

Bachelorthesis

Prüfungsexemplar

Name:

Vorname:

Lubosch

Jörn

Studiengang:

vorgelegt am:

Energie- und Anlagensysteme

03.05.2011

Erstprüfer:

Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Frischgesell

Dr. Achim Stuible

Thema: **Einsparpotential eines Bürogebäudes**



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Department Maschinenbau und Produktion

Aufgabenstellung

für die Bachelorthesis

von Herrn Jörn Lubosch

Matrikel-Nummer: 1882751

Thema: Einsparpotential eines Bürogebäudes

Schwerpunkte:

Die Arbeit wird in enger Zusammenarbeit mit den Abteilung Logistik und den Haustechnikern bei Fichtner erstellt.

Es soll eine Gegenüberstellung der Zertifizierung nach EMAS III und nach ISO 14001 erfolgen. Dabei werden die Unterschiede, sowie die Vor- und Nachteile herausgearbeitet. Des Weiteren ist festzulegen, in welchem Format die während der Arbeit ermittelten Daten abgelegt werden müssen, so dass diese für eine spätere eventuelle Zertifizierung verwendet werden können.

Zu Beginn erfolgt die Beschreibung des Objektes anhand typischer Zahlen und Beschreibungen (Fläche, Nutzung, Temperaturniveau, baulicher Zustand, usw.). Aus den Zahlen werden Kennwerte gebildet, die mit anderen veröffentlichten Werten vergleichbarer Gebäude verglichen werden („Benchmarking“). Dabei sind in die beiden Gebäudeteile Altbau und Neubau zu unterscheiden.

Der Gebäude-Ist-Zustand wird ermittelt. Dabei werden für die Bauteile der Gebäudehülle die U-Werte bestimmt und in einer Tabelle den Anforderungen nach der EnEV 2009 und den Werten für ein Passivhaus gegenübergestellt. Als nächstes ist der Ist-Zustand der gesamten Gebäudetechnik zu beschreiben. Dabei werden mindestens die Bereiche Heizung, Klimatisierung, Lüftung und Beleuchtung berücksichtigt. Ebenfalls sollen die elektrischen Verbräuche und die internen

Wärmelasten elektrischer Geräte anhand von Plänen, Zählungen und ggf. Messungen, so gut wie möglich abgeschätzt werden.

Die Verbrauchsdaten (Fernwärme, Strom, Wasser, etc.) sind für einen Zeitraum von mindestens drei Jahren zu analysieren und die großen Verbrauchergruppen zu identifizieren. Um die einzelnen Jahre besser vergleichen zu können, soll eine Gradtagszahlkorrektur des Wärme- und Kältebedarfs erfolgen.

Im nächsten Schritt soll das Gebäude modelliert werden. Dazu ist eine geeignete Software (z.B. Energieberater Plus von Hottgenroth Software) zu verwenden, welches der seit 1. Oktober 2009 geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 entspricht, nach der die bedarfsorientierten Nachweise für Nichtwohngebäude gem. DIN V 18599 erstellt werden müssen. Hierzu ist als theoretischer Hintergrund die Norm DIN V 18599 in Ihren Grundzügen und Vorgehensweisen zu erläutern. Um den Altbau und den Neubau zu bewerten ist das Gebäude mindestens mit einem Zweizonenmodell abzubilden. Die Modellierung ist mit dem realen Werte abzugleichen und anzupassen.

Es werden Energieeffizienzmaßnahmen identifiziert und beschrieben. Dabei wird unterschieden in nichtinvestive und investive Maßnahmen. Für jede Maßnahme ist u.a. unter Zuhilfenahme des Gebäudemodells die jeweilige Einsparung zu ermitteln. Für die investiven Maßnahmen ist die Investition der einzelnen Maßnahmen zu ermitteln und die statische Amortisationszeit zu berechnen.

Die Einsatzmöglichkeit erneuerbarer Energien ist generell mit zu betrachten (Solarenergie, Ökostrombezug, usw.).

Zum Abschluss erfolgt in Abstimmung mit der Abteilung Logistik und der Haustechnik eine Priorisierung der Maßnahmen. Das Ergebnis ist eine Liste von möglichen Maßnahmen mit den jeweiligen Energie- und CO₂-Einsparungen und den jeweils erforderlichen Investitionen und Amortisationszeiten.

Datum

1. Prüfer/in

Bachelor-Thesis

Thema: Einsparpotential eines Bürogebäudes

von

Jörn Lubosch



Luftaufnahme des Bürogebäudes der Firma FICHTNER GmbH & Co KG

Widmung

„An dieser Stelle möchte ich die Chance nutzen und mich bei der Firma FICHTNER bedanken, dass sie mir die Gelegenheit geboten hat ein sehr interessantes Praktikum auf der Baustelle des Rhein-Dampf-Kohlekraftwerkes in Karlsruhe absolvieren zu dürfen und mir zudem die Möglichkeit gegeben hat, mich dem interessanten Thema Energieeffizienz des Bürogebäudes in der Bachelor-Thesis beschäftigen zu dürfen. Ich möchte diesbezüglich allen bei FICHTNER danken, die mich bei alle dem unterstützt haben.“

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis		I
Abbildungsverzeichnis		V
Tabellenverzeichnis		VII
1. Einleitung		1
1.1 Allgemeine Einführung in das Thema		1
1.2 Kurzdarstellung der Firma FICHTNER GmbH & Co. KG		3
2. Ziel: Umfassendes Umweltmanagementsystem		4
2.1 Allgemeines zu einem Umweltmanagementsystem		4
2.2 Umweltmanagementsystem nach ISO 14001		5
2.3 Umweltmanagementsystem nach EMAS III		7
2.4 Vergleich ISO 14001 mit EMAS III		8
2.5 Einführung eines Umweltmanagementsystems bei FICHTNER GmbH & Co KG		11
3. Mittel zur energetischen Bewertung des Bürogebäudes der Firma FICHTNER		12
3.1 Begriffe, Bezugsgrößen, Methoden, Normen		12
3.1.1 Primär-, End- und Nutzenergie		12
3.1.2 Flächen und Volumina		12
3.1.2.1 Bruttogrundfläche (A_{GF})		12
3.1.2.2 Nettogrundfläche(A_N)		12
3.1.2.3 Nutzgrundfläche (A_{NGF})		12
3.1.2.4 Bruttovolumen (V_e)		13
3.1.2.5 Nettovolumen (V)		13
3.1.2.6 Bruttohüllfläche		13
3.1.2.7 Nettohüllfläche		13
3.1.3 Witterungskorrektur		13
3.1.3.1 Gradtagszahl nach VDI 2067		13
3.1.3.2 Heizgradtage nach VDI 3807		14
3.1.3.3 Kühlgradtage		15
3.1.3.4 Witterungskorrektur		15
3.1.4 Bestimmung der Heiz- und Kühlperiode		16
3.2 Die Energieeinsparverordnung - EnEV		17
3.3 Grundlage der Energiebedarfsrechnung des Bürogebäudes (DIN V 18599)		18
3.3.1 Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger (Teil 1)		21
3.3.2 Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen (Teil 2)		23

3.3.3	Nutzenergiebedarf für energetische Luftaufbereitung (Teil 3)	25
3.3.4	Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung (Teil 4)	26
3.3.5	Endenergiebedarf von Heizsystemen (Teil 5)	26
3.3.6	Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen für den Wohnungsbau (Teil 6)	27
3.3.7	Endenergiebedarf von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen für Nichtwohnungsbau (Teil 7)	27
3.3.8	Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen (Teil 8)	29
3.3.9	End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (Teil 9)	30
3.3.10	Nutzungsrandbedingungen (Teil 10)	31
3.4	Genutzte Software: Energieberater Plus	31
4.	IST-Zustand des Gebäudes	32
4.1	Analyse des IST-Zustandes	32
4.1.1	Allgemeine Differenzierung des Bürogebäudes von FICHTNER	32
4.1.1.1	Älterer Gebäudebestand (BA I, 1982)	33
4.1.1.1.1	Gebäudehüllflächen	36
4.1.1.1.2	Zonierung	37
4.1.1.1.3	Beleuchtung	38
4.1.1.2	Beschreibung der Gebäudetechnik BA I	39
4.1.1.2.1	BA I - Klimatechnische Einrichtung	40
4.1.1.2.2	BA I - Warmwasser	42
4.1.1.2.3	Sonstige Verbraucher	42
4.1.1.3	Anbau (BA II, 1992)	44
4.1.1.3.1	Gebäudehüllflächen	46
4.1.1.3.2	Zonierung	46
4.1.1.3.3	Beleuchtung	47
4.1.1.4	Beschreibung der Gebäudetechnik BA II	48
4.1.1.4.1	BA II - Klimatechnische Einrichtung	48
4.1.1.4.2	BA II - Warmwasser	50
4.1.1.5	Sonstige Verbraucher	50
4.1.2	Einstufung des Wärmetechnischen Zustandes des Gesamten Bürogebäudes	51
4.2	Ergebnisse der Analyse des Ist-Zustandes	53
4.2.1	Ergebnis der Bedarfsberechnung vom Bauabschnitt I	53
4.2.2	Ergebnis der Bedarfsberechnung vom Bauabschnitt II	57
4.2.3	Untersuchung der Ergebnisse der Bedarfsrechnung	61

4.2.3.1	Vergleich des realen Heizbedarfs mit dem Ergebnis der Bedarfsrechnung	61
4.2.3.2	Vergleich des realen elektrischen Energiebedarfs mit dem Ergebnis der Bedarfsrechnung	63
4.2.3.3	Gesamtvergleich des realen Verbrauchs mit dem Ergebnis der Bedarfsrechnung	64
4.3	Bewertung des IST-Zustandes	65
5.	Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen	67
5.1	Investive Maßnahmen	68
5.1.1	Beleuchtungsoptimierung	68
5.1.1.1	Beleuchtungsoptimierung im BA I	71
5.1.1.2	Beleuchtungsoptimierung im BA II	74
5.1.2	Fenstersanierung	77
5.1.2.1	Fenstersanierung im BA I	77
5.1.2.2	Fenstersanierung im BA II	78
5.1.3	Dämmung der opaken Hüllflächen	81
5.1.4	Photovoltaik Anlage	81
5.1.5	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK)	86
5.1.6	Klima-und Heizungstechnische Optimierung	91
5.2	Nicht investive Maßnahmen	92
5.2.1	Allgemeines Nutzerverhalten	92
5.2.2	Drucker/Kopierer Abschaltung	93
5.2.3	Wasserspender	93
5.2.4	Arbeitshilfsmittel	94
5.2.5	Jalousien	94
5.3	Bewertung der Maßnahmen	96
6.	Zusammenfassung der Energiesparmaßnahmen für FICHTNER	99
	Literaturverzeichnis	100
	Anhang A - Allgemein	103
	Zahlen der Zertifizierung EMAS III und ISO 14001	103
	Verbraucher die auf der BA I Abrechnung für elektrische Energie mitgezählt werden	104
	Energieeinsparpotential Drucker/Kopierer	105
	Wirtschaftlichkeit von KWK und KWKK	106
	Nutzungsprofil nach DIN 18599, sowie nach der Analyse Gruppenbüro (BA I + BA II)	107
	Foto Großraumbüro BA I	108
	Verbrauchsabrechnungen	109
	Primärenergiefaktor Fernwärme	111

Anhang B - Bauabschnitt I	112
Ergebnis der Bedarfsrechnung des BA I	112
Reiner Heizwärmebedarf der Bedarfsrechnung	113
Schichtaufbau der Hüllflächen im BA I	114
U-Wert-Bestimmung der Doppelfassadescheibe	115
Technische Daten der RTL-Anlagen I - IX	117
Foto Kälteanlage BA I	124
Foto Druckluftkompressor	124
Heizungsanlage BA I	125
Foto Großraumbüro BA I	127
Anhang C - Bauabschnitt II	128
Berechnungsergebnisse der Bedarfsrechnung des BA II	128
Schichtaufbau der Hüllfläche im BA II	129
Foto Büro BA II	130
RTL-Anlagen 1-8	131
Kälteanlagen BA I	132
Heizungsanlage	134

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Deming-Kreis.....	4
Abbildung 2 Erweiterte Anforderungen EMAS III	9
Abbildung 3 Gradtagszahl Definition	14
Abbildung 4 Heizgradtage Definition	14
Abbildung 5 Kühlgradtage Definition.....	15
Abbildung 6 Bestimmung Heiz-/Kühlperiode, anhand von Daten: Stuttgart 2007	16
Abbildung 7 Übersicht über die Teile der DIN V 18599	19
Abbildung 8 Energiefluss Nutz-, End- und Primärenergie Nichtwohngebäude	20
Abbildung 9 Prinzip der Ermittlung des Heizwärme- und Kühlbedarfs einer Gebäudezone.....	25
Abbildung 10 Systematik RLT-Anlagen in Nichtwohngebäuden	28
Abbildung 11 Entwurfsmodell der Firma IFB Braschel (BA I + BA II)	32
Abbildung 12 Grundriss-Zeichnungen des BA I mit Zonierung	34
Abbildung 13 Aufbau Abluftfassade bei FICHTNER BA I	36
Abbildung 14 Versorgungsschema des BA I	39
Abbildung 15 Darstellung der RLT-Anlage I Steuerungsoberfläche mit Status der Luftzuständen, Klappenstellung, usw.. Stand, 20. Oktober 2010.	41
Abbildung 16 Grundriss-Zeichnungen BA II mit Zonierung.....	45
Abbildung 17 Energie Versorgungsschema BA II	48
Abbildung 18 Digitale Überwachung der Lüftungsanlage im Kern 2 / 1.OG.....	49
Abbildung 19 Thermografie der Außenwand BA II.....	51
Abbildung 20 Betonpfeiler auf dem das BA II über dem Parkplatz steht	51
Abbildung 21 Übergang Treppenhaus ans Erdreich.....	52
Abbildung 22 Übergang Dachfenster, ans Dach	52
Abbildung 23 Verbindung Altbau mit dem Neubau auf dem Dach	52
Abbildung 24 Nutz-, End- und Primärenergiebedarf des Bauabschnitt I.....	53
Abbildung 25 Endenergiebedarf bezogen auf die unterschiedliche Energiequellen, BA I	54
Abbildung 26 Heiz- und Kältenutzenergiebedarf über die Monate	55
Abbildung 27 Endenergie des Heiz- und Kühlbedarfs.....	55
Abbildung 28 Energieverluste des BA I.....	56
Abbildung 29 Transmissionsanteile der einzelnen Hüllflächen vom BA I	56
Abbildung 30 Nutz-, End- und Primärenergiebedarf des BA II	57
Abbildung 31 Energiebedarf bezogen auf die unterschiedliche Energiequelle, BA II	58
Abbildung 32 Nutzenergiebedarfsverlauf, BA II	59
Abbildung 33 Endenergieverlauf über die Monate, BA II.....	59
Abbildung 34 Energieverluste BA II	60
Abbildung 35 Transmissionsanteile der Hüllfläche BA II	60
Abbildung 36 Vergleich witterungskorrigierter Verbrauch der Abrechnung mit dem Ergebnis der Bedarfsberechnung BA I und BA II.....	62
Abbildung 37 Energetische Bewertung vom BA I anhand der Energieausweisskala	65
Abbildung 38 Energetische Bewertung vom BA II anhand der Energieausweisskala	66
Abbildung 39 Relativer Anlagenstrom von Leuchtstofflampen bei EVG-Betrieb mit Warmstart bzw. KVG-Betrieb.....	69
Abbildung 40 Vergleich der Systemleistung von Leuchtstofflampen 2 x 58 W beim Betrieb an unterschiedlichen Vorschaltgeräten.....	69
Abbildung 41 Messung der Helligkeit im BA I, 1.OG mit Luxmeters Testo 545	71
Abbildung 42 Energieeinsparung durch Beleuchtungsoptimierung (Variante 1 Maßnahme: KVG durch EVG ersetzt)	72
Abbildung 43 Messung der Helligkeit im BA II, 1.OG mit Luxmeters Testo 545	74
Abbildung 44 Draufsicht eines typischen Büroraumes im BA II.....	75
Abbildung 45 Einsparung durch Nutzerverhalten bei Beleuchtung Gruppenbüro im BA II (Variante 1: geringere Beleuchtung in Betrieb)	75
Abbildung 46 Darstellung des negativen Einflusses einer U-Wert Verbesserung im BA I	77
Abbildung 47 Auswirkung der U-Wert Verbesserung auf BA I	77
Abbildung 48 Darstellung Energieeinsparung durch die Fenstersanierung in BA II (Variante 1: U-Wert=1,5 W/m ² K; Variante 2: U-Wert =0,72 W/m ² K).....	79
Abbildung 49 Definition der Sonnenlicht-Weglänge in der Atmosphäre (AMx) in Stuttgart	82

Abbildung 50 Berechnung der Projektionsfläche eines PV-Modules.....	83
Abbildung 51 Anordnung zur Bestimmung der PV-Fläche (Grün: PV-Module, Rot: Schattenfläche)	83
Abbildung 52 Jahresganglinie der KWK- und KWKK-Variante.....	87
Abbildung 53 Heizbedarfsdeckung durch die KWK	88
Abbildung 54 Heizbedarfsdeckung durch die KWKK	88
Abbildung 55 Ergebnis Bedarfsrechnung für BA I bei KWK und KWKK Einsatz (Variante 1: KWK; Variante 2: KWKK)	89
Abbildung 56 Ergebnis Bedarfsrechnung für BA II bei KWK und KWKK Einsatz (Variante 1: KWK; Variante 2: KWKK)	89
Abbildung 57 Annuitäts-Berechnung der KWK und KWKK Varianten	90
Abbildung 58 Top 10, Anzahl EMAS Zertifizierung Weltweit, Quelle: (Europäische Kommission) Stand Feb 2011	103
Abbildung 59 Top 10, Anzahl ISO 14001 Zertifizierung Weltweit, Quelle: (Umweltbundesamt, 2010), Stand Juli 2007	103
Abbildung 60 Großraumbüro BA I.....	108
Abbildung 61 Anordnung der Beleuchtung im Großraumbüro	108
Abbildung 62 Kälteanlage BA I.....	124
Abbildung 63 Druckluftkompressor 2 x 2,2KW.....	124
Abbildung 64 Aufnahme Heißwassersystem.....	126
Abbildung 65 Wärmetauscher Übergabe der Fernwärme	126
Abbildung 66 Großraumbüro BA I.....	127
Abbildung 67 Anordnung der Beleuchtung im Großraumbüro BA I.....	127
Abbildung 68 Schitaaufbau der Bauteile der Hüllfläche des BA II.....	129
Abbildung 69 Foto eines typischen Bürorraumes im BA II.....	130
Abbildung 70 Die ältere Kolben-Kompressionskälteanlage, Baujahr 1992, Kühlmittel R 22, Firma Ruhaak-Cliref, Baureihe Drlwy 41, Kälteleistung von 140 KW.....	132
Abbildung 71 Kälteanlage, Schraubenverdichter, Firma Opk Baujahr 1998, Kältemittel R 407c, Kälteleistung 160 kW	133
Abbildung 72 Heizungsanlage Pumpensystem	134

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Die Geschäftsfelder der FICHTNER-Gruppe.....	3
Tabelle 2 Normen der ISO 14000er-Reihe	5
Tabelle 3 Konkretisierung der Indikatoren	8
Tabelle 4 Gegenüberstellung ISO 14001 und EMAS III	10
Tabelle 5 Primärenergiefaktoren nach DIN 18599	22
Tabelle 6 Energieträgerabhängige Umrechnungsfaktor.....	22
Tabelle 7 Allgemeine Angaben zum BA I.....	33
Tabelle 8 Ausweisung der Hüllflächen, U-Wert.....	36
Tabelle 9 Zuweisung Zonen, Hüllfläche, Konditionierung	37
Tabelle 10 Übersicht der Beleuchtung der Zonen.....	38
Tabelle 11 Zuordnung der Anlagen zu den Zonen, Bauteile.....	40
Tabelle 12 Verbrauch Aufzüge BA I.....	43
Tabelle 13 Allgemein Angaben zum BA II.....	44
Tabelle 14 Gebäudehüllflächen BA II.....	46
Tabelle 15 Zuweisung Zonen, Hüllfläche, Konditionierung	46
Tabelle 16 Beleuchtungsspezifische Angaben des BA II	47
Tabelle 17 Zuordnung der Anlagen zu den Zonen, Bauteile BA II.....	49
Tabelle 18 Verbrauch eines Aufzugs BA I	50
Tabelle 19 Ergebnis der Bedarfsberechnung BA I, Ist-Zustand.....	53
Tabelle 20 Emission Basis-Werte.....	54
Tabelle 21 Theoretische Emission des BA I.....	54
Tabelle 22 Ergebnis der Bedarfsberechnung BA II, Ist-Zustand.....	57
Tabelle 23 Theoretisch Emission des BA II.....	58
Tabelle 24 Abweichung Heizbedarf Bedarfsrechnung von Abrechnung	62
Tabelle 25 Abweichung des elektrischen Energiebedarfs der Bedarfsrechnung von der Abrechnung.....	63
Tabelle 26 Wärmebedarf Bedarfsrechnung und Abrechnung.....	64
Tabelle 27 Energietische Bewertung der Ergebnisse der Bedarfsrechnung mit freier Eingabe und fester Vorgabe vom BA I.....	65
Tabelle 28 Energietische Bewertung der Ergebnisse der Bedarfsrechnung mit freier Eingabe und fester Vorgabe vom BA II.....	66
Tabelle 29 Maßnahmen die bereits im Gebäude angewendet werden	67
Tabelle 30 Lampenvergleich.....	70
Tabelle 31 Anuitäts-Berechnung für die Sanierung der Beleuchtung.....	72
Tabelle 32 Basisdaten der Fenster	78
Tabelle 33 Annuitäts-Berechnung der Fenstersanierung	80
Tabelle 34 Solarzellen Wirkungsgrad und Marktanteil.....	81
Tabelle 35 Vergleichs-Modul der Firma SunTech, Model STP245S-20/Wd	82
Tabelle 36 Solare-Energiestrahlung für Suttgart, Sarweystraße 3, Modul-Stellung: 0° und 25°.....	84
Tabelle 37 Berechnung der Investitionskosten der PV-Anlage.....	85
Tabelle 38 Annuitäts-Berechnung für die PV-Anlage	85
Tabelle 39 Verwendete BHKW für KWK und KWKK.....	87
Tabelle 40 Überschlägig Berechnung zur Ersparnis durch Dämmung eines Ventiles.....	91
Tabelle 41 Energieeinsparmaßnahmen durch Nutzerverhalten.....	92
Tabelle 42 Energieeinsparung durch Abschalten der großen Drucker	93
Tabelle 43 Energieeinsparung durch Einbau von Zeitschaltuhren bei den Wasserspender	93
Tabelle 44 Einsparungseffekt durch abschalten der Arbeitshilfsmittel	94
Tabelle 45 Nutzwertanalyse der Energieeinsparmaßnahmen Teil 1 von 2	97
Tabelle 46 Nutzwertanalyse der Energieeinsparmaßnahmen Teil 2 von 2	98
Tabelle 47 Reihenfolge der Energieeinsparmaßnahmen nach Ergebnis der Nutzwertanalyse sortiert	99
Tabelle 48 Überschüssige Verbraucher der Stromabrechnung des BA I	104
Tabelle 49 Fernwärmeabrechnung	109
Tabelle 50 Stromkostenabrechnung	110
Tabelle 51 Nutzenergiebedarfsverteilung über die Monate, BA I	112
Tabelle 52 Endenergiebedarf über die Monate, BA I	112
Tabelle 53 Schichtaufbau der Bauteile der Hüllfläche BA I	114

<i>Tabelle 54 Pumpen des Warmwasser-/Heizsystem</i>	<i>125</i>
<i>Tabelle 55 Nutzenergiebarf über die Monate, BA II</i>	<i>128</i>
<i>Tabelle 56 Endenergiebedarf über die Monate, BA II</i>	<i>128</i>
<i>Tabelle 57 Technische Angaben der RTL-Anlagen BA II</i>	<i>131</i>
<i>Tabelle 58 Heizungsanlage BA II</i>	<i>134</i>

1. Einleitung

1.1 Allgemeine Einführung in das Thema

Der Klimawandel, die allgemeine Rohstoffknappheit und der steigende Energiebedarf einer wachsenden Weltbevölkerung sind in der Weltpolitik eines der Hauptprobleme. Schon seit Jahren werden etwaige Maßnahmenpläne zur effizienteren Energienutzung und umweltschonendere Energiegewinnung erörtert. Bereits 1992 wurde auf dem Umweltgipfel in Rio de Janeiro die erste Rahmenkonvention von den wichtigsten Emissionsländern mit dem Ziel unterzeichnet, die Treibhausgasemissionen auf einem Niveau zu stabilisieren, auf dem sich die Ökosysteme dem natürlichen Klimawandel anpassen können, auf dem die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht ist und es erlaubt, die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fort zu führen¹.

Der wohl bekannteste Beschluss mit dem Ziel der Minderung der Treibhausgasemissionen um 5,2% (bezogen auf den Stand von 1990) bis 2012 wurde 1997 im Kyoto-Protokoll festgehalten und beschlossen. Ob es ab 2013 zur Fortführung und Verschärfung dieses Beschlusses nach dem Scheitern der letzten beiden Klimakonferenzen, Ende 2009 in Kopenhagen und Ende 2010 in Cancún kommen wird ist noch immer unklar².

Dabei sollte das Ziel klar sein: Senkung des stetig steigenden Bedarfs an Energie, durch Energieeinsparungen, Energieeffizienzsteigerung sowie eine umweltfreundlichere Energiegewinnung durch den Einsatz von erneuerbaren Energien. Dies ist der Dreiklang, welcher zukünftig nur gemeinsam bei weltweiter Umsetzung erfolgversprechend ist.

Gerade jetzt ist durch den zweiten Reaktorunfall im AKW Fukushima - nach Tschernobyl im April 1986 - die Debatte um die grundsätzliche Art der Erzeugung der Energie nicht nur in Deutschland sondern weltweit wieder verstärkt entfacht. Dabei geraten die Bemühungen um Energieeffizienzsteigerung und Energieeinsparung ein wenig aus dem Blickfeld. Die Lösung, die nicht zukünftig sondern sofort greifen kann, ist die Steigerung der Energieeffizienz sowie die Erhöhung der Energieeinsparung der Energienutzer. Erst dann ist eine effizientere Energiegewinnung wirklich effizient. Die Energieeffizienzsteigerung wird durch die Energieeinsparverordnung und weitere Gesetze³ bereits unterstützt. Dennoch müssen die Bemühungen wesentlich verstärkt werden. Nach einer Studie der Deutschen Unternehmensinitiative Energieeffizienz könnte alleine durch Effizienzsteigerungsmaßnahmen der Energiebedarf in Deutschland bis 2020 die Energieproduktion durch AKWs überflüssig machen⁴. Der Maßnahmenkatalog prognostiziert eine Einsparung an elektrischer Energie von 68,3 tWh_{el} was bei einer Gesamtproduktion von 596,8 tWh_{el}⁵ in Deutschland, eine Einsparung von 11,4% des Energieverbrauchs elektrischer Energie bedeuten würde. Eine Steigerung der Wärmeeffizienz würde zudem den Bedarf von thermischer Energie um weitere 155 tWh_{th} senken.

Auch für die Firma FICHTNER GmbH & Co KG (im weiteren FICHTNER) ist die zunehmende Bedeutung der Energieeffizienz deutlich am Auftragseingang spürbar. So werden momentan vor allem in Osteuropa Projekte bearbeitet, bei den FICHTNER als technischer Berater für internationale Banken fungiert, welche Kredite für Energieeffizienzprojekte vor allem in den Bereichen Gewerbe und Industrie vergeben. Die dabei untersuchten Energieeffizienzmaßnahmen sind u.a. Prozessverbesserungen, Austausch von Antrieben und von Lüftungs- und

¹ Siehe (Weglage, 2008)

² Siehe (Weglage, 2008)

³ Beispielweise: EnEG - Energieeinspargesetz, EEG - Erneuerbare Energien Gesetz, KWKG - Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz

⁴ Siehe (Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz e.V. (DENEFF), 2011)

⁵ Siehe (BP, 2010)

Beleuchtungstechnik, aber auch Wärmedämmmaßnahmen und Erneuerung von Heizungs- und Klimatechnik in Verwaltungs- und Bürogebäuden. Bei Vorgesprächen zu Energieeffizienzprojekten wird vom potenziellen Auftraggeber immer häufiger angefragt, ob das ausführende Unternehmen eine Umweltmanagementzertifizierung nach EMAS⁶ oder ISO 14001⁷ besitzt. Als Akteur und Berater im Energiesektor ist es für FICHTNER eine Frage der Glaubwürdigkeit, die Prinzipien eines Umweltmanagementsystems und somit auch die Wirksamkeit für Energieeffizienzmaßnahmen im eigenen Hause anzuwenden und die ökonomisch sinnvollen Konsequenzen umzusetzen.

Ein Umweltmanagementsystem ist die Kombination aus einem effektiven Managementsystem⁸ mit der direkten Berücksichtigung umwelttechnischer Auswirkung bei Maßnahmen der Abfallbehandlung und des Energieeinsatzes des Unternehmens. Dabei setzt sich ein Unternehmen Ziele zur Effizienzsteigerung, welche sie in einem bestimmten Zeitrahmen erfüllen möchte. Der Inhaltliche Aufbau der beiden Umweltmanagementsysteme nach EMAS und ISO 14001 sowie deren Unterschiede werden für FICHTNER im Rahmen dieser Arbeit untersucht und eine Empfehlung für ein passendes Umweltmanagementsystem herausgearbeitet.

Diese Empfehlung soll dann als Grundlage für eine Zertifizierung eines Umweltmanagementsystems für den Standort Sarweystraße 3 in 70191 Stuttgart FICHTNER dienen. Hierbei wird die Untersuchung auf das Energieeinsparpotential des Bürogebäudes beschränkt. Diese Arbeit will durch die Untersuchung des Ist-Zustands des Gebäudes eine Einstufung des Gebäudes im Vergleich zum aktuellen Stand der Gebäudelandschaft in Deutschland bzgl. der Bausubstanz, des Primärenergiebedarfs und der CO₂-Emission ermöglichen. In diesem Zusammenhang werden potentielle Energieeinsparmöglichkeiten identifiziert und hinsichtlich ihrer Effektivität analysiert. Auch der Einsatz von regenerativen Energien wird berücksichtigt. Das Ergebnis dieser Arbeit wird eine erste Einschätzung des Gebäudes hinsichtlich seiner Energieeffizienz ergeben. Abschließend werden Prioritäten erarbeitet, nach der sich FICHTNER erste Ziele hinsichtlich eines Umweltmanagementsystems setzen kann.

⁶ Siehe Kapitel 2.3, Seite 7

⁷ Siehe Kapitel 2.2, Seite 6

⁸ Z.B. ISO 9001

1.2 Kurzdarstellung der Firma FICHTNER GmbH & Co. KG

1922 von Martin Fichtner gegründet und seither in Familienbesitz, ist die FICHTNER-Gruppe mit 1800 Mitarbeitern weltweit (450 davon im Stammhaus) und einem Jahresumsatz von 196 Mil. € Deutschlands größtes unabhängiges Planungs- und Beratungsunternehmen. Ihr Angebot umfasst Planungs- und Beratungsleistungen in den Bereichen Energie, Umwelt, Wasser & Infrastruktur, Consulting & IT. Das derzeit geplante Investitionsvolumen aller im Stammhaus bearbeiteten Projekte beläuft sich auf 87 Mrd. €. Die folgende Tabelle schafft einen Überblick über die einzelnen Geschäftsfelder und derzeitige Projekte.

Tabelle 1 Die Geschäftsfelder der FICHTNER-Gruppe⁹

Energie	Umwelt	Wasser & Infrastruktur	Consulting & IT
Energiewirtschaftliche Beratung Studien aus Energiewirtschaft und Energietechnik	Abfallwirtschaft -Ausarbeitung von integrierten Abfallwirtschaftskonzepten -Planung von Anlagen zur Abfallverwertung/-behandlung und -entsorgung	Wasserver- und Abwasserentsorgung -Planung von Anlagen zur Trinkwasserversorgung einschließl. Meerwasserentsalzung sowie Abwasserentsorgung und -aufbereitung -Beratung zur Betriebsoptimierung neuer oder rehabilitierter Anlagen	Unternehmensberatung Für Unternehmen der Ver- und Entsorgungswirtschaft und der Branche Transport und Verkehr sowie Kommunen -Strategie- und Organisationsberatung -Privatisierungsberatung -Financial Modelling -Infrastrukturmanagement
Anlagenplanung -Thermische Kraftwerke und Erneuerbare Energien -Die Gesamtleistung aller bisher bearbeiteten Kraftwerke beträgt etwa 186 GW (135 GW zurzeit in Deutschland installiert) -Zurzeit in Deutschland in Arbeit ca. 60 GW	Umweltuntersuchungen und -management Umweltverträglichkeitsuntersuchungen und Genehmigungsverfahren -Umweltmanagementsysteme für eine nachhaltige Entwicklung	Wasserbau -Ausführungsplanung von Talsperren und Speicherbecken -Hochwasserentlastungsanlagen -Flussbauten -Wasserbauten und Schleusen	IT-Beratung und -Service sowie branchenspezifische IT-Lösungen -Strategische und DV-technische Beratung -Unterstützung bei der Implementierung und Anwendung sowie klassische GIS-Anwendungen
Energietransport und -verteilung -Komplettlösungen für Stromübertragung und -verteilung sowie Gastransport und Gasspeicherung	Umweltverfahrenstechnik -Maßnahmen zur Luftreinhaltung sowie Boden- und Gewässerschutz Klimaschutz -Erarbeitung von Lösungen zur Erfüllung der Emissionsvorgaben	Stadtentwicklung und Verkehr -Ausarbeitung von integrierten Infrastrukturkonzepten -Betreuung von Projekten im Bereich Verkehrsanlagen, Tief-Hoch- und Ingenieurbau	
110 Mio. € Gesamtleistungen, entspricht 56 % des Gesamtumsatzes	23 Mio. € Gesamtleistungen, entspricht 12 % des Gesamtumsatzes	29 Mio. € Gesamtleistungen, entspricht 15 % des Gesamtumsatzes	34 Mio. € Gesamtleistungen, entspricht 17 % des Gesamtumsatzes
Projektbeispiele: -Konzeptstudie zur Stromexportsteigerung von Russland nach China -Generalplanung des Steinkohleblocks im Rheinhafen-Dampfkraftwerk in Karlsruhe -Privatisierungsberatung und Owner's Engineering für den Neubau der weltgrößten Meerwasserentsalzungsanlage mit Kraftwerk Shuaibah 3 in Saudi Arabien -Neubau der 255-MW-Wasserkraftanlage Bujagali in Uganda -Ausbau des nationalen Stromverteilungsnetzes Phasen VI und VII in Katar	Projektbeispiele: -Erweiterung der Abfallverbrennungsanlage AVI Amsterdam -Machbarkeitsstudie für die Abfallentsorgung der Stadt Sofia, Bulgarien -Erarbeitung von Emissionsminderungsmaßnahmen für Peking, China -Umweltverträglichkeitsuntersuchung für den Neubau eines Zementwerks, Katar -Prüfung interessanter CDM-Projekte in Indien für die RWE Power AG	Projektbeispiele: -Neubau der Meerwasserentsalzungsanlage Gold Coast bei Brisbane in Australien -Sanierung und Ausbau der Kläranlage Bukarest, Rumänien -Optimierung der Trinkwasserqualität im Nordwesten Russlands -Effizienzsteigerung und Neuausrichtung eines deutschen Trinkwasserver- und Abwasserentsorgungsunternehmens -Integrierte Infrastruktur für „Flower of the East“ auf der Insel Kish im Persischen Golf	Projektbeispiele: -Restrukturierung und Fusion von Stromnetzbetreiber, Deutschland -Beratung eines Stadtwerkeverbands bei der Beteiligung an Kraftwerken -Projekt Assessment für den Neubau eines Stahlwerks der ThyssenKrupp Steel AG in Brasilien -Beratung bei der Privatisierung der Wasserver- und entsorgung von Riad und der Gründung einer nationalen Wassergesellschaft, Saudi Arabien -Aufbau eines Anlagen-Infoportals für die Deutsche Bahn

⁹ Entnommen aus dem Intranet der Firma FICHTNER

2. Ziel: Umfassendes Umweltmanagementsystem

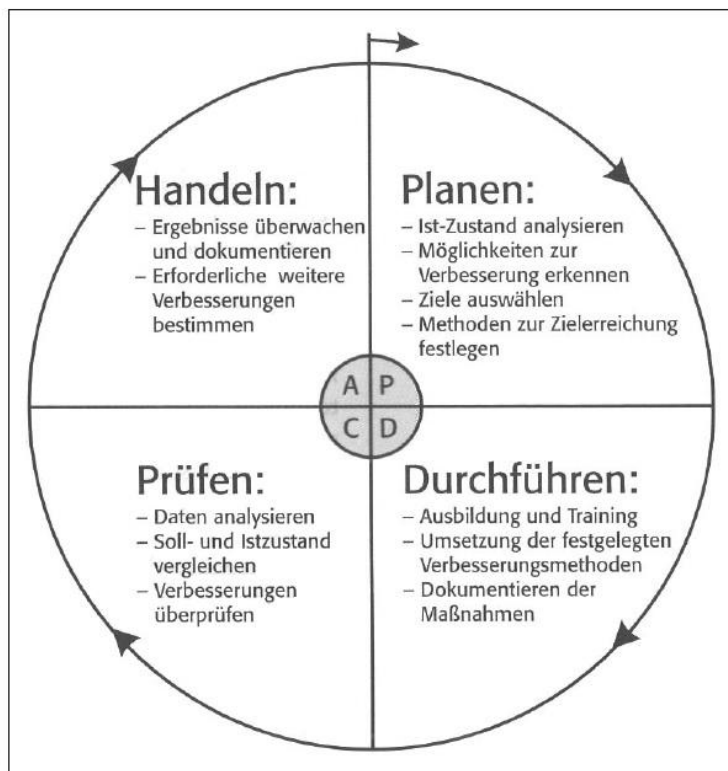
2.1 Allgemeines zu einem Umweltmanagementsystem

Viele Firmen haben sich bereits einer Beurteilung ihrer umweltorientierten Arbeit durch eine Umweltprüfung¹⁰ oder Audits¹¹ unterzogen. Ziel dieser Beurteilung ist es, die Auswirkungen aller Dienstleistungen und Produkte eines Unternehmens auf die Umwelt zu ermitteln und zu prüfen, inwieweit alle relevanten ordnungsgemäßen Pflichten eingehalten werden.

Durch die freiwillige Einführung eines Umweltmanagementsystems (UMS) gehen Organisationen über die gesetzlichen Anforderungen an den Umweltschutz hinaus und verbessern damit den nachhaltigen Umgang mit den Energien und Rohstoffen dieser Erde.

Das meist verbreitete Element in einem UMS ist das Prinzip des Deming-Kreises¹². Dieses führt die kontinuierliche Verbesserung auf die vier Prozessschritte Planen, Durchführen, Prüfen und Handeln mit zurück¹³. Dies ist allgemein bekannt als PDCA (Plan-Do-Check-Act).

Abbildung 1 Deming-Kreis¹⁴



Die effektive Umsetzung eines UMS erzielt neben der Sicherung von umweltorientierten Produkten und Dienstleistungen auch grundlegende wirtschaftliche Vorteile für eine Firma. Als Folge einer detaillierten Analyse der bestehenden Arbeitsabläufe und der Ableitung entsprechender Optimierungen¹⁵, sowie Risikominderungen¹⁶, folgt als Resultat eine Kostenreduzierung. Zudem steigert ein Unternehmen dadurch seine Wettbewerbsfähigkeit in zukunftsorientierten Märkten und erlangt häufig in der Öffentlichkeit einen Imagegewinn.

Die Leitlinien und Prinzipien für ein Management des betrieblichen Umweltschutzes beste-

¹⁰ Die Umweltprüfung ist ein gesetzlich reglementiertes Verfahren zur Prüfung der Umweltbelange einer Firma.

¹¹ Als Audits werden allgemein Untersuchungsverfahren bezeichnet, die dazu dienen, Prozesse hinsichtlich der Erfüllung von Anforderungen und Richtlinien zu bewerten.

¹² Der Begriff Deming-Kreis nach dem amerikanischen Physiker und Statistiker, William Edwards Deming (1900–1993) benannt.

¹³ Siehe Abbildung 1

¹⁴ Siehe Quelle (Dr. Detlef Butterbrodt, 2002)

¹⁵ Bsp.: weniger Abfall, sowohl bürokratisch also arbeitstechnisch vereinfachte Abläufe, Reduzierung der Sortenvielfalt etc.

¹⁶ Einhaltung von Umweltgesetzen, geringere Versicherungsprämien aufgrund sinkender Haftungsrisiken

hen schon länger. Zwei Beispiele für die freiwillige Beteiligung von Firmen hierfür sind das Responsible-Care-Programm¹⁷ der chemischen Industrie und die Charta für nachhaltige Entwicklung¹⁸ des Business Council for Sustainable Development. Da diese Managementrichtlinien von verschiedenen Interessensgruppen geprägt sind (z.B. der Nahrungsindustrie und der Chemieindustrie), sind sie nicht vergleichbar.

Um ein für alle Branchen nutzbares und damit vergleichbares System zu entwickeln, werden Anforderungen und Bedingungen in Normen spezifiziert. Ziel ist eine Standardisierung, die in allen Normungsgebieten anerkannt ist. Ist ein Unternehmen UMS-zertifiziert, so bietet dies für potentielle Firmenkunden eine repräsentative Einschätzung, unter welchen umwelttechnischen Bedingungen das Unternehmen arbeitet.

