bzw. Kälte in der Baustruktur mittels Rohre in einer abgehängten Decke .....	66
Abbildung 42: Fußbodenheizung bei unterschiedlichen Aufbauarten, Quelle: Danfoss Ges.m.b.H.....	66
Abbildung 43: Darstellung eines beispielhaften Fußbodenheizungsaufbaus 1.....	67
Abbildung 44: Darstellung eines beispielhaften Fußbodenheizungsaufbaus 2.....	67
Abbildung 45: Vergleich der Speicherkapazitäten verschiedener Stromspeicher, Quelle: <a href="http://www.unendlich-viel-energie.de/de/strom/detailansicht/article/162/kapazitaeten-verschiedener-stromspeicher.html">http://www.unendlich-viel-energie.de/de/strom/detailansicht/article/162/kapazitaeten-verschiedener-stromspeicher.html</a> .....	68
Abbildung 46: Vergleich von Wirkungsgraden verschiedener Stromspeicher, Quelle: <a href="http://www.unendlich-viel-energie.de/de/strom/detailansicht/article/162/kapazitaeten-verschiedener-stromspeicher.html">http://www.unendlich-viel-energie.de/de/strom/detailansicht/article/162/kapazitaeten-verschiedener-stromspeicher.html</a> .....	69
Abbildung 47: Vergleich von Stromgestehungskosten verschiedener Stromspeicher,Quelle: <a href="http://www.unendlich-viel-energie.de/de/strom/detailansicht/browse/1/article/162/grafik-stromgestehungskosten-von-stromspeichern.html">http://www.unendlich-viel-energie.de/de/strom/detailansicht/browse/1/article/162/grafik-stromgestehungskosten-von-stromspeichern.html</a> .....	69
Abbildung 48: Darstellung eines Redox-Flow Akkumulators.....	70
Abbildung 49: Beispielhafte Darstellung von Bleiakkumulatoren.....	70
Abbildung 50: Darstellung eines Vanadium Flow Akkumulators, Quelle: Fa. Cellstrom GmbH .	71
Abbildung 51: Beispielhafte Darstellung eines Druckluftspeichers.....	72
Abbildung 52: Darstellung der Speicherung von elektrischer Energie in e-Mobilen.....	73
Abbildung 53: Beispielhafte Darstellung der LED-Beleuchtung Steuerung mittels Lichtsensor und Bewegungsmelder.....	84
Abbildung 54: Nutzenergiebedarf und Deckung der Bereiche Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	88
Abbildung 55: Primärenergiebilanz gugler media Bestand, Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	90
Abbildung 56: Zonierung des Erdgeschoßes der Simulation .....	91
Abbildung 57: Zonierung des Obergeschoßes der Simulation .....	92

Abbildung 58: Anteilmäßige Anwesenheit der Personen im Bürobereich je Stunde .....	97
Abbildung 59: Anteilmäßige Anwesenheit der Personen in der Halle an einem Arbeitstag je Stunde.....	97
Abbildung 60: Installierte Nutzerstromleistungen, Hallen Prozessenergie der Ausgangsvariante .....	100
Abbildung 61: installierte Beleuchtungsleistungen der Ausgangsvariante und hochoptimiert...	101
Abbildung 62: Durchschnittliche Leistung der Druckmaschine CD 102.....	102
Abbildung 63: Durchschnittlicher Energiebedarf der Druckmaschine pro Tag.....	102
Abbildung 64: Lastprofil mit hohen Betriebsstunden, Zeitraum Mai .....	103
Abbildung 65: Lastprofil mit geringen Betriebsstunden, Zeitraum Juli.....	103
Abbildung 66: Anteil der Stunden je Windrichtung .....	115
Abbildung 67: Leistungskurve Kleinwindkraftanlage Schachner SW10.....	115
Abbildung 68: Leistung der Windkraftanlage (Stundenmittelwerte).....	116
Abbildung 69: Empfundene Temperaturen in Bestandsbüros und Seminarraum bei Versorgung mit Abwärme und Grundwasser .....	121
Abbildung 70: Spezifischer Kühl- und Heizwärmebedarf der verschiedenen Zonen .....	123
Abbildung 71: Spezifischer Kühl- und Heizleistungen der verschiedenen Zonen.....	124
Abbildung 72: Spezifische Be- und Entfeuchtungsleistung der verschiedenen Zonen .....	125
Abbildung 73: Thermisches Verhalten Druckhalle neu .....	126
Abbildung 74: Bedarf an elektrischer Energie für die Beleuchtung bei der Ausgangsvariante der einzelnen Zonen.....	127
Abbildung 75: Beleuchtungsbedarf der Ausgangsvariante Ertüchtigung Altbau und Zubau Leuchtturm Gugler.....	127
Abbildung 76: Nutzenergiebedarf an Warmwasser und sonstige Gebäudetechnik .....	128
Abbildung 77: Bedarf an elektrischer Energie der Nutzer, Hallen Prozessesstrom der Ausgangsvariante.....	129
Abbildung 78: Bedarf an elektrischer Energie der Nutzer der Ausgangsvariante Ertüchtigung Altbau und Zubau Leuchtturm Gugler.....	129
Abbildung 79: Bedarf an elektrischer Energie der Prozesse der Ausgangsvariante Ertüchtigung Altbau und Zubau Leuchtturm Gugler.....	130