Die zwei bekanntesten UMS-Normen sind die ISO 14001 (International Organization for Standardization 14001) und EMAS (Eco-Management and Audit Scheme). In den folgenden Kapiteln werden die Entstehungsgeschichten, die Inhalte und die Ziele der beiden Normen erläutert und deren Unterschiede verdeutlicht.

2.2 Umweltmanagementsystem nach ISO 14001

Im Zuge der Diskussion und Ausarbeitung einer geeigneten Norm für UMS hat die International Organization for Standardization (ISO) am 16.08.1991 die Strategic Advisory Group Environment (SAGE) gegründet. Aufgabe der SAGE war, für die Gebiete Umweltschutz und Umweltmanagement eine Bedarfsfeststellung zu generieren und die Planung einer Norm zu erarbeiten. Nach dieser Arbeit erfolgte im Juni 1993 die Auflösung der SAGE und die Einsetzung des Technischen Komitees (TK) für Umweltmanagement. Unterkomitees der TK entwarfen spezifische Normen für UMS, UMS-Audits, Umweltzeichen für Produkte, Bewertungen der Umweltleistungen von Unternehmen und Produktökobilanzen. Diese Entwicklung wurde durch schon vorhandene Normen und Richtlinien, wie die nationale britische Norm 7750:1992, die EG-Richtlinie zum Umweltzeichen für Produkte und die EG-Verordnung zum Öko-Audit (allgemein unter EMAS²⁰ bekannt) unterstützt.

Als Ergebnis entstand eine internationale Norm-Reihe, die sogenannte ISO 14000er-Reihe. Sie behandelt die zuvor aufgezählten Bereiche über-

Tabelle 2 Normen der ISO 14000er-Reihe¹⁹

Norm	Titel
ISO 14001	Umweltmanagementsysteme - Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung
ISO 14004	Umweltmanagementsysteme - Allgemeiner Leitfaden über Grundsätze, Systeme und Hilfsmittel
ISO 14010	12 Leitfäden für Umweltaudits
ISO 14020 ff.	Umweltkennzeichnung
ISO 14030 ff.	Umweltleistungsbewertung
ISO 14040 ff.	Produkt-Ökobilanz
ISO 14050	Begriffe und Definitionen

greifend. Die Tabelle 2 stellt einige der daraus hervorgegangenen Normen dar.

¹⁷ Responsible-Care (dt. verantwortliches Handeln) steht für den Willen der chemischen Industrie, unabhängig von gesetzlichen Vorgaben, nach einer ständigen Verbesserung der Unternehmen in den Bereichen Umwelt, Sicherheit und Gesundheit. Ursprung Kanada 1984, seit 1991 in Deutschland

¹⁸ Freiwillige Erklärung der Internationalen Handelskammer (ICC), Inhalt: Unterzeichner verpflichten sich, in Übereinstimmung mit den Prinzipien der Charta ihre Umweltleistungen zu verbessern, Führungsgrundsätze anzuwenden, die eine solche Verbesserung bewirken, ihren Fortschritt zu messen und über diesen intern und extern angemessen zu berichten. Von zahlreichen multinationalen Unternehmen unterzeichnet.

¹⁹ Siehe (Kamiske, 1995)

²⁰ genaue Erläuterung folgt in Kapitel 2.3, Seite 6

Ziel: Umfassendes Umweltmanagementsystem

Im August 1996 endgültig von der ISO verabschiedet, entsteht die Norm für Umweltmanagementsysteme ISO 14001:1996. Vom Europäische Komitee für Normung (CEN)²¹ anerkannt, löste sie alle bis zu diesem Zeitpunkt gültigen europäischen UMS-Normen im März 1997 ab. „Diese Norm ist die wichtigste in dieser Normreihe, da es sich um eine Spezifikation handelt und somit auch verbindlich ist. Die Norm wendet sich an Organisationen aller Arten wie Tätigkeiten, Produkte, Dienstleistungen und ist die Grundlage für externe Zertifizierung. Als Ziel dieser Norm gilt, die Systemelemente des Umweltmanagements einzuführen“²².

Prinzipiell ist das Ziel der ISO 14001 die kontinuierliche Verbesserung (nach Deming²³) des Umweltmanagementsystems. Die Führung einer Organisation definiert dabei ein konkretes Ziel ihrer Umweltpolitik. Das Ziel berücksichtigt alle bestehenden Umweltgesetze und sonstige Auflagen des Unternehmens. Diese Ziele werden durch externe oder interne Personen in regelmäßigen Audits bewertet, um festzustellen, ob ein Unternehmen seine anfangs festgelegten Auditkriterien erfüllt. Die Industrienorm ISO 14001 setzt dabei auf die Eigenverantwortlichkeit des Unternehmens.

Alle ISO-Normen werden nach Veröffentlichung innerhalb von 5 Jahren einer Prüfung unterzogen. Als Folge dieser Prüfung entstand eine revidierte „neue ISO 14001“, welche im November 2004 publiziert wurde. Anfang Februar 2005 folgte die Einführung der deutschen Fassung als DIN EN ISO 14001:2005 - 02. Es wurden zwar keine grundlegenden Ansätze geändert, allerdings einige Begrifflichkeiten und Formulierungen präzisiert. Diese Überarbeitung hatte zur Folge, dass einige Firmen ihre nach ISO 14001:1996 Zertifizierten UMS nochmals zu überprüfen hatten (insbesondere die Dokumentation).

Auf Grund der redaktionellen Änderung der Norm für Qualitätsmanagementsysteme ISO 9001 (neue Norm ISO 9001:2008), welche eine Grundlage der ISO 14001 bildet, folgte eine Korrekturversion der Norm DIN EN ISO 14001:2005 - 06. Die daraus resultierende, in ihren Grundanforderungen ebenfalls nicht geänderte aktuellste Version stellt die Ende Juli 2009 in Kraft getretene DIN EN ISO 14001:2009-11 dar.

Der Inhalt sowie der Umgang mit der DIN EN ISO 14001:2009-11 wird hier nicht im Detail ausgeführt, da dies nicht Thema dieser Arbeit ist. Hierzu wird auf die vorhandene einschlägige Literatur²⁴ und die ISO 14004 verwiesen. Die ISO 14004 stellt detailliert einen allgemeinen Leitfadens und Hilfsmittel zur Gestaltung eines UMS dar und sollte immer als Grundlage zur Gestaltung des UMS genutzt werden.

Grundlegende Merkmale der ISO 14001 im Vergleich mit der EMAS III werden im Kapitel 2.4, Seite 8 dargestellt.

²¹ CEN (dt.: Europäisches Komitee für Normung; frz.: Comité Européen de Normalisation; engl.: European Committee for Standardization), Gegründet 1961, Sitz: Brüssel

²² Siehe (Dr. Detlef Butterbrodt, 2002)

²³ s. auch Kapitel 2.1, Seite 4

²⁴ z.B. (Dr. Detlef Butterbrodt, 2002), (Weglage, 2008),

2.3 Umweltmanagementsystem nach EMAS III

Im Vorwort der vom Rat der Europäischen Gemeinschaft am 29. Juni 1993 eingeführten EG-Öko-Verordnung EMAS I²⁵ heißt es: „Die Industrie trägt Eigenverantwortung für die Bewältigung der Umweltfolgen ihrer Tätigkeiten und sollte daher in diesem Bereich zu einem aktiven Konzept kommen“²⁶. Um dies zu unterstützen hat die Europäische Union diese Verordnung zur freiwilligen Beteiligung gewerblicher Unternehmen erarbeitet. EMAS I und folgende EMAS verfolgen das Ziel einer kontinuierlichen Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes über die umweltgesetzlichen Anforderungen hinaus. EMAS soll, wie bereits in Kapitel 2.1 zum Umweltmanagementsystem erwähnt, der Organisation helfen, sowohl ökologische als auch ökonomische Schwachstellen zu minimieren, um so nachhaltig mit Energie und Rohstoffen umzugehen. Auch die EMAS folgt dem Prinzip des Deming-Kreises²⁷.

Praxiserfahrungen mit EMAS I und die Einführung der ISO 14001:1996 haben am 19. März 2001 zur Ablösung der EMAS I durch die EMAS II geführt²⁸. EMAS II implementiert alle Anforderungen der ISO 14001:1996 an ein UMS. Mit ihr dürfen nun Organisationen jeder Art sich an der EMAS beteiligen. Zuvor galt die EMAS Zertifizierung nur für produzierende Unternehmen, d.h. Dienstleistungsunternehmen hatten nicht die Möglichkeit ein EMAS-Zertifikat zu erhalten.

EMAS I und EMAS II hatten ihren Geltungsbereich innerhalb der Europäischen Union und den Europa zugeordneten Staaten. Am 25. November 2009 trat schließlich die aktuelle Verordnung EMAS III²⁹ in Kraft. Sie erweiterte nochmals den Geltungsbereich und ist ein Umweltmanagementsystem, an dem sich „Organisationen innerhalb und außerhalb der Gemeinschaft freiwillig beteiligen können“³⁰. Sie bietet somit weltweit Organisationen die Möglichkeit ein UMS nach EMAS III bei sich zu integrieren und zu zertifizieren. Der Antrag auf Zertifizierung muss hier allerdings bei einer der in einem Mitgliedstaat eingerichteten Zertifizierungsstelle³¹ erfolgen.

Die wesentlichste Neuerung in der EMAS III ist die Konkretisierung der Indikatoren von Umweltleistungen für die in der EMAS geforderte Umwelterklärung³².

²⁵ EMAS I: Verordnung (EWG) Nr. 1836/93 des Rates vom 29. Juni 1993 über die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung

²⁶ Siehe Quelle (Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 1993)

²⁷ siehe Kapitel 1, Seite 4

²⁸ EMAS II: Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. März 2001 über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS)

²⁹ EMAS III: Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 761/2001, sowie der Beschlüsse der Kommission 2001/681/EG und 2006/193/EG

³⁰ Siehe (Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 2009) Kapitel ???, Seite ???

³¹ In Deutschland ist das der Umweltgutachterausschuss (UGA) beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Siehe auch im Internet unter www.emas.de

³² Siehe Tabelle 3

Tabelle 3 Konkretisierung der Indikatoren³³

Schlüsselbereich	Input bzw. Auswirkungen
Energieeffizienz	Jährlicher Gesamtenergieverbrauch ³⁴ in MWh od. GJ
	Gesamtverbrauch an erneuerbaren Energien: Anteil der Energie aus erneuerbaren Energiequellen am jährlichen Gesamtverbrauch (Strom ³⁵ und Wärme ³⁶)
Materialeffizienz	Jährlicher Massenstrom der verschiedenen Einsatzmaterialien (ohne Energieträger und Wasser) in Tonnen
Wasser	Jährlicher Wasserverbrauch in m ³
Abfall	Jährliches Abfallaufkommen nach Abfallart in Tonnen
	Gesamtes jährliches Aufkommen an gefährlichen Abfällen in Kilogramm oder Tonnen
Biologische Vielfalt	Flächenverbrauch in m ² bebauter Fläche
Emissionen	Jährliche Gesamtemissionen von Treibhausgasen mindestens die Emissionen an CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, Hydrofluorkarbonat, Perfluorkarbonat und SF ₆ in TonnenCO ₂ -Äquivalent
	Jährliche Gesamtemissionen in die Luft mindestens die Emissionen an SO ₂ , NO _x und PM, in Kilogramm oder Tonnen

2.4 Vergleich ISO 14001 mit EMAS III

Der Vergleich zwischen der ISO 14001 und der EMAS III ist immer davon geprägt, dass die EMAS III die Anforderungen eines UMS der ISO 14001 implementiert. Nach ISO 14001 zertifizierte Unternehmen können ohne prinzipielle Änderung des UMS um die weiteren Anforderungen der EMAS III ergänzt werden. Allerdings sollte jedem Unternehmen bewusst sein, dass es sich bei der freiwilligen Verpflichtung (bei der ISO 14001), lediglich um eine Vereinbarung zur Besserung des umweltbetrieblichen Vorgehens handelt. Hingegen bindet die EMAS III ein Unternehmen auch gesetzlich. Somit können Vergehen bzw. ein Nichteinhalten der gesetzten Ziele geahndet werden.

Die EMAS III stellt somit insgesamt höhere Ansprüche an die Organisation eines Umweltmanagementsystems als die ISO 14001. So sind beispielweise die innerbetrieblichen Audit-Rhythmen zwingend vorgegeben.

³³ Siehe (Umweltgutachterausschuss (UGA), 2010)

³⁴ Der Energieverbrauch ist umgangssprachlich und ist ein Ausdruck für den Bedarf elektrischer oder thermischer Energie einer Maschine oder eines ganze Gebäudes.

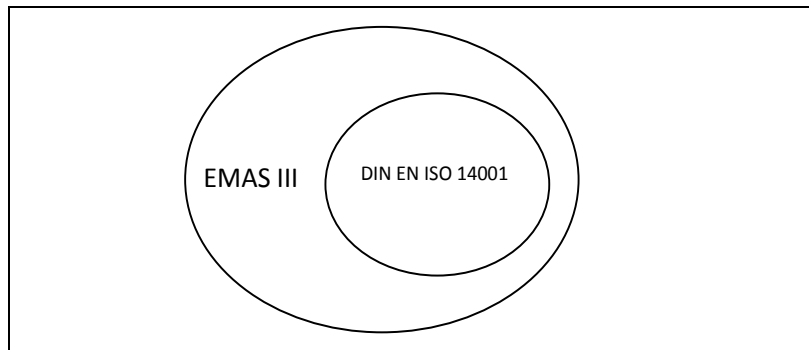
³⁵ Strom ist umgangssprachlich und meint die elektrische Energie

³⁶ Der umgangssprachliche Begriff Wärme meint thermische Energie.

Ziel: Umfassendes Umweltmanagementsystem

Ein weiterer wesentlicher Punkt zur Erlangung der EMAS III Zertifizierung ist die erweiterte Anforderung bezüglich der externen Kommunikation wie zum Beispiel die Erstellung einer Umwelterklärung³⁷.

Abbildung 2 Erweiterte Anforderungen EMAS III³⁸



Mit ca. 129.000 Zertifizierung in ca. 140 verschiedenen Ländern ist die ISO 14001 die deutlich weiter verbreitete Norm³⁹, wobei die Möglichkeit zur Zertifizierung von EMAS III außerhalb der EU erst seit kurzer Zeit besteht. Es muss sich erst zeigen, wie sich die Bemühungen zur EMAS-Zertifizierung außerhalb der EU entwickeln. Derzeit sind 4542 Organisationen nach EMAS zertifiziert. Insgesamt wurden 7794 Zertifizierung akkreditiert⁴⁰.

Tabelle 4 stellt die verschiedenen Merkmale von ISO 14001 und EMAS III gegenüber.

³⁷ beinhaltet unter anderem die in Tabelle 3 aufgelisteten Kennzahlen

³⁸ Vergleiche Quelle: (Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 2009), *Anhang II*)

³⁹ s. Anhang A, Abbildung 59

⁴⁰ s. Anhang A, Abbildung 58; Meist sind einzelne Standorte einer Organisation EMAS III zertifiziert

Ziel: Umfassendes Umweltmanagementsystem

Tabelle 4 Gegenüberstellung ISO 14001⁴¹ und EMAS III

Merkmale	DIN EN ISO 14001	EMAS III
Zeitpunkt der Gültigkeit	hat seit Oktober 1996 den Status einer deutschen Norm	EMAS I: 29. Juni 1993 EMAS III: 25. November 2009
Revisionsabsichten	unbestimmt	fünf Jahre nach Inkrafttreten
räumlicher Geltungsbereich	weltweit	weltweit (erst seit EMAS III)
Rechtsstatus	privatwirtschaftliche Vereinbarung; Norm	gesetzliche Regelung für teilnehmende Unternehmen
zertifizierungsfähige Einheit ⁴²	möglich sind auch einzelne Teile einer Organisation	mindestens ein Standort einer Organisation
Zertifizierungsverfahren	Zertifizierung durch Zulassungsgesellschaft (überwacht durch die Trägergemeinschaft für Akkreditierung)	Zertifizierung durch zugelassene Umweltgutachter (überwacht von der DAU ⁴³)
erste Umweltprüfung	empfohlen, aber nicht zwingend	ausdrücklich verlangt
Veröffentlichung der Umwelterklärung	nicht verlangt	ausdrücklich verlangt
Audit-Frequenz	nicht vorgegeben i.d. Regel jährlich	jährlich, alle drei Jahre kompletter Prüfzyklus
Überprüfung	interne Audits	aus ISO 14001 übernommen
umweltrelevante Information der Kunden über Nutzung und Entsorgung	nicht ausdrücklich verlangt	ausdrücklich verlangt
Rechtskonformität (en. legal compliance)	erwünscht	ausdrücklich verlangt
Inhaltlicher Aufbau	Festlegung der Umweltpolitik Planung Umsetzung und Durchführung Überwachungs- und Korrekturmaßnahmen Bewertung durch die oberste Leitung Zertifizierung	identisch mit ISO 14001
Branchengültigkeit	alle Unternehmensbranchen	identisch mit ISO 14001
Leistungsmaßstäbe		Einhaltung der Gesetze und freiwilligen Verpflichtungen
	kontinuierlicher Verbesserungsprozess des betrieblichen <u>Umweltschutzmanagementsystems</u>	kontinuierlicher Verbesserungsprozess des betrieblichen <u>Umweltschutzes</u> (EVABAT ⁴⁴ , wo möglich)
		Anwendung der "Gute Management-Praktiken" (GMP ⁴⁵)
gesetzliches Deregulierungspotenzial	nein	ausdrücklich gewünscht

⁴¹ orientiert an Quelle (2), Kapitel 3.6, Tab. 1

⁴² Zur Erläuterung: Bei der ISO 14001 können auch einzelne Bereiche eines Standortes Zertifiziert werden. Beispielweise ein Firmensitz mit unterschiedlichen Produktionsreihen. Hier lässt sich auch nur eine Produktionsreihe Zertifizieren. Nach EMAS können nur ganze Standorte zertifiziert werden.

⁴³ Die Deutsche Akkreditierungsgesellschaft für Umweltgutachter (DAU) ist die deutsche Stelle für die Zulassung und Akkreditierung von Umweltgutachtern im Rahmen der sog. EG Öko-Audit-Verordnung, EMAS III

⁴⁴ Economically Viable Application of Best Available Technology (EVABAT) Prinzip: Stand der Technik

⁴⁵ GMP - Gute Management-Praktiken (en. Good Management Practices) sind allgemeingültige Standards für bewährte gute Managementpraktiken. Diese führen in der Regel dazu, dass die Erwartungen der Kunden bzw. der Gesellschaft an eine ordentliche Unternehmensführung zufriedengestellt werden.

2.5 Einführung eines Umweltmanagementsystems bei FICHTNER GmbH & Co KG

Anhand der vorangegangenen Tabelle 4 wurde deutlich, dass die EMAS III höhere Ansprüche an ein Unternehmen und deren UMS stellt. Die Firma FICHTNER hat als Dienstleister in der Energie- und Umweltbranche für sich persönlich das Ziel der kontinuierlichen Verbesserung der betrieblichen Bedingungen in Bezug auf die Umwelt in den Vordergrund gestellt.

Um dieses Ziel zu erreichen, eignen sich sowohl die ISO 14001, als auch die EMAS III. Da mittlerweile auch die EMAS III von Organisationen weltweit einfüh- und zertifizierbar ist und die ISO 14001 implementiert, gibt es keinen zwingenden Grund das eine oder andere System anzustreben. Diese Entscheidung ist organisationsabhängig.

Im Falle FICHTNER könnte die Einführung der EMAS III sinnvoll sein. So würde FICHTNER bei der Zertifizierung nach EMAS III gleichzeitig auch die Zertifizierung nach der ISO 14001 erhalten. Denn fast immer werden bei der alleinigen Einführung eines UMS nach ISO 14001 auch automatisch Anforderungen der EMAS III erfüllt. Die Umweltprüfung z.B. findet in beiden Fällen statt. Die EMAS III verlangt diese ausdrücklich und gibt dabei den Umfang dieser Prüfung vor. Aber auch ein Unternehmen, welches die ISO 14001 Zertifizierung anstrebt, muss seine „Schwachstellen“ in Bezug auf seine umweltfreundliche Produktion aufdecken, um seine Ziele korrekt bestimmen zu können. Hierzu ist mindestens eine „kleinere“ Umweltprüfung von Nöten. Bei der Offenlegung dieser Prüfung in Form eines Umweltberichtes, wie sie bei EMAS III verpflichtend ist, wird ein Dienstleister wie FICHTNER keine internen Produktionsgeheimnisse preisgeben. Hingegen würde der Umweltbericht einer Ölraffinerie als Beispiel evtl. genauere Rückschlüsse über die angewendeten Produktionsverfahren geben können.

Das Ergebnis dieser Arbeit wird die Forderung der EMAS III am Einsatz von „Technik“ nach dem EVABAT-Prinzip ebenfalls berücksichtigen. Es werden Modernisierungsmaßnahmen des Bürogebäudes von FICHTNER geprüft, welche dem heutigen Stand der Technik entsprechen werden.

Der Umstand, dass die Firma FICHTNER nicht nur Interesse an der Verbesserung eines umweltfreundlichen Managementsystems hat, wie es nach der ISO 14001 der Fall ist, sondern ein tatsächliches Interesse hat, umweltschutztechnisch ihre Dienstleistungen im energetischen Bereich zukünftig optimiert anzubieten, sollte FICHTNER die EMAS III aufgreifen und ihr zukünftig geplantes UMS an dieser Verordnung orientieren.

3. Mittel zur energetischen Bewertung des Bürogebäudes der Firma FICHTNER

3.1 Begriffe, Bezugsgrößen, Methoden, Normen

Um den energetischen IST-Zustand des Bürogebäudes der Firma FICHTNER analysieren zu können, sollen zunächst Begriffe, Bezugsgrößen, Methoden und Normen erläutert werden, welche im Rahmen dieser Arbeit herangezogen werden.

3.1.1 Primär-, End- und Nutzenergie

Bei dem Energiebedarf wird zwischen Primär-, End-, und Nutzenergie unterschieden⁴⁶.

- Der Primärenergiebedarf berücksichtigt die zusätzlich zum Energieinhalt des verwendeten Brennstoffs durch vorgelagerte Prozessketten entstandenen Verluste für die Gewinnung, Umwandlung und den Transport. Dabei wird z.B. unterschieden, ob die Energie aus Kohle oder Gas gewonnen wurde⁴⁷.
- Der Endenergiebedarf berücksichtigt die „berechnete Energiemenge, die der Anlagentechnik (Heizungsanlage, raumluftechnische Anlage, Warmwasserbereitungsanlage, Beleuchtungsanlage) zur Verfügung gestellt wird, um die festgelegte Rauminnentemperatur, die Erwärmung des Warmwassers und die gewünschte Beleuchtungsqualität über das ganze Jahr sicherzustellen“⁴⁸.
- Der Nutzenergiebedarf setzt sich aus dem Heizwärmebedarf, Kühlbedarf, Trinkwarmwasserbedarf und der Energie zur Deckung des Beleuchtungsbedarfes zusammen. Im Gegensatz zum Endenergiebedarf beinhaltet der Nutzenergiebedarf keine Aufwendungsverluste, die bei der Erzeugung, Speicherung und Verteilung auftreten⁴⁹.

3.1.2 Flächen und Volumina

3.1.2.1 Bruttogrundfläche (A_{GF})

Die Bruttogrundfläche ist die Summe der Grundflächen aller Grundriss-Ebenen eines Bauwerks. Die Bestimmung dieser Fläche wird in der DIN V 18599 Teil 1 genau beschrieben.

3.1.2.2 Nettogrundfläche(A_N)

Die Nettogrundfläche berechnet sich nach der Energieeinsparungsverordnung 2009 (EnEV 2009)⁵⁰ aus dem Bruttovolumen und einem festen Faktor wie folgt:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e \quad (3-1)$$

3.1.2.3 Nutzgrundfläche (A_{NGF})

Die Nutzgrundfläche betrifft nach der EnEV 2009 generell die Räumlichkeiten eines Gebäudes die thermisch konditioniert werden⁵¹. Darüber hinaus sind nach der „DIN 277 - Grundflächen und Rauminhalte“ folgende Flächen nicht zur Nettogrundfläche zuzurechnen:

⁴⁶ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 1), 2005)

⁴⁷ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 1), 2005)

⁴⁸ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 1), 2005)

⁴⁹ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 7), 2005)

⁵⁰ Siehe Kapitel 3.2, Seite 17

Mittel zur energetischen Bewertung des Bürogebäudes der Firma FICHTNER

- Verkehrsflächen (VF) wie z.B. Flure, Gänge und Treppenhäuser
- Technische Funktionsflächen (TF) wie z.B. Lager, Technikräume

Diese werden von der Bruttofläche subtrahiert.

Die Nutzgrundfläche bildet die Bezugsfläche der EnEV, auf den der Primärenergieaufwand als Bewertungsindikator bezogen wird.

3.1.2.4 Bruttovolumen (V_e)

Das Bruttovolumen bildet das Volumen aller Räumlichkeiten eines Gebäudes.

3.1.2.5 Nettovolumen (V)

Das Nettovolumen wird bei Nichtwohngebäuden nach Vorschrift der DIN V 18599 immer wie folgt aus dem Bruttovolumen abgeleitet:

$$V = 0,8 \cdot V_e \quad (3-2)$$

3.1.2.6 Bruttohüllfläche

Die Bruttohüllfläche beinhaltet nach der DIN V 18599 alle Gebäudebruttovolumen umschließenden Hüllflächen, welche mit der Außenluft oder dem Erdreich in Kontakt stehen.

3.1.2.7 Nettohüllfläche

Die Nettohüllfläche beinhaltet nach der DIN V 18599 alle Hüllflächen, die die Nutzgrundflächen umschließen und an die Außenluft oder ans Erdreich grenzen.

3.1.3 Witterungskorrektur

Um den Jahresenergieaufwand zum Heizen und Kühlen einzelner Jahre vergleichen zu können, ist eine Witterungskorrektur erforderlich. Die Energieverbräuche der vergangenen Jahre werden mit diesem Korrekturfaktor vereinheitlicht. Beispielweise wird in einem Jahr mit einem kälteren Winter ein höherer tatsächlicher energetischer Jahresverbrauch gemessen als in einem Vergleichsjahr mit milderem Wintertemperaturen. Zur Witterungskorrektur der Heizenergie werden die Gradtagszahlen nach VDI 2067 oder die Heizgradtage nach VDI 3807 verwendet. Analog zur VDI 3807 lassen sich Kühlgradtage für die Korrektur des Energiebedarfs zur Klimatisierung ermitteln. Im Folgenden werden die einzelnen Vorgehensweisen zur Ermittlung dieser Faktoren kurz dargestellt, um anschließend die eigentliche Witterungskorrektur zu erläutern⁵².

3.1.3.1 Gradtagszahl nach VDI 2067

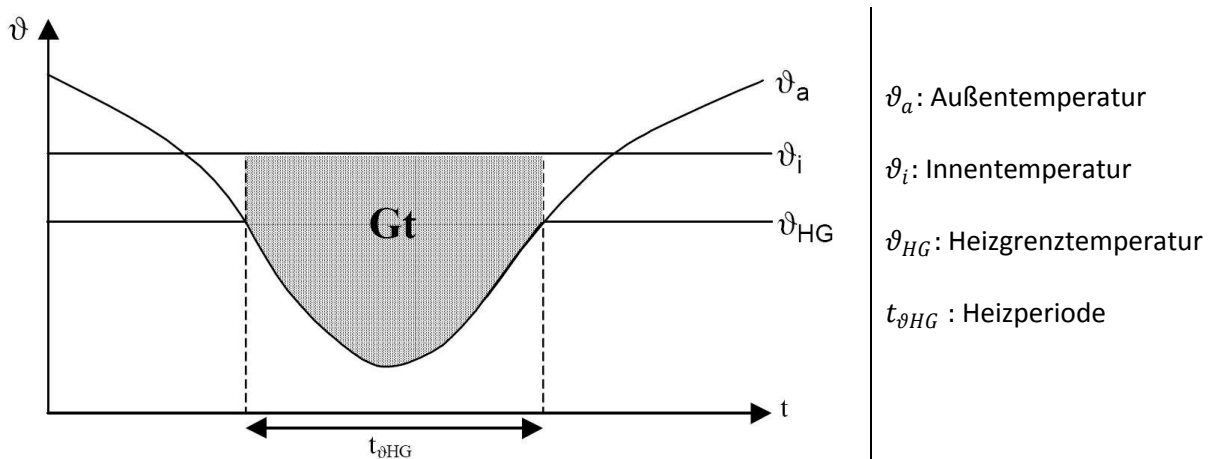
Nach der „VDI-Richtlinie 2067 Raumheizung: Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen“ ist die Gradtagszahl (GTZ) „gleich der Summe aus der Differenz einer angenommenen Raumtemperatur von 20°C und der jeweiligen durchschnittlichen Tagesaußentemperatur. Die Summanden der Gradtagszahl werden aber erst ab der Heizgrenze Außentemperatur von 15 °C ermittelt“⁵³.

⁵¹ Siehe (BGB1. I NR. 34, 2009)

⁵² In dieser Arbeit wird die Korrektur nach der VDI 3807 angewandt. Der Vollständigkeit halber wird die Ermittlung der Gradtagszahl nach VDI 2067 ebenfalls aufgeführt.

⁵³ Siehe (Alt)

Abbildung 3 Gradtagszahl Definition⁵⁴



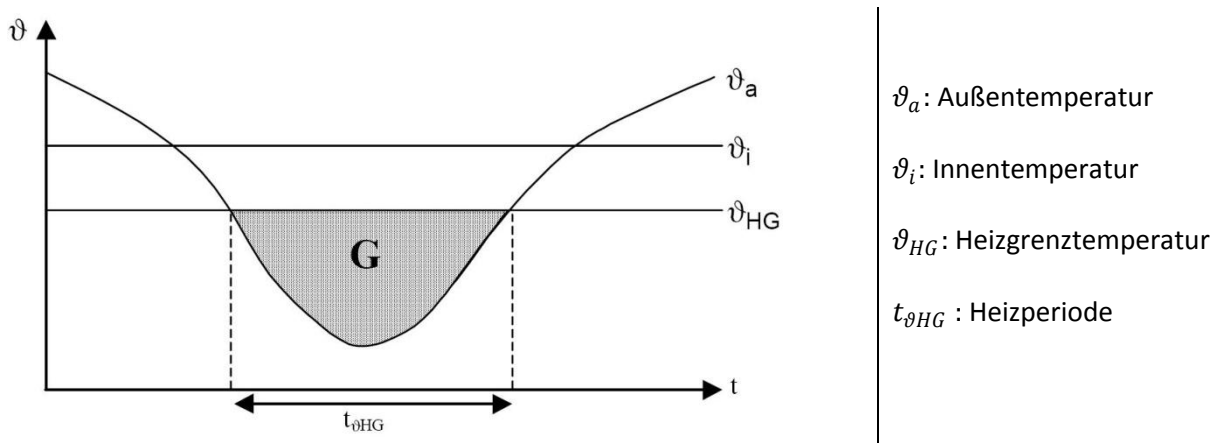
Die Abbildung 3 verdeutlicht die Summe der Gradtagszahl, die wie folgt berechnet wird.

$$Gt_{\vartheta_i, \vartheta_{HG}} = \sum_{t_{\vartheta_{HG}}} (\vartheta_i - \vartheta_a) \quad \text{für } \vartheta_a < \vartheta_{HG} \quad (3-3)$$

3.1.3.2 Heizgradtage nach VDI 3807

Ähnlich der VDI 2067, erfolgt die Berechnung der Heizgradtage (HG, eng. HDD für „Heating degree days“) nach der „VDI 3807 Blatt 1 Energieverbrauchskennwerte für Gebäude“. Hier werden jedoch die tatsächliche gebäudespezifische Heizgrenze und die Raumtemperatur berücksichtigt. Dies schließt sowohl die Gebäudehülle (Dämmung etc.) als auch die internen Wärmequellen ein. Die folgende Abbildung verdeutlicht die Bildung der Heizgradtage.

Abbildung 4 Heizgradtage Definition⁵⁵



Sie berechnet sich wie folgt:

$$G_{\vartheta_{HG}} = \sum_{t_{\vartheta_{HG}}} (\vartheta_{HG} - \vartheta_a) \quad \text{für } \vartheta_a < \vartheta_{HG} \quad (3-4)$$

⁵⁴ Siehe (Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, 2011)

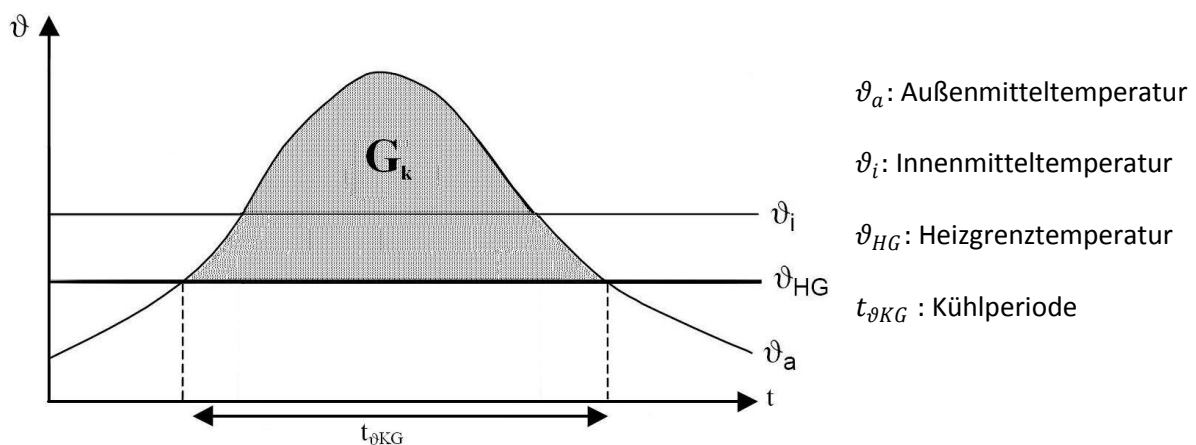
⁵⁵ Siehe (Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, 2011)

3.1.3.3 Kühlgradtage

Zum Zwecke der Klimatisierung und Kühlung von Gebäuden wird meist elektrische Energie aufgewandt. Um den Energiebedarf der einzelnen Jahre mit einander vergleichen zu können, lässt sich auch hierfür eine Referenzzahl, die Kühlgradtage (G_k , eng. CDD für „Cooling degree days“) ermitteln.

Im Gegensatz zu den Heizgradtagen betrachtet Kühlgradzahl die Tage bzw. die Tagestemperaturen die sich über der Heizgradtemperatur befinden. Ist die Außentemperatur höher als die Heizgradtemperatur, muss die Kühlung ihren Betrieb aufnehmen, um die Temperaturbedingung im Gebäude zu erhalten. Die Kühlgradtage berechnen sich aus der Differenz von Außentemperatur und Heizgradtemperatur jedes einzelnen Tages eines Jahres, indem die Heizgrenztemperatur überschritten wurde. In der folgenden Abbildung wird dies dargestellt⁵⁶.

Abbildung 5 Kühlgradtage Definition⁵⁷



Die Kühlgradtage errechnen sich dabei wie folgt:

$$G_{k, \vartheta_{HG}} = \sum_{t_{\vartheta_{HG}}} (\vartheta_a - \vartheta_{HG}) \quad \text{für } \vartheta_a > \vartheta_{HG} \quad (3-5)$$

3.1.3.4 Witterungskorrektur

„Bei Nichtwohngebäuden gibt es zwei Kennwerte, den Stromverbrauchskennwert und den Heizenergieverbrauchskennwert („Nichtstrom“)⁵⁸. Letzterer umfasst alle Aufwendung zur Deckung des Heizbedarfs und der Warmwasserbereitung (Besonderheit sind elektrische Heizungen von Warmwasser, z.B. Durchlauferhitzer, dieser Umstand ist explizit zu erwähnen). Der Stromverbrauchskennwert hingegen beinhaltet den Anteil der Kühlung.

Bei der Korrektur der Heizenergiekosten, werden nach vorangegangener Vorgehensweise die Heizgradtagzahlen bestimmt. Dies geschieht einmal für die Messdaten des jeweiligen Jahres und einmal für die Messwerte über mehrere Jahrzehnte als gemittelter Wert (diese sind auch beim Deutschen Wetterdienst hinterlegt). Die Korrektur der Heizenergiekosten lässt sich bestimmen, indem die gemittelten Heizgradtage ($G_{\text{gemittelt}}$) durch die Heizgradtage des be-

⁵⁶ Siehe (Bopp, 2008)

⁵⁷ Siehe (Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, 2011)

⁵⁸ Siehe (Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, 2011)

Mittel zur energetischen Bewertung des Bürogebäudes der Firma FICHTNER

trachtenden Jahres (G_{gemessen}) dividiert und mit dem Heizenergiebedarf des Jahres ($Q_{\text{H,gemessen}}$) multipliziert werden. Dies stellt sich wie folgt dar:

$$Q_{\text{H,bereinigt}} = Q_{\text{H,gemessen}} \cdot f_{G_{\vartheta_{\text{HG}}}, \text{Klima}} = Q_{\text{H,gemessen}} \cdot \frac{G_{\text{gemittelt}}}{G_{\text{gemessen}}} \quad (3-6)$$

Als Ergebnis erhält man einen bereinigten Heizenergiewert.

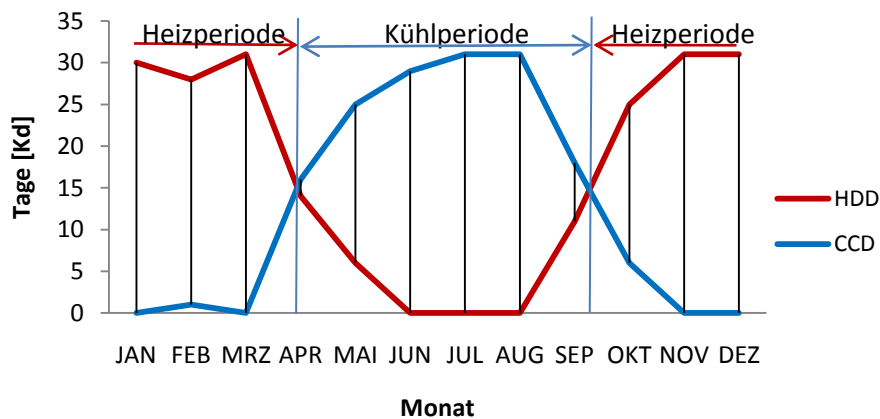
Die gleiche Prozedur wie bei der Korrektur der Heizenergiedaten erfolgt bei der Korrektur der Kälte­daten (Strom). Hier werden die Heizgradtage durch Kühlgradtage ersetzt. Die Berechnung des bereinigten Energieaufwands zur Kühlung errechnet sich demnach aus:

$$E_{\text{K,bereinigt}} = E_{\text{K,gemessen}} \cdot f_{G_{\text{k}}, \text{Klima}} = E_{\text{K,gemessen}} \cdot \frac{G_{\text{k,gemittelt}}}{G_{\text{k,gemessen}}} \quad (3-7)$$

3.1.4 Bestimmung der Heiz- und Kühlperiode

Zur Definition der Kühl- bzw. Heizperiode im Jahr werden die Tagesmitteltemperaturen herangezogen. Ist die Außentemperatur kleiner als die Heizgrenztemperatur ($\vartheta_a < \vartheta_{\text{HG}}$), handelt es sich um einen Heiztag, genau anders herum verhält es sich bei Kühltage, hier gilt die Außentemperatur ist höher als die Heizgrenztemperatur ($\vartheta_a > \vartheta_{\text{HG}}$). Trägt man nun jeweils die Anzahl der Heiz- und Kühltage monatsweise auf, erhält man zwei Verläufe, den Kühltageverlauf und den Heiztageverlauf. Die Schnittpunkte der Kurven bestimmen hinreichend genau jeweils Start und Ende der Kühlperiode bzw. Heizperiode. Das folgende Diagramm entspricht dem Verlauf in Stuttgart für das Jahr 2007 und verdeutlicht die Bestimmung der Perioden nochmals.

Abbildung 6 Bestimmung Heiz-/Kühlperiode, anhand von Daten: Stuttgart 2007⁵⁹



⁵⁹ Alle weiteren Abbildungen und Tabellen ohne Quellenangabe sind im Zuge dieser Arbeit erstellt worden.

3.2 Die Energieeinsparverordnung - EnEV

Zur Bewertung des Bürogebäudes der Firma FICHTNER werden die Anforderungen und Berechnungsmethoden der Energieeinsparverordnung (EnEV) verwendet.

Die „Verordnung über energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden“ wurde in ihrer ersten Fassung am 1. Februar 2002 eingeführt. „Die EnEV fasst die Wärmeschutzverordnung⁶⁰ und die Heizungsanlagenverordnung⁶¹ zusammen. Damit wird eine ganzheitliche Betrachtung der Wärmeverluste und Wärmegewinnung der Gebäudehülle und Anlagentechnik ermöglicht“⁶². Die Grundlage der EnEV bildet, wie auch bei der Wärmeschutzverordnung, das Energieeinspargesetz (EnEG)⁶³.

Am 1. Oktober 2007 tritt die EnEV 2007 in Kraft. Diese löst die EnEV 2002 bzw. ihre Novellierung aus dem Jahr 2004 ab. Sie setzt die „Richtlinie 2002/91 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ (kurz: EU-Gebäuderichtlinie) komplett in nationales Recht um.

Die EnEV legt energetische Mindestanforderungen an die Bausubstanz und die Technik zur Raumkonditionierung fest. Dies beinhaltet die Betrachtung der Gebäudehülle, der Heizungs-, Kühl- und Raumlufttechnik sowie der Warmwasserversorgung.

Stand bei der EnEV 2002/2004 im Wesentlichen die Anforderung des Energieverbrauches zur Beheizung von Gebäuden im Blickpunkt, so erfolgt bei der EnEV 2007 eine ganzheitlichere Betrachtung von Gebäuden. Insbesondere bei Nichtwohngebäuden wird die Energie die zur Raumkonditionierung (Belüftung, Kühlung und Beleuchtung etc.) benötigt wird, komplett berücksichtigt.

Mit der EnEV 2002 wurde ein Energieausweis für Neubauten bereits eingeführt. Seit der EnEV 2007 ist dieser nun auch für Bestandsgebäude verpflichtend und bei Verkauf, Vermietung und Neubau von Gebäuden in allen Kategorien vorzulegen. Auf bestehende Sonderregelungen wird an dieser Stelle nicht eingegangen. Des Weiteren besteht bei öffentlichen Gebäuden eine Aushangpflicht bei Bestandsgebäuden. Die EnEV vereinheitlicht die Bewertung durch Kennwerte und bietet so eine bessere Möglichkeit ein Gebäude hinsichtlich seines Energieverbrauches einzuordnen. Inhalt der EnEV sind auch Empfehlungen zur Modernisierung und somit zur Optimierung des Energiebedarfs.

Bei der Erstellung des Energieausweises wird unterschieden zwischen dem bedarfs- und dem verbrauchsorientierten Ausweis für ein gesamtes Gebäude. „Der verbrauchsorientierte Energieausweis orientiert sich ausschließlich am witterungsbereinigten Energieverbrauch“⁶⁴ des zu betrachtenden Objektes.

⁶⁰ Wärmeschutzverordnung (WschVO), „Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden“, Erstmals 1977 als WschVO 77 in Kraft getreten. 1. Novellierung tritt 1984 in Kraft. 2. Novellierung tritt als WschVO 95 in Kraft und im Feb. 2002 in Form der EnEV überarbeitet und außer Kraft gesetzt. (Weglage, 2008), Kapitel 1.1

⁶¹ Heizungsanlagen-Verordnung (HeizAnV) Bestimmungen zur Energieeinsparung, sowie Vorschriften für Niedertemperaturkessel und Thermostatventile. Im Feb. 2002 durch die EnEV abgelöst.

⁶² Siehe (Weglage, 2008), Kapitel 1.2

⁶³ „Das Energieeinspar-Gesetz (EnEG) schreibt eindeutig vor, dass vermeidbare Energieverluste bei Neubauten unterbleiben müssen. Dieses Ziel gilt auch für Bestandsgebäude, mit der Einschränkung, dass [...] die zu ergreifenden energiesparenden Maßnahmen auch wirtschaftlich vertretbar sein müssen“ (8), Kapitel 1.2; 1976 erstmals eingeführt.

⁶⁴ Siehe (ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., August 2007)

Mittel zur energetischen Bewertung des Bürogebäudes der Firma FICHTNER

„Der bedarfsbasierte Energieausweis beurteilt die vorhandene Gebäudedichtheit und Anlagentechnik unter energetischen Aspekten, unabhängig von Standort, Nutzung und Witterungseinflüssen“⁶⁵.

Ab Januar 2009 gilt die aktuelle EnEV 2009. Sie verfolgt das Ziel, den Energiebedarf im Verhältnis zur EnEV 2007 nochmals um 30 % zu senken. Hierzu verschärft sie etwaige Anforderungen an die Gebäude (z.B. maximaler Primärenergiebedarf oder U-Werte von Außenwänden).

Eine der wichtigsten Neuerungen der EnEV 2009 ist die Abschaffung der Bezugsindikatoren die sich aus dem A/Ve-Verhältnis (Außenfläche zum Volumen) errechnen. Sie dienen zum Vergleich des Primärenergiebedarfs von Gebäuden untereinander. Jetzt wird das sogenannte „Referenzgebäudeverfahren“ angewendet. Hier wird ein „Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung identischen Gebäudes ermittelt, das eine durch die Verordnung festgelegte energetische Qualität der Gebäudehülle und der Anlagentechnik besitzt“⁶⁶, zum Vergleich des Primärenergiebedarfs genutzt. Zudem wird der Primärenergiefaktor⁶⁷ auf Grund der steigenden Anteile der regenerativen Energien an der Stromproduktion von 2,7 auf 2,6 gesenkt.

Eine erneute Novellierung der EnEV und deren Berechnungsmethoden ist für Mitte 2012 geplant⁶⁸.

3.3 Grundlage der Energiebedarfsrechnung des Bürogebäudes (DIN V 18599)

Die EU-Gebäuderichtlinie fordert eine „Festlegung der Berechnungsmethode“⁶⁹. Diese Forderung erfüllt Deutschland mit der DIN⁷⁰ V 18599. Für die Grundlage der Bedarfsrechnung wird die für Wohn- und Nichtwohngebäude, sowohl für Neubauten, als auch Bestandsgebäude entwickelte Norm DIN V 18599 zu der energetischen Bewertung von Bürogebäuden genutzt. Einen Überblick über den Inhalt und die einzelnen Normteile erhält man mit der Abbildung 7.

⁶⁵ Siehe (ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., August 2007)

⁶⁶ Siehe Quelle (Deutschen Energie-Agentur GmbH, 2008)

⁶⁷ Zu Primärenergiefaktor siehe Kapitel 3.3.1, Seite 21

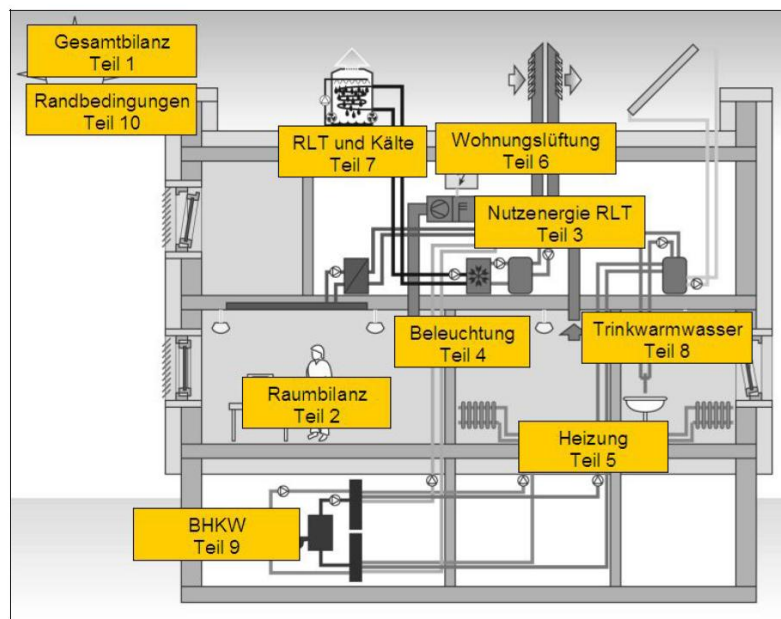
⁶⁸ Hierzu siehe Beispielsweise <http://www.enev-online.de/enev/>

⁶⁹ Siehe (Europäische Parlament der Rat der Europäischen Union, 2002)

⁷⁰ DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. ist die Nationale Normungsorganisation von Deutschland

Mittel zur energetischen Bewertung des Bürogebäudes der Firma FICHTNER

Abbildung 7 Übersicht über die Teile der DIN V 18599⁷¹



Sie ist das Ergebnis einer gemeinsamen Arbeit des Normenausschusses für Bauwesen (NABau) im DIN, des Normenausschusses Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN und des Normenausschusses Lichttechnik (FNL) im DIN. Dabei impliziert sie bekannte Normen der unterschiedlichsten Bereiche oder verweist auf diese. Dies sind zum Beispiel die DIN V 4701 „Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand“, DIN 4108 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden“, oder DIN EN 12975 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“.

Die DIN V 18599 stellt ein Verfahren zur Berechnung der Gesamteffizienz eines Gebäudes dar. „Die Berechnungen erlauben die Beurteilung aller Energiemengen, die zur bestimmungsgemäßen Heizung, Warmwasserbereitung, raumluftechnischen Konditionierung und Beleuchtung von Gebäuden notwendig sind. Dabei berücksichtigt die Vornormreihe DIN V 18599 auch die gegenseitige Beeinflussung von Energieströmen und weist auf planerische Konsequenzen hin“⁷². Bei der Bilanzierung wird zudem der Aufwand der elektrischen Energie (Hilfsenergien), die unmittelbar mit der Energieversorgung zusammenhängt (z.B. mit Pumpen) berücksichtigt. Neben dem Berechnungsverfahren bestimmt die DIN V 18599 auch nutzungsbezogene Randbedingungen⁷³ zur neutralen Ermittlung und Bewertung des Energiebedarfs.

„Die Vorgehensweise der Bilanzierung ist geeignet für:

- eine Energiebedarfsbilanzierung von Gebäuden mit festgelegten Randbedingungen im Rahmen (des Energieausweises) des öffentlichen Rechts,
- eine allgemeine, ingenieurmäßige Energiebedarfsbilanzierung von Gebäuden mit frei wählbaren Randbedingungen,

⁷¹ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 1), 2005)

⁷² Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008) , Vorwort

⁷³ Siehe Kapitel 3.3.10, Seite 29

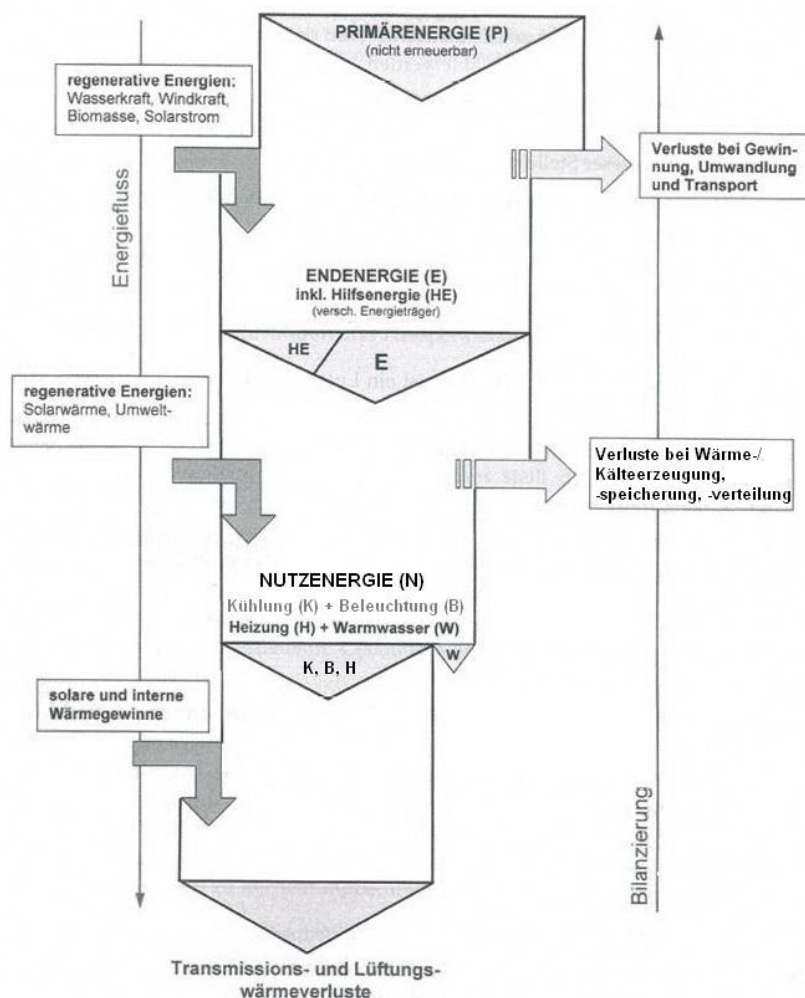
Mittel zur energetischen Bewertung des Bürogebäudes der Firma FICHTNER

- eine allgemeine, ingenieurmäßige Energiebilanzierung von Gebäuden mit dem Ziel des Abgleichs zwischen Energiebedarf und Energieverbrauch (Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich) mit frei wählbaren Randbedingungen⁷⁴.

Der Bedarf-Verbrauch-Abgleich bildet die Grundlage, um etwaige Modernisierungsmaßnahmen am Bürogebäude von FICHTNER bewerten zu können.

Allgemein wird bei der Berechnung zuerst der Nutzenergiebedarf eines Objektes bestimmt. Daraus berechnet sich der Endenergiebedarf und aus ihm folgt der Primärenergiebedarf. Diese Rechnung verläuft entgegen dem Energiefluss. Die folgende Abbildung legt die einzelnen Schritte zur Bestimmung der Nutz-, End-, und Primärenergie dar und zeigt die Besonderheiten dabei auf.

Abbildung 8 Energiefluss Nutz-, End- und Primärenergie Nichtwohngebäude⁷⁵



⁷⁴ Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

⁷⁵ Siehe (Weglage, 2008)

3.3.1 Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger (Teil 1)

Der erste Teil der DIN V 18599 legt die Grundmethode und Grundbilanzierungsformeln zur allgemeinen Gesamtbilanz des zu untersuchenden Bilanzraumes⁷⁶ des Gebäudes fest. Sie verschafft einen Überblick zum Vorgehen bei der Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs des Objektes. Aus ihr erschließt sich der letzte Berechnungsschritt, nämlich die endgültige primärenergetische Bewertung der in dem betrachtendem Gebäude eingesetzten Energie. Die Primärenergie ist dabei die Energie, die bei einem Vergleich mit anderen Gebäuden zu Grunde gelegt wird. Hierbei wird jede einzelne Deckung des Energiebedarfs hinsichtlich ihres Ursprunges (Kohle, Gas, Fernwärme) kommend bewertet⁷⁷.

„Im Gegensatz zur Berechnung nach DIN 4701-10 liefert die DIN 18599 die Ergebnisse für die Endenergie brennwertbezogen⁷⁸. Ein direkter Vergleich ist nur nach Umrechnung von Brennwert H_5 in Heizwert H_i ⁷⁹ oder umgekehrt möglich. Da die Primärenergie heizwertbezogen angegeben wird, muss in einer Berechnung nach DIN 18599 eine Umrechnung der Endenergie in Heizwert erfolgen“⁸⁰. Dies geschieht wie folgt:

$$Q_p = \sum_j \left(Q_{f,j} \cdot \frac{f_{p,j}}{f_{HS/HI,j}} \right) \quad (3-8)^{81}$$

Dabei ist

Q_p	die heizwertbezogene Primärenergie;
Q_f	die Endenergie je nach Energieträger
f_p	die Primärenergiefaktor
$f_{HS/HI}$	Der Umrechnungsfaktor für die Endenergie

Die Primärenergie und deren Umrechnungsfaktoren sind in der DIN V 18599 Teil 1 tabellarisch abzulesen. Die folgende Tabelle 5 ist der Norm entnommen worden und stellt die wichtigsten Faktoren zur Berechnung der Primärenergie zusammen. Dabei stellt Spalte A den Primärenergiefaktor mit erneuerbarem Anteil dar. Der hier zur Bewertung genutzte Primärenergiefaktor ist in der Spalte B dargestellt. Dieser bewertet nur den Anteil der Energie, der keinen erneubaren Anteil besitzt.

⁷⁶ Bilanzraum - Der Bilanzraum eines Nicht-Wohngebäudes wird durch alle umschließenden Flächen (Hüllflächen), Wände, Dach und Boden eines Gebäudes begrenzt.

⁷⁷ Siehe auch Kapitel 3.1.1

⁷⁸ Brennwert (H_5) - Der Brennwert (früher oberer Heizwert) eines Brennstoffes gibt die Wärmemenge an, die bei Verbrennung und anschließender Abkühlung der Verbrennungsgase auf 25 °C sowie deren Kondensation freigesetzt wird

⁷⁹ Heizwert (H_i) - Der Heizwert (früher unterer Heizwert) eines Brennstoffes gibt die maximale nutzbare Wärmemenge an (ohne Kondensation des enthaltenden Wasserdampfes), die bei der Verbrennung eines Brennstoffs freigesetzt wird.

⁸⁰ Siehe (Fürkus, 2009)

⁸¹ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 1), 2005), Formel (23)

Mittel zur energetischen Bewertung des Bürogebäudes der Firma FICHTNER

Tabelle 5 Primärenergiefaktoren nach DIN 18599⁸²

Energieträger ^a		Primärenergiefaktoren f_p	
		insgesamt	nicht erneuerbarer Anteil
		A	B
Brennstoffe	Heizöl EL	1,1	1,1
	Erdgas H	1,1	1,1
	Flüssiggas	1,1	1,1
	Steinkohle	1,1	1,1
	Braunkohle	1,2	1,2
	Holz	1,2	0,2
Nah-/Fernwärme aus KWK ^b	fossiler Brennstoff	0,7	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,7	0,0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	1,3	0,1
Strom	Strom-Mix	3,0	2,7
Umweltenergie	Solarenergie, Umgebungswärme	1,0	0,0

^a Bezugsgröße Endenergie: Heizwert H_i .

^b Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme mit einem Anteil der KWK von 70 %.

Der Primärenergiefaktor von elektrischer Energie wurde in der EnEV 2009 geändert und beträgt jetzt 2,6. Die DIN V 18599 hat diesen Sachverhalt noch nicht eingearbeitet. Jedoch wird der Primärenergiefaktor 2,6 in dieser Arbeit verwendet werden.

Nach der DIN V 18599 dürfen Primärenergiefaktoren angepasst werden. Voraussetzung ist eine unabhängige Zertifizierung dieses Wertes durch einen Sachverständigen. Dieser erfolgt nach der DIN 4701-10/A1. Im Falle der in diesem Projekt bezogenen Fernwärme, wird der Primärenergiefaktor von Fernwärme von 0,7 auf 0,5 korrigiert werden⁸³.

Die folgende Tabelle gibt den Umrechnungsfaktor vom Brennwert zum Heizwert an.

Tabelle 6 Energieträgerabhängige Umrechnungsfaktor

Energieträger		Verhältnis Brennwert/Heizwert H_b/H_i (Umrechnungsfaktor für die Endenergie) $f_{HS,HI}$
Brennstoffe	Heizöl	1,06
	Erdgas	1,11
	Flüssiggas	1,09
	Steinkohle	1,04
	Braunkohle	1,07
	Holz	1,08
Nah-/Fernwärme aus KWK ^a	fossiler Brennstoff	1,00
	erneuerbarer Brennstoff	1,00
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,00
	erneuerbarer Brennstoff	1,00
Strom	Strom-Mix	1,00

^a Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme mit einem Anteil der KWK von 70 %.

⁸² Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 1), 2005)

⁸³ Siehe Anhang A, Primärenergiefaktor Fernwärme

Sollte einmal die brennwertbezogene Primärenergie benötigt werden, ist keine Umrechnung vom Brennwert zum Heizwert mehr nötig. Die Primärenergie berechnet sich wie folgt:

$$Q_p = \sum_j (Q_{f,j} \cdot f_{p,j}) \quad (3-9)^{84}$$

Teil 1 der DIN V 18599 definiert zudem das Vorgehen bei der sogenannten Zonierung. Hierbei wird insbesondere bei Nicht-Wohngebäuden die Möglichkeit gegeben, das Gebäude in seinen unterschiedlichen Nutzungseigenschaften zu differenzieren. „Eine Zone ist durch einheitliche Nutzungsrandbedingungen gekennzeichnet. Für jede Zone wird der Nutzenergiebedarf für Heizen (früher Heizwärmebedarf) und Kühlen getrennt bestimmt. Die Versorgungseinrichtungen eines Gebäudes (Heizung, Trinkwarmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung, Beleuchtung) können jedoch von den Zonen abweichende Versorgungsbereiche umfassen. Diese können sich über mehrere Zonen erstrecken (zentrale Heizung für ein Wohn- und Geschäftshaus), eine Zone kann auch mehrere Versorgungsbereiche umfassen (zwei Arten der Lüftung innerhalb der Zone "Einzelbüros")“⁸⁵. Dabei berücksichtigt sie die Zonierung (genaue Definition des Abmaß einer Zone) und deren Rechenregeln, als auch die Vorgehensweise, die Energiekennwerte (Wärmequellen, Wärmesenken) von den Versorgungsbereichen auf die Zonen umzulegen. Dies soll eine präzisere Bilanzierung des zu untersuchenden Objektes ermöglichen.

Die weiteren Normenteile der DIN V 18599 präzisieren die einzelnen Ermittlungen der Anteile von Heizung, Lüftung, Klimatisierung (einschließlich Kühlung und Befeuchtung), Trinkwarmwasserversorgung, Beleuchtung, einschließlich ihrer benötigten Hilfsenergien.

3.3.2 Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen (Teil 2)

„Der in diesem Dokument [Teil 2 der DIN V 18599] bilanzierte Bedarf an Nutzwärme und Nutzkälte der Gebäudezone ist Grundlage zur Berechnung des Endenergiebedarfs für Heizen und Kühlen, der je nach Art des Systems in den folgenden Teilen der Vornormenreihe DIN V 18599 ermittelt wird“⁸⁶. Somit bildet der Teil 2 gewissermaßen das Kernstück der Normreihe. In diesem Teil werden „die Nutzungsanforderungen [...] mit den baulichen Eigenschaften des Gebäudes, den von Personenbelegung und Geräteausstattung abhängigen nutzungsbedingten Wärmeeinträgen [...], den Wärmequellen der erforderlichen künstlichen Beleuchtung [...], dem Wärme- oder Kälteeintrag über die Zuluft aus RLT-Anlagen [...] und den Wärme- oder Kälteverlusten des Heiz- und Kühlsystems innerhalb der Zone [...] verknüpft. Der ermittelte Nutzenergiebedarf für das Heizen und Kühlen der Gebäudezone aus Teil 2 bildet zusammen mit dem Nutzenergiebedarf für die Luftaufbereitung aus Teil 3 die Basis für die weiterführende Bestimmung des Endenergiebedarfs nach den Teilen 5 bis 8“⁸⁷.

Hierbei werden für jede Gebäudezone die Wärmequellen allgemein durch Wärme, die in eine Gebäudezone eingebracht wird und die Wärmesenken durch Quellen, die dem Gebäude Wärme entziehen definiert.

⁸⁴ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 1), 2005), Formel (24)

⁸⁵ Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

⁸⁶ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 2), 2005)

⁸⁷ Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

Mittel zur energetischen Bewertung des Bürogebäudes der Firma FICHTNER

Die Wärmesenken setzen sich aus folgenden Anteilen zusammen:

$$Q_{sink} = Q_T + Q_V + Q_{I,sink} + Q_S + \Delta Q_{C,sink} \quad (3-10)^{88}$$

Dabei ist

Q_{sink}	die Summe der Wärmesenken in der Gebäudezone;
Q_T	die Transmissionswärmesenken nach DIN V 18599 Teil 2, Kapitel 5.3.2
Q_V	die Lüftungswärmesenken nach DIN V 18599 Teil 2, Kapitel 5.3.3
$Q_{I,sink}$	die internen Wärmesenken in der Gebäudezone nach DIN V 18599 Teil 2, Kapitel 5.3.4
Q_S	die Wärmesenken durch Abstrahlung unter Berücksichtigung der solaren Einstrahlung DIN V 18599 Teil 2, Kapitel 5.3.5
$\Delta Q_{C,sink}$	die an Tagen mit normalem Heizbetrieb gespeicherte Wärme, die an Tagen mit reduziertem Betrieb aus den Bauteilen entspeichert wird, nach DIN V 18599 Teil 2, Kapitel 5.3.6. (Nur in der Heizwärmebilanz der Nutzungstage zu berücksichtigen)

Die Wärmequellen setzen sich wie folgt zusammen:

$$Q_{source} = Q_S + Q_T + Q_V + Q_{I,source} \quad (3-11)^{89}$$

Dabei ist

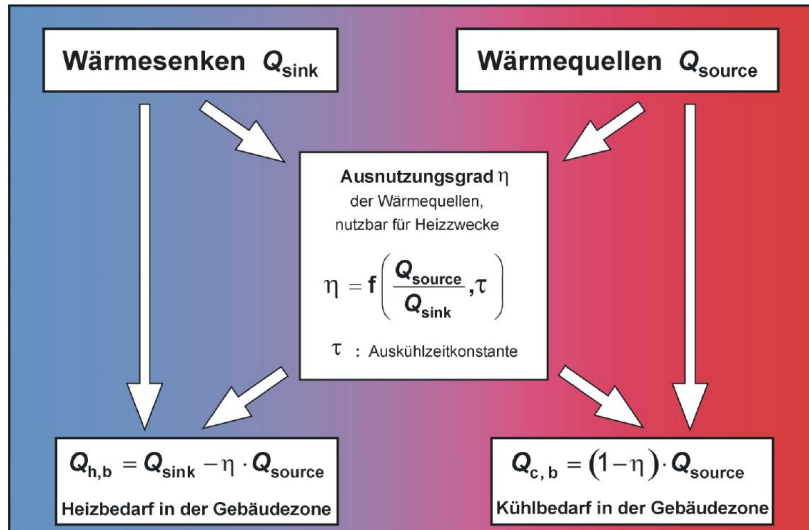
Q_{source}	die Summe der Wärmequellen in der Gebäudezone;
Q_S	die Wärmequellen aufgrund solarer Einstrahlung nach DIN V 18599 Teil 2, Kapitel 5.4.2
Q_T	die Transmissionsquellen nach DIN V 18599 Teil 2, Kapitel 5.4.3
Q_V	die Lüftungsquellen nach DIN V 18599 Teil 2, Kapitel 5.4.4
$Q_{I,source}$	Die internen Wärmequellen in der betrachteten Gebäudezone nach DIN V 18599 Teil 2, Kapitel 5.4.5

⁸⁸ Siehe Quelle (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 2), 2005), Formel (11)

⁸⁹ Siehe Quelle (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 2), 2005), Formel (17)

Der Kühlbedarf wird aus dem Anteil der „für Heizzwecke nicht nutzbaren“ Wärmegewinne ermittelt. Die folgende Abbildung stellt das Prinzip der Ermittlung des Heizwärme- und Kühlbedarfs einer Gebäudezone dar.

Abbildung 9 Prinzip der Ermittlung des Heizwärme- und Kühlbedarfs einer Gebäudezone⁹⁰



Das monatliche Bilanzverfahren, das hier zur Anwendung kommt, berücksichtigt auch die unregelmäßigen Wärmeeinträge des Heizsystems, in Abhängigkeit des bestehenden Bedarfs und der Systemauslastung in Betracht. Durch die Einbeziehung der warmen oder kalten Luft als Wärmesenke bzw. Wärmequelle wird die Einbeziehung von Kühlung und raumlufttechnischen Anlagen (RTL-Anlagen), sowie deren Rückkopplung mit Haustechnischen Anlagen erstmals in einer Norm berücksichtigt. Hierbei sei erwähnt, dass ein iterativer Berechnungsschritt zur genauen Bestimmung der Lufttechnischen Einrichtung und deren Verluste erfolgen muss.

3.3.3 Nutzenergiebedarf für energetische Luftaufbereitung (Teil 3)

Der Teil 3 der DIN V 18599 dient zur Ermittlung des Nutzenergiebedarfs von RTL-Anlagen, die zum Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten, sowie zur Luftförderung benötigt wird. Die Bezeichnung Nutzenergiebedarf wird hier verwendet, da in der DIN V 18599 der Energieeinsatz nicht nur zur Temperierung (wie vor der EnEV 2007) von Gebäuden berücksichtigt wird, sondern auch die der zur Sicherstellung von Raumluftqualität und Raumluftfeuchte mit berücksichtigt wird.

Unter der Berücksichtigung folgender Merkmale wurden in der Norm 46 unterschiedliche sinnvolle Varianten von Anlagen definiert⁹¹:

- Feuchteanforderung (keine, mit oder ohne Toleranz)
- Befeuchter-Typ (Verdunstungsbefeuchtung nicht-/regelbar, Dampfbefeuchtung)
- Wärmerückgewinnung (WRG) -Typ (ohne WRG, mit WRG, WRG + Feuchterückgewinnung)
- WRG Größe (Rückwärmezahl von: (0,) 45%, 60%, 75%)

⁹⁰ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 2), 2005)

⁹¹ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 3), 2005), Anlagen

„Das Berechnungsverfahren basiert auf der Umrechnung von tabellierten Energiebedarfskennwerten für diese Variantenmatrix und darauf aufbauenden einfachen (linearen) Interpolationen und Korrekturen, durch die folgende Einflüsse berücksichtigt werden können:

- frei wählbare Zuluft-Temperaturen im Bereich von 14 .. 22 °C
- frei wählbare Rückwärmehzahlen im Bereich 0 .. 75 %
- tägliche Betriebszeiten⁹²

Die Energiekennwerttabellen befinden sich im Anhang A der DIN V 18599-3 und stehen sowohl als Jahresgesamtzahlen, als auch monatsweise zur Verfügung. Durch die in der Norm vorgegebene Weise lassen sich die Werte auch monatsweise auf vom Standard abweichende Werte anpassen (Standard: Betriebszeit 12 h/d; Zulufttemperatur: 18°C)⁹³.

3.3.4 Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung (Teil 4)

Der Nutz- und Endenergiebedarf der Beleuchtung wird in der Norm DIN V 18599 hinsichtlich seiner Aufgabe zur Erfüllung der Sehaufgaben eines Nicht-Wohngebäudes (Beleuchtung bei Wohngebäuden ist nie zu berücksichtigen) berechnet. Dekorative Beleuchtungen werden in der Energiebilanz nicht berücksichtigt.

Dabei berücksichtigt sie die installierte Anschlussleistung des Beleuchtungssystems, die Tageslichtversorgung, Beleuchtungskontrollsysteme und Nutzungsanforderungen zonenweise⁹⁴. Die Abwärme des Beleuchtungssystem (Bsp. Leuchtstoffröhre + Vorschaltgerät) findet als interne Wärmequelle im Teil 2 „Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen“ in der Bilanzierung Berücksichtigung.

Besonders hervorzuheben ist dabei die Tageslichtversorgung. In einem gesonderten Verfahren wird das Einsparpotenzial durch die Ausnutzung des natürlichen Tageslichts bei unterschiedlicher Technologie (Beleuchtungskontrollsystem, Verschattungs-Systeme etc.) berücksichtigt⁹⁵.

3.3.5 Endenergiebedarf von Heizsystemen (Teil 5)

Wie der Titel „Endenergiebedarf von Heizsystemen“ besagt, liefert der 5 Teil der DIN V 18599 ein Verfahren zur energetischen Bewertung von Heizsystemen. Hierbei wurde die Methodik der DIN V 4701-10 „Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung“ beibehalten. Die Bilanzierungsschritte unterteilen sich in die Betrachtung der einzelnen Komponenten Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung (diese Vorgehensweise zieht sich durch alle folgenden Teile der DIN V 18599).

Dabei sind die Berechnungen detailreich ausgeführt, so dass es praktische keine Einschränkungen bzgl. der Gebäudenutzung oder des bauseitigen Wärmebedarfs gibt. Zur Anwendbarkeit im Bestand wurden energetische Kennwerte von älteren Anlagenteilen, wie zum Beispiel U-Werte bestehender Verteilungsleitungen, zur Unterstützung der Berechnung als Tabellen in den jeweiligen Bereichen beigelegt. Wie bei der Beleuchtung werden durch ein

⁹² Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

⁹³ Dies ist in der Bedarfs-Verbrauchs-Analyse der Fall. Die Interpolation erfolgt durch das gewählte Programm: Hottgenroth. Näheres zum Programm in Kapitel 3.4, Seite 31.

⁹⁴ Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

⁹⁵ Im Anhang des der DIN V 18599-4 befinden sich ausführliche Beispielräumlichkeiten, in denen verschiedene Szenarien Beispielweise errechnet wurden.

iteratives Verfahren⁹⁶ die Verluste der einzelnen Komponenten als interne Wärmequellen in die Bilanzierung mit einbezogen. Dies wurde in den bisherigen Bilanzierungsmethoden nach der DIN V 4701 nicht berücksichtigt. Hierbei wird mit der DIN V 18599 Neuland betreten. Dies trifft auch auf die Berücksichtigung eines intermittierenden Heizungssystems zu. „Bei der Bestimmung der rechnerischen Laufzeit wird sowohl eine Absenkung oder Abschaltung in der Nacht als auch am Wochenende berücksichtigt. Damit wird eine Ungenauigkeit im bisherigen Verfahren der EnEV beseitigt, die zwar bauseitig eine Nachtabenkung berücksichtigen kann, anlagentechnisch jedoch immer von einem kontinuierlichen Betrieb ausgeht“⁹⁷.

In dieser Norm werden nicht nur die „traditionellen“ Erzeuger wie z.B. Heizkessel etc. betrachtet. Die Norm beinhaltet auch ausführliche Berechnungsmethoden für thermischen Solarsystemen und Wärmepumpen.

Die Bilanzierung der Trinkwassererwärmung wird in Teil 8 der DIN V 18599 berücksichtigt.

3.3.6 Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen für den Wohnungsbau (Teil 6)

Der Teil 6 der DIN V 18599 dient ausschließlich der energetischen Bewertung von Wohnungslüftungsanlagen. Dabei liefert sie „ein Verfahren zur energetischen Bewertung für Wohnungslüftungsanlagen - mit und ohne Wärmerückgewinnung, Abwärmenutzung - sowie Luftheizungsanlagen in den einzelnen zu bewertenden Prozessbereichen für Wohngebäude“⁹⁸. Diese Norm ist sowohl für Neubauten, als auch für Bestandsgebäude anzuwenden⁹⁹.

Genau wie im Teil 5 wird auch im Teil 6 die Grundlage der Bewertungsmethode aus den vorhandenen Bewertungsverfahren zur Wohnungslüftung nach DIN V 4701-10 übernommen. Es erfolgt eine Einzelbetrachtung von Übergabe, Verteilung, Speicherung und Wärmeerzeugung.

Durch differenzierte Berechnung werden unterschiedlichste Kombinationen von Wohnungslüftungsanlage und Luftheizungsanlagen mit kombinierter Wärmeversorgung berücksichtigt. Berechenbar wäre z.B. eine Abluft-Zuluft-Wärmepumpe mit und ohne Wärmeübertrager in Verbindung mit einer Gas-, Öl- oder E-Heizung¹⁰⁰.

Der Teil 6 der Norm liefert bei seinen Berechnungen wieder Rückgabewerte, Wärmequellen in Form von Heizen und entstehenden Verlusten, sowie Wärmesenken durch die Be- und Entlüftung, an die DIN V 18599-2 zur Bilanzierung des Nutzenergiebedarfs. Dabei ist die nach DIN V 18599-1 erfolgte Zonenunterteilung zu berücksichtigen.

3.3.7 Endenergiebedarf von Raumlüftung- und Klimakältesystemen für Nichtwohnungsbau (Teil 7)

Der 7. Teil der DIN V 18599 dient der Berechnung des Endenergiebedarfs von Raumlüftung- und Klimakältesystemen für Nichtwohngebäude einschließlich der zugehörigen Kälteerzeuger und Dampferzeuger und der Verteilungssysteme. Die Berechnungen erfolgen nach einer Grundsystematik, die von dem Aufbau der raumlüftungstechnischen Einrichtung ab-

⁹⁶ Das iterative Verfahren erfolgt Programmintern bei der hier genutzten Software Energieberater Plus der Firma Hottgenroth

⁹⁷ Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

⁹⁸ Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

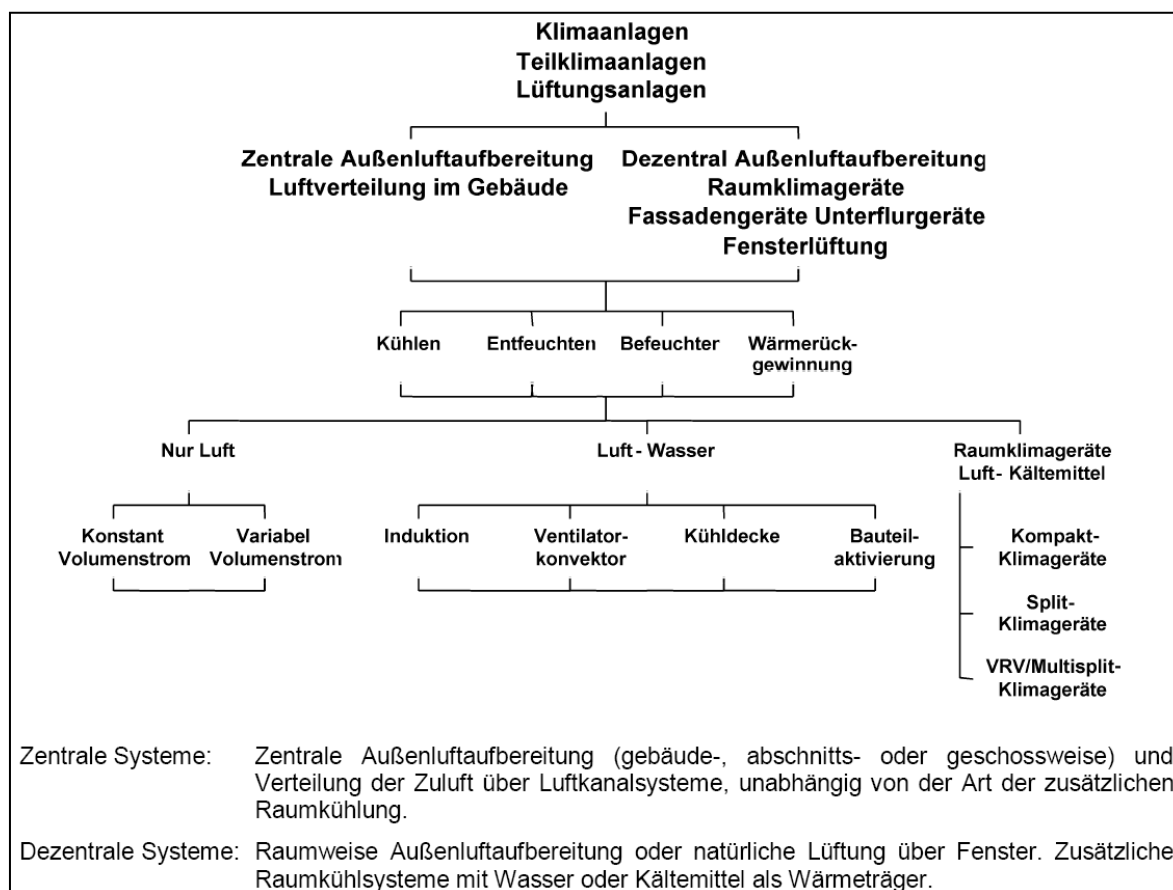
⁹⁹ Lüftungsanlagen von Nicht-Wohngebäuden, Lüftungsanlagen mit Klimatisierung und, oder Kühlung, werden mithilfe des Teils 7 der DIN V 18599 bewertet

¹⁰⁰ Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

Mittel zur energetischen Bewertung des Bürogebäudes der Firma FICHTNER

hängt¹⁰¹. Die Norm verwendet dabei den berechneten Nutzenergiebedarf für Raumkühlung aus der DIN V 18599-2 und den Nutzenergiebedarf für die Luftaufbereitung (Heizen, Kühlen, Befeuchten) aus der DIN V 18599-3. Die in dieser Norm beschriebenen Verfahren erlauben die Berechnung der Nutzwärmeabgabe für die Heizfunktion der RTL-Anlage. Diese und die mithilfe eines Kennwert-Verfahrens ermittelte Endenergie zur Kälteerzeugung und die Erzeugernutzwärmeabgabe für thermische Kälteerzeugung werden als Rückgabewerte an die DIN V 18599-5 übergeben¹⁰².

Abbildung 10 Systematik RLT-Anlagen in Nichtwohngebäuden¹⁰³



„Auf Grund der außerordentlich großen System- und Komponentenvielfalt bei Lüftung¹⁰⁴ und Klimatisierung wurde die Bewertung der Systeme in den Vordergrund gestellt“¹⁰⁵. Dieses Vorgehen berücksichtigt die bei der Planung fehlenden konkreten Produktdaten. Zudem wird der Energiebedarf im Nichtwohnbereich ohnehin hauptsächlich durch den allgemeinen Aufbau der Anlagen (z.B. mit oder ohne Befeuchtung) und deren Betriebsparameter (Volumenstrom etc.) bestimmt. Durch dieses Vorgehen lassen sich spezifische Feinheiten und weitestgehend alle Kombinationen einer RTL-Anlage abbilden.

Ein „wesentlicher Bestandteil [der Norm DIN V 18599 Teil 7] ist die Berechnung des Hilfsenergiebedarfs für die Kühl- und Kaltwasserverteilung, der Hilfsenergiebedarf für die in der Raumlufttechnik (Wärmerückgewinnung, Befeuchtung und Sekundärluftventilatoren) und

¹⁰¹ Siehe Abbildung 10

¹⁰² Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 7), 2005), Kapitel 1.1

¹⁰³ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 7), 2005)

¹⁰⁴ Siehe Abbildung 10

¹⁰⁵ Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

Kälteerzeugung (Rückkühlung) notwendigen Nebenantriebe, sowie der Endenergiebedarf für die Kälteerzeugung¹⁰⁶. Hierbei lässt die Norm aus der Gebäudegeometrie ermittelte Leitungslängen als Grundlage der Leistungsermittlung oder auch reale Werte aus dem Bestand zu.