Abbildung 80: Gesamter Nutzenergiebedarf und Deckung Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler (exkl. der Prozessenergie) .....	131
Abbildung 81: Nutzenergiebedarf der Wärme und Befeuchtung und Deckung Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	132
Abbildung 82: Nutzenergiebedarf der Kühlung und Entfeuchtung und Deckung Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	133
Abbildung 83: Bedarf an elektrischer Energie und Deckung Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	134
Abbildung 84: Primärenergiestandard der Ausgangsvariante Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	135

Abbildung 85: Wärmebedarf und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	138
Abbildung 86: Kältebedarf und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	139
Abbildung 87: Bedarf an elektrischer Energie und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	140
Abbildung 88: Primärenergiestandard Variante hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	141
Abbildung 89: Primärenergiebilanz Gugler Media Bestand Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler (ohne Prozessstrom).....	142
Abbildung 90: Primärenergiebilanz Gugler Media Bestand Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler (ohne Prozessstrom).....	142
Abbildung 91: Wärmebedarf und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	146
Abbildung 92: Kältebedarf und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	147
Abbildung 93: Bedarf an elektrischer Energie und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	148
Abbildung 94: Primärenergiestandard Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler..	149
Abbildung 95: Wärmebedarf und Deckung Konventioneller Standard – Leuchtturm Gugler VE Ertüchtigung Bestand und Zubau .....	150
Abbildung 96: Kältebedarf und Deckung hochoptimiert Konventioneller Standard – Leuchtturm Gugler VE Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	151
Abbildung 97: Bedarf an elektrischer Energie Varianten Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	152
Abbildung 98: Primärenergiebilanz und Plusenergiesaldo ohne Prozesse Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	153
Abbildung 99: Treibhausbilanz und Treibhaussaldo ohne Prozesse Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	153
Abbildung 100: Empfundene Temperaturen in Bestandsbüros und Seminarraum bei Versorgung mit Abwärme und Grundwasser .....	156
Abbildung 101: Empfundene Temperatur Deckenheizung und Quellluft.....	157
Abbildung 102: Verbesserung Luftqualität Quelllüftung und Kühlsegel Sommer.....	158
Abbildung 103: Verbesserung Luftqualität Quelllüftung und Kühlsegel Winter .....	159
Abbildung 104: Zonierung des Erdgeschoßes .....	161
Abbildung 105: Zonierung des Zwischengeschoßes.....	162
Abbildung 106: Zonierung des Obergeschoßes.....	162
Abbildung 107: Temperaturprofile unterschiedlicher Dämmvarianten der Bodenplatte .....	174
Abbildung 108: Wärmestromdichte der unterschiedlichen Bodenplattenvarianten .....	174
Abbildung 109: Thermisches Verhalten Halle neu, Basisvariante .....	175
Abbildung 110: Behaglichkeitsfeld der Halle neu .....	175

Abbildung 111: Thermisches Verhalten Druckhalle neu, Auslastung mittel.....	176
Abbildung 112: Thermisches Verhalten Druckhalle neu, Auslastung hoch.....	176
Abbildung 113: Thermisches Verhalten Druckhalle neu, Auslastung niedrigl.....	177
Abbildung 114: Behaglichkeitsfeld der Kreativwerkstatt.....	177
Abbildung 115: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur der Kreativwerkstatt der Basisvariante.....	178
Abbildung 116: Behaglichkeitsfeld der Zone Kreation.....	178
Abbildung 117: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur der Zone Kreation der Basisvariante.....	179
Abbildung 118: Behaglichkeitsfeld der Büros neu im Erdgeschoß.....	179
Abbildung 119: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur der Büros neu im Erdgeschoß der Basisvariante.....	180
Abbildung 120: Behaglichkeitsfeld der Veranstaltung.....	180
Abbildung 121: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur der Veranstaltung der Variante mit Fußbodenkühlung und Zuluft über die Decke.....	181
Abbildung 122: Veranstaltung, Variante mit Fußbodenkühlung und Zuluft über die Decke, warme Periode.....	181