Die erforderliche Endenergie der Kälteerzeugung wird auf Grundlage der Nennkälteleistung (EER)¹⁰⁷ und einem mittleren Teillastfaktors (PLV_{av})¹⁰⁸ ermittelt. Diese sind technologie- und nutzungsspezifische Kennwerte, welche tabellarisch für die gewählte Kälteerzeugung aufgelistet sind. Um das Verfahren ebenso auf nicht aufgelistete Technologien anwenden zu können, wurde ein Stundenverfahren zur Ermittlung des Teillastfaktors angegeben¹⁰⁹.

3.3.8 Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen (Teil 8)

Dieser Normteil ist sowohl auf Wohn- und Nichtwohngebäude sowie für Neubauten und Bestandsgebäude anwendbar. Er gestattet die Berechnung des Nutz- und Endenergiebedarfs von Warmwasserbereitungssystemen. Mit dem Verfahren dieses Normteils „können zentrale und dezentrale Warmwasserversorgungsanlagen auf der Basis von fossilen Brennstoffen, Strom, Fernwärme oder regenerative Energieträgern abgebildet werden“¹¹⁰. Dabei wird mit der Norm nach dem Unterteilungsprinzip in Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung verfahren wie in der DIN V 4701-10¹¹¹.

„Werden verschiedene Zonen/Bereiche eines Gebäudes mit unterschiedlicher Anlagentechnik versorgt bzw. unterschiedlich genutzt (s. Zonierung im Teil 1 der Norm, Kapitel 3.3.1), so sind die Zonen/Bereiche einzeln zu bestimmen“¹¹². Standardbedarfswerte sind zonenweise in den Nutzungsprofilen¹¹³ und gebäudetypisch in Tabellen des 10. Teils der DIN V 18599 aufgeführt.

Als Beispiel wird gebäudetypisch differenziert zwischen Ein- und Mehrfamilienhäusern, um so die unterschiedliche Belegungsdichte zu berücksichtigen. Die Bedarfswerte bei Nichtwohngebäuden sind auf die Nettogrundfläche und auch auf die unterschiedliche Nutzung bezogen.

Bei den Erzeugern werden nicht nur Bilanzierungsmethoden herkömmlicher Erzeuger, wie z.B. Heizkessel oder Durchlauferhitzer betrachtet, sondern ebenso auch mittlerweile anerkannte Technologien, wie Solaranlagen und Wärmepumpen.

Im Umfang der Aufnahme nicht zu erfassende Werte lassen sich durch vereinfachte Verfahren in der Norm ermitteln. Zum Beispiel wird bei einem nicht bekannten Bereitschaftswärmeverlust ($q_{B,S}$) von eines gasbeheizten Trinkwarmwasserspeichers, dieser würde aus

¹⁰⁶ Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

¹⁰⁷ EER, dt.: Nennkälteleistung, eng.: energy efficiency ratio; Ergibt sich aus der Kälteleistung einer Kälteanlage im Vergleich zur aufgewendeten elektrischen Antriebsleistung; Formel: $EER = \frac{Q_k}{W}$

¹⁰⁸ Teillastfaktors (PLV_{av}): „Die Leistungszahl (EER) einer Kältemaschine variiert unter Teillastbedingungen. Diese variablen Bedingungen werden durch den technologieabhängigen mittleren Teillastfaktor PLV_{av} abgebildet. Er berücksichtigt das reale Teillastverhalten der Kältemaschine, den Einfluss der Kühlwasser- bzw. Außenlufttemperatur und den Einfluss der im Teillastfall überdimensionierten Wärmeübertrager“ [(DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 7), 2005), *Kapitel 7.1.2*].

¹⁰⁹ Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

¹¹⁰ Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

¹¹¹ Siehe auch Kapitel 3.3.5

¹¹² Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Teil 8), 2005), *Kapitel 4.3.1*

¹¹³ Siehe Kapitel 3.3.10

Mittel zur energetischen Bewertung des Bürogebäudes der Firma FICHTNER

der Messung nach DIN EN 89¹¹⁴ hervorgehen, eine volumenabhängig Funktion zur Annäherung verwendet:

$$q_{B,S} = 2,0 + 0,033 \cdot V^{1,1} \quad (3-12)^{115}$$

Dabei ist

$q_{B,S}$ der tägliche Bereitschafts-Wärmeverlust, in kWh;
 V der Speicher-Nenninhalt, in Liter

Dieser Bereitschafts-Wärmeverlust ist Grundlage zur Berechnung des gesamten Bereitschafts-Wärmeverlusts für die Monatsbilanz, nach der folgenden Formel:

$$Q_{W,S} = \frac{(55 - \vartheta_i)}{50} \cdot d_{Nutz,mt h} \cdot q_{B,S} \quad (3-13)^{116}$$

Dabei ist

$Q_{W,S}$ der Bereitschafts-Wärmeverlust des Trinkwarmwasserspeichers im Monat, in kWh
 ϑ_i die Umgebungstemperatur, nach DIN V 18599 Teil 8, Kapitel 4.1, Tabelle 6
 $d_{Nutz,mt h}$ Die Nutzungsdauer für Trinkwarmwasser im Monat, nach DIN V 18599 Teil 8, Kapitel 4.1, in Tagen
 $q_{B,S}$ der tägliche Bereitschafts-Wärmeverlust, in kWh

„Die Ermittlung der anlagentechnischen Verluste erfolgt wie in der DIN V 4701-10 getrennt für die Brennstoff- und Hilfsenergie. Die Bewertung von Wärmeerzeugern, die sowohl für die Warmwasserbereitung als auch für die Heizung genutzt werden, erfolgt in engem Zusammenspiel mit Teil 5 der Normenreihe. Abluftwärmepumpen zur Trinkwassererwärmung werden gemeinsam mit dem Teil 6 der DIN V 18599 bewertet“¹¹⁷.

3.3.9 End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (Teil 9)

Der 9. Teil der Norm DIN V 18599 bietet ein Verfahren zur Ermittlung des Endenergieaufwands der Kraft-Wärme-gekoppelter Systeme (KWK). Dabei wird bei gleichzeitiger, voneinander abhängiger Erzeugung von elektrischen Strom und Wärme derjenige Anteil ermittelt, der der Wärmeerzeugung zuzurechnen ist¹¹⁸. „[...] Die Verluste sowie die Hilfsenergieaufwendungen des Prozessbereiches Wärmeerzeugung (werden dabei) ermittelt und für die weitere Berechnung in Teil 1 der Normreihe zur Verfügung gestellt“¹¹⁹.

¹¹⁴ „DIN EN 89, Juni 2007. Gasbeheizte Vorrats-Wasserheizer für den sanitären Gebrauch; Deutsche Fassungen EN 89:1999 + A1:1999 + A2:2002 + A3:2006 + A4:2006; Diese Norm enthält Anforderungen an [...] Werkstoffe, die in Geräten verwendet werden und mit Wasser in Verbindung kommen, das für den menschlichen Verzehr vorgesehen ist“ (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.).

¹¹⁵ Siehe Quelle (DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Teil 8), 2005), Formel (45); Anmerkung: „Das entspricht 80% der Mindestanforderung nach DIN EN 89 mit der Festlegung einer volumenbezogenen Nennwärmebelastung von 0,07 KW je Liter Speichervolumen“ [Vgl. (DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Teil 8), 2005), Kapitel 6.3.3].

¹¹⁶ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Teil 8), 2005), Formel (44)

¹¹⁷ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Teil 8), 2005)

¹¹⁸ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Teil 9), 2005)

¹¹⁹ Siehe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 2008)

KWK-Systeme werden innerhalb des Gebäudes aufgestellt und können die Heizbedürfnisse des Heizsystems, der Klima- und Kälteanlagen und des Warmwasserbedarfs voll oder zu mindestens zum Teil decken¹²⁰.

Als Ergebnis der Berechnung erhält man den anrechenbaren Endenergieaufwand, der in der Bestimmung des Primärenergieaufwands im Teil 1 der DIN V 18599 erforderlich ist¹²¹.

3.3.10 Nutzungsrandbedingungen (Teil 10)

Dieser Normteil beinhaltet alle erforderlichen Randbedingungen für Wohn- und Nichtwohngebäude sowie Klimadaten für das Referenzklima Deutschland. Sie „versorgt“ alle anderen Normteile der DIN V 18599 mit den jeweils nötigen Grundbedingungen. Die in Teil 10 aufgelisteten Nutzungsrandbedingungen können als Grundlage einer Energieberatung genutzt werden. Im Zuge eines öffentlich-rechtlichen Nachweises sind die angegebenen Kennwerte zu übernehmen.

Für Wohngebäude werden u.a. die Raum-Solltemperatur, interne Wärmegewinne, Nutzungszeiten, Nutzwärmebedarf Trinkwasser und Luftwechsel aufgeführt¹²².

Die Randbedingungen eines Nichtwohngebäudes sind in einem umfangreichen Anhang dargestellt. Es gibt 33 verschiedene Nutzerprofile (z.B. Gruppenbüro, Parkhaus, Toilette etc.). Für jedes sind tabellarisch die individuellen Randbedingungen (für z.B. Beleuchtung, Raumklima, Wärmequellen) des jeweiligen Nutzerprofiles aufgelistet. Sie geben die für die zonenunterteilten Bereiche relevanten Rechenwerte vor¹²³.

3.4 Genutzte Software: Energieberater Plus

Die Software des Herstellers Hottgenroth Software GmbH & Co. KG, „Energieberater Plus“ (EnBP) in Version 7.08 wird als Grundlage zur Bedarfsrechnung des Gebäudes herangezogen. Die Energieberater Software basiert auf den EnEV 2009 Anforderungen¹²⁴. Das Kernel der Berechnungsabläufe hat die Firma Hottgenroth vom Fraunhofer Institut erworben. Dieses bildet bei fast allen Berechnungstools nach der EnEV auf dem Softwaremarkt die Grundlage der Berechnungen.

Der EnBP bietet die Möglichkeit einer Berechnung nach der hier verwendeten DIN V 18599 für Nichtwohngebäude mit freien Eingaben. Zusätzlich werden hilfreiche Tools, wie z.B. zur Berechnung von Volumina und der Berechnung von Wärmedurchgangskoeffizienten nach der DIN EN ISO 6946 zu Verfügung gestellt. Besonders interessant ist die Möglichkeit den Ist-Zustand in „Varianten“ zu überarbeiten. Diese Varianten geben, zum Beispiel durch Ersetzen von Fenstern, einen neuen Energiebedarf aus. So lassen sich einzelne Verbesserungsmaßnahmen direkt mit dem Ist-Zustand vergleichen und somit schnell bewerten.

Als weitere Ausgabe wird hier der Energieausweis nach EnEV 2009 angeboten. Mit den etwaigen Referenzenergieangaben¹²⁵ bestimmter Gebäude, wie der in der EnEV 2009 für die Bedarfsrechnung vorgeschrieben ist, lässt sich das Gebäude schnell bzgl. seiner Energieeffizienz einordnen. Mit dem EnBP können über Diagrammausgabemöglichkeiten die einzelnen Berechnungsergebnisse vom Nutzenergiebedarf bis hin zum Primärenergiebedarf dargestellt werden.

¹²⁰ Dies entspricht den Heizbedürfnissen ermittelt aus den Normteilen 5, 6, 7 und 8 der DIN V 18599.

¹²¹ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 9), 2005)

¹²² Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 10), 2005), Kapitel 5

¹²³ Ein Beispiel der Zone Nr. 3 „Gruppenbüro“ befindet sich im Anhang A, unter Nutzungsprofile nach DIN 18599, sowie nach der Analyse Gruppenbüro (BA I + BA II)

¹²⁴ Siehe Kapitel 3.2 und 3.3

¹²⁵ Siehe Kapitel 3.2, Seite 17

4. IST-Zustand des Gebäudes

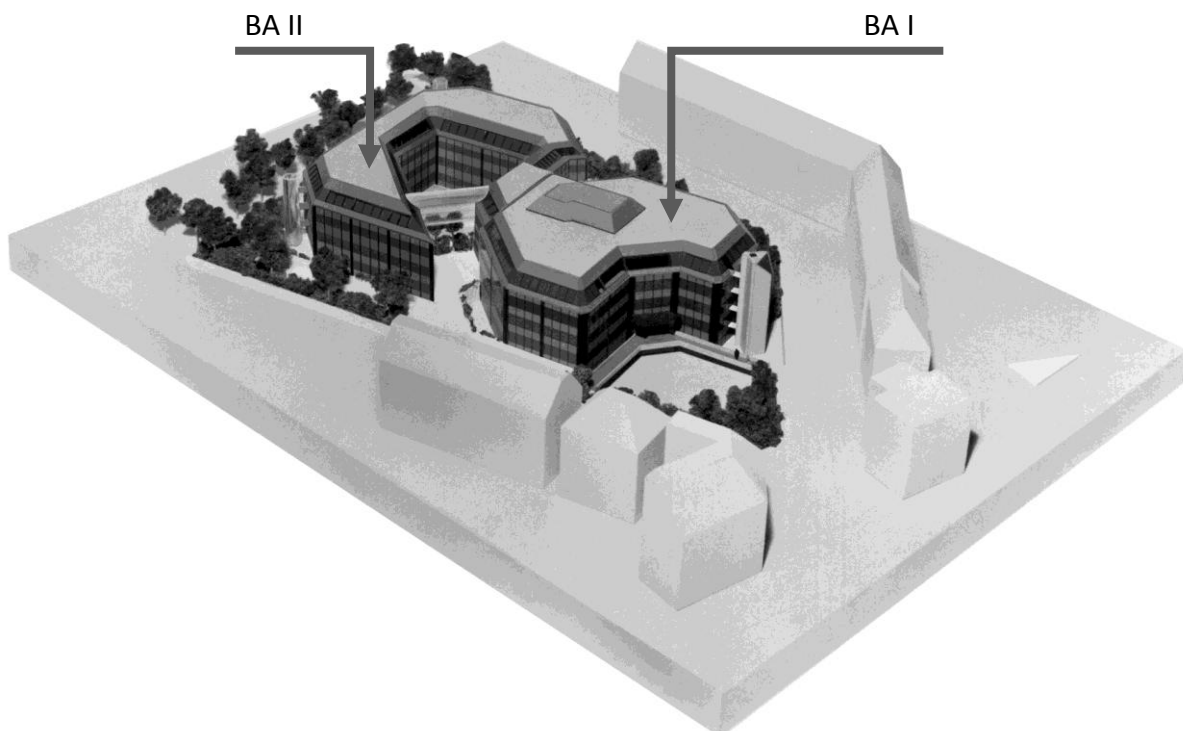
4.1 Analyse des IST-Zustandes

4.1.1 Allgemeine Differenzierung des Bürogebäudes von FICHTNER

Die Firma FICHTNER ist seit 1948 in Stuttgart ansässig. Mit dem Wachstum der Firma stieg stetig der Bedarf an Bürofläche, welche in verschiedensten Lokalitäten angemietet wurden. Schließlich war die Firma FICHTNER so groß, dass es sich lohnte eine eigene Immobilie zu errichten. Familie FICHTNER begann 1978 mit der Planung des Bürogebäudes mit Hilfe der Planungsfirma Schmieder. Von 1980 bis 1982 dauerte der von der Firma Heilit + Wörms ausgeführte Bau (Bauabschnitt I, kurz BA I). Dieser wird in Stuttgart in der Nähe des Nordbahnhofs in der Sarweystraße 3, 70191 Stuttgart, errichtet.

Auf Grund der Internationalen Gartenausstellung in Stuttgart im Jahre 1992, fragte die Stadt Stuttgart bei der Familie FICHTNER an, ob diese nicht zu günstigen Konditionen einen Anbau vornehmen möchte. Die Wege der Ausstellung führen nämlich direkt an dem Gebäudekomplex vorbei und der Parkplatz der Firma FICHTNER war der Stadt ein „Dorn im Auge“. Die Familie FICHTNER willigte ein und begann 1989 mit dem Planer IFB Braschel einen Anbau zu planen. Innerhalb eines Jahres (1991-1992) erfolgte der Bau der Erweiterung des Bürogebäudes (Bauabschnitt II, BA II). Folgende Abbildung zeigt das Entwurfsmodell¹²⁶ des Bürogebäudes.

Abbildung 11 Entwurfsmodell der Firma IFB Braschel (BA I + BA II)



Zur Aufnahme des IST-Zustandes werden diese beiden Bauabschnitte getrennt betrachtet, da beide Gebäudeteile komplett unterschiedliche Konzepte der Konditionierung und Nutzung verfolgen.

¹²⁶ Das Entwurfsmodell wurde von dem Planer IFB Braschel erstellt. Dieses Modell wurde bis auf kleine Ausnahmen komplett umgesetzt. Die Querverbindung im BA II wurde nicht in Höhe des Dachgeschosses errichtet, sondern in der Höhe des Erdgeschosses. Siehe hierzu Luftaufnahme auf dem Deckblatt.

Der BA I wurde in den für die 80iger typischen Großraumbürostil gebaut. Zudem wird der BA I durch eine Raum-Luft-Technische-Anlage (RTL-Anlage) vollständig konditioniert. Im BA II wird auf den noch immer aktuellen Ansatz von kleineren Büros, den sogenannten „Gruppenbüros“ gesetzt. Hier findet die Konditionierung hauptsächlich durch manuelle Fensterbelüftung, herkömmliche Radiatoren und teilweise durch Deckenkühlgeräte statt. Im folgenden werden die zur Bedarfsrechnung nach der DIN V 18599 erforderlichen einzelnen Details der beiden Bauabschnitte aufgeführt.

4.1.1.1 Älterer Gebäudebestand (BA I, 1982)

Der ältere Gebäudeabschnitt bietet im Schnitt 388 Personen Platz¹²⁷. Dies ist die Grundlage der 1982 ausgelegten RTL-Anlagen. In der folgenden Tabelle finden sich die allgemeinen Angaben zum Bauabschnitt I des Bürogebäudes.

Tabelle 7 Allgemeine Angaben zum BA I¹²⁸

Baujahr:		1982
Baujahr Wärmeerzeugung:		1982
Baujahr Klimaanlage:		1982
Gebäudeart:		Nicht-Wohngebäude
Gebäudetyp:		Bestandsgebäude
Nettogrundfläche	A_{NGF} :	7787 m ²
Nutzfläche (0,32 V_e)	A_N :	11498 m ²
Hüllfläche	A :	5836 m ²
Volumen (automatisch aus Zonen-Nettovolumen) V_e :		35930 m ³
Luftvolumen	V :	28744 m ³
Angaben zur Gebäudegeometrie (zur Bestimmung der Standardleitungslängen)		
Vollgeschosse	n_G :	5
Geschosshöhe	h_G :	3,62 m
Charakteristische Breite	B :	35,00 m
Charakteristische Länge	L :	50,00 m
Klimareferenzort:		Stuttgart
Norm-Außentemperatur	ϑ_{e} :	-12 °C
Mittl. Außentemperatur	$\vartheta_{e,mittel}$:	8,6 °C
Außentemperatur Juli	$\vartheta_{e,Jul}$:	24,6 °C
Außentemperatur September	$\vartheta_{e,Sep}$:	18,9 °C

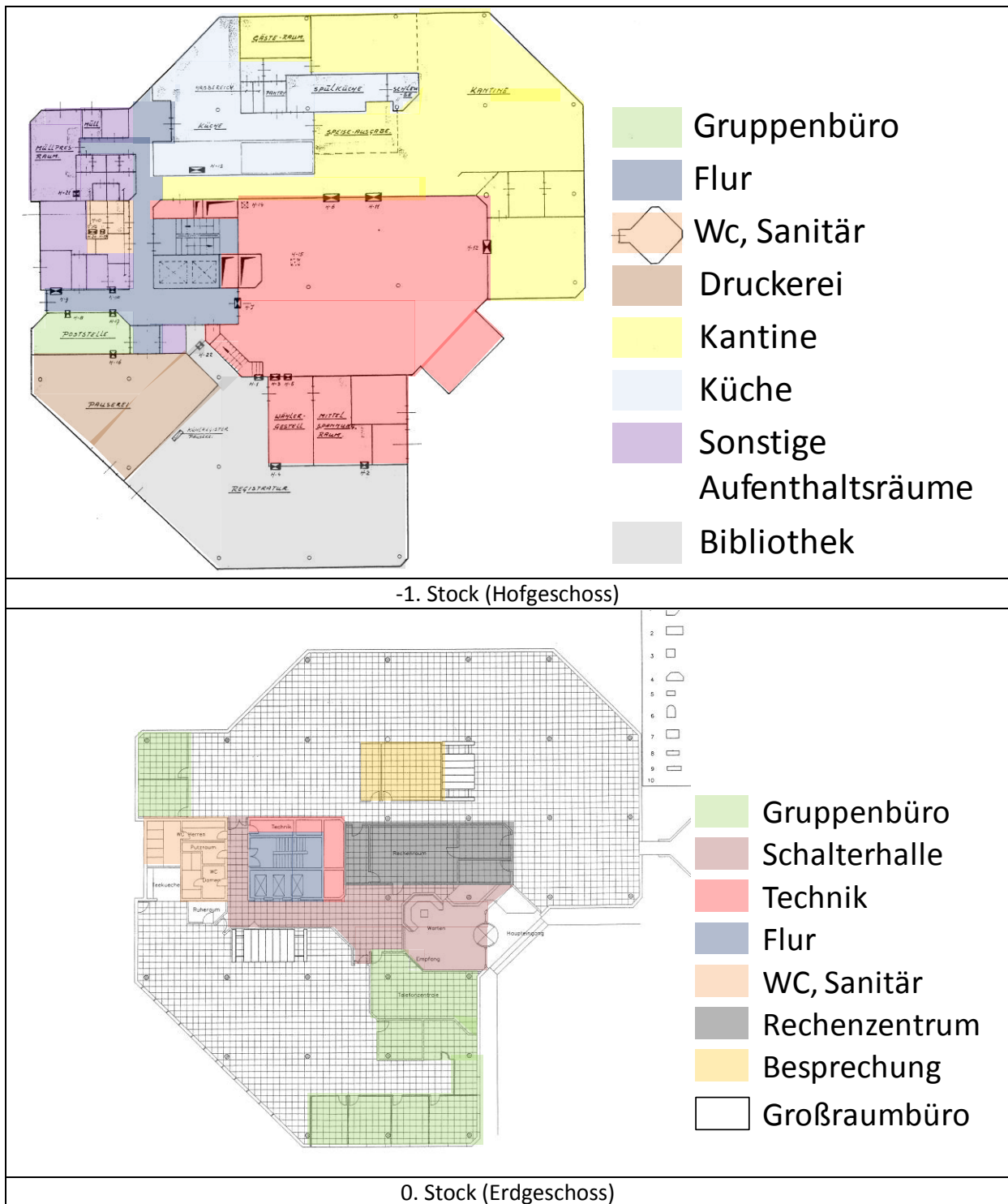
Um einen Überblick über den Aufbau des BA I des Bürogebäudes zu erhalten, werden im Folgenden die einzelnen Grundrisse des Bürogebäudes mit der vorgenommenen Zonierung¹²⁹ gezeigt.

¹²⁷ Laut Aussage der Personalabteilung der Firma Fichtner entspricht das noch immer dem aktuellen Stand.

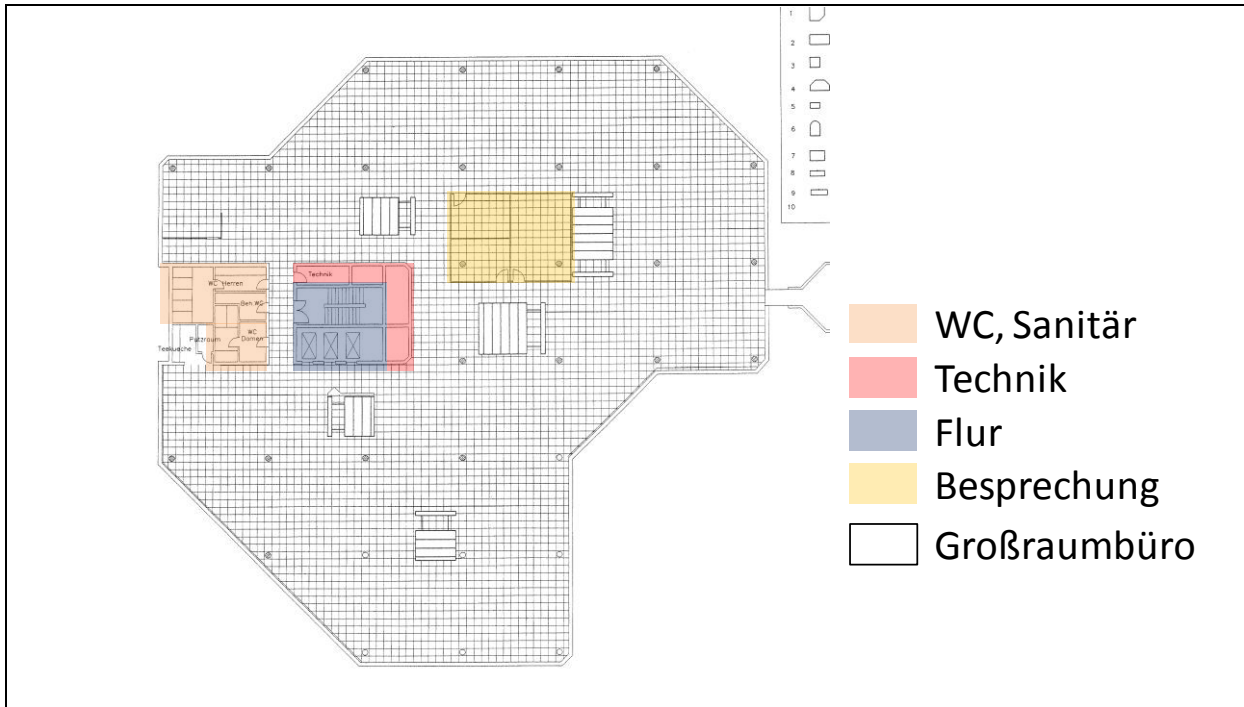
¹²⁸ Die Tabelle basiert auf den im Laufe dieser Arbeit ermittelten Gebäudedaten und ist vom EnBP aufbereitet worden.

¹²⁹ Siehe Kapitel 4.1.1.1.2, Seite 37

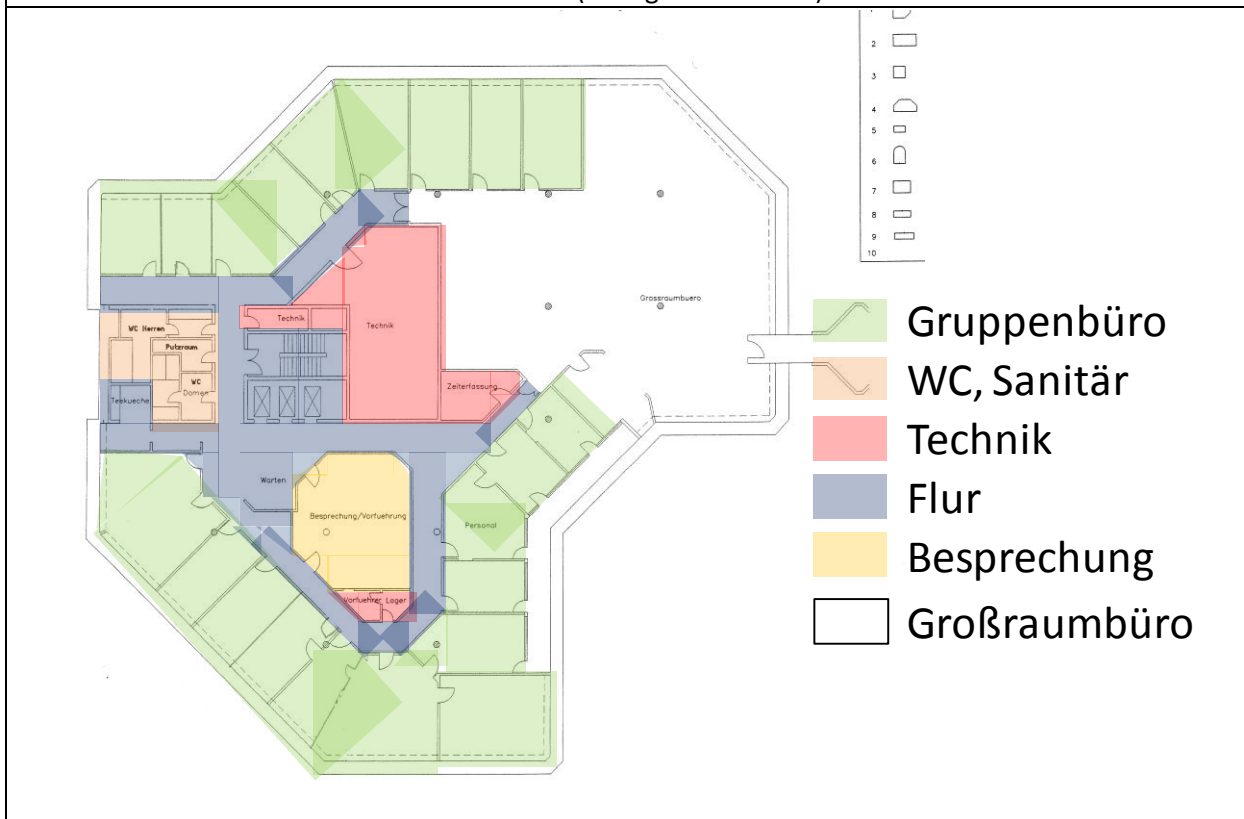
Abbildung 12 Grundriss-Zeichnungen des BA I mit Zonierung¹³⁰



¹³⁰ Grundrisspläne aus dem Archiv von FICHTNER mit der Zonierung nach Kapitel 4.1.1.1.2, Seite 38



1. + 2. Stock (Obergeschoss 1 + 2)



3. Stock (Dachgeschoss)

4.1.1.1.1 Gebäudehüllflächen

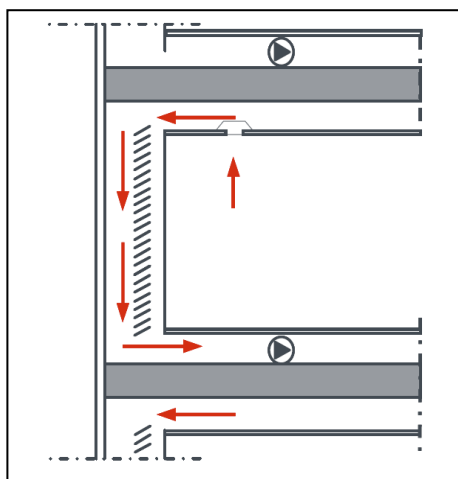
Der Bauabschnitt I hat eine Brutto-Hüllfläche von 7.582 m². Die folgende Tabelle stellt die einzelnen Hüllflächen, ihre Anteile an der Gesamtfläche und die dazugehörigen U-Werte dar. Hierbei beziehen sich alle Werte auf das gesamte Gebäude (Brutto). Die einzelnen U-Werte wurden durch die jeweilige Berechnung des Schichtaufbaus mit Hilfe der Konstruktionszeichnungen der Fassade nach der „DIN EN ISO 6946 Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren“ bestimmt¹³¹.

Tabelle 8 Ausweisung der Hüllflächen, U-Wert¹³²

Bauteile	Fläche		Anteil an Gesamtfläche		U-Wert	
		m ²		%		W/m ²
Dach an Außenluft	2.355	m ²	31,06	%	0,41	W/m ²
Wand an Außenluft	1.298	m ²	17,11	%	0,59	W/m ²
Wand an Erdreich	339	m ²	4,47	%	0,67	W/m ²
Tür an Außenluft	32	m ²	0,42	%	3,50	W/m ²
Boden an Erdreich	2.176	m ²	28,70	%	0,61	W/m ²
Fenster an Außenluft	1.383	m ²	18,24	%	2,55	W/m ²
Gesamt	7.582	m ²				

Eine Besonderheit ist die stockwerkweise Abluft-Fassade. Hierbei wird ein Teil der durch die Decke abgeführten Abluft des Großraumbüros, durch eine Doppelfassade geführt. Die nebenstehende Abbildung 13 verdeutlicht Zusammenhang. Außen befindet sich eine Zweifach-Sonnenschutzverglasung und Innen eine einfache Verglasung. Der lichtgesteuerte Sonnenschutz befindet sich im Zwischenraum.

Abbildung 13 Aufbau Abluftfassade bei FICHTNER BA I¹³³



Sonnenschutzverglasung und Innen eine einfache Verglasung. Der lichtgesteuerte Sonnenschutz befindet sich im Zwischenraum.

Für Doppelfassaden mit solch einem Aufbau gibt es nach der DIN V 18599 keine Berechnungsvorschrift. Das Fraunhofer Institut hat diesbezüglich im Jahre 2009 Untersuchungen angestellt¹³⁴, welche aber erst in der kommenden Überarbeitung der DIN V 18599 berücksichtigt werden.

Bei Anfrage an den Fassadenbauer Josef Gartner¹³⁵ wurde bei Betrieb der Fassadenbelüftung ein U-Wert von 3,0 W/m²K und bei Stillstand der Belüftung einen U-Wert von 2,0 W/m²K genannt. Bei der Belüftung darf die Luftgeschwindigkeit nicht zu hoch sein, sonst würde der übliche Wärmeübergangskoeffizient, von einem Bauteil an die

¹³¹ Genauer Aufbau befindet sich im Anhang B, Schichtaufbau der Hüllflächen im BA I

¹³² Mittelwerte der U-Werte der Bauteile

¹³³ Siehe (Heusler, Dr.-Ing Winfried, 2009)

¹³⁴ Siehe (Dip.-Ing.Ingo Heusler, 2009)

¹³⁵ Josef Gartner GmbH, 89423 Gundelfingen/Bay, Internetadresse: <http://www.josef-gartner.de/>

Luft von $\alpha = 7,7 \text{ W/m}^2\text{K}^{136}$, auf Grund der höheren Luftgeschwindigkeit und den daraus resultierenden besseren Wärmeübergang, sinken. Dies wurde anhand einer überschlägigen Rechnung mit dem Ergebnis, das die Strömungsgeschwindigkeit kleiner 1m/s beträgt, überprüft. Hingegen kann bei stillstehender Luft, die Luftschicht als dämmende Schicht betrachtet werden. Die Bestimmung des U-Wertes der Verglasung wurde mit Hilfe der Betriebszeiten der Klimaanlage auf Basis der Angaben der Firma Josef Gartner ermittelt¹³⁷.

4.1.1.1.2 Zonierung

Die folgende Tabelle stellt die hier vorgenommene Zonenaufteilung und deren Flächenanteile dar¹³⁸. Aufgelistet sind auch hier die Zonen die nicht zur rechnerischen Nutzfläche zählen (Verkehrsfläche und technische Funktionsfläche).

Tabelle 9 Zuweisung Zonen, Hüllfläche, Konditionierung¹³⁹

Zonen:						
Nr.	Zone	Fläche [m ²]	Anteil [%]	Hüllfläche [m ²]	Konditionierung	
1	Gruppenbüro	262,20	3,37	202,66	H + K + B + L + W	
2	Kantine	557,00	7,15	743,55	H + K + B + L + W	
3	Großraumbüro	4307,00	55,31	1548,08	H + K + B + L + W	
4	Schalterhalle	200,40	2,57	46,33	H + K + B + L	
5	Küche	66,50	0,85	107,34	H + K + B + L + W	
6	Rechenzentrum	48,00	0,62	0,00	H + K + B + L	
7	WC, Sanitärraum	329,30	4,23	129,30	H + K + B + L	
8	Lager, Technik, Archiv	(1400,17)	-	-	L + B*	
9	Flur	(291,00)	-	-	B*	
10	Sonstige Aufenthaltsräume	201,50	2,59	241,46	H + K + B + L	
11	Bibliothek - Freihandbereich	349,00	4,48	527,92	H + K + B + L + W	
12	Druckerei	112,80	1,45	165,00	H + K + B + L + W	
13	Großraumbüro DG	480,00	6,16	706,94	H + K + B + L + W	
14	Gruppenbüro DG	873,00	11,21	1417,54	H + K + B + L + W	
		Σ	7786,70	Σ	5836,13	

Konditionierungsmöglichkeiten: (H)eizung, (K)ühlung, (B)eleuchtung, (L)üftungsanlage, (W)armwasser

* Für die Berechnung der Nettogrundfläche nach EnEV werden nur beheizte/gekühlte Zonen berücksichtigt.

¹³⁶ nach ISO 6946, Kapitel 5.2, Tabelle 1 — Konventionelle Wärmeübergangswiderstände

¹³⁷ Bestimmung des U-Wertes der Verglasung der Doppelfassade, siehe Anhang B, U-Wert-Bestimmung der Doppelfassadescheibe

¹³⁸ Vergleiche Zonenaufteilung Abbildung 12

¹³⁹ Die Tabelle basiert auf den im Laufe dieser Arbeit ermittelten Gebäudedaten und ist vom EnBP aufbereitet worden.

Anhand der Tabelle 9 wird deutlich, dass der Bauabschnitt I vielseitig genutzt wird. Die hier sehr genaue Aufteilung des Gebäudes in Zonen¹⁴⁰, wurde im Zuge dieser Arbeit vorgenommen. Mit 76,05 % machen die Büroräumlichkeiten den wesentlichsten Nutzungsanteil aus. Diese Räumlichkeiten erstrecken sich nahezu komplett vom Erdgeschoss bis ins Dachgeschoss (DG, 3.Stock). Im Erdgeschoss (EG, 0.Stock) befindet sich zusätzlich die Eingangshalle (Zone: „Schalterhalle“), sowie das Rechenzentrum. Im Hofgeschoss (HG, -1. Stock), befinden sich die Druckerei, Bibliothek, Küche und Kantine sowie sonstige Aufenthaltsräume. Das Tiefgeschoss, welches sich bis in die Höhe des Hofgeschosses erstreckt und weitere kleinere Räume die über alle Stockwerke verteilt sind, wurden der Zone „Lager, Technik, Archiv“ zugeordnet. Zur Zone „Flur“ zählen nicht nur Flure im eigentlichen Sinne, sondern auch das sich im Zentrum befindende Treppenhaus, sowie die Flächen pro Stockwerk für die Fahrstühle, da diese auch Verkehrsflächen sind.

Die Toiletten befinden sich auf allen Stockwerken und zählen zur Zone „WC, Sanitärraum“. Alle Daten der einzelnen Zonen, die zur Grundlage der Berechnung dienen sind über Zählungen der Anzahl der Geräte, sowie teilweise durch Messungen der einzelnen Energieverbräuche der Geräte bestimmt worden¹⁴¹.

4.1.1.1.3 Beleuchtung

Die Beleuchtung der einzelnen Zonen wurde mit Hilfe einer Zählung bestimmt. Der Beleuchtungstyp und die Beleuchtungsleistung der Zonen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 10 Übersicht der Beleuchtung der Zonen

Zone	Leistung pro Fläche [W/m ²]	Gesamt Leistung [W]	Hauptleuchtentyp	Abluftleuchten Faktor μL ¹⁴²	Starter ¹⁴³
Gruppenbüro	9,51	2.493	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	KVG
Kantine	5,17	2.897	Energiesparleuchte/ 23 W	-	EVG
Großraumbüro	21,48	92.514	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	KVG
Schalterhalle	3,22	645	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	KVG
Küche	5,19	345	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	KVG
Rechenzentrum	12,08	579	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	KVG
WC, Sanitärraum	9,68	3.187	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	KVG
Lager, Technik, Archiv	4,86	6.804	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	KVG
Flur	16,71	4.862	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	KVG
Sonstige Aufenthaltsräume	7,18	1.446	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	KVG
Bibliothek - Freihandbereich	3,61	1.259,89	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	EVG
Druckerei	13,86	1.563,41	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	KVG
Großraumbüro DG	21,48	10.310,40	T8-Leuchtstofflampe/58 W	0,45	KVG
Gruppenbüro DG	9,81	8.564,13	T8-Leuchtstofflampe/58 W	0,45	KVG

In dem Bürogebäude gestalten sich die Beleuchtungszeiten unterschiedlich. Die Beleuchtung in den Großraumbüros wird über eine Zentrale Stelle manuell gesteuert. Um 21 Uhr schaltet

¹⁴⁰ nach den Kriterien zur Zonierung siehe Kapitel 3.3.1, Seite 20

¹⁴¹ Diese Daten befinden sich in dem Ausgabeprotokoll des EnBP. Auf Grund der Größe der Ausgabewerte der Berechnung des EnBP, wurde diese Digital bei der HAW-Hamburg, Berliner Tor 21 und bei der Firma FICHTNER hinterlegt

¹⁴² Abluft-Leuchten, sind Leuchten durch die direkt die Abluft gesogen wird und durch die somit eine geringere Abwärme an den Raum abgegeben wird. Dies wird unter mit einem Faktor μL berücksichtigt. Bestimmt wird er nach der DIN V 18599, Kapitel 6.5.5 „Wärmequellen durch künstliche Beleuchtung“, Seite 74, Tabelle 7

¹⁴³ Starter ist umgangssprachlich und meint Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen. Genaue Erläuterung der Vorschaltgeräte siehe Kapitel 5.1.1, Seite 52

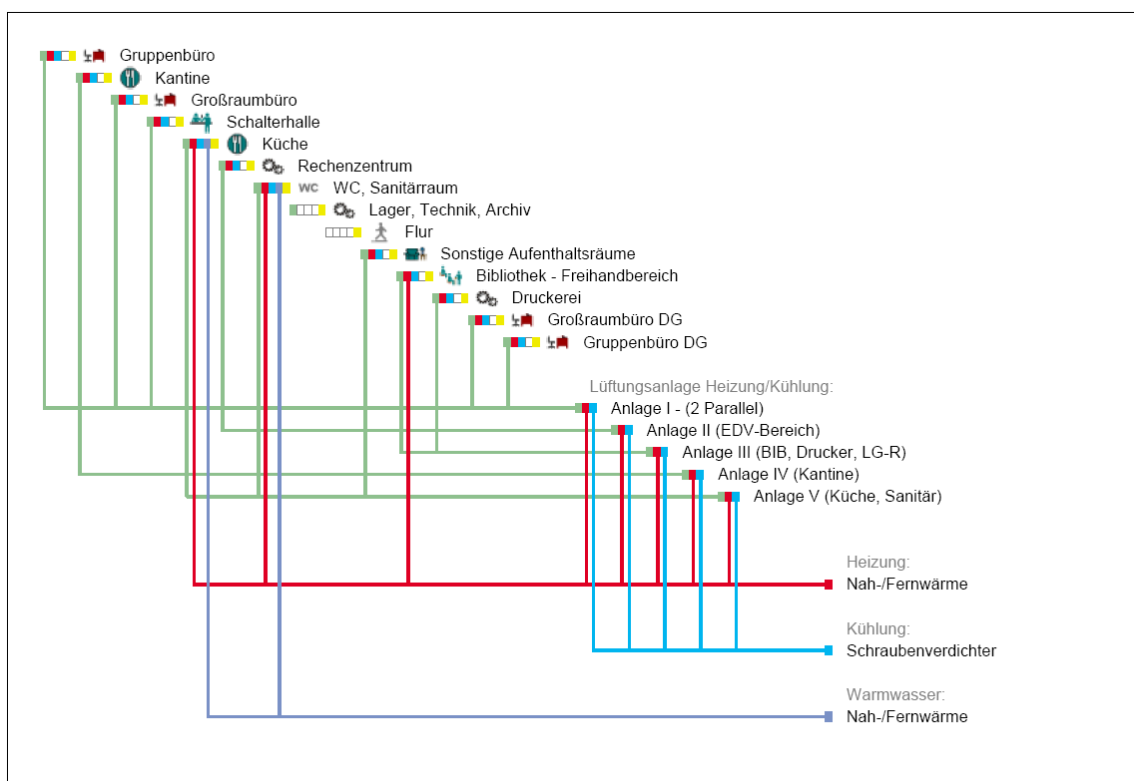
sich, bis auf die Notbeleuchtung die komplette Beleuchtung automatisch ab. Ab da wird bei manueller „Anschaltung“ bis morgens um 7 Uhr immer stündlich wieder abgeschaltet. Genauso verhält es sich auch mit der Schalterhalle. Alle anderen Zonen unterliegen komplett dem Nutzerverhalten der sich darin aufhaltenden Personen und werden manuell ein- und ausgeschaltet.