Abbildung 123: Veranstaltung, Variante mit Fußbodenkühlung und Zuluft über die Decke, kalte Periode.....	182
Abbildung 124: Veranstaltung, Variante mit Deckenkühlung und Quelllüftung, warme Periode.....	182
Abbildung 125: Veranstaltung. Variante mit Deckenkühlung und Quelllüftung, kalte Periode .	183
Abbildung 126: Behaglichkeitsfeld des Atriums.....	183
Abbildung 127: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur des Atriums der Basisvariante .	184
Abbildung 128: Behaglichkeitsfeld des Restaurants.....	184
Abbildung 129: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur des Restaurants der Basisvariante.....	185
Abbildung 130: Behaglichkeitsfeld des Bistros.....	185
Abbildung 131: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur des Bistros der Basisvariante...	186
Abbildung 132: Behaglichkeitsfeld des Büros und der Multizone Bestand im Erdgeschoß.....	186
Abbildung 133: Jahresverlauf der empfundenen Temperatur des Büros und der Multizone des Bestands.....	187
Abbildung 134: Varianten heiße Periode der Multizone im Obergeschoß.....	188
Abbildung 135: Jahresverlauf der Multizone im Obergeschoß Varianten.....	188
Abbildung 136: Behaglichkeitsfeld der Multizone im Obergeschoß Variante 3.....	189
Abbildung 137: Endenergiebedarf und Deckung der wesentlichen Energie-Flüsse.....	190
Abbildung 138: Bedarf inkl. Abgabe- und Verteilverluste und Endenergie-Deckung akkumuliert dargestellt.....	191
Abbildung 139: Bedarf inkl. Abgabe- und Verteilverluste und Endenergie-Deckung akkumuliert und gestapelt dargestellt.....	191

Abbildung 140: Saldo Primärenergiebedarf nicht erneuerbar Gugler Triple Zero Entwurf akkumuliert dargestellt.....	192
Abbildung 141: Saldo Primärenergiebedarf nicht erneuerbar Gugler Triple Zero Entwurf akkumuliert über 10 Jahre .....	192
Abbildung 142: Wärmebedarf und Deckung konventioneller Standard – Leuchtturm Gugler Entwurf Ertüchtigung Bestand und Zubau .....	193
Abbildung 143: Kältebedarf und Deckung hochoptimiert konventioneller Standard – Leuchtturm Gugler Entwurf Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	194
Abbildung 144: Bedarf an elektrischer Energie Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler .....	194
Abbildung 145: Bedarf an elektrischer Energie und Deckung hochoptimiert Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler .....	195
Abbildung 146: Wärmbedarf und Deckung - Optimierung Nachfrageoptimiert .....	196
Abbildung 147: Kältebedarf und Deckung Nachfrageoptimiert.....	196
Abbildung 148: Primärenergiestandard Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler Entwurf .....	198
Abbildung 149: Primärenergiebilanz ohne Prozessenergie Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	199
Abbildung 150: Primärenergiebilanz und Plusenergiesaldo ohne Prozessenergie Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	199
Abbildung 151: Treibhausbilanz und Treibhaussaldo ohne Prozessenergie Ertüchtigung Bestand und Zubau Leuchtturm Gugler.....	200
Abbildung 152: Primärenergiebedarf nicht erneuerbar akkumuliert 30 Jahre.....	210
Abbildung 153: Treibhauspotential akkumuliert .....	211
Abbildung 154: Barwerte bei einer Laufzeit von 30 Jahren, einer Diskontrate von 2%, einer Energiepreissteigerung von 5% und inkl. HDZ-Förderung .....	212
Abbildung 155: Barwerte (Gesamtkosten) bei einer Laufzeit von 30 Jahren , einer Diskontrate von 2% und einer Energiepreissteigerung von 5% .....	213
Abbildung 156: Barwerte bei einer Laufzeit von 15 Jahren, einer Diskontrate von 2%, einer Energiepreissteigerung von 5% und inkl. HDZ-Förderung .....	214
Abbildung 157: Barwerte bei einer Laufzeit von 50 Jahren, einer Diskontrate von 2%, einer Energiepreissteigerung von 5 % und inkl. HDZ-Förderung .....	215
Abbildung 158: Barwerte bei einer Laufzeit von 15 Jahren, einer Diskontrate von 2%, einer Energiepreissteigerung von 7.5% und inkl. HDZ-Förderung .....	215
Abbildung 159: Ökologischer und wirtschaftlicher Gesamt-Vergleich von konventioneller und Gugler Triple Zero Variante .....	216
Abbildung 160: Saldo Primärenergiebedarf nicht erneuerbar Gugler Triple Zero Entwurf akkumuliert dargestellt.....	218
Abbildung 161: Treibhauspotential über 30 Jahre dargestellt: Gugler Triple Zero und ein konventionelles Vergleichsgebäude .....	219