Zur Berechnung wurde jede einzelne Zone betrachtet. Hierbei kommen besonders zum tragen die Art der Beleuchtung, das Vorschaltgerät, Beleuchtungsdauer sowie die Tageslichtausnutzung¹⁴⁴.

4.1.1.2 Beschreibung der Gebäudetechnik BA I

Um die Konditionierungsbedingungen der einzelnen Zonen einhalten zu können, bedarf es unterschiedlicher technischer Einrichtungen. Diese sind für die komplette Deckung des Warmwasser-, Heizwärme-, Kälte- und Lüftungsbedarfs zuständig. Die folgende Abbildung stellt einen Überblick über die einzelnen Versorgungseinrichtungen dar und verdeutlicht mit welcher Einrichtung welche Zone versorgt wird.

Abbildung 14 Versorgungsschema des BA I¹⁴⁵



¹⁴⁴ Alle Angaben die zur Bedarfsrechnung berücksichtigt werden, befinden sich digital bei der HAW-Hamburg, Berliner Tor 21, sowie bei der Firma FICHTNER in einer Datei hinterlegt

¹⁴⁵ Die Abbildung basiert auf den im Laufe dieser Arbeit ermittelten Gebäudedaten und ist vom EnBP aufbereitet worden

4.1.1.2.1 BA I - Klimatechnische Einrichtung

Wie bereits aufgeführt erfolgt im BA I eine Komplett-Konditionierung durch RTL-Anlagen. Hiervon ausgenommen sind die Zone „Lager, Technik, Archiv“ (TF) und die Zone „Flur“ (VF), die lediglich durch eine Lüftungsanlage belüftet wird. Sie besitzt, außer Beleuchtung, keine weiteren Konditionierungen. Alle anderen Zonen werden mit Hilfe von 5 RTL-Anlagen konditioniert. Zusätzliche werden die Küche, WC und Sanitärräume und die Bibliothek mit Radiatoren unterstützend beheizt.

Bei der Berechnung der benötigten Endenergie der Lüftungsanlagen nach der DIN V 18599 wurden hier die einzelnen Leistungen der Zu- und Abluftventilatoren nicht berücksichtigt. Diese wurden mit Hilfe der von den Räumen benötigten Volumenströmen und der Druckverluste der Anlage berechnet¹⁴⁶.

Um einen Überblick zu erhalten sind im Folgenden die Zonen der jeweiligen RTL-Anlagen zugeordnet und deren wesentlichen Komponenten nochmals tabellarisch aufgelistet.

Tabelle 11 Zuordnung der Anlagen zu den Zonen, Bauteile

Anlage Name	Zone	Typ	Wärmerückgewinnung	Befeuchtung	Heizung/Kühlung
Anlage I	Gruppenbüro und Großraumbüro (EG, 1.OG, 2.OG, DG)	RTL-Anlage	x	x	x
Anlage II	Rechnzentrum (EDV-Bereich im EG)	RTL-Anlage			x
Anlage III	Bibliothek, Druckerei, Sonstige Aufenthaltsr.	RTL-Anlage			x
Anlage IV	Kantine (Speisesaal)	RTL-Anlage	x		x
Anlage V	Küche, Sanitär (HG,EG,1.OG,2.OG,DG)	RTL-Anlage			x
Anlage VI -IX	Lager, Technik, Archiv	Lüftungsanlage			

Auf die RTL-Anlage des Gruppenbüros und des Großraumbüros (Anlage I) wird im folgendem kurz genauer eingegangen, da dies die größte Anlage in dem Bürogebäude ist. Sie besteht aus zwei parallelen RTL-Anlagen und versorgt die kompletten Bürobereiche, das entspricht 76,05% des gesamten Gebäudes. Die Zuluft- und Abluftsteuerung erfolgt mit Hilfe von frequenzgesteuerten Ventilatoren, diese sind Ende 2005 eingebaut wurden. Zusätzlich zum regenerativen Wärmerückgewinner, wird mit Umluft gearbeitet. Der Umluftanteil variiert zwischen 0 % und 70 %.

Mit der Anlage I wird die Grundtemperatur der Zuluft auf 21°C geregelt. 115 Nachheizer bzw. Kühler sorgen für eine jeweilige Bereichsspezifischen Konditionierungen. Sie befinden sich verteilt über die einzelnen Stockwerke vor den Bodenauslässen der Frischluft. Die Abluft wird an der Decke abgeführt. Sie werden im einzelnen in der Berechnung nach der DIN V 18599 nicht direkt berücksichtigt. Sie werden, da die Klimaanlage diese Leistung trotzdem übernehmen muss in der Berechnung berücksichtigt.

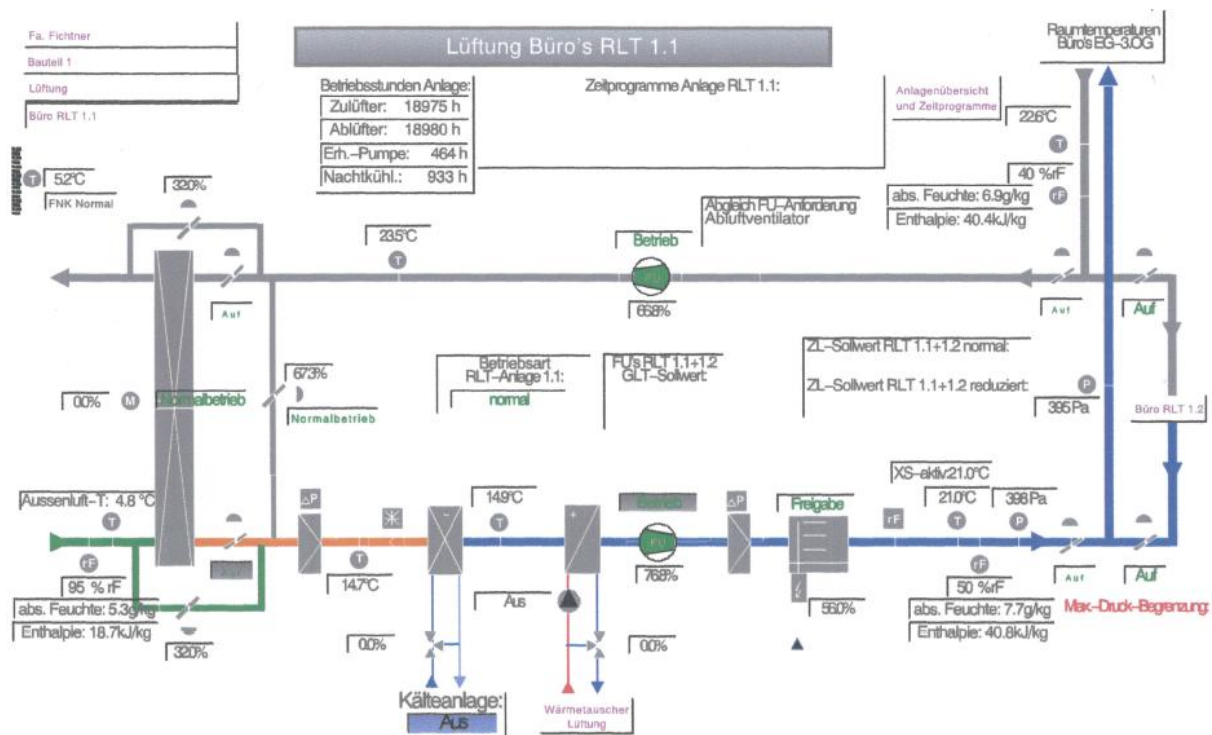
Die Klappensteuerung zur Regelung der Anlagen I-V erfolgt komplett mit Druckluft. Der Druckluftkompressor wird unter „Sonstige Verbraucher“ (da nicht in der DIN V 18599 zu berücksichtigen) aufgeführt.

¹⁴⁶ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 7), 2005)

Die Anlagen VI-IX werden nicht im Versorgungsschema¹⁴⁷ berücksichtigt, da hier nur eine Belüftung vorgesehen ist. Ihr Energiebedarf wird über die Luftwechselrate der Zone „Lager, Technik, Archiv“ bestimmt¹⁴⁸.

Alle RTL-Anlagen werden digital überwacht und gesteuert. Als Beispiel wird im Folgenden eine Übersichtszeichnung einer der Anlagen I parallel geschalteten RTL-Anlagen dargestellt. Hier werden alle luftechnisch relevanten Eigenschaften wie Temperaturen, Feuchten bzw. Enthalpie und sonstige Gerätschaften überwacht.

Abbildung 15 Darstellung der RTL-Anlage I Steuerungsoberfläche mit Status der Luftzuständen, Klappenstellung, usw.. Stand, 20. Oktober 2010¹⁴⁹.



Die Deckung des Heizwärmebedarfs der Anlagen wird mit Hilfe eines zentralen Wärmetauschers realisiert. Dieser überträgt die benötigte Wärmemenge aus dem Fernwärmenetz. Da dieser komplett isoliert ist konnten keine Hersteller und Leistungsangaben ermittelt werden. Hierfür bietet die DIN V 18599 eine Lösung. Die Nennleistung in diesem Fall wird aus der maximalen abgeforderten Gebäudeheizleistung (in KW) multipliziert mit 2,5 bestimmt¹⁵⁰. Daraus ergibt sich eine Nennleistung des Wärmetauschers von 1025,06 KW. Die Vorlauftemperatur der Heizregister liegt bei 60 °C und die Rücklauftemperatur liegt bei 40 °C¹⁵¹. Zwei Schraubenverdichter der Firma OPK (Typ XH 37)¹⁵² sorgen mit je ca. 300 KW Kälteleistung für die benötigte Kälte zur Kühlung des Bürogebäudes. Betrieben wird die Anlage mit

¹⁴⁷ Siehe Abbildung 14

¹⁴⁸ Alle Technischen Angaben der Anlagen I-IX, mit zugehörigen Pumpenleistungen sind im Anhang B unter „Technische Daten der RTL-Anlage I-IX“ aufgeführt.

¹⁴⁹ Entnommen aus dem digitalen Überwachungstool

¹⁵⁰ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Teil 5), 2005), Kapitel 5.3 Kesselnennleistung, Seite 31

¹⁵¹ Die einzelnen Pumpenleistungen und Aufnahmen der Heißwasserversorgung sind im Anhang B unter Heizungsanlage BA I einzusehen.

¹⁵² Eine Aufnahme der Anlagen und dessen Typenschild befinden sich im Anhang B unter „Foto Kälteanlage BA I“. Die technischen Daten befinden sich im Anhang B, Technische Daten der RTL-Anlagen I - IX.

dem Kältemittel R407c¹⁵³. Nach der DIN V 18599 wird sie mit einer EEG¹⁵⁴ von 2,7 bewertet¹⁵⁵. Sie ist wassergekühlt. Aufgestellt sind diese in der Technikzentrale im Dachgeschoss. Direkt darüber auf dem Dach befinden sich die zwei Ventilations-Rückkühltürme mit je einer Rückkühlleistung von 371 kW.

Die Vor-/Rücklauftemperaturen des Kühlkreises sind 6/12 °C. Der Rückkühlkreislauf hat eine Vorlauftemperatur von 36°C und eine Rücklauftemperatur von 30°C.

Zusätzlich steht im Keller eine Kältemaschine der Firma Trane (Typ CGAB) die ursprünglich zur Kälteerzeugung am Wochenende gedacht war. Sie sollte die Kälteleistung für das Rechenzentrum, welches 365 Tage im Jahr in Betrieb ist, aufbringen. Jetzt ist diese allerdings außer Betrieb und wird nur noch als evtl. Notfall Kältemaschine eingesetzt. Zudem wird diese mit dem Kühlmittel R22 betrieben, welches seit Januar 2010 nicht mehr wieder befüllt werden darf¹⁵⁶.

4.1.1.2.2 BA I - Warmwasser

Der Warmwasserbedarf wird mit Fernwärme gedeckt. Die Nennleistung wurde ähnlich wie beim Wärmeerzeuger für die Heizwärme bestimmt. Die Nennleistung des Wärmetauschers ist 293,13 kW. Dieser speist zwei Warmwasserspeicher mit je 500 l. Die Vorlauftemperatur beläuft sich auf 55°C. Einmal pro Woche findet eine „Legionellen-Schaltung“ statt. Hierbei wird das Warmwasser auf ca. 70°C erhitzt.

Versorgt werden hiermit die Zonen „Küche“ und „WC, Sanitärraum“. Sie decken den Bedarf aller anderen Bereiche. Bestimmt wird dieser Bedarf mit dem in der DIN V 18599 vorgesehenen Warmwasserbedürfnissen der Zonen¹⁵⁷.

4.1.1.2.3 Sonstige Verbraucher

Im Folgenden werden in der DIN V 18599 nicht berücksichtigte Verbraucher mit ihren anhand der Laufzeiten errechneten Verbräuchen aufgeführt.

Der Druckluftkompressor zur Steuerung der RTL-Anlagen im Tiefgeschoss besteht aus zwei Elektrischen Kompressoren (je 2,2 kW, Baujahr 2009) mit einem Drucktank¹⁵⁸. Beide arbeiten immer abwechselnd und haben einen Jahresgesamtverbrauch von 8276,4 kWh/a (Angenommen Betriebszeit, 12 h/d in der Woche, 6 h/d am Wochenende).

Im Bürogebäude befinden sich drei Aufzüge der Firma OTIS, Baujahr 1982. Sie haben eine Tragfähigkeit von je 1000 Kg, oder 13 Personen. Die Energieverbräuche gestalten sich aus der Anzahl der Hübe (ca. 15-20 Hübe/h) und deren Verbräuche pro Hub¹⁵⁹. Auf Grund der Gegengewichte ist der Verbrauch eines Aufzuges gering. Die Beleuchtung dessen macht einen größeren Anteil aus.

¹⁵³ R407C ist ein Ersatzkältemittel für das R22, welches fast gleiche Eigenschaften aufweist und Umweltundenklicher ist (Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH, 2000).

¹⁵⁴ EEG - „energy efficiency ratio“ ist der englische Ausdruck des Wirkungsgrades der auch in deutschen Normungen verwendet wird.

¹⁵⁵ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 7), 2005) Kapitel 7.1.2.1, Tb. 20

¹⁵⁶ R22 ist ein FCKW haltiges Kältemittel. „Frischwaren“ verbot ab 01.01.2010 (Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH, 2000)

¹⁵⁷ Siehe Anhang B, Heizungsanlage BA I

¹⁵⁸ Foto siehe Anhang B, Foto Druckluftkompressor

¹⁵⁹ Basis bildet hier die Messung der Aufzüge im BA II. Jedoch auf Grund älterer Steuerung beim BA I, wird ein höherer Strom Bedarf angenommen. Siehe auch Berechnung Fahrstuhl BA II in Kapitel 4.1.1.5 auf Seite 48.

In der folgenden Tabelle sind die Verbräuche der Aufzüge und deren Beleuchtung aufgeführt.

Tabelle 12 Verbrauch Aufzüge BA I

Hübe Pro Std.	Dauer 1 Hub 30 Sekunden		Betriebszeit		Watt pro Hub	Verbrauch		Tage im Jahr	Verbrauch	
15,00	0,01	h	13,5	h	1.000	1,69	kWh/d	255	430,31	kWh/a

	Anzahl					Verbrauch		Tage im Jahr	Verbrauch	
Beleuchtung im Aufzug										
Beleuchtung im Aufzug	18	W	13,50	h	6	1,5	kWh/d	255	371,79	kWh/a
Beleuchtung vor Aufzug	18	W	13,50	h	15	3,6	kWh/d	255	929,48	kWh/a

1 Aufzug	Gesamt	3032,84	kWh/a
-----------------	---------------	---------	-------

3 Aufzüge	Gesamt	9098,53	kWh/a
------------------	---------------	---------	-------

Der Verbrauch des Kühlraumes der Küche ist nach der DIN V 18599 ebenfalls nicht zu berücksichtigen. Er wird wie ein „großer“ Kühlschrank gewertet. Dieses Problem soll evtl. in der Überarbeitung der DIN V 18599 berücksichtigt werden.

4.1.1.3 Anbau (BA II, 1992)

Der Anbau verfolgt nicht das Konzept der Vollklimatisierung und das Großraumbürokonzept, wie der ältere Gebäudeabschnitt. Hier gibt es viele kleine Gruppenbüros, welche komplett durch Fenster und durch Infiltration¹⁶⁰ belüftet werden. Um jedem Büro eine Fensterfront zu bieten, ist das Gebäude schmal und lang gebaut. Dabei beschreibt der Gebäudeaufbau ein nicht ganz geschlossenes Rechteck. Das Gebäude hat, außer über die Treppenhäuser, keinen Kontakt zum Erdreich. Es ist auf Stützen über den Parkplatz mit der sich darunter befindlichen Tiefgarage gebaut. Die Tiefgarage wird im Zuge dieser Arbeit nicht betrachtet.

Es gibt 2 Aufzüge, die in 2 Aufzugstürmen untergebracht sind. Sie werden unterschieden in „Kern I“ und „Kern II“¹⁶¹. Das Gebäude ist bis Ende 2010 zu ca. 80 % fremd vermietet. Nur die Hälfte des 1.OG hat FICHTNER selbst genutzt. In der folgenden Tabelle 13 finden sich die allgemein Angaben des Gebäudes dar.

Tabelle 13 Allgemein Angaben zum BA II¹⁶²

Baujahr:		1992
Baujahr Wärmeerzeugung:		1992
Baujahr Klimaanlage:		1992
Gebäudeart:		Nicht-Wohngebäude
Gebäudetyp:		Bestandsgebäude
Nettogrundfläche	A_{NGF} :	4270 m ²
Nutzfläche (0,32 V_e)	A_N :	5789 m ²
Hüllfläche	A:	5771 m ²
Volumen (automatisch aus Zonen-Nettovolumen)	V_e :	18091 m ³
Luftvolumen	V:	14473 m ³
Angaben zur Gebäudegeometrie (zur Bestimmung der Standardleitungslängen)		
Vollgeschosse	n_G :	4
Geschosshöhe	h_G :	3,80 m
Charakteristische Breite	B:	10,00 m
Charakteristische Länge	L:	135,00 m

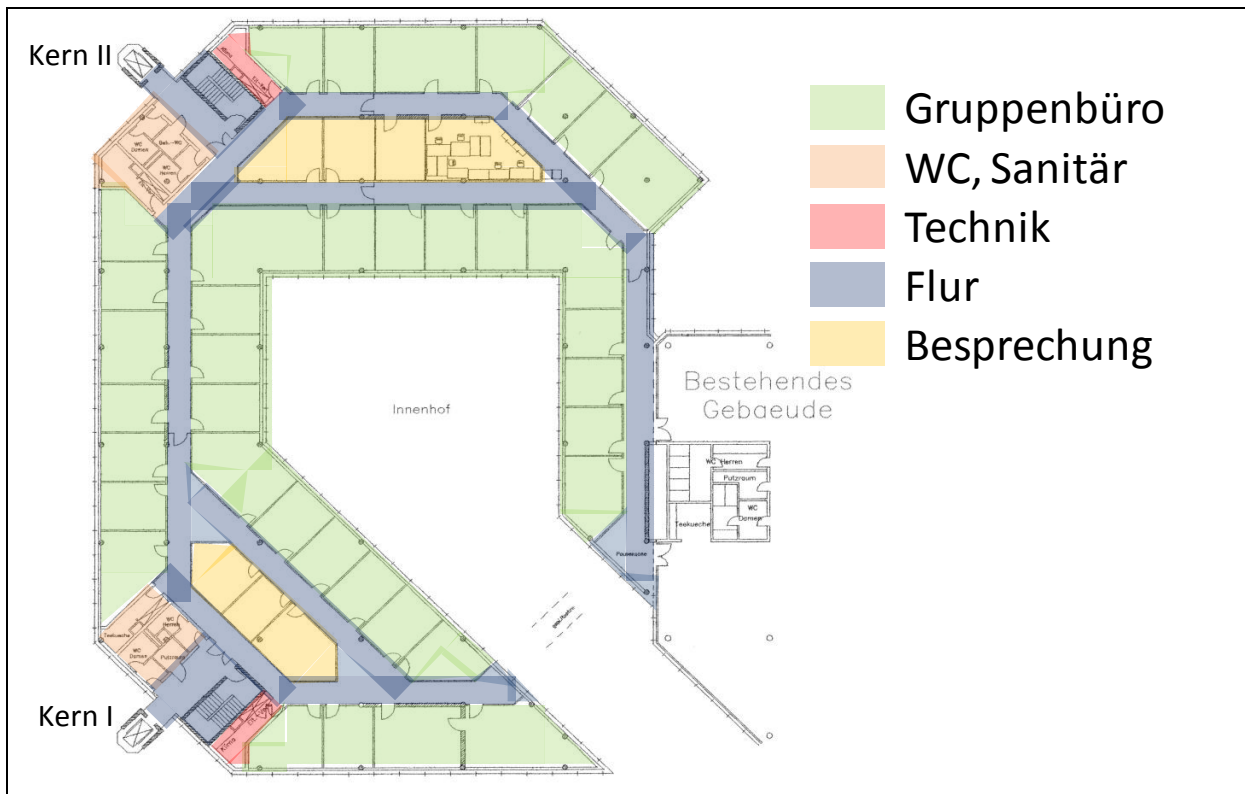
Um einen Überblick über den Anbau des Bürogebäudes zu geben, sind in der folgenden Abbildung die Grundrisse der Stockwerke mit der vorgenommenen Zonierung dargestellt. Hierbei ist der Aufbau des Erdgeschoss bis zum 2. Obergeschoss gleich. Das Dachgeschoss beinhaltet eine Hausmeisterwohnung.

¹⁶⁰ Infiltration ist ein durch Undichtigkeiten Frischlufteintritt.

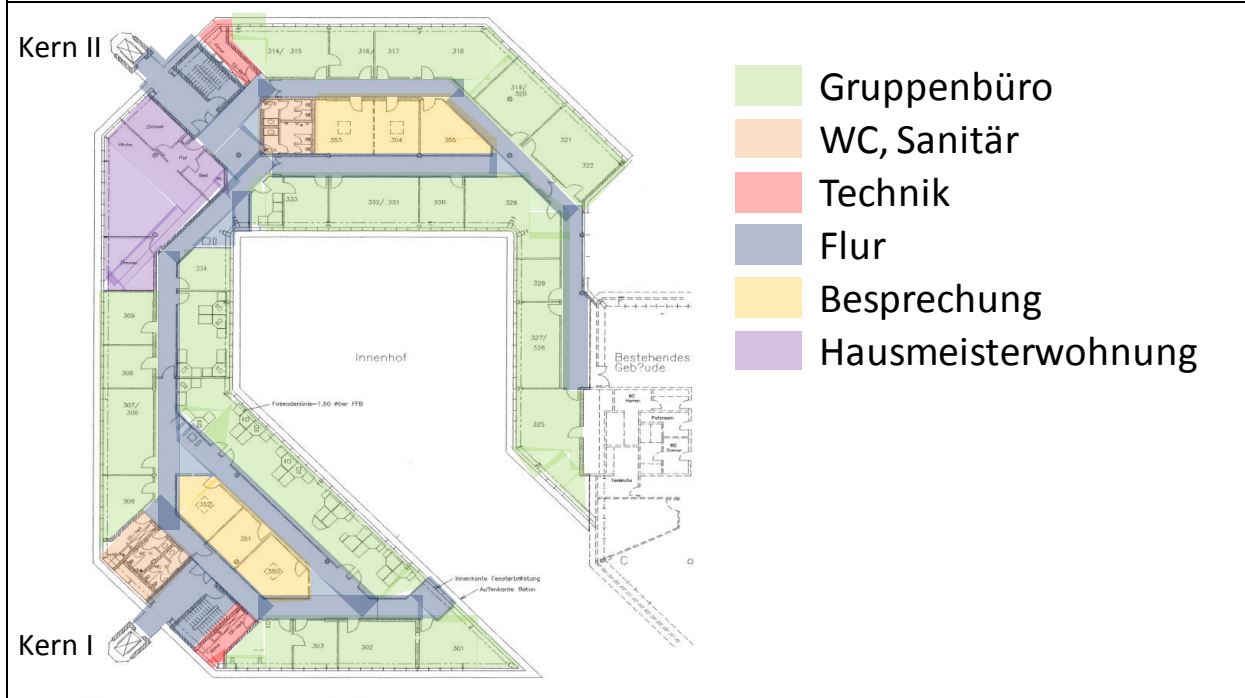
¹⁶¹ Kern I und Kern II, siehe hierzu Abbildung 16 Grundriss-Zeichnungen BA II

¹⁶² Die Tabelle basiert auf den im Laufe dieser Arbeit ermittelten Gebäudedaten und ist vom EnBP aufbereitet worden.

Abbildung 16 Grundriss-Zeichnungen BA II mit Zonierung¹⁶³



Erdgeschoss (0. Stock) -2. Obergeschoss (2. OG)



Dachgeschoss (DG., 3. Stock)

¹⁶³ Grundrisspläne aus dem Archiv überarbeitet.

4.1.1.3.1 Gebäudehüllflächen

Der Bauabschnitt II besitzt eine Brutto-Hüllfläche von 7385 m². Die folgende Tabelle stellt die einzelnen Hüllflächen, ihre Anteile an der Gesamtfläche und die dazugehörigen U-Werte dar¹⁶⁴. Hierbei beziehen sich alle Werte auf das gesamte Gebäude (Brutto¹⁶⁵).

Tabelle 14 Gebäudehüllflächen BA II¹⁶⁶

Bauteile	Fläche		Anteil an Gesamtfläche		U-Wert	
Dach an Außenluft	2.182	m ²	29,54	%	0,34	W/m ²
Wand an Außenluft	1.568	m ²	21,23	%	0,37	W/m ²
Rollladen an Außenluft	173	m ²	2,35	%	1,06	W/m ²
Fenster an Außenluft	1.799	m ²	24,36	%	2,82	W/m ²
Tür an Außenluft	42	m ²	0,57	%	3,5	W/m ²
Boden an Außenluft	1.621	m ²	21,95	%	0,32	W/m ²
Gesamt	7.385	m ²				

Die angegebenen U-Werte wurden im Rahmen dieser Arbeit aus den Fassaden Konstruktionszeichnungen ermittelt.

4.1.1.3.2 Zonierung

Auch dieser Gebäudeabschnitt wurde in mehrere Zonen unterteilt. Auf Grund des Auszugs des Mieters Ende 2010 und derzeitiger stattfindender Umstrukturierungen, wird die Nutzungsbedingung (Wärmequellen, Personen, etc.) basierend auf einer Zählung des 1. OG von FICHTNER, auf das gesamte Gebäude übertragen. Die folgende Tabelle zeigt die vorgenommene Einteilung in Zonen¹⁶⁷.

Tabelle 15 Zuweisung Zonen, Hüllfläche, Konditionierung¹⁶⁸

Zonen:

Nr.	Zone	Fläche [m ²]	Anteil [%]	Hüllfläche [m ²]	Konditionierung
1	Gruppenbüro	2385,20	55,86	3106,75	H + B + W
2	Nebenfläche (Flur)	(1526,30)	-	-	B*
3	Besprechung	629,10	14,73	297,70	H + K + L + B
4	Technik, Lager etc.	(261,60)	-	-	L + B*
5	WC, Sanitärraum, Küche etc.	(191,30)	-	-	L + B*
6	Hausmeisterwohnung	107,70	2,52	157,04	H + K + L + B + W
7	Gruppenbüro DG	678,50	15,89	1616,77	H + K + B + W
8	Gruppenbüro (Fichtner 1.OG)	469,60	11,00	592,80	H + K + B + W
	Σ	4270,10		Σ 5771,07	

Konditionierungsmöglichkeiten: (H)eizung, (K)ühlung, (B)eleuchtung, (L)üftungsanlage, (W)armwasser

* Für die Berechnung der Nettogrundfläche nach EnEV werden nur beheizte/gekühlte Zonen berücksichtigt.

¹⁶⁴ Der genaue Schichtaufbau der einzelnen Bauteile der Hüllfläche befinden sich im Anhang C, Schichtaufbau der Hüllfläche im BA II

¹⁶⁵ Siehe Kapitel 3.1.2.6, Seite 13

¹⁶⁶ Mittelwerte der U-Werte der Bauteile

¹⁶⁷ Zonierung siehe Abbildung 16, Seite 45

¹⁶⁸ Die Tabelle basiert auf den im Laufe dieser Arbeit ermittelten Gebäudedaten und ist vom EnBP aufbereitet worden.

Die Gruppenbüros erstrecken sich vom Erdgeschoss bis in das Dachgeschoss. Hierbei sind alle Räumlichkeiten mit Fenstern ausgestattet. Als Besonderheit ist zu berücksichtigen, dass die Gruppenbüros im 1. OG von FICHTNER als auch alle Gruppenbüros im Dachgeschoss¹⁶⁹ mit extra Deckenkühlgeräten ausgerüstet sind. Die Hausmeisterwohnung im Dachgeschoss gelegen besitzt ebenfalls Deckenkühlgeräte.

Auf jedem Stockwerk befinden sich 2 Sanitäräumlichkeiten. Diese werden lediglich durch Dachventilatoren belüftet und werden daher nicht in die Nutzfläche mit einbezogen¹⁷⁰. Die Teeküchen fallen unter die 3%-Regelung¹⁷¹ und wurden ebenfalls den Sanitäräumen zugeordnet. Innerhalb jedes Stockwerks befinden sich Räumlichkeiten, welche keinen Zugang zur Hülle des Gebäudes haben und somit nicht manuell belüftet werden können. Diese werden hauptsächlich als Besprechungsräume genutzt. Es gibt auf jedem Stockwerk zwei Bereiche mit Besprechungsräumen, welche je mit einer RTL-Anlage konditioniert sind. Insgesamt sind 8 RTL-Anlagen für die Besprechungsräume im BA I in Betrieb. Untergebracht sind diese ebenfalls in 8 Technikräumen, welche selber nur belüftet werden. Die Flure erstrecken sich der Länge nach durch jedes Gebäude und gelten als Verkehrsfläche.

4.1.1.3.3 Beleuchtung

Der Umfang der Beleuchtung wurde durch Zählungen vor Ort und Beleuchtungsplänen ermittelt. Im folgendem werden die einzelnen beleuchtungsspezifischen Angaben zonenweise aufgeführt.

Tabelle 16 Beleuchtungsspezifische Angaben des BA II

Zone	Leistung pro Fläche [W/m ²]	Gesamt Leistung [W]	Hauptleuchtentyp	Abluftleuchten Faktor μ L	Starter
Gruppenbüro	11,42	27.236	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	EVG
Nebenfläche (Flur)	6,51	9.936	T8-Leuchtstofflampe/18 W	-	EVG
Besprechung	11,85	7.452	T8-Leuchtstofflampe/58 W	0,45	EVG
Technik, Lager, etc.	1,77	464	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	EVG
WC, Sanitärraum, Küche etc.	9,79	1.872	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	EVG
Hausmeisterwohnung	6,3	681	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	EVG
Gruppenbüro DG	14,86	10.084	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	EVG
Gruppenbüro (FICHTNER 1.OG)	12,11	5.686	T8-Leuchtstofflampe/58 W	-	EVG

Die Beleuchtungsteuerung des Gebäudes erfolgt durchweg manuell. Die Flure und Sanitäräume werden um 21 Uhr automatisch komplett abgeschaltet. Hier sind die Tageslichtbedin-

¹⁶⁹ Wenige Räumlichkeiten in anderen Geschossen sind ebenfalls mit einem Deckengerät ausgestattet. Dies wird nicht berücksichtigt, da nicht ausschlaggebend.

¹⁷⁰ Kleine Heizkörper vorhanden, aber sie sind nie eingeschaltet.

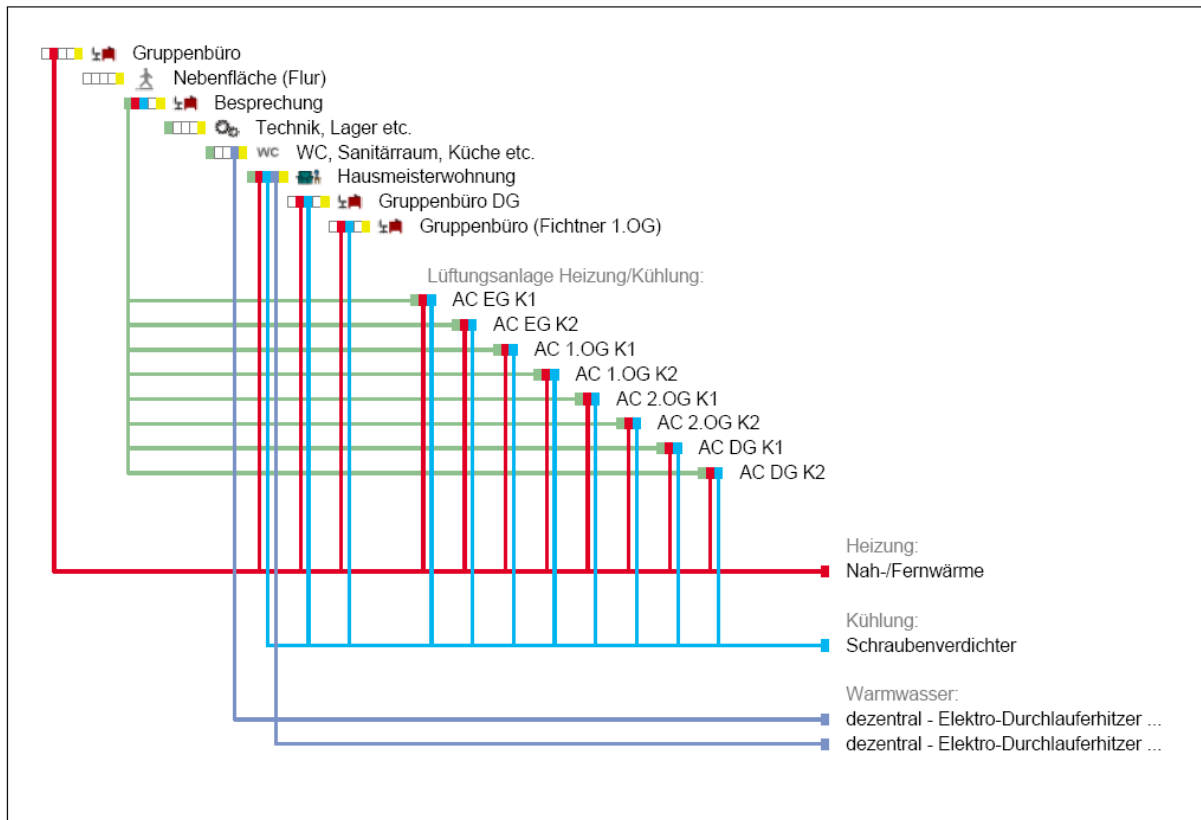
¹⁷¹ Die Räume die keiner Zone zuzuordnen sind, werden der passendsten zugeordnet. Denn „bis zu einem Anteil von 3 % der Gesamtfläche des Gebäudes dürfen Grundflächen anderen Zonen zugeschlagen werden, sofern sich die inneren Lasten der Zonen nicht erheblich unterscheiden“. Vgl. Quelle (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 1), 2005), Kapitel 6.2 „Bildung von Zonen“, Seite 43

gungen und die persönlichen Ansprüche der Nutzer ausschlaggebend. Die Berechnung erfolgt hier nach der tabellarischen Vorgaben der DIN V 18599.

4.1.1.4 Beschreibung der Gebäudetechnik BA II

In diesem Bauabschnitt werden zonenweise unterschiedliche Konditionierungsvarianten genutzt. Aus der folgenden schematischen Darstellung wird deutlich welcher Erzeuger für die einzelnen Deckungen des Kühl- und Heizbedarfs der Zonen zuständig ist¹⁷².

Abbildung 17 Energie Versorgungsschema BA II¹⁷³



4.1.1.4.1 BA II - Klimatechnische Einrichtung

Wie bereits bei der Zonierung erwähnt erfolgt die Kühlung der Gruppenbüros mit Hilfe der manuellen Fensterbelüftung. Der Heizwärmebedarf wird mit herkömmlichen Radiatoren gedeckt. Zusätzlich besitzen die Zonen, Gruppenbüro DG, Gruppenbüro (1. OG FICHTNER) und die Hausmeisterwohnung noch Deckenventilationsgeräte zur Kühlung.

Die innerhalb des Gebäudes befindlichen Besprechungsräumlichkeiten - zwei je Stockwerk - auf die beiden Kerne aufgeteilt, werden mit 8 RTL-Anlagen belüftet, gekühlt und beheizt.

¹⁷² Alle Angaben die zur Bedarfsrechnung berücksichtigt werden, befinden sich digital bei der HAW-Hamburg, Berliner Tor 21, sowie bei der Firma FICHTNER in einer Datei hinterlegt

¹⁷³ Die Abbildung basiert auf den im Laufe dieser Arbeit ermittelten Gebäudedaten und ist vom EnBP aufbereitet worden.

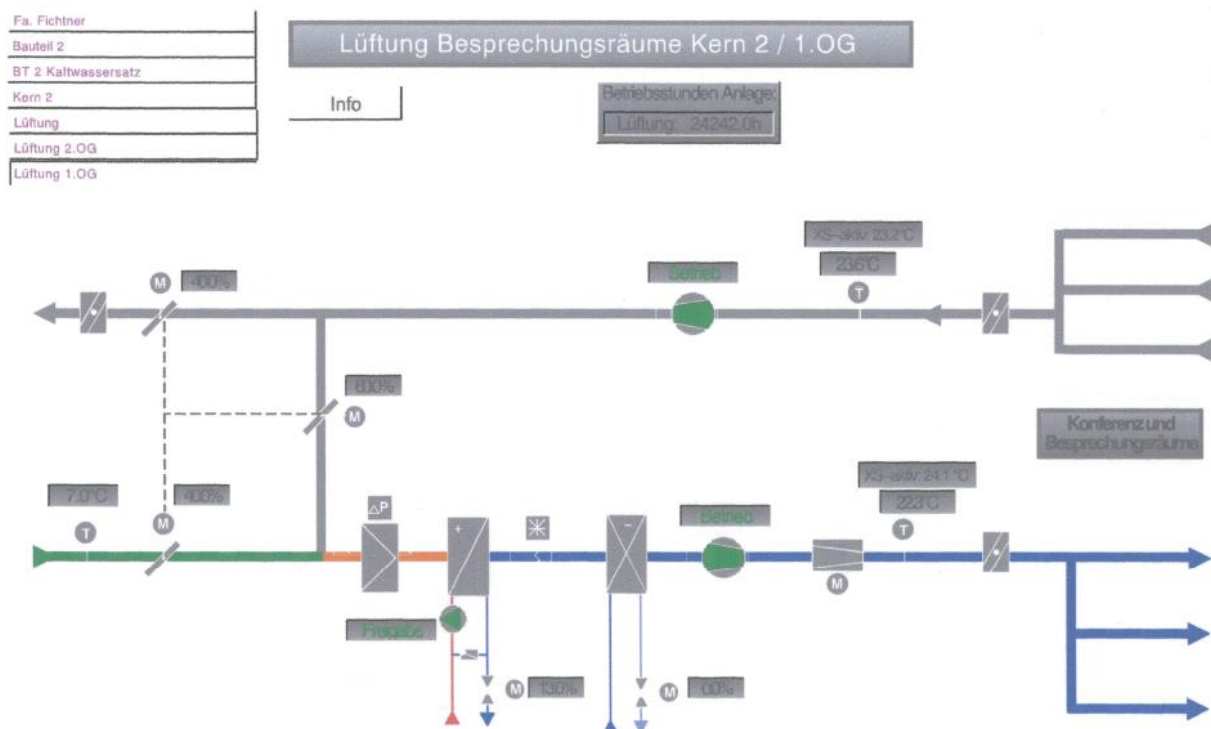
Die RTL-Anlagen sind technisch alle gleich und haben folgende Anlagenteile¹⁷⁴.

Tabelle 17 Zuordnung der Anlagen zu den Zonen, Bauteile BA II

Anlage Name	Zone	Typ	Wärmerückgewinnung	Befeuchtung	Heizung/ Kühlung
AC EG K1 AC 1.OG K1 AC 2.OG K1 AC 3.OG K1 AC EG K2 AC 1.OG K2 AC 2.OG K2 AC 3.OG K2	Besprechung	RTL-Anlage	keine	keine	x

Auch die Anlagen des BA II werden digital überwacht. Die folgende Abbildung ist ein Bsp. einer Anlage im Kern 2, 1.OG.

Abbildung 18 Digitale Überwachung der Lüftungsanlage im Kern 2 / 1.OG¹⁷⁵



Das Gebäude wird mit Hilfe von zwei verschiedenen Kälteerzeugern versorgt. Beide sind in Räumlichkeiten der Tiefgarage aufgestellt.

Die ältere Anlage (Baujahr 1992) ist eine mit dem Kühlmittel R 22 betriebener Kolben-Kompressionskälteanlage, der Firma Ruhaak-Cliref, Baureihe Drlwy 41 mit einer Kälteleistung

¹⁷⁴ Die Genauen technischen Daten der Anlagen befinden sich im Anhang C, unter „RTL-Anlagen 1-8“.

¹⁷⁵ Entnommen aus dem digitalen Überwachungstool

von 140 kW¹⁷⁶. Die neuere Anlage (Baujahr 1998) ist eine mit Schraubenverdichter betriebene Kälteanlage der Firma Opk (Typ VH 27). Diese arbeitet mit dem Kältemittel R407c und hat eine Kälteleistung von 160 kW¹⁷⁷. Sie wird ebenso wie die Anlage in BA I mit einer EEG-Zahl von 2,7 bewertet¹⁷⁸. Beide Anlagen sorgen für eine Vorlauftemperatur des Kühlwassers von 10°C und einer Rücklauftemperatur von 16°C. Auf dem Dach befindet sich ein Rückkühlturm mit der Rückkühlleistung von ca. 300 kW. Er hat eine Vor-/Rücklauftemperatur von 26 °C / 32 °C.

Beide Kälteanlagen speisen zwei 1000 Liter Kältespeicher¹⁷⁹. Hierbei wird die ältere Anlage erst in Betrieb genommen, sollte die neuere den Kältebedarf des BA II nicht mehr decken können. In der DIN V 18599 lässt sich nur ein Erzeuger berücksichtigen. Hier wird auf Grund der längeren Laufzeiten die neuere Anlage in die Bedarfsberechnung berücksichtigt. Zukünftig ist es geplant die ältere Anlage zu ersetzen¹⁸⁰.

Über einen Wärmetauscher wird das Heizsystem mit Fernwärme versorgt. Die genaue Nennleistung kann hier auf Grund der Dämmung nicht ermittelt werden. Nach der DIN V 18599 wurde eine Nennleistung für den Wärmetauscher von 1026 kW ermittelt.

4.1.1.4.2 BA II - Warmwasser

Der Warmwasserbedarf der Gruppenbüros wird komplett in der Zone „WC, Sanitärraum¹⁸¹“ gedeckt. Hierzu werden kleine dezentrale Boiler genutzt. Jeder Boiler besitzt eine Leistung von 2 kW und besitzt einen 5 Liter Tank. Ins gesamt ergibt dies Leistung eine 32 kW und eine gespeicherte Wassermenge von 80 Liter. Sie haben einen 24-Stunden-Betrieb.

Die Hausmeisterwohnung wird mit einem Boiler von 10 kW mit einem 80 Liter Tank versorgt.

4.1.1.5 Sonstige Verbraucher

Der Energieverbrauch der Aufzüge ist mit Hilfe eines „Log-Gerätes“ aufgezeichnet worden. Die Auswertung zeigt, dass die Aufzugsmotoren nur bei Fahrprozessen elektrische Energie benötigen. Durch Ermittlung der Spitzenleistung und der Anzahl der Hübe in einer Stunde ergibt sich folgender Energiebedarf:

Tabelle 18 Verbrauch eines Aufzugs BA I

Hübe Pro Std.	Dauer 1 Hub 30 sek	Betriebszeit	Watt pro Hub	Verbrauch	Tage im Jahr	Verbrauch
15,00	0,01 h	13,5 h	829,00	1,40 kWh/d	255	356,73 kWh/a

	Anzahl								
Beleuchtung	36	W	13,50	h	4	1,94	kWh/d	255	495,72 kWh/a

1 Aufzug	Gesamt	852,45	kWh/a
-----------------	---------------	--------	-------

2 Aufzüge	Gesamt	1704,90	kWh/a
------------------	---------------	---------	-------

¹⁷⁶ Siehe Foto Anhang C, Foto Kälteanlagen

¹⁷⁷ Siehe Foto Anhang C, Foto Kälteanlagen

¹⁷⁸ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 7), 2005), Kapitel 7.1.2.1, Tb. 20

¹⁷⁹ Der Kältespeicher wird bei der DIN V 18599 nicht berücksichtigt.

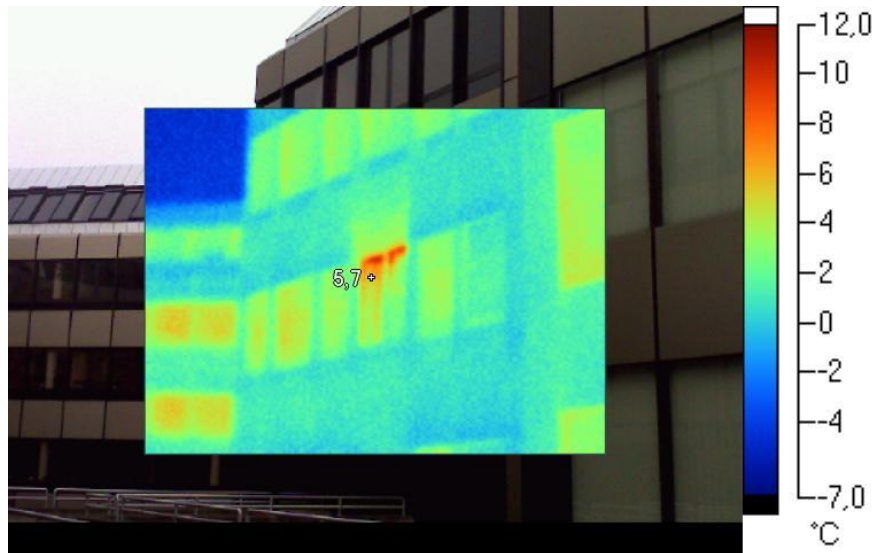
¹⁸⁰ Siehe Kapitel 5.1.6, Seite 93

¹⁸¹ Die Teeküche wurde dieser Zone angerechnet.

4.1.2 Einstufung des Wärmetechnischen Zustandes des Gesamten Bürogebäudes

Anhand von Thermografien, lässt sich erkennen, dass das Bürogebäude wärmetechnisch in einem guten Zustand ist.

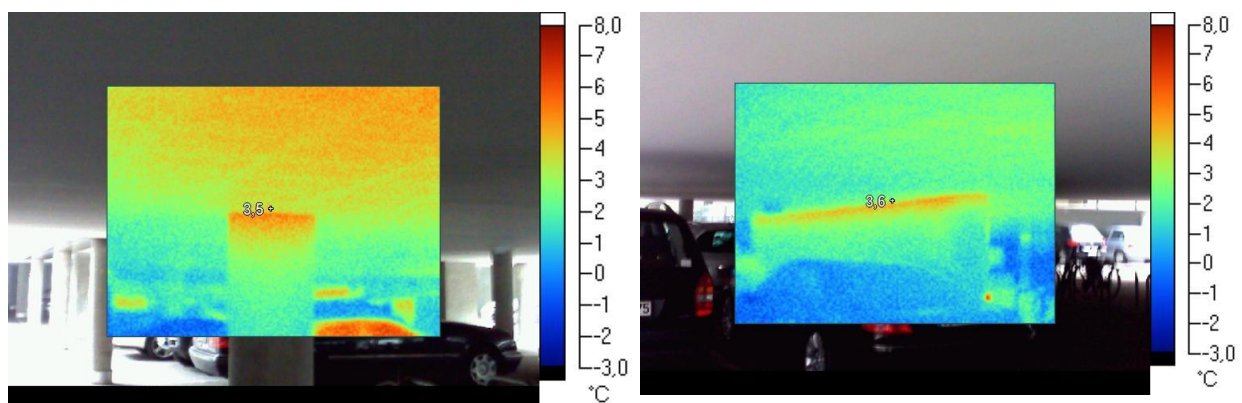
Abbildung 19 Thermografie der Außenwand BA II



Die Thermografie der Außenwand des BA II zeigt, dass die Außenwand in einem guten Zustand ist¹⁸². Ebenso verhält es sich mit dem BA I.

In den folgenden Thermografien werden der Vollständigkeit halber Wärmebrücken aufgelistet, welche bei evtl. anstehenden Renovierungen berücksichtigt werden müssten. Sie haben keinen großen Einfluss auf die Konditionierung des Gebäudes, da sie nur einen minimalen Anteil der Hüllfläche ausmachen. Der entstehende Verlust wird mit dem pauschalen Wärmebrückenzuschlag¹⁸³ berücksichtigt.

Abbildung 20 Betonpfeiler auf dem das BA II über dem Parkplatz steht



¹⁸² Dies wird auf Grund der keiner Unterschiede der Wandtemperatur deutlich. Der Teil der rötlich ist, rührt aus der Wärme eines offenen Fensters.

¹⁸³ Die Berücksichtigung von Wärmeverlusten durch Wärmebrücken erfolgt nach DIN 4108 Teil 6 pauschal durch den Faktor 0,1 auf die Transmissionswärmeverluste.

Abbildung 21 Übergang Treppenhaus ans Erdreich

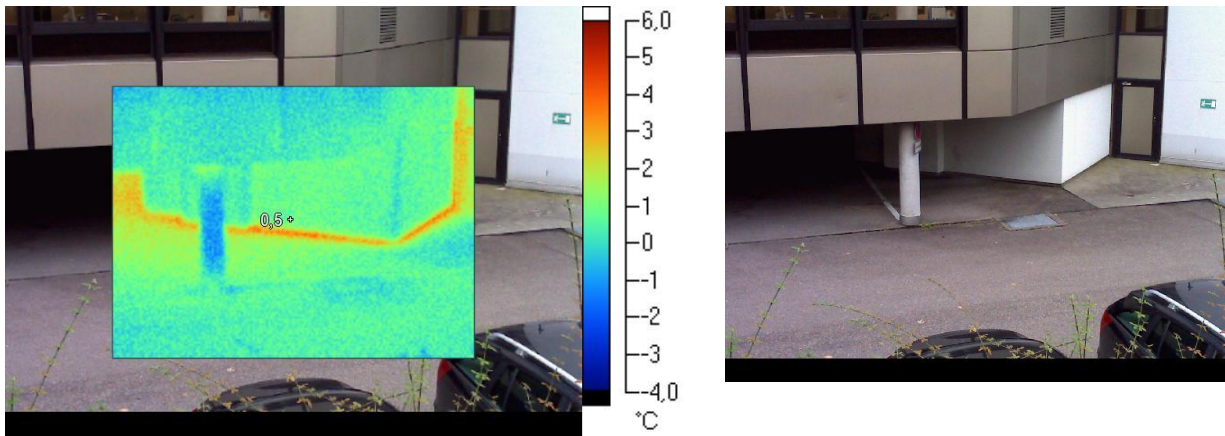


Abbildung 22 Übergang Dachfenster, ans Dach

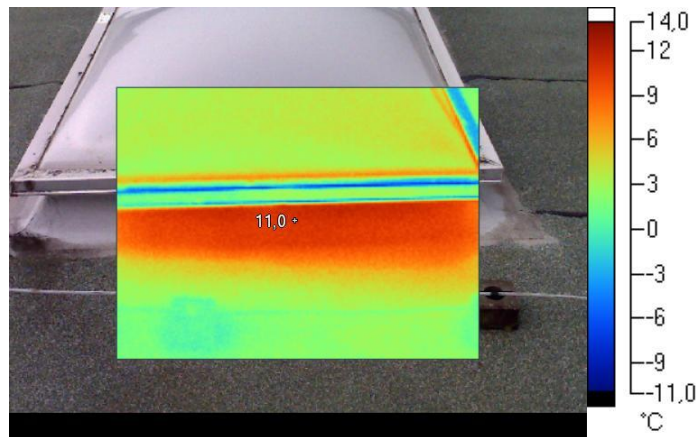
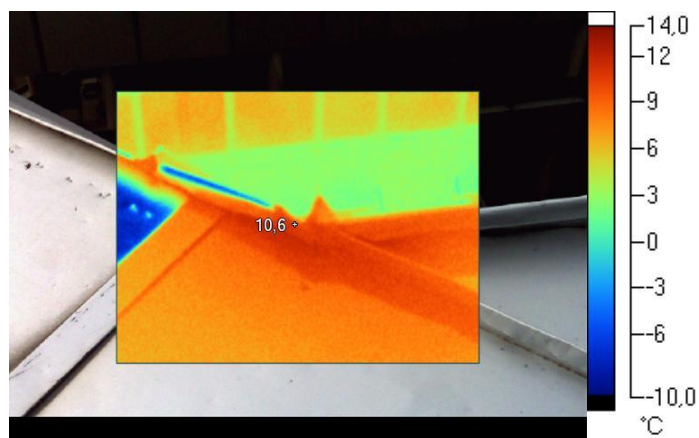


Abbildung 23 Verbindung Altbau mit dem Neubau auf dem Dach

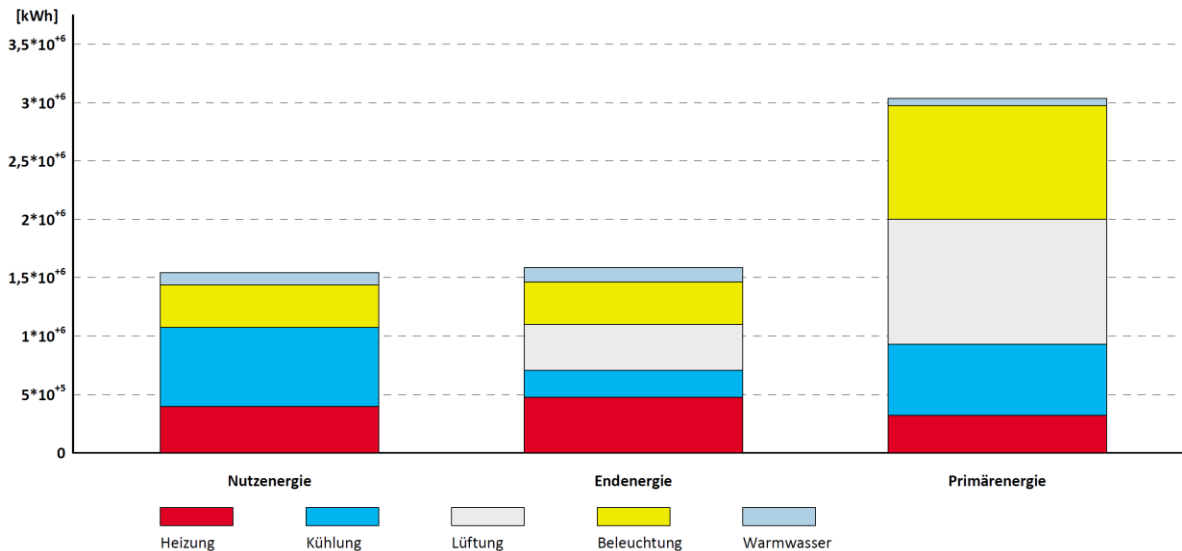


4.2 Ergebnisse der Analyse des Ist-Zustandes

4.2.1 Ergebnis der Bedarfsberechnung vom Bauabschnitt I

Der Jahres Energiebedarf des BA I wurde mit folgendem Ergebnis berechnet¹⁸⁴.

Abbildung 24 Nutz-, End- und Primärenergiebedarf des Bauabschnitt I¹⁸⁵



In Zahlen drückt sich das wie folgt aus.

Tabelle 19 Ergebnis der Bedarfsberechnung BA I, Ist-Zustand¹⁸⁶

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	1537052	391109	681015	0	360977	103950
	197,39	50,23	87,46	0	46,36	13,35
Endenergie	1588021	473637	234251	395522	360977	123633
	203,94	60,83	30,08	50,79	46,36	15,88
Primärenergie	3039785	318328	613545	1067909	974639	65363
	390,38	40,88	78,79	137,15	125,17	8,39

Der gesamte Primärenergieaufwand des Bauabschnitt I beläuft sich auf 3.039.785 kWh/a. Dies liegt an dem großen Anteil des Energiebedarfs an elektrischer Energie der mit einem Primärenergiefaktor von 2,6 bewertet wird. Der Endenergiebedarf ist 1.588.021 kWh/a. Er unterscheidet sich nur leicht vom Nutzenergiebedarf (1.537.052 kWh/a), da der Kälteerzeuger mit einem EEG von 2,7 gewertet wird. Der spezifische Primärenergiebedarf des Gebäudes beträgt 390,38 kWh/m²a.

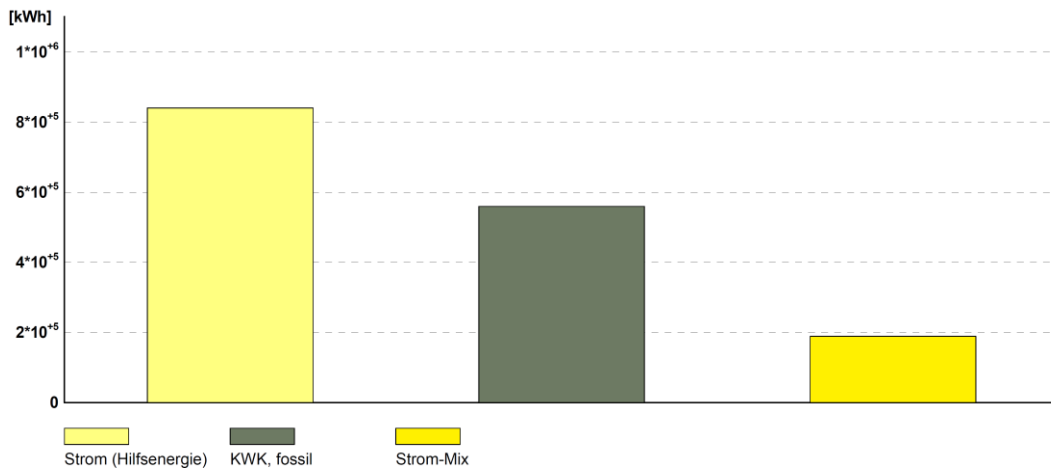
¹⁸⁴ Die genauen Berechnungsfaktoren sind in einer digitalen Form, in der HAW-Hamburg und bei FICHTNER hinterlegt

¹⁸⁵ Ergebnis der Bedarfsrechnung des EnBP

¹⁸⁶ Ergebnis der Bedarfsrechnung des EnBP

Dabei setzt sich der Endenergiebezug des Bürogebäudes aus folgenden Energiequellen zusammen.

Abbildung 25 Endenergiebedarf bezogen auf die unterschiedliche Energiequellen, BA I¹⁸⁷



Aus diesen Anteilen der Energiequellen lassen sich die Emissionen Stickstoffdioxid (SO₂), Stickoxid (NO_x) und Kohlenstoffdioxid (CO₂) ermitteln. Dabei werden die spezifischen Emissionen¹⁸⁸ der jeweiligen Bezugsquelle mit den Werten des Energiebezuges jeder Quelle multipliziert.

Tabelle 20 Emission Basis-Werte¹⁸⁹

	CO ₂		SO ₂		NO _x	
Strom-Mix	633	g/kWh	1,111	g/kWh	0,583	g/kWh
KWK	241	g/kWh	-0,134	g/kWh	0,357	g/kWh

Daraus ergeben sich folgende Emissionswerte.

Tabelle 21 Theoretische Emission des BA I¹⁹⁰

CO ₂	786.242	kg
SO ₂	1.069	kg
NO _x	800	kg

Auf Grund des hohen Kältebedarfs, sowie des Lüftungs- und Beleuchtungsbedarfs wird ein hoher Anteil an elektrischer Energie benötigt. Im Weiteren wird der Energiebedarf der einzelnen Monate betrachtet. Aus dieser Verteilung wird deutlich, dass der Beleuchtungs- und der Warmwasserbedarf recht konstant über das Jahr verteilt sind. Genauso verhält es sich mit der Lüftung. Interessant sind die Verläufe des Heiz- und Kältebedarfs, welche sich nach der jeweiligen Jahreszeit richten. Dies zeigen folgende Abbildungen.

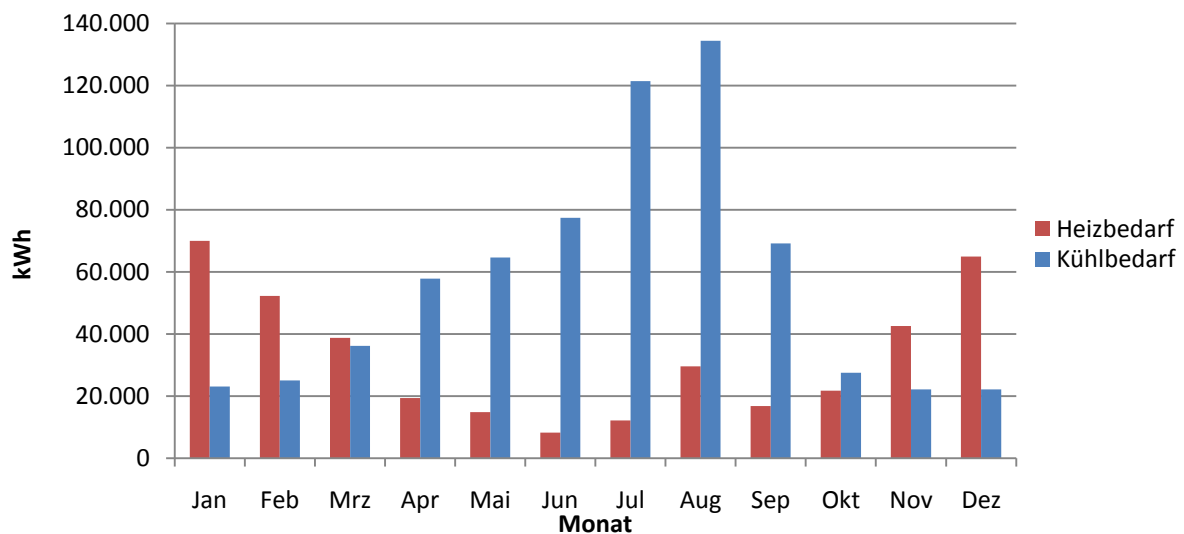
¹⁸⁷ Ergebnis der Bedarfsrechnung des EnBP

¹⁸⁸ Siehe folgende Tabelle

¹⁸⁹ Nach EnEV 2009

¹⁹⁰ Ergebnis der Bedarfsrechnung des EnBP

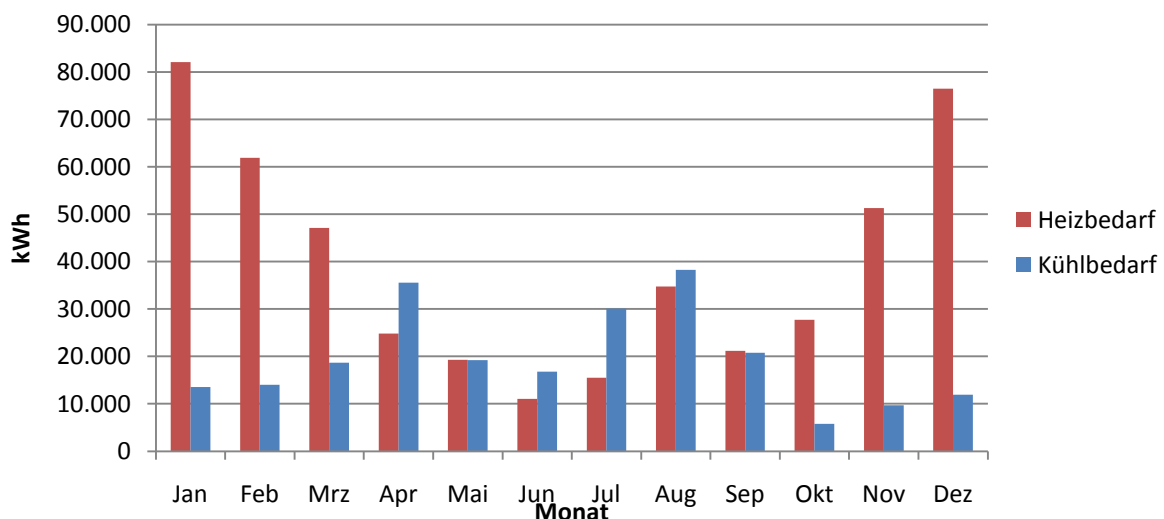
Abbildung 26 Heiz- und Kältenutzenergiebedarf über die Monate¹⁹¹



Aus der Abbildung wird deutlich, dass das BA I einen wesentlich höheren Kältebedarf in den Sommermonaten hat, als Wärmebedarf im Winter. Dies lässt sich darauf zurück führen, dass das Gebäude enorme Interne Wärmequellen hat. Diese wirken sich positiv auf den Heizbedarf im Winter aus. Im Sommer hingegen ist eine höhere elektrische Energie zur kühlung erforderlich. Der Kältebedarf im Winter folgt aus dem Rechenzentrum und der Küche, die ganzjährig erhöhte Wärmequellen haben.

Bei den Ergebnissen der Endenergie gibt es eine Auffälligkeit, welche genauer untersucht werden muss. Die Abbildung 27 zeigt im April einen ungewöhnlich hohen Kühlbedarf und im August einen erhöhten Heizwärmebedarf.

Abbildung 27 Endenergie des Heiz- und Kühlbedarfs¹⁹²



Dies ist ein Phänomen bei der Berechnung von Gebäuden mit vollständiger Konditionierung durch RTL-Anlagen, ohne Fensterbelüftung. Nach Angaben des Herstellers, Firma Hottgenroth, basiert dies auf den Angaben der DIN V 18599. Diese berücksichtigt als erstes keine Nachtabschaltung der Heizung, sonder berechnet dies immer in Form einer Nacht-

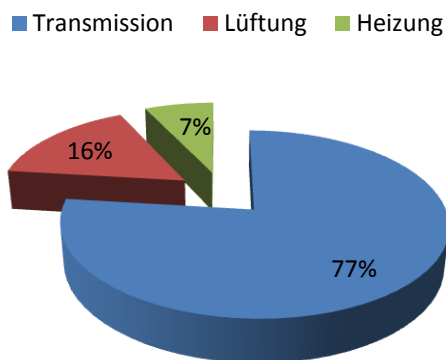
¹⁹¹ Erstellt auf Basis der Berechnungsergebnisse des EnBP. Die genauen Zahlenwerte sind im Anhang B, Ergebnisse der Bedarfsrechnung BA I einzusehen.

¹⁹² Erstellt auf Basis der Berechnungsergebnisse des EnBP. Die genauen Zahlenwerte sind im Anhang B, Ergebnisse der Bedarfsrechnung BA I einzusehen.

senkung. Dies hat zur Folge, dass bei besonders hoher Auskühlung des Gebäudes die Heizung nachts aktiv heizt. Der hohe Kühlbedarf im April beruht auf den zugrunde gelegten Solaren Einstrahlungsenergiewerten des Aprils, welche wesentlich höher sind als die der umliegenden Monate¹⁹³. Diese Kombination von starker Sonneneinstrahlung und kälteren Temperaturen lassen in der Bedarfsrechnung den Energiebedarf ansteigen. Jedoch scheint dies auch ein tatsächliches Problem von manchen RTL-Anlagen zu sein¹⁹⁴.

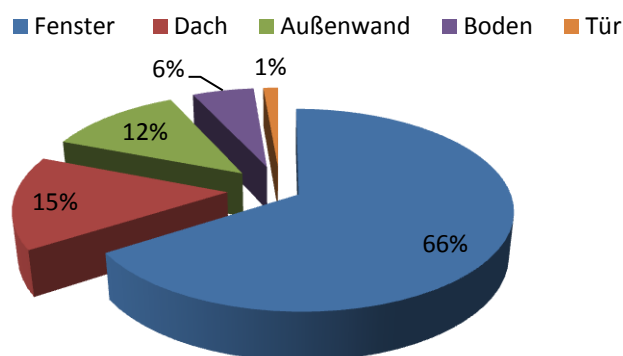
Der gesamte Energieaufwand zur Deckung des Heiz- und Kältebedarfs dient dem Ausgleich der Energieverluste eines Gebäudes. Das BA I hat einen gesamten Energieverlust von 720.379 kWh/a. Dieser teilt sich wie folgt auf.

Abbildung 28 Energieverluste des BA I¹⁹⁵



Der Transmissionsverlust durch die Hüllfläche macht den größten Teil aus. Dieser setzt sich wie folgt zusammen.

Abbildung 29 Transmissionsanteile der einzelnen Hüllflächen vom BA I¹⁹⁶



¹⁹³ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 10), 2005) Seite 22, Tabelle 7 „Werte der Strahlungsin-
tensität [..]“

¹⁹⁴ Nach Rücksprache mit Hottgenroth sind die Berechnungsergebnisse verlässlich.

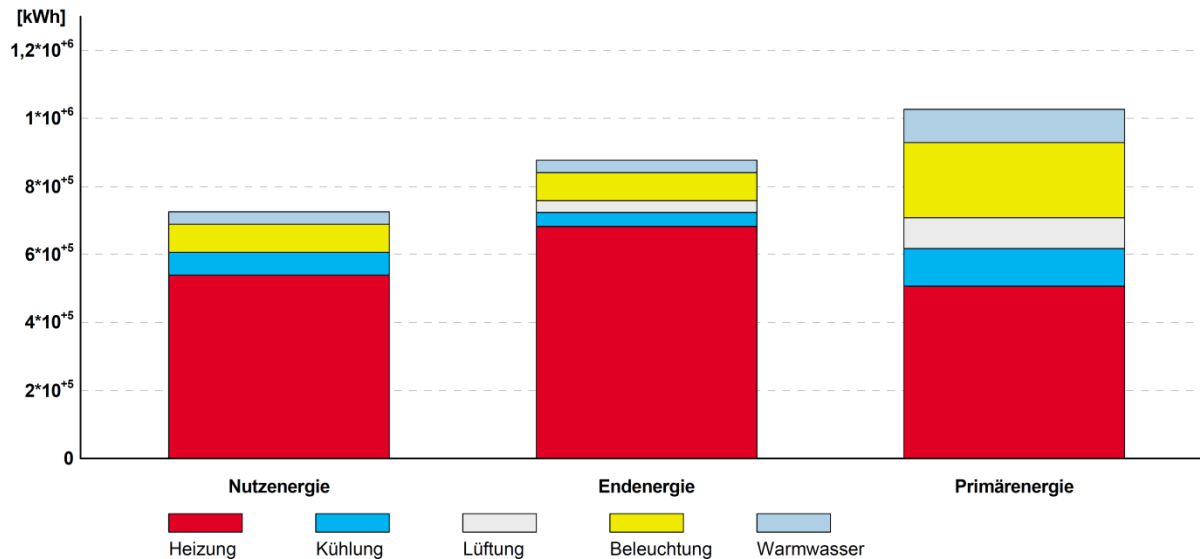
¹⁹⁵ Erstellt auf Basis des Ergebnisses der Bedarfsrechnung mit dem EnBP

¹⁹⁶ Erstellt durch variieren mit dem U-Wert im EnBP

4.2.2 Ergebnis der Bedarfsberechnung vom Bauabschnitt II

Der BA II hat durch seine modernere Bauweise einen geringeren Energiebedarf als der ältere Bauabschnitt. Zudem wird dieser, außer den Besprechungsräumen, nicht durch RTL-Anlagen konditioniert. Unter anderem gibt es keine Küche, Kantine, Druckerei etc. Hier stellt sich das Ergebnis der Bedarfsrechnung mit Hilfe des EnBP wie folgt dar.

Abbildung 30 Nutz-, End- und Primärenergiebedarf des BA II¹⁹⁷



Die Abbildung macht deutlich das anders als im BA I (nicht mehrere Bedürfnisse den größten Anteil haben) der Heizbedarf alleine einen enormen Anteil des Gesamtenergiebedarfs ausmacht. Der hohe Anteil an Heizbedarf lässt auf Grund des niedrigen Primärenergiefaktors von 0,5 für Fernwärme, den Primärenergiebedarf wesentlich niedriger ausfallen als im BA I. Die genauen Ergebnisse sehen wie folgt aus.

Tabelle 22 Ergebnis der Bedarfsberechnung BA II, Ist-Zustand¹⁹⁸

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	723985	538870	66093	0	82047	36976
	169,55	126,20	15,48	0	19,21	8,66
Endenergie	879021	683468	41670	34046	82047	37791
	205,85	160,06	9,76	7,97	19,21	8,85
Primärenergie	1029000	506194	111100	91924	221526	98255
	240,98	118,54	26,02	21,53	51,88	23,01

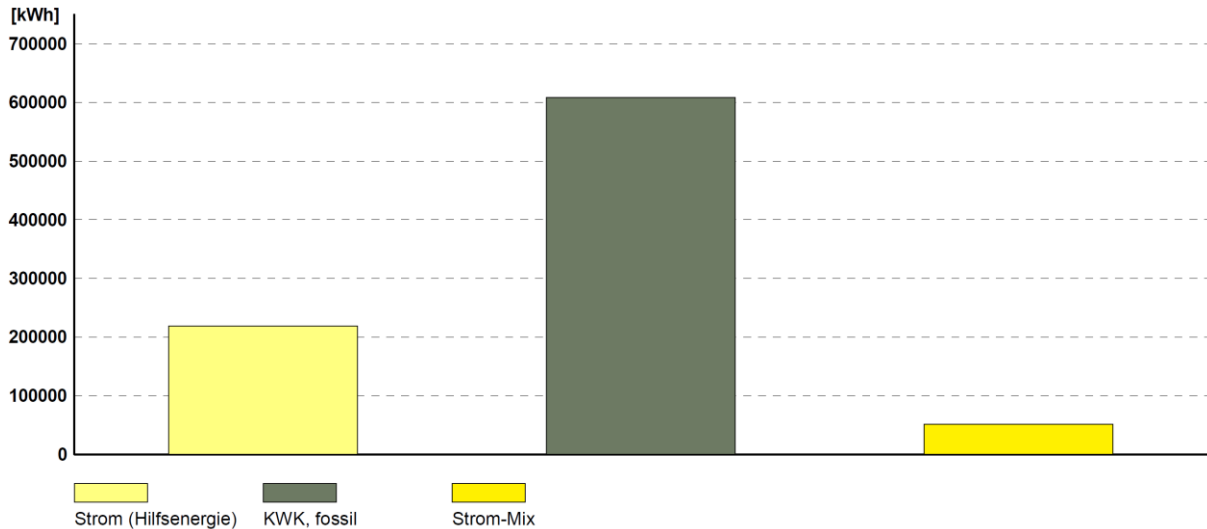
Auch im BA II wird aus der Verteilung der einzelnen Bedarfe auf die Monate deutlich, dass die Beleuchtung und der Warmwasserbedarf recht konstant über das Jahr verteilt sind. Genauso verhält es sich mit der Lüftung. Die Jahreszeiten sind auch im BA II für die Schwankungen des Heiz- und Kältebedarfsverlauf maßgebend.

¹⁹⁷ Ergebnis der Bedarfsrechnung des EnBP

¹⁹⁸ Ergebnis der Bedarfsrechnung des EnBP

Die Deckung des Energiebedarfs mit Hilfe von KWK-Energie resultiert aus dem hohen Heizbedarf. Damit ist der KWK-Anteil der genutzten Energiequellen der höchste Anteil an der gesamt bezogenen Energie.

Abbildung 31 Energiebedarf bezogen auf die unterschiedliche Energiequelle, BA II¹⁹⁹



Aus den Energieanteilen lassen sich folgende Emissions-Werte berechnen.

Tabelle 23 Theoretisch Emission des BA II²⁰⁰

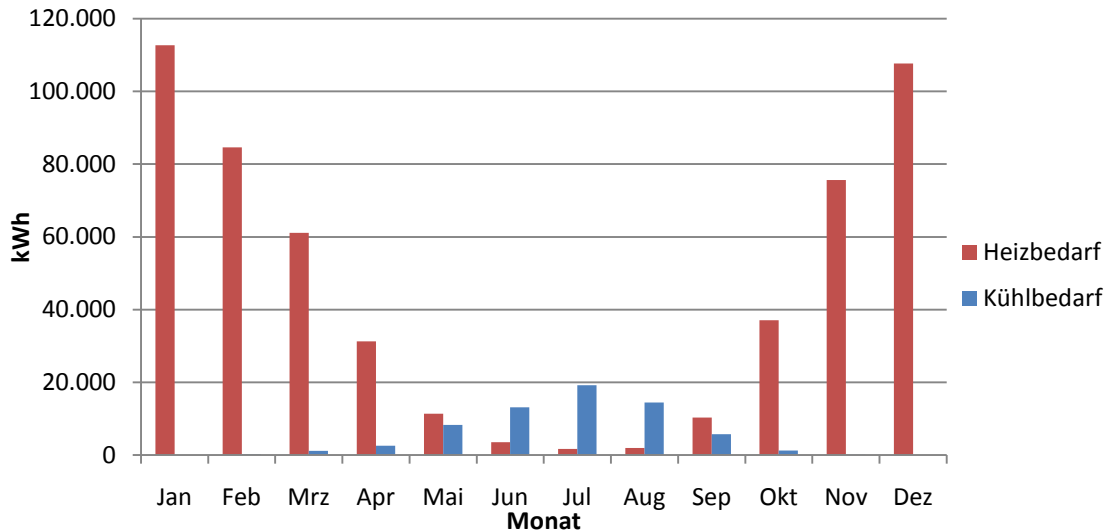
CO ₂	304.413	kg
SO ₂	219	kg
NO _x	375	kg

¹⁹⁹ Ergebnis der Berechnung des EnBP

²⁰⁰ Ergebnis der Berechnung des EnBP

Im Gegensatz zum BA I verhalten sich die Verläufe des Heiz- und Endenergiebedarfs jahreszeitlich wie erwartet. Die folgenden Abbildungen zeigen den Verlauf für die Nutz- und Endenergie dargestellt.

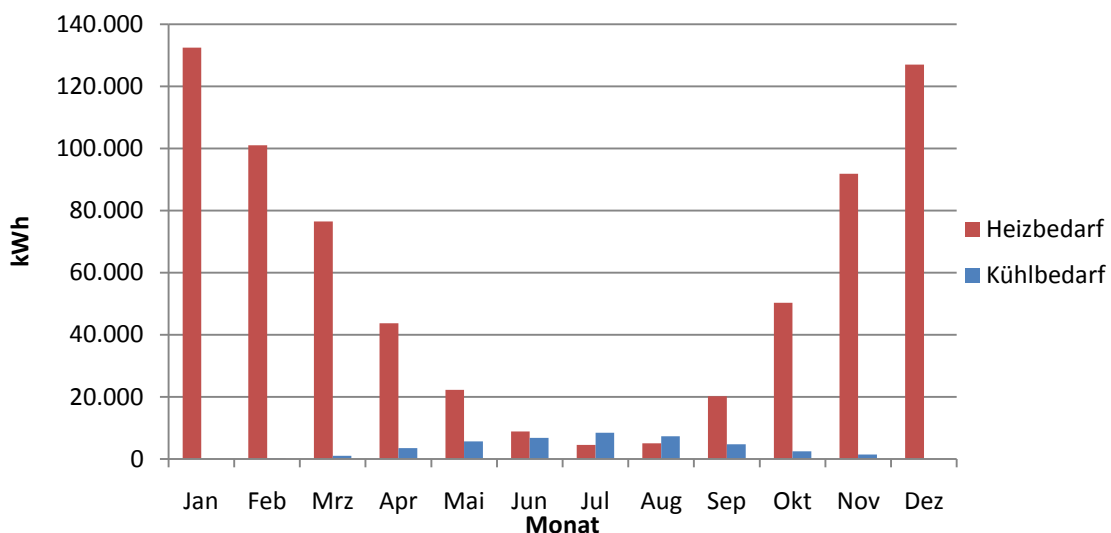
Abbildung 32 Nutzenergiebedarfsverlauf, BA II²⁰¹



Auf Grund der geringen Kühleinheiten ist der Energiebedarf für die Kühlung gering. Der Heizbedarf hingegen ist enorm hoch. Dies liegt vor allem an der manuellen Fensterbelüftung. Es erfolgt keine Wärmerückgewinnung.

Der Endenergieverlauf verhält sich gleich dem Nutzenergiebedarf²⁰².

Abbildung 33 Endenergieverlauf über die Monate, BA II²⁰³



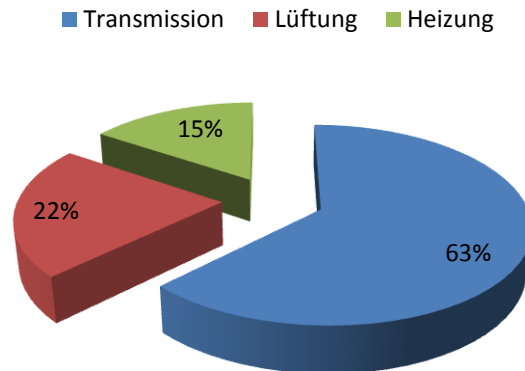
²⁰¹ Erstellt auf Basis der Berechnungsergebnisse des EnBP. Die genauen Zahlenwerte sind im Anhang C, Berechnungsergebnisse der Bedarfsrechnung des BA I einzusehen.

²⁰² Siehe folgende Abbildung 33

²⁰³ Erstellt auf Basis der Berechnungsergebnisse des EnBP. Die genauen Zahlenwerte sind im Anhang C, Berechnungsergebnisse der Bedarfsrechnung des BA I einzusehen.

Die auszugleichenden Verluste, zum aufrechterhalten der angestrebten Raumkonditionierung, setzt sich beim BA II wie folgt zusammen.

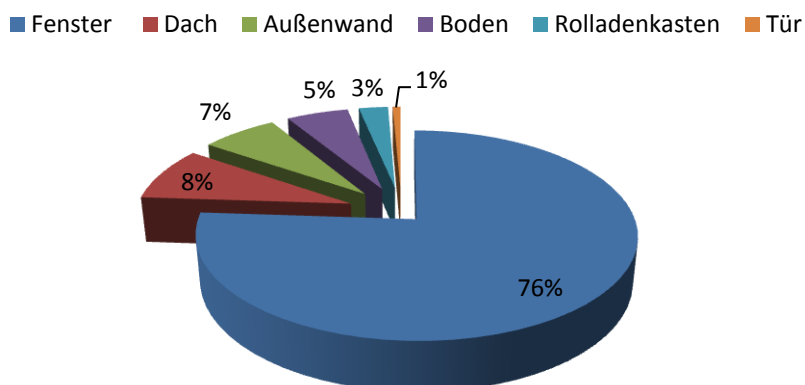
Abbildung 34 Energieverluste BA II²⁰⁴



Durch die manuelle Fensterbelüftung hat, das BA II einen höheren Verlustanteil der Lüftung. Die RTL-Anlage im BA I, kann wesentlich kontrollierter den Luftwechsel festlegen und arbeitet zudem bei der größten Anlage mit einer Wärmerückgewinnung. Jedoch benötigt das BA I hierfür auch die Lüftungsenergie. Die Beheizung durch Radiatoren in einem großen Gebäude mit so langen Rohren erklärt den Verlust der Heizung.

Die meiste Energie wird auch hier durch die Transmission über die Gebäudehülle verloren. Diese Transmissionsverluste verteilen sich auf die Hüllfläche wie folgt:

Abbildung 35 Transmissionsanteile der Hüllfläche BA II²⁰⁵



Die meiste Energie geht durch die große Fensterfläche des Gebäudes verloren. Dies resultiert aus den hohen U-Werten der Fenster.

²⁰⁴ Erstellt auf Basis des Ergebnisses der Bedarfsrechnung mit dem EnBP

²⁰⁵ Erstellt durch variieren mit dem U-Wert im EnBP

4.2.3 Untersuchung der Ergebnisse der Bedarfsrechnung

Der Vergleich der Bedarfsrechnung mit dem realen Bedarf der Gebäudeabschnitte gestaltet sich auf Grund einer fehlenden Trennung vom Energieverbrauch zwischen dem BA I und dem BA II schwierig. Es fehlen die kompletten Abrechnungen der Energieverbräuche des vermieteten Teils, des BA II. Hier hat der Mieter die reinen Energiekosten direkt mit dem Stromversorger abgewickelt. Somit liegen die Abrechnungen nicht vor. Die vorhandenen Abrechnungen des Energieverbrauchs des BA I von vier Jahren (2007 - 2010)²⁰⁶ beinhalten allerdings bei der Fernwärme den kompletten Heizwärmebedarf von BA II. Bei der elektrischen Energie im BA I werden die Aufzüge, die RTL-Anlagen sowie der von FICHTNER im 1.OG angemietet Anteil vom BA I komplett mitgezählt. Außerdem sind der Verbrauch der Außenbeleuchtung und der reine Verbrauch der elektrischen Geräte in BA I (welche in der DIN V 18599 nicht mit berücksichtigt werden) ebenfalls mit inbegriffen. Ein weiteres Problem ist die nicht Berücksichtigung der Wertigkeiten der elektrischen und thermischen Energie bei der DIN V 18599. Diese werden im Ergebnis ohne Berücksichtigung dieser Wertigkeiten mit einander addiert. Die getrennte Angabe der Hilfsenergie (elektrisch) und den Wärmebedürfnissen (thermisch) wird im Einzelnen im EnBP nur unter dem Menüpunkt Anlagentechnik dargestellt und kann daher nur abgelesen werden. Auf Grund dieser Probleme wurde in diesem Fall auf eine Witterungskorrektur der Stromabrechnung verzichtet. Lediglich der Heizwärmebedarf lässt sich so vergleichen.

Im Folgenden werden zuerst die, einer Witterungskorrektur unterzogenen, Abrechnungsdaten des Heizbedarfs mit der Bedarfsrechnung verglichen. Daraufhin wird durch die Einschätzung der Laufzeiten der Verbraucher und durch die RTL-Anlagen im BA II aufgenommen Zählerstände, eine grobe Genauigkeitsabschätzung der Bedarfsrechnung, zum Ist-Zustand für die elektrische Energie untersucht. Zum Schluss wird unter Missachtung der unterschiedlichen Wertigkeit der elektrischen und thermischen Energie ein Gesamtvergleich durchgeführt.

4.2.3.1 Vergleich des realen Heizbedarfs mit dem Ergebnis der Bedarfsrechnung

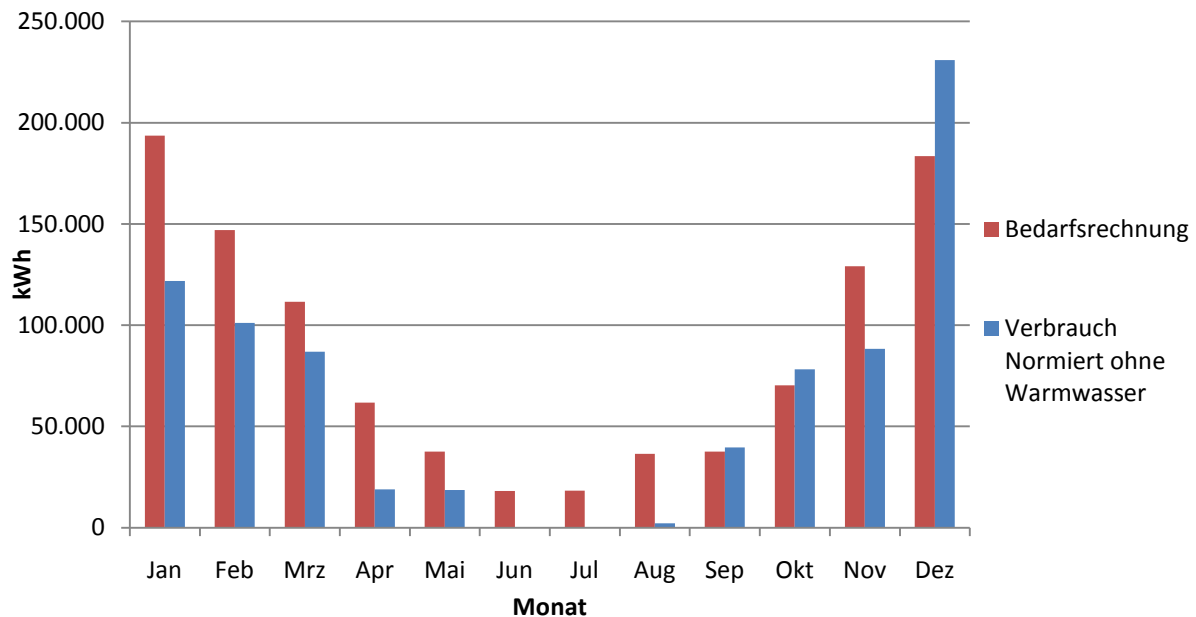
Der abgerechnete reale Wärmebedarf des Bürogebäudes beläuft sich auf 856.076 kWh/a. Um nur den Witterungsabhängigen Heizbedarf zu ermitteln, wird der niedrigste Wärmebedarf in den Sommermonaten der jeweiligen Jahre (2007- 2010) ermittelt. Dieser entspricht dem Grundbedarf an Warmwasser und wird daher von allen Monaten subtrahiert. Daraus erhält man den reinen Heizbedarf. Im Folgenden werden diese Wärmeabrechnungen der Jahre 2007-2010, nach der DIN 3807 einer Witterungskorrektur unterzogen²⁰⁷. Diese Witterungskorrigierten Abrechnungen werden über die Abrechnungsjahre Monatsweise gemittelt um einen jährlichen Referenzverlauf abzubilden. Dieses Referenzjahr des Bürogebäudes wird mit den Monatsweise addierten Ergebnissen der Heizbedarfsberechnung beider Bauabschnitte verglichen. Bei dem Heizbedarf ist zu berücksichtigen, dass keine Unterscheidung zwischen elektrischer und thermischer Energie vorgenommen wird. Die elektrische Hilfsenergie muss deshalb erst von den einzelnen Monaten subtrahiert werden²⁰⁸. Dies gelingt nur manuell und wird von EnBP nicht eigens ausgegeben. Die Verläufe stellen sich wie folgt dar.

²⁰⁶ Die Wärmeabrechnungen der Jahre 2007 - 2010, als auch die Stromabrechnungen 2007-2010 sind im Anhang A, „Verbrauchsabrechnungen“ tabellarisch aufgeführt.

²⁰⁷ Siehe Anhang A, „Verbrauchsabrechnungen“

²⁰⁸ Ergebnis siehe Anhang A, „Reiner Heizwärmebedarf der Bedarfsrechnung“

Abbildung 36 Vergleich witterungskorrigierter Verbrauch der Abrechnung mit dem Ergebnis der Bedarfsrechnung BA I und BA II²⁰⁹



Der Heizverlauf der Bedarfsrechnung verläuft parabelförmig. Die Abweichungen von dem realen Verbrauch zu der Bedarfsrechnung des Heizbedarfs im Sommer resultieren aus dem unterschieden der Tages- und Nachttemperatur, sowie der Nachtabenkungsberechnung der Heizung. Der Verlauf des normierten realen Verbrauchs liegt unter dem der Bedarfsrechnung. Durch die Witterungskorrektur fällt der Heizbedarf in den Sommermonaten auf null. Die Bedarfsrechnung weicht 24,7 % vom realen Verbrauch ab. Dies ist ein recht hoher Wert, welcher sich im Rahmen der zu Grunde liegenden Daten, dennoch als positiv zu werten ist. Erfahrungswerte von FICHTNER zeigen das Abweichungen von 20% noch akzeptabel sind. Das lässt sich mit der nicht vorhandenen Trennung der Bauabschnitte begründen. Dies wird insbesondere bei der Trennung des Heiz- und Warmwasserbedarfe der realen Gebäudedaten deutlich. Die Warmwasserbedarfswerte der Berechnung mussten mit den statistischen Annahmen der DIN V 18599²¹⁰ vorgenommen werden, was ebenfalls eine Abweichung mit sich bringt. Da die Ergebnisse im Zusammenhang mit der DIN V 18599 entstanden sind und dies eine auf Normen basierende Rechnung darstellt, lassen sich auf diesen Berechnungen Bewertungen der Energieeinsparmaßnahmen treffen²¹¹.

Tabelle 24 Abweichung Heizbedarf Bedarfsrechnung von Abrechnung²¹²

Bedarfsrechnung BA I + BA II	1.045.021	kWh/a
Normierter Abrechnung	786.755	kWh/a
Abweichung	24,7	%

²⁰⁹ Auf Basis der Bedarfsrechnung (siehe Anhang B, Reiner Heizwärmebedarf der Bedarfsrechnung) des EnBP und den Heizkostenabrechnungen der Jahre 2007- 2010 (Siehe Anhang C, Verbrauchsabrechnungen)

²¹⁰ Die verwendeten Werte sind in der digitalen Ausgabe der Berechnungsergebnisse bei der HAW-Hamburg, Berliner Tor 21 und bei der Firma FICHTNER hinterlegt.

²¹¹ Hierzu siehe auch die Abweichungsberechnung ohne Wertigkeitsberücksichtigung im Kapitel 4.2.3.3, Seite 65

²¹² Ergebnis ist im Rahmen des Arbeit Berechnet wurden und basiert auf den Daten des vorangegangenen Diagramms.

4.2.3.2 Vergleich des realen elektrischen Energiebedarfs mit dem Ergebnis der Bedarfsrechnung

Da die Abrechnungen des elektrischen Energiebedarfs des BA II fehlen, werden nur die elektrischen Daten des BA I abgeglichen. Hierbei sind die Anteile an Außenbeleuchtung, Aufzüge, die Lüftungsanlage der Tiefgarage des BA II sowie der Verbrauch des Druckluftkompressors in BA I zusammengefasst²¹³. Die einzelnen Verbräuche beruhen auf den Zählungen, welche zur Bestimmung der einzelnen Wärmequellen durchgeführt wurde. Alle restlichen Daten wurden gemittelt über die Jahre 2007 - 2010 den Abrechnungen entnommen (Realwerte) und mit dem Ergebnis der Bedarfsrechnungsergebnissen des EnBP verglichen. Die Auflistung und Berechnung der Anteile sieht wie folgt aus:

Tabelle 25 Abweichung des elektrischen Energiebedarfs der Bedarfsrechnung von der Abrechnung

Reiner Kraftstrom (Pc etc.)			Nicht in Gebäudebilanz (Aufzüge etc)		
BA I	257.482	kWh/a	252.408	kWh/a	
BA II (1)	62.443	kWh/a			
	319.925	kWh/a			

Simulation mit DIN V 18599

BA I EndE.	1.588.021	kWh/a	Reiner Wärmebe.(2)	436.588	kWh/a
			Reiner Warmwasserbe. (2)	122.308	kWh/a
BA I Strom	1.029.125	kWh/a	BAI Fernwärme	558.896	kWh/a

BA II EndE.	879.021	kWh/a	Reiner Wärmebe.(2)	608.713	kWh/a
			Reiner Warmwasserbe.(3)	0	kWh/a
BA II Strom	270.308	kWh/a	BAII Fernwärme	608.713	kWh/a

Strom Verbrauch

BA I	257.482	kWh/a	Realmesswert BA I	2.000.000	kWh/a
W-Anteil	252.408	kWh/a			
BA I Strom SIMU	1.029.125	kWh/a	Abweichung SIMU zu real	9,53	%
BA II Strom SIMU	270.308	kWh/a			
Gesamt	1.809.323	kWh/a			unter Realwert

- (1) Der Wert lässt sich nicht vergleichen, da keine Stromrechnung von dem Mieter vorliegt.
- (2) Der Wert beinhaltet keine Hilfsenergien, lediglich die Nutzenergie+Wärmeverlustenergie
- (3) Keine Warmwasserbedarfsdeckung durch Fernwärme, da dezentrale Erhitzer verwendet werden !

Nach dieser Berechnung erhält man eine Abweichung von 9,53 %. Dies ist ein sehr gutes Ergebnis, welches die Abweichung der Wärme im Gesamtbedarf wieder relativiert. Jedoch beruhen diese Berechnungen alle auf eine Einschätzung der einzelnen Laufzeiten von Verbrauchern und sind daher tatsächlich nur als Abschätzung anzusehen.

²¹³ Siehe Anhang A, Verbraucher die auf der BA I Abrechnung für elektrische Energie mitgezählt werden

4.2.3.3 Gesamtvergleich des realen Verbrauchs mit dem Ergebnis der Bedarfsrechnung

Wird die Wertigkeit zwischen elektrischer und thermischer Energie vernachlässigt, so lässt sich eine Gesamtabweichung der Bedarfsrechnung von dem realen Wert bestimmen.

Als erstes wird der Wärmebedarf der Ergebnisse der Bedarfsberechnung der beiden Gebäudeabschnitte addiert. Dann wird der Wärmebedarf von dem gesamten Endenergiebedarf der jeweiligen Bauabschnitte subtrahiert, um so den Strombedarf der Bedarfsrechnung zu erhalten. Addiert mit den zusätzlichen Verbräuchen, die in der DIN V 18599 nicht betrachtet werden, ergibt sich eine Gesamtsumme des Energiebedarfs der Bedarfsrechnung von 2.976.932 kWh/a. Verglichen mit der Summe der beiden realen Energiewerte von Wärme und Strombedarf, ergibt sich eine Abweichung von 4%.

Tabelle 26 Wärmebedarf Bedarfsrechnung und Abrechnung

Bedarfsberechnung

Wärmebedarf		
BA I Fern SIMU	558.896	kWh/a
BA II Fern SIMU	608.713	kWh/a
Gesamt	1.167.609	kWh/a

Stromverbrauch Gesamtes Gebäude		
Rein Kraftstrom BA I	319.925	KWh/a
Witschel-F	252.408	KWh/a
BA I Strom SIMU	1.029.125	KWh/a
BA II Strom SIMU	270.308	KWh/a
Gesamt	1.871.766	KWh/a

Wärmebedarf	558.896	kWh/a
Strombedarf	1.871.766	kWh/a
Gesamt	2.976.932	kWh/a

Abrechnung (Real)

Gesamt Energie Real		
Realermesswert BA I + BA II		
Wärmebedarf	856.000	kWh/a
Strom	2.000.000	kWh/a
Gesamt	2.856.000	kWh/a

Abweichung

Real	2.856.000	KWh/a
Bedarfsb.	2.976.932	KWh/a

Abweichung	4%
------------	----

Insgesamt sind die Ergebnisse der Bedarfsrechnung für die Bewertung der Energieeinsparmaßnahmen ausreichend. Dies zeigt insbesondere die letzte Abschätzung die eine Abweichung von 4% ergibt. Um eine wirklich genaue Abweichung der Bedarfsrechnung von dem realen Zustand zu erhalten, sind weitere Messstellen zur differenzierten Aufnahmen des Energiebedarfs nötig.

4.3 Bewertung des IST-Zustandes

Zur Gesamtbewertung der Bauabschnitte wird hier der spezifische Primärenergiebedarf, nach dem Energieausweis der EnEV 2009 genutzt. Es erfolgt ein Benchmarking auf Basis des Referenzgebäudes²¹⁴ nach der EnEV 2009.

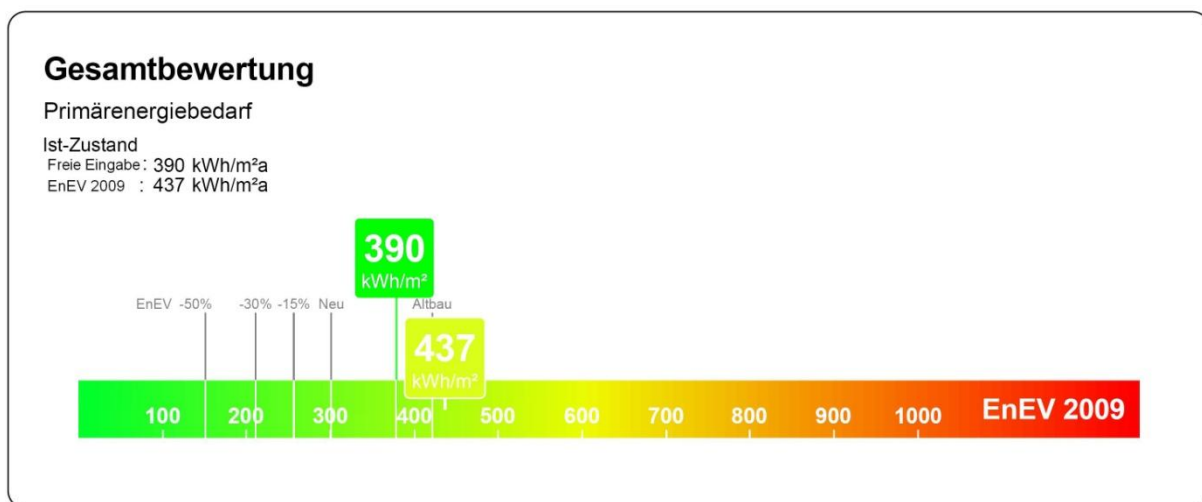
Der Bauabschnitt I, Baujahr 1982 wird den Anforderungen der EnEV 2009 bei den freien Eingaben gerecht. In der folgenden Abbildung sind beide Varianten Dargestellt.

Tabelle 27 Energetische Bewertung der Ergebnisse der Bedarfsrechnung mit freier Eingabe und fester Vorgabe vom BA I²¹⁵

Nach DIN V 18599	Ist-Wert	mod. Altbau	EnEV-Neubau	- 15 %	- 30 %	- 50 %	Neubau %
Jahres-Primärenergiebedarf q_p [kWh/(m ² a)]	436,60	421,29	300,92	255,78	210,65	150,46	+45%
Mittlere U-Werte [W/(m ² K)]							
- Opake Außenbauteile	0,440	0,490	0,350	0,297	0,245	0,175	+26 %
- Transparente Außenbauteile	2,546	2,660	1,900	1,615	1,330	0,950	+34 %

Mit freier Eingabe	Ist-Wert	mod. Altbau	EnEV-Neubau	- 15 %	- 30 %	- 50 %	Neubau %
Jahres-Primärenergiebedarf q_p [kWh/(m ² a)]	390,38	421,29	300,92	255,78	210,65	150,46	+30%

Abbildung 37 Energetische Bewertung vom BA I anhand der Energieausweisskala²¹⁶



Anhand dieser Einstufung ist deutlich, dass der Bauabschnitt I trotz seines Baujahrs 1982 einen recht geringen Primärenergiebedarf besitzt. Selbst nach der Berechnung mit den vorgegebenen Zonenbedingungen, weicht der spezifische Primärenergiebedarf nur wenig von der EnEV 2009 geforderten Wert von 421,29 kWh/(m²K) ab. Das Ergebnis der Bedarfsrechnung bestätigt den äußeren Zustand des Gebäudes. Hingegen scheint die hohe Primärenergiebedarfsdifferenz der beiden unterschiedlichen Methoden zu bestätigen, dass die Berechnung der Vollklimatisierung noch nicht ausgereift ist²¹⁷.

Der BA II wird im Folgenden nach dem gleichen Prinzip, wie der BA I energetisch eingeordnet. Hier wird ebenfalls die freie Eingabe, als auch die Berechnung mit den Nutzungsprofilen

²¹⁴ Siehe Kapitel 3.3.1, Seite 20

²¹⁵ Erstellt vom EnBP auf Basis der Bedarfsberechnung

²¹⁶ Erstellt vom EnBP auf Basis der Bedarfsberechnung

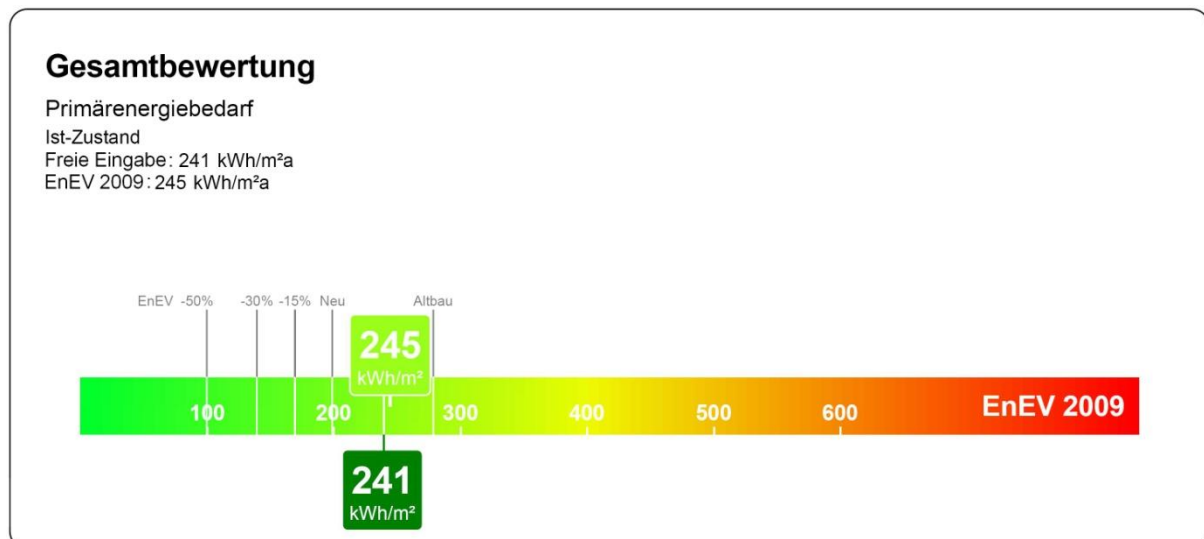
²¹⁷ Hier lagen von den Erwartungen abweichende Energieverläufe vor. Siehe hierzu Kapitel 4.2.1, Seite 54

der DIN V 18599 verglichen. Jedoch übersteigt der U-Wert der Fenster den von der EnEV 2009 geforderten Wert von 2,66 W/m²K. BA II erfüllt nicht die Anforderung nach der EnEV 2009. Der Primärenergiebedarf liegt jedoch weit unter den Anforderungen moderner Bestandsgebäude²¹⁸.

Tabelle 28 Energetische Bewertung der Ergebnisse der Bedarfsrechnung mit freier Eingabe und fester Vorgabe vom BA II²¹⁹

Nach DIN V 18599	Ist-Wert	mod. Altbau	EnEV-Neubau	- 15 %	- 30 %	- 50 %	Neubau %
Jahres-Primärenergiebedarf q _p [kWh/(m ² a)]	244,51	278,43	198,88	169,05	139,22	99,44	+23 %
Mittlere U-Werte [W/(m ² K)]							
- Opake Außenbauteile	0,370	0,490	0,350	0,297	0,245	0,175	+6 %
- Transparente Außenbauteile	2,819	2,660	1,900	1,615	1,330	0,950	+48 %
- Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	2,819	4,340	3,100	2,635	2,170	1,550	-9 %
Mit freier Eingabe							
Jahres-Primärenergiebedarf q _p [kWh/(m ² a)]	240,98	278,43	198,88	169,05	139,22	99,44	21 %

Abbildung 38 Energetische Bewertung vom BA II anhand der Energieausweisskala²²⁰



Das BA I hat einen guten gesamtenergetischen Wert. Hier sticht der hohe Wert der transparenten Bauteile hervor, welche letztendlich auch die Erfüllung der EnEV 2009 Anforderungen verhindert.

Insgesamt ist das Gebäude in einem guten Zustand. Dies schränkt den Handlungsbedarf positiv ein. Die einzige offensichtliche Schwachstelle sind die transparenten Bauteile des BA II. Diese müssen für das Erfüllen der EnEV-Anforderung unweigerlich verbessert werden. FICHTNER kann sich ansonsten uneingeschränkt für verschiedene Energieeinsparmaßnahmen entscheiden.

²¹⁸ Siehe folgende Abbildung

²¹⁹ Erstellt vom EnBP auf Basis der Bedarfsberechnung

²²⁰ Erstellt vom EnBP auf Basis der Bedarfsberechnung

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

5. Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Nachdem alle energetisch relevanten Daten vorbereitet sind, werden im Folgenden anhand der Ergebnisse Energieeinsparmaßnahmen erörtert und bewertet. Dies beinhaltet auch die Nennung der Schwachstellen, die im Umfang dieser Arbeit nicht genauer untersucht werden konnten. Es wird zwischen investiven und nicht investiven Maßnahmen unterschieden. Dabei lassen sich passive Maßnahmen zur Reduktion des Primärenergieeinsatzes von aktiven Maßnahmen zur Erzeugung von Primärenergie vor Ort unterscheiden. Ziel ist eine Ergebnisübersichtstabelle der möglichen Energieeinsparmaßnahmen unter Berücksichtigung folgender Kriterien wie Primärenergieeinsparung, Investitionskosten, jährlicher Einnahmen, spezifische Kosten, Einsparung an Kohlendioxid, Image Förderung.

Vorab werden Maßnahmen, die die Abteilung Logistik der Firma FICHTNER mit den Haus-technikern bereits anwendet bzw. angewendet haben, aufgelistet. Die darin enthaltenden Maßnahmen sind bereits Maßnahmen für einen effektiveren Primärenergieeinsatz.

Tabelle 29 Maßnahmen die bereits im Gebäude angewendet werden

Technik/Bereich		Details	BA I	BA II	Hinweise
1.	Beleuchtung	Automatische Abschaltung ab einer bestimmte Uhrzeit	x	x	
2.	Beleuchtung	helligkeitsgesteuert Abschaltung der Beleuchtung außerhalb des Gebäudes			
3.	Beleuchtung	Grundbeleuchtung wird in der Tiefgarage minimiert.			
4.	Fahrstuhlbetrieb	Beleuchtungsabschaltung im Fahrstuhl nach einer gewissen Nichtnutzungszeit	x		
5.	Fahrstuhlbetrieb	Am Wochenende und Abend wird keine Warteposition Ansteuerung der Fahrstuhl bleibt dort, wo er als letztes stand.	x		
6.	Heizung	Nachtabstaltung	x	x	
7.	Heizung	Umwälzpumpen der Heizung werden bei Nichtbedarf abgeschaltet	x	x	
8.	Heizung	Betrieb: 55/45 °C; Legionellen-Schaltung	x		
9.	Heizung	Testraumregelung ²²¹		x	
10.	Kälteanlage	Kältespeicher, für geringere Lastwechsel		x	
11.	Kälteanlage	Am Wochenende wird nur eine Kälteanlage betrieben	x		
12.	Kälteanlage	Der Kolbenverdichter wird durch eine neue Turboverdichter-Maschine die Stufenlosregelbar ist ersetzt. geplant: Sommer 2011		x	Der Turboverdichter soll den erhöhten Kältebedarf nach Bürosanierung zu Verfügung stellen.
13.	Klimaanlage	Nachtabstaltung	x	x	
14.	Klimaanlage	EDV-Befeuchtung ist abgeschaltet	x		
15.	Klimaanlage	Im Sommer wird zusätzlich Nachts durch zuvor von Frischluft das Gebäude gekühlt	x		
16.	Klimaanlage	In der Hauptanlage (Anlage I) werden die Ventilatoren Drehzahlgesteuert	x		
17.	Sonnenschutz	helligkeitsgesteuert (wird nochmals überprüft!)	x	x	wird in dieser Arbeit analysiert
18.	Warmwasser	Pumpen werden bei nicht bedarf abgeschaltet	x	x	

²²¹ Testraumregelung – Hier wird ein Raum, welcher der Mittleren Einstrahlung der Sonne entspricht, als Referenz für einen bestimmten Bereich herangezogen. Sollte es zu warm sein, wird der ganze Bereich nicht mehr mit Heizenergie versorgt.

5.1 Investive Maßnahmen

Die investiven Maßnahmen untersuchen meist auf Basis der Bedarfsrechnung das Potential einer Maßnahme, die eine wesentliche Investition voraussetzen. Hierbei wird zum einen das energetische Einsparpotential der jeweiligen Maßnahme untersucht, zum anderen die Wirtschaftlichkeit.

Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme basiert auf einer einfachen Annuitäts-Berechnung²²². Das bedeutet eine Einschätzung des jährlichen Überschusses. Dann wird die statische Amortisationszeit aus den Investitionskosten dividiert durch den Erlös ermittelt. Des Weiteren werden die spezifischen Kosten bestimmt, welche sich aus den Investitionskosten dividiert durch die Energieeinsparung ergeben.

Das Energieeinsparpotential der jeweiligen Maßnahmen wird, -wenn möglich- mit Hilfe der DIN V 18599 Bedarfsrechnung im EnBP bewertet. Es ist wichtig anzumerken, dass eine Maßnahme mehrere Einflussfaktoren haben kann, die zu einer Energieeinsparung führt. Dies wird zunächst am Beispiel der Beleuchtungsanlage verdeutlicht. Mit Senkung der Beleuchtungsleistung vermindert sich nicht nur der direkte Energiebedarf, sondern auch der aus der Verringerung der Abwärme resultierende niedrigere Kältebedarf. Hieraus resultiert dann ein geringerer Lüftungsbedarf.

5.1.1 Beleuchtungsoptimierung

Seit der DIN V 18599 wird die Beleuchtung als ein großer Energieverbraucher bei Nicht-Wohngebäuden mit berücksichtigt. Die Bedarfsberechnungen zeigen das beim BA I ca. 22% und beim BA II ca. 10% der Endenergie zur Beleuchtung des Gebäudes aufgewendet wird. Die beiden Beleuchtungskonzepte sind mehr als 20 Jahre alt. Mittlerweile gibt es „intelligent“ gesteuerte Systeme, welche nicht nur die Anwesenheit berücksichtigen, sondern sich auf die sich verändernden Einflüsse des Tageslichtes einstellen.

Die benötigte Beleuchtungsleistung setzt sich aus der Art der Leuchte und deren Vorschaltgerät zusammen. Die Beleuchtung des Bürogebäudes wird zum größten Teil mit Leuchtstoffröhren realisiert. Diese sind im BA I mit Konventionellen-Vorschaltgeräten (KVG)²²³ ausgestattet und im BA II mit Elektronischen-Vorschaltgeräten (EVG)²²⁴. Das EVG hat hervorragende Auswirkung auf die Lebensdauer einer Leuchtstofflampe und deren Energieverbrauch. Im Gegensatz zum KVG erhält man mit dem EVG eine Lebensdauerverlängerung von 8.000 Stunden bei einem relativen Anlagenlichtstrom von 80%²²⁵. Das entspricht dem Wert, ab dem eine Lampe getauscht werden sollte. In der Abbildung 39 werden die Nutzdauerverläufe einer Leuchtstofflampe EVG-betrieben mit einer KVG-betriebenen verglichen.

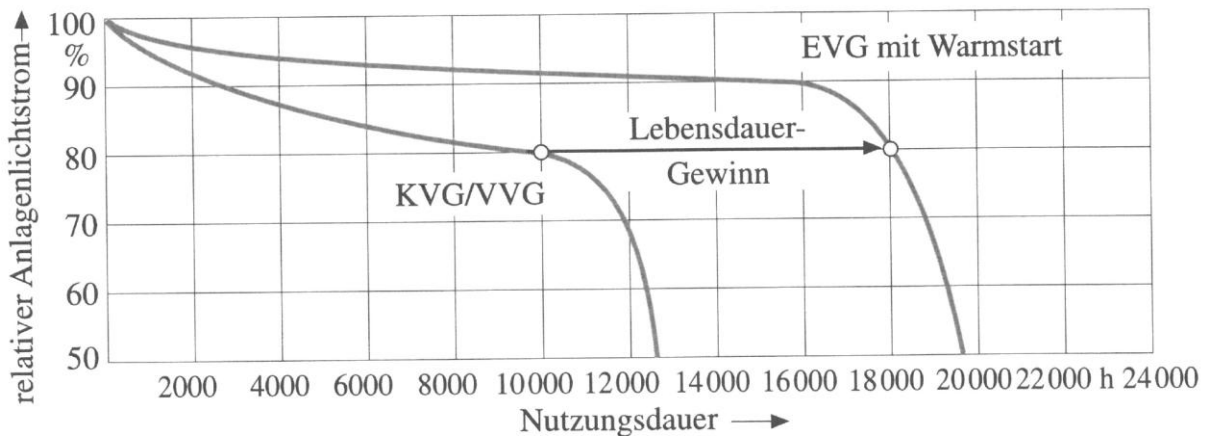
²²² Siehe (Konstantin, 2009), Kapitel 4.3.2.3, Seite 173

²²³ KVG - Konventionelles Vorschaltgerät, ist ein Induktives Vorschaltgerät. Startabfolge: 1. Einschalten - Glimmstarter mit Bimetall aktiv. 2. Aufheizung erreicht, Bimetall öffnet sich, Zündung durch hohe Induktionsspannung der Spule. Bei Versagen wird der Vorgang wiederholt.

²²⁴ EVG - Elektronisches Vorschaltgerät, Induktives Vorschaltgerät. Beim Starten übernimmt eine elektronische Schaltung die Steuerung und überwacht den Startvorgang. Der Vorheizstrom wird anhand der Umgebungstemperatur eingestellt. Es entsteht ein weiches flackerfreies Licht.

²²⁵ Der Anlagenlichtstrom gibt die Leuchtstärke einer Leuchte an. Jede Leuchte unterliegt einer gewissen Degradation.

Abbildung 39 Relativer Anlagenstrom von Leuchtstofflampen bei EVG-Betrieb mit Warmstart bzw. KVG-Betrieb²²⁶



Durch den hochfrequenten Betrieb einer Lampe mit einem EVG (35kHz - 45kHz) steigt die Lichtausnutzung. Dies ist auch der Grund für die erhöhte Lebensdauer bei EVG-Betrieb. Die hohen Frequenzen sorgen dafür, dass nicht wie bei dem 50Hz-Betrieb mit einem KVG, nach jeder Netzhälfte neue Ladungsträger aufgebaut werden. Dies trägt zur Degradation bei; Es entfällt das typische 50Hz-Flackern der Leuchten. Insgesamt hat das zur Folge, dass Lampen mit weniger Leistung, die gleiche Leuchtkraft entwickeln. Außerdem wird bei einem Defekt der Lampe nach einer gewissen Anzahl von Startversuchen der Startvorgang abgebrochen. Eine EVG-betriebene Anlage hat gegenüber einer KVG-betriebenen Anlage einen um 23 % niedrigeren Energieverbrauch.

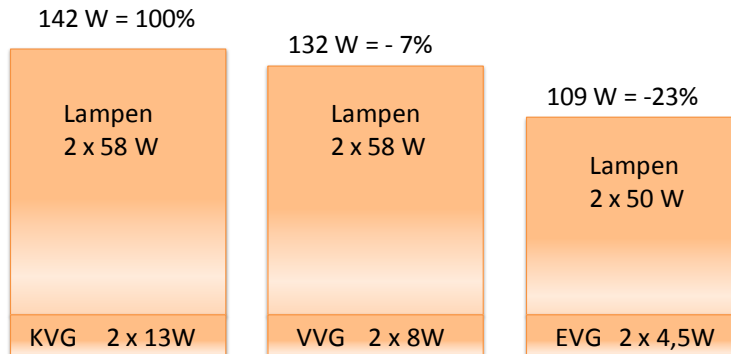


Abbildung 40 Vergleich der Systemleistung von Leuchtstofflampen 2 x 58 W beim Betrieb an unterschiedlichen Vorschaltgeräten²²⁷

Die Technik der Leuchtstofflampen hat sich weiterentwickelt. So gibt es mittlerweile kleinere Durchmesser als die in diesem Gebäude betriebenen T8-Leuchten. Diese werden unter anderem mit ein wenig höherem Druck betrieben, was wiederum zu einer höheren Lichtausbeute führt. Im direkten Vergleich mit anderen Leuchten ist die Leuchtstofflampe noch die effizienteste Art der Beleuchtung. Es ist zu erwarten, dass eine LED-Beleuchtung durch ihre wesentlich höhere Lebenszeit zukünftig die traditionelle Beleuchtung ablösen wird. Sie strahlt derzeit noch sehr punktuell ihr Licht aus, was eine gleichmäßige Ausleuchtung erschwert. Demzufolge eignet sie sich derzeit lediglich gut als Tischleuchte. Dies zeigt die folgende Tabelle auf der nächsten Seite.

²²⁶ Siehe (Ris, 2003), Kapitel 3.3.1.4, Seite 87

²²⁷ Siehe (Ris, 2003), Kapitel 3.3.1.5, Seite 88

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Tabelle 30 Lampenvergleich²²⁸

Lampentyp	Lichtausbeute lm/W	Lebensdauer 1000h	Farbqualität	Bemerkung
Glühfadenlampe	5 bis 15	0,1 bis 1,5	sehr gut	günstig
Leuchtstofflampe	50 bis 100	10 bis 40	gut	am besten T 5 mit Ø 16 mm und EVG
Kompakt- Leuchtstofflampe	40 bis 75	8 bis 12	gut	
Leuchtdiode (LED)	10 bis 50	35 bis 100	gut	kleiner Punkt- strahler

Bedingt durch die Verwendung unterschiedlicher Beleuchtungstechniken in den Bauabschnitten I und II, müssen auch die Maßnahmen zur Beleuchtungsoptimierung getrennt betrachtet werden.

²²⁸ Siehe Quelle (Gloor, 2010)

5.1.1.1 Beleuchtungsoptimierung im BA I

Um einen Überblick der derzeitigen Beleuchtungssituation zu erhalten, wurden am 29.03.2011 um 15 Uhr bei klarem Himmel und Sonnenschein im ersten Obergeschoss Messungen mit Hilfe eines Luxmeters durchgeführt. Die folgende Abbildung zeigt die Messergebnisse zu den einzelnen Messstellen.

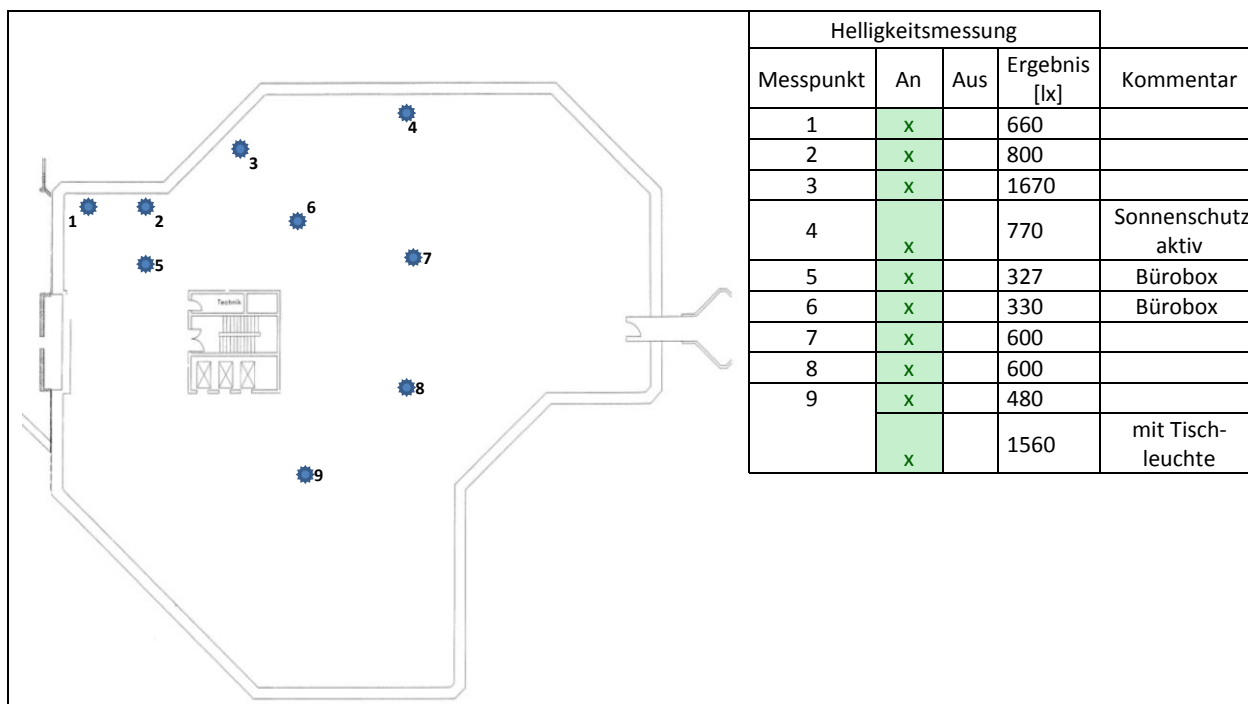


Abbildung 41 Messung der Helligkeit im BA I, 1.OG mit Luxmeters Testo 545

Da die Büroflächen den größten Anteil des Gebäudes ausmachen, ist es sinnvoll, diese primär zu betrachten. Im BA I sind die Leuchten gleichmäßig über die Büroflächen verteilt und über der Deckenkonstruktion angebracht²²⁹, was zur Folge hat, dass die volle Ausleuchtungsbreite der Lampen nicht ausgenutzt werden kann. Die sogenannten „Büroboxen“, sind durch einen engeren Raum, begrenzt durch Stellwände, noch mehr betroffen. Dies geht aus den Messungen 5 und 6 hervor. Die Fensterplätze, weisen unterstützt durch das natürliche Tageslicht, durchschnittlich höhere Helligkeits-Werte auf. Hier gibt es zwar die Möglichkeit die fensternahen Leuchten manuell zu deaktivieren, effektiv wird das aber nicht genutzt. Ansonsten erreicht die Beleuchtung eine Ausleuchtung von durchschnittlich 600 lx in den mittleren Regionen des Gebäudes (Messung 7-8). Dies wird zusätzlich durch mit Leuchtstoffröhren bestückte Tischleuchten verbessert (Messung 9).

Im Folgenden wurde lediglich der Austausch der Vorschaltgeräte, bei gleichem Lampenaufbau und gleicher Leistung betrachtet. Hierzu gibt es beispielsweise Adapter, die sich direkt in die vorhandenen Leuchten einbauen lassen. Dass der Ersatz der Vorschaltgeräte den Endenergiebedarf des Gebäudes um 7 % senkt, zeigt das Ergebnis der Bedarfsrechnung des EnBP²³⁰.

²²⁹ Siehe Foto im Anhang B, Foto Großraumbüro BA I

²³⁰ Der EnBP berücksichtigt dabei nicht nur die reine Energieeinsparung der Beleuchtung, sondern das Gesamtwechselspiel zwischen Wärmequellen und Wärmesenken, sowie die Änderung der Energieaufwendungen für die Belüftung. Die reine Energieeinsparung der Beleuchtung beläuft sich nur auf 54.789 kWh/a.

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

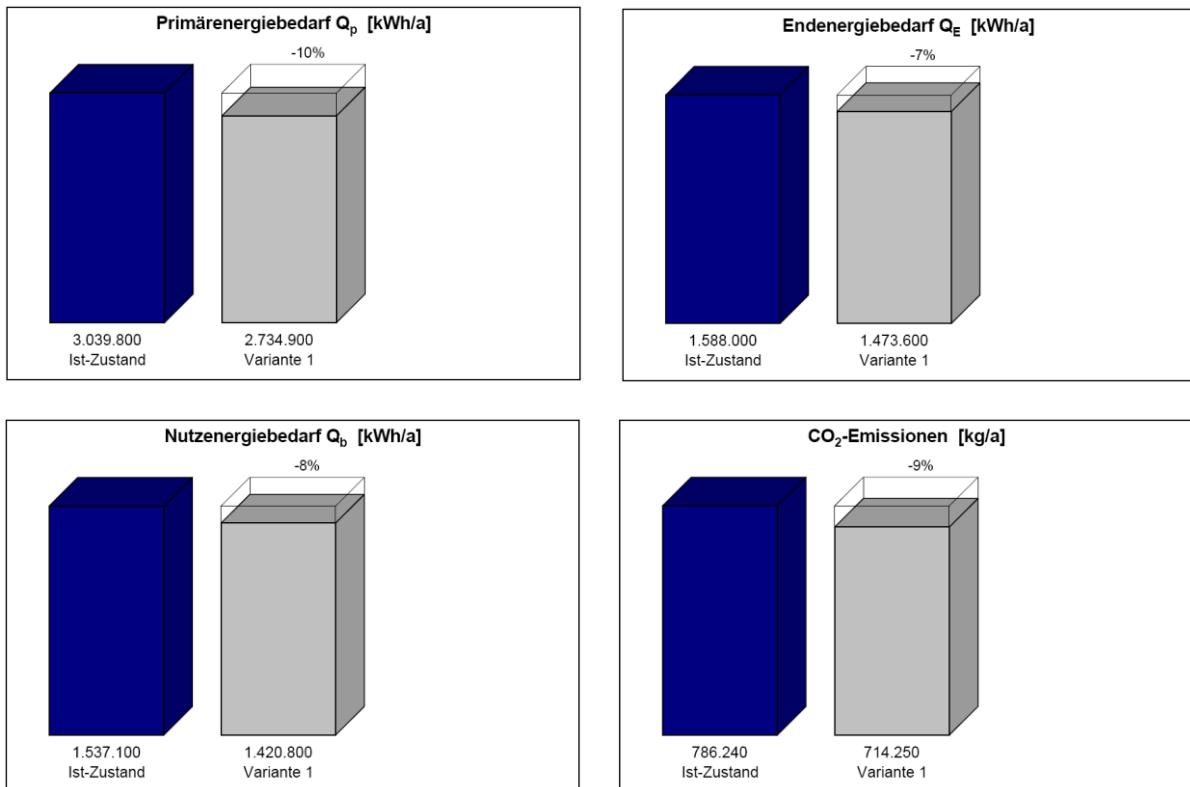


Abbildung 42 Energieeinsparung durch Beleuchtungsoptimierung (Variante 1 Maßnahme: KVG durch EVG ersetzt)

Mit der folgenden Annuitäts-Berechnung wird lediglich der Ersatz der Leuchten mit KVG, durch EVG betriebene Leuchten in gleicher Anordnung betrachtet. Internetrecherchen²³¹ haben ergeben, dass baugleiche, nur mit EVG betriebene Lampen, bereits für 100€ das Stück erhältlich sind. Bei der Bestandsaufnahme wurde eine Anzahl von 2100 Leuchten ermittelt, wobei die Flure bereits berücksichtigt wurden.

Tabelle 31 Annuitäts-Berechnung für die Sanierung der Beleuchtung

Beleuchtung BA I		
Kosten		Variante 1
Absolute Kosten	€/stk	100
Einbau	€/stk	20
Fläche	stk	2.200
Gesamtinvestitionskosten	€	264.000
Zins	%	6%
Laufzeit	a	25
Kapitaldienst	€/a	20.652
Summe jährlicher Kosten	€/a	20.652
Erlös		
Strom	€/kWh	0,145
Einsparung Strom	kWh/a	244.839
Erlös Strom		35.502
Summe jährlicher Erlös	€/a	35.502
Gesamt	€/a	14.850
Statische Armortisation	a	7,4
Spez. Kosten der Maßnahme	€/kWh	0,084

²³¹ Z.B. <http://www.lampenwelt.de>

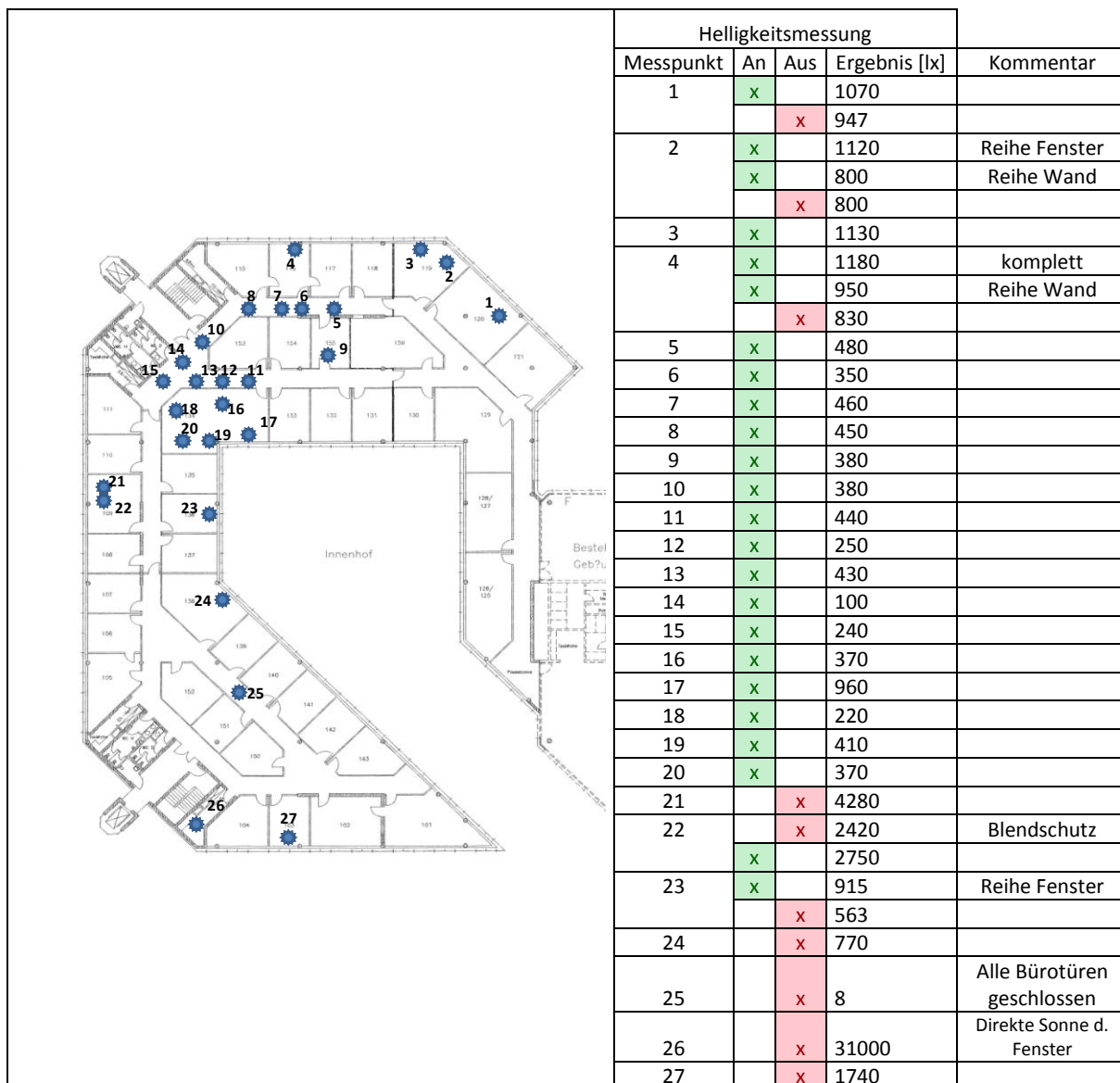
Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Allein durch die Maßnahme des Ersetzens der Vorschaltgeräte wird ein enormer Energieeinsparungseffekt erzielt, welcher sich auch wirtschaftlich positiv auswirkt. Dies ist nur eine von mehreren Maßnahmen. Mit weiteren Maßnahmen lässt sich noch wesentlich mehr Energie einsparen. Zum Beispiel sollte die Beleuchtung unterhalb der Deckenkonstruktion angebracht werden. Durch moderne Steuerung der Lampen (Bewegungsmelder, Dimmung, etc.) und Anordnungen ist nicht nur eine effizientere Beleuchtung erreichbar, sondern auch ein angenehmere Lichtatmosphäre möglich. Es ist heutzutage üblich die Ausleuchtung auf maximal 200 lx zu beschränken und die Arbeitsplätze individuell zu beleuchten. Dies würde auch die ständige Wandlung im Aufbau der Arbeitsplätze berücksichtigen. Das Ergebnis der vorgenommenen Optimierung durch EVG macht deutlich, dass die Beleuchtung ein wesentlicher Punkt des Einsparpotentials in BA I birgt. Auf Grund der Komplexität der unterschiedlichen Einflüsse empfiehlt es sich, die Beleuchtung mit spezieller Software genauer zu untersuchen.

5.1.1.2 Beleuchtungsoptimierung im BA II

Im BA II ergibt durch eine Helligkeitsmessung am 29.03.2011 um 15 Uhr bei klarem Himmel und Sonnenschein die folgende Ausleuchtung der Arbeitsplätze.

Abbildung 43 Messung der Helligkeit im BA II, 1.OG mit Luxmeters Testo 545



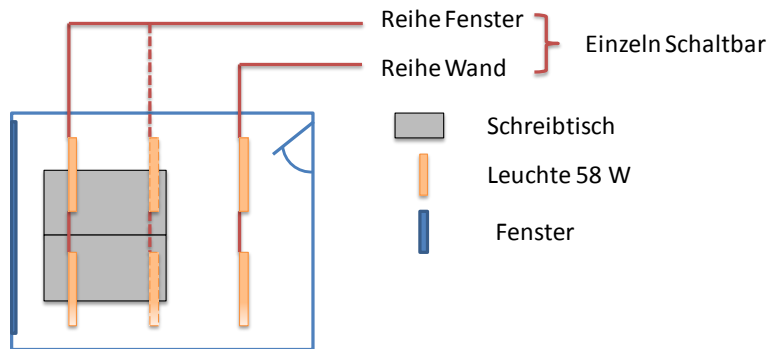
Da im BA II die Beleuchtung nicht mit einer zentralen Lichtsteuerung betrieben wird, wird der Energiebedarf maßgebend durch das Nutzverhalten beeinflusst. Daher ist der investive und nicht investive Teil der Optimierung der Beleuchtung schwer zu trennen.

Aus den Messergebnissen geht hervor, dass die Beleuchtung weitestgehend ausreicht. Dies liegt insbesondere an der guten Tageslichtausnutzung der Arbeitsplätze, die zum größten Teil direkt am Fenster angeordnet sind. Vereinzelt Arbeitsplätze, welche sich nicht direkt am Fenster befinden, sind nicht genügend beleuchtet. So liegt Messpunkt 18 mit 220 lx deutlich unter dem von der Norm 18599 veranschlagten 500 lx für einen Arbeitsplatz. Doch diese wenigen betroffenen Plätze lassen sich problemlos mit Tischleuchten ausleuchten, ggf. empfiehlt sich hier auch eine LED-Tischleuchte.

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

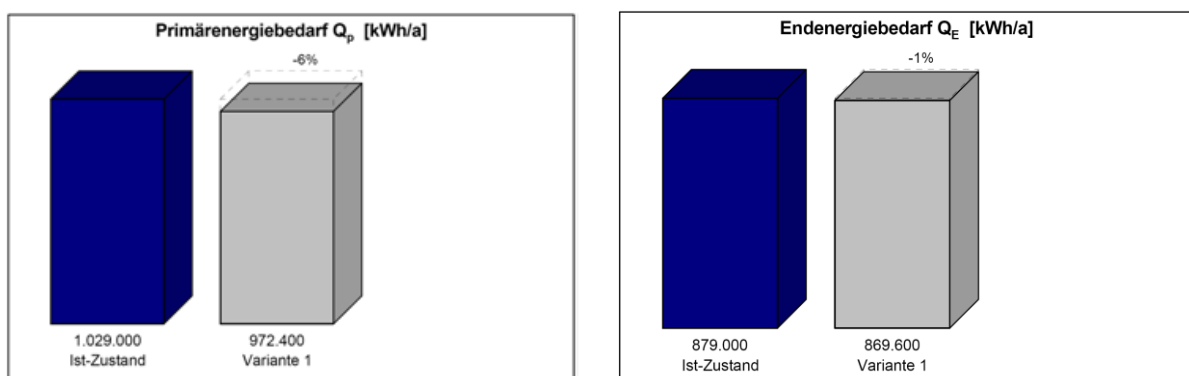
Um für die Büroräumlichkeit den Einfluss der Beleuchtungssteuerung verdeutlichen zu können, zeigt die Abbildung 44 den typischen Aufbau in einem Gruppenbüroraum im BA II. In den überwiegenden Fällen sind die Arbeitsplätze in Fensternähe. Die Beleuchtung lässt sich unterschiedlich steuern. Es gibt eine oder zwei fensternahe und eine innenwandnahe Beleuchtungsreihe, welche separat gesteuert werden können²³².

Abbildung 44 Draufsicht eines typischen Büroraumes im BA II



Die Ergebnisse der Messpunkte 2 und 4²³³ machen deutlich, dass der Betrieb der Lampenreihe nahe der Wand einen geringen bis keinen Einfluss auf die Beleuchtung der Arbeitsplätze hat. Dies zeigen die Messwerte im ein- und ausgeschaltetem Zustand. Wird dies in jedem Büro berücksichtigt, wird ca. 40%²³⁴ weniger Beleuchtung in Betrieb sein. Diese kleine Änderung des Nutzerverhaltens bringt eine Kosteneinsparungen mit sich. Bei einem Strompreis von 14,5 ct/kWh entspricht das 1363€ jährlich²³⁵. Nennenswert ist allerdings die Einsparung des Primärenergiebedarfs von 6 %, wie die Abbildung 45 zeigt. Dies trägt zum späteren Ziel eines UMS bei, die Umwelteinwirkungen des Betriebes der Firma FICHTNER zu senken.

Abbildung 45 Einsparung durch Nutzerverhalten bei Beleuchtung Gruppenbüro im BA II (Variante 1: geringere Beleuchtung in Betrieb)



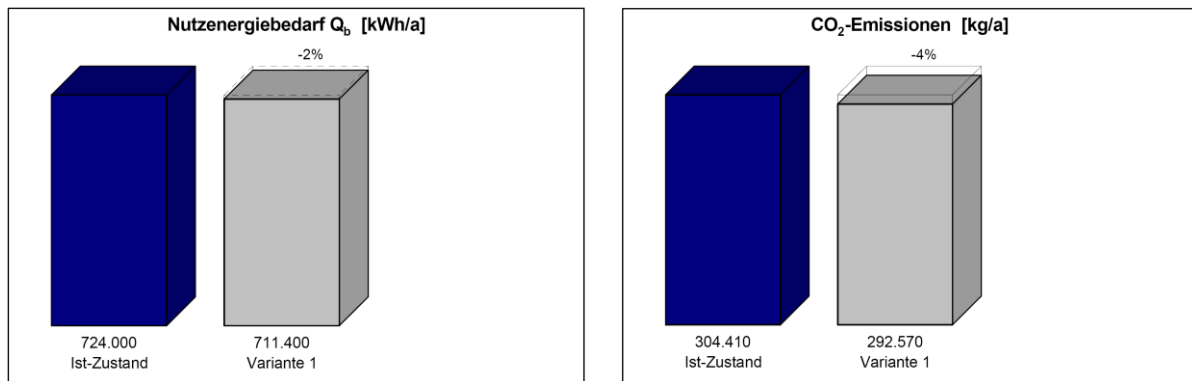
²³² Foto eines Typischen Büroraumes siehe Anhang C , Foto Büro BA I

²³³ Siehe Abbildung 43

²³⁴ Eigene grobe Abschätzung bei Vergleich von der Anzahl der wandnahen Leuchten zu den fensternahen Leuchten.

²³⁵ Kosten multipliziert mit Endenergieeinsparung: $0,145\text{€/kWh} \cdot 9600\text{kWh} = 1363\text{€}$

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen



Es sollte durch eine Markierung am Lichtschalter, sei es visuell oder haptisch, die Fensterreihe als bevorzugte Reihe erkennbar sein, um das unnötige Einschalten der Wandreihe zu vermeiden.

Die Messergebnisse der Flurbeleuchtung mit durchschnittlich 360 lx²³⁶ übersteigt den nach der DIN V 18599 geforderten Wert von 100 lx. Wird überall die Hälfte der Deckenleuchten ausgeschaltet, könnte man 1000 kWh/a sparen. Zusätzlich sollte eine Kombination aus Bewegungsmelder- und Helligkeitssteuerung der Beleuchtung eingerichtet werden, da auch in späteren Abendstunden die Beleuchtung eingeschaltet ist, obwohl lange Zeit niemand die Flurbereiche betritt. Damit bieten die vorhandenen EVG-betriebene Leuchten ein weiteres Primärenergieeinsparpotential. Im Übrigen lässt sich auch durch das Offenhalten der Bürotüren die Ausleuchtung des Flurbereiches verbessern.

²³⁶ Siehe Abbildung 43

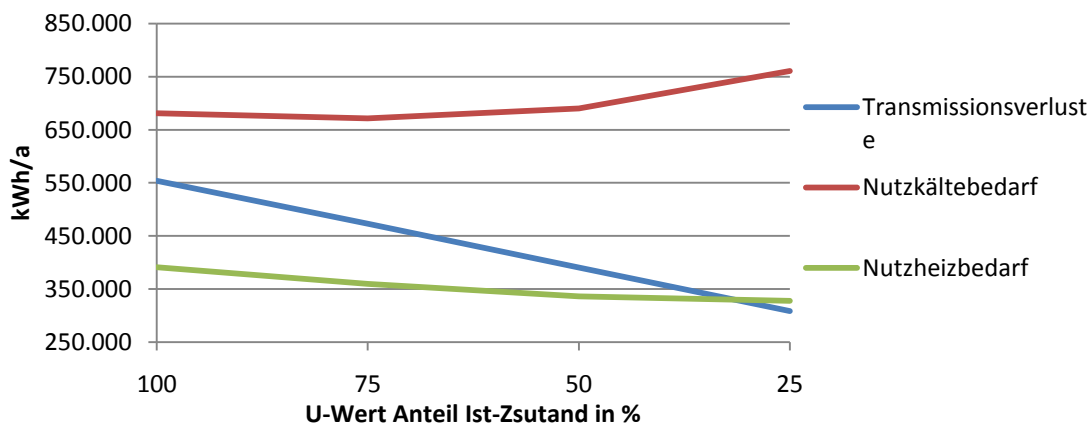
5.1.2 Fenstersanierung

Auf Grund der hohen Anteile der Fenster an den Transmissionsverlusten der beiden Bauabschnitte²³⁷ ist es sinnvoll, deren Sanierung abschnittsweise zu prüfen.

5.1.2.1 Fenstersanierung im BA I

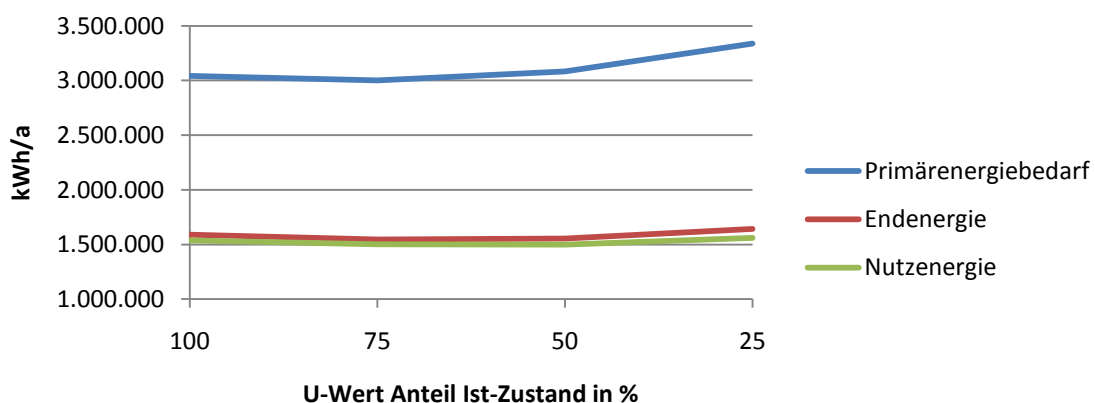
Im BA I herrschen bedingt durch die Abluftfassade schwierigere Gebäudebedingungen. Durch das Fehlen einer manuellen Lüftung hat jede Änderung des U-Werts der Gebäudehülle einen großen Effekt auf das Heiz- und Kühlverhalten der RTL-Anlage. So kommt es, dass bei der Sanierung der Fenster ein gegenteiliger Effekt eintritt. Werden die Fenster saniert sinkt damit der U-Wert und der Durchlassgrad der Fenster und der Kühlbedarf steigt an. Experimentell wurde mit dem EnBP der U-Wert in 25% Schritten gesenkt. Die nachfolgende Abbildung 46 zeigt die Auswirkung auf die Transmissionsverluste, den Nutzkältebedarf und den Nutzheizbedarf.

Abbildung 46 Darstellung des negativen Einflusses einer U-Wert Verbesserung im BA I



Die Transmissionsverluste fallen linear mit dem sinkenden U-Wert. Trotzdem sinkt der Nutzheizbedarf widererwartend nur leicht und der Nutzkältebedarf steigt sogar. Dies hat zur Folge, dass insbesondere der Primärenergiebedarf des Gebäudes (auf Grund des Primärenergiefaktors der elektrischen Energie von 2,6) enorm steigt, wie die Abbildung 47 verdeutlicht.

Abbildung 47 Auswirkung der U-Wert Verbesserung auf BA I



²³⁷ Siehe Hüllflächenverlustanteile für BA I Kapitel 4.2.1, Abbildung 29 und für BA II Kapitel 4.2.2, Abbildung 35

Dieses Phänomen ist auf die internen Wärmequellen, sowie das Sinken der solaren Einstrahlung zurückzuführen. Im Winter sinkt zwar der Transmissionsverlust durch den steigenden U-Wert, jedoch auch die solare Einstrahlung vermindert sich durch die geringeren Durchlassgrade der Fenster. Dieser Ausgleich schmälert die Minderung des Heizbedarfs.

Anders verhält es sich in den Sommermonaten. Hier sinken die solare Einstrahlung, sowie die Transmission der Wärmeenergie der Außenluft ins Gebäude. Normalerweise führt dies zu einem geringeren Kühlbedarf. Jedoch sind die internen Wärmequellen so hoch, dass sich das Gebäude aufheizt. Dies gilt insbesondere in den Monaten, in denen sich die Temperatur nahe der Heiz-/Kühlgrenze befindet. Das resultiert daraus, dass die nun verbesserte Hüllfläche weniger „Wärmeüberschuss“ durch die Außenhülle ohne Zutun der aktiven Kühlung leitet. Nun muss die Kühlung noch früher aktiviert werden und die ohnehin schon niedrige Heizgrenztemperatur sinkt noch mehr. Auf Basis dieser Ergebnisse empfiehlt sich eine Fenstersanierung im BA I nicht.

5.1.2.2 Fenstersanierung im BA II

Auch beim BA II haben die Fensterflächen einen sehr hohen Anteil an den Transmissionsverlusten von 76%²³⁸. Da hier keine komplizierten Abhängigkeiten mit RTL-Anlagen bestehen und die Räumlichkeiten keine transparenten Bauteile besitzen, verhält sich das Gebäude bei Sanierung der Fenster erwartungsgemäß.

Im Folgenden werden die Grunddaten der aktuellen Fenster mit den möglichen Daten nach der Sanierung verglichen. Es werden 3 Varianten mit dem EnBP geprüft:

- Variante 1: Sanierung der gesamten Verglasung des Gebäudes
- Variante 2: Sanierung der Fenster (Fensterrahmen und Verglasung), bester Qualität
- Variante 3: Sanierung der Fenster, bester Qualität. Jedoch erst nach Ablauf der Lebenszeit der Fenster. Diese Variante wird nur kostentechnisch Betrachtet.

Die Basisdaten der in Betracht zu ziehenden Varianten werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 32 Basisdaten der Fenster

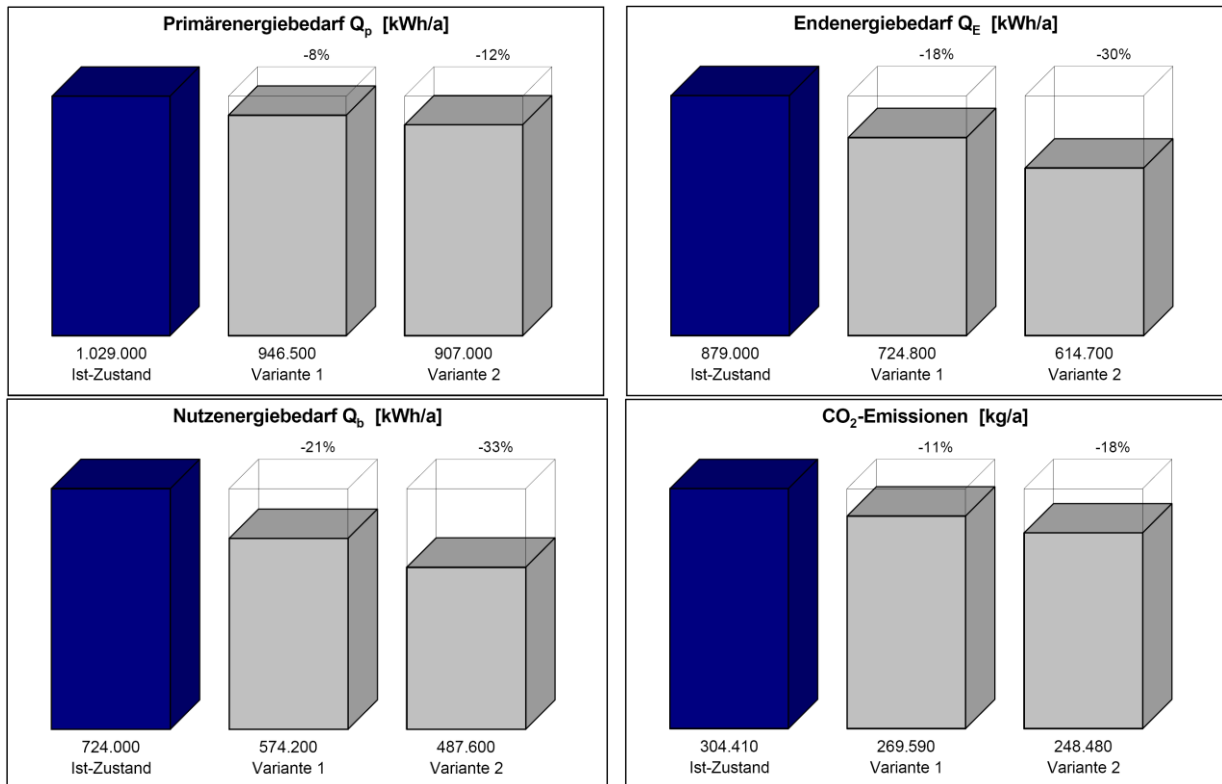
	Ist-Zustand	Variante 1	Variante 2 = Variante 3
Scheibe	2-Fach-Sonnenschutzverglasung	2-Fach-Wärmeschutzverglasung	3-Fach-Wärmeschutzverglasung
U-Wert	2,7 W/m ² K	1,2 W/m ² K	0,7 W/m ² K
Rahmen	Aluminiumrahmen, therm. Trennung	Aluminiumrahmen, therm. Trennung	Passivhaus-Rahmen, Kunststoff
U-Wert	3,5 W/m ² K	3,5 W/m ² K	0,8
Rahmen-Anteil	10%	10%	19%
Gesamt U-Wert	2,82 W/m ² K	1,5	0,72
g-Wert	0,75	0,6	0,5

²³⁸ Siehe Kapitel 4.2.2, Seite 57

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

In der folgenden Abbildung 48 werden die berechneten Ergebnisse der Varianten mit den Werten des Ist-Zustands verglichen. Bereits die Variante 1 führt zu einer Primärenergieeinsparung von 8%.

Abbildung 48 Darstellung Energieeinsparung durch die Fenstersanierung in BA II (Variante 1: U-Wert=1,5 W/m²K; Variante 2: U-Wert =0,72 W/m²K)



Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Die Annuitäts-Berechnung wurde für jede der drei Varianten mit folgendem Ergebnis ermittelt.

Tabelle 33 Annuitäts-Berechnung der Fenstersanierung

Kosten		Variante 1	Variante 2	Variante 3
Absolute Kosten ²³⁹	€/m ²	340	480	480
Mehrkosten	€/m ²	-	-	160
Fläche	m ²	1.799	1.799	1.799
Gesamtinvestitionskosten	€	611.660	863.520	287.840
Zins	%	6%	6%	6%
Laufzeit	a	25	25	25
Kapitaldienst	€/a	47.848	67.550	22.517
Summer jährlicher Kosten	€/a	47.848	67.550	22.517
Erlös				
Strom	€/kWh	0,145	0,145	0,145
Einsparung Strom	kWh/a	2.587	11.426	11.426
	€/a	375	1.657	1.657
Wärme	€/kWh	0,045	0,045	0,045
Einsparung Wärme	kWh/a	151.632	369.616	369.616
	€/a	6.854	16.707	16.707
Summe jährlicher Erlös	€/a	7.229	18364	18364
Gesamt	€/a	-40.619	-50.844	-5.810
Statische Amortisation	a	84,6	47,0	15,7
Spez. Kosten der Wärme	€/kWh	0,316	0,183	0,061

Bei Variante 3 werden die Investitionskosten nur mit Hilfe der Mehrwertkosten im Verhältnis zum Kauf eines Fensters in der „Ist-Qualität“ berechnet. Die Kosten für dieses Fenster würden unweigerlich anfallen. Durch diese Mehrkosten lassen sich nun bessere Fenster einsetzen und letztendlich eine Einsparung erzielen.

Das Ergebnis verdeutlicht, dass in keiner der Varianten ein jährlicher Gewinn entsteht. Dennoch ist die letzte Variante in Erwägung zu ziehen. Sie amortisiert sich bereits nach 15,7 Jahren, was unterhalb der Lebenszeit eines Fensters von durchschnittlich 25 Jahren liegt. Außerdem sollte bei einem UMS nicht nur der Gewinn im Vordergrund stehen. Hier hat das Interesse den Primärenergiebedarf zu senken einen großen Anteil. Diese Maßnahme würde im Gesamten zu einer Einsparung von 12% führen. Zukünftig werden auf Grund der Umbauten bedingt durch derzeitigen Mieterwechsel in jedem Büro Kühleinrichtungen montiert. In Folge werden der Primärenergiebedarf und der Anteil der eingesparten elektrischen Energie nennenswert steigen. Dies wird sich positiv auf den jährlichen Ertrag auswirken und die Amortisationszeit weiter senken.

²³⁹ Siehe (Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (RWE), 2010)

5.1.3 Dämmung der opaken Hüllflächen

Auf Grund des guten Zustands der Hüllflächen und dem geringen Anteil der Transmissionsverluste²⁴⁰ empfiehlt es sich keine Investition in die Verbesserung der Dämmung der opaken Bauteile zu tätigen, wenngleich bei zukünftig anfallenden Sanierungen (möglicherweise) bessere Dämmmaterialien verwendet werden sollten. Diese Teilrenovierung sollte zur späteren Nachvollziehbarkeit in einem Fassadenplan dokumentiert werden.

5.1.4 Photovoltaik Anlage

Eine Einschätzung über die Wirkungsgrade der derzeit erhältlichen Solarzellen und deren Marktanteile zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 34 Solarzellen Wirkungsgrad und Marktanteil²⁴¹

Typ	Marktanteil	Wirkungsgrad
Polykristalline-Silizium Solarzelle	60 %	14-17 %,
Monokristalline-Silizium Solarzelle	30 %	14,5-20 %
amorphem Silizium	5 %	6 -10 %
Sonstige (Galliumarsenid/Kupfer-Indium-Diselenid (CIS))	5 %	25 - 28 %

Die Unterscheidungsmerkmale für PV-Anlagen leiten sich ab aus der Stärke, der Kristallstruktur und die Materialart der Solarzellen.

Die Polykristalline-Silizium Solarzelle hält derzeit den größten Marktanteil. Dies liegt, im Verhältnis zu den anderen PV-Technologien, am geringeren Material- und Energieaufwand. Beispielweise ist die Materialausbeute bei der Herstellung einer Polykristallinen-Solarzelle 25 % größer, als bei einer Monokristallinen-Solarzelle²⁴².

Um eine genaue Prognose über den möglichen Energiegewinn durch die Installation einer PV-Anlage auf dem Dach von FICHTNER stellen zu können, wird auf Erfahrungswerte der Firma „Photovoltaic Experts GmbH²⁴³“ zurückgegriffen.

Empfohlen wird die Installation einer PV-Anlage auf dem Dach mit einem Aufstellungswinkel von 25° in Richtung Süden. Die Neigung der Zelle sorgt für eine bessere Ausnutzung der Sonneneinstrahlung. Diese setzt sich aus der diffusen und der direkten Einstrahlung zusammen. Auf Grundlage des Stefan-Boltzmann-Gesetzes²⁴⁴ ist die Leistung der Gesamtstrahlung der Sonne am Rand unserer Atomsphäre von $P_s = 1,776 \cdot 10^{17}$ W bestimmt worden. Das entspricht einer potentiellen Energie von $W_s = 1,56 \cdot 10^{18}$ kWh. Zum Vergleich lag der Weltbedarf 2004 an Primärenergie bei $125 \cdot 10^{12}$ kWh, in Deutschland bei $4 \cdot 10^{12}$ kWh²⁴⁵.

Die auf der Erdoberfläche auftreffende Strahlungsenergie wird in einen immensen Grad durch die in unserer Atmosphäre befindlichen Teilchen abgeschwächt. Dies geschieht teils

²⁴⁰ Siehe Kapitel 4.1 und Kapitel 4.2

²⁴¹ Siehe (Wagner, 2006) und (Hans-Günther Wagemann, 2007)

²⁴² Auf den genaueren Aufbau der einzelnen PV-Zelle, sowie deren Funktionsweise wird nicht eingegangen; Siehe (Hans-Günther Wagemann, 2007)

²⁴³ Photovoltaik Experts GmbH, Hofhalde 5, D-78462 Konstanz, Internet: <http://www.photovoltaic-experts.com/>

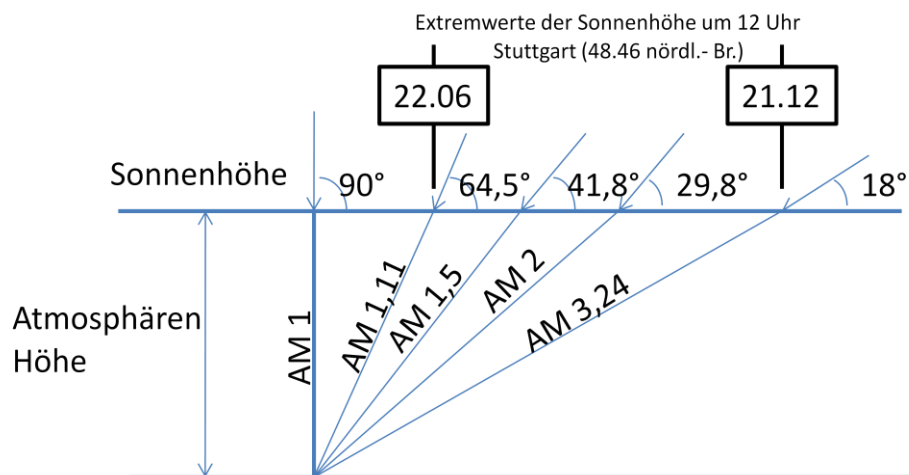
²⁴⁴ Das Stefan-Boltzmann-Gesetz ist nach den Physikern Josef Stefan und Ludwig Boltzmann benannt und beschreibt das physikalische Gesetz, das die von einem schwarzen Körper thermisch abgestrahlte Leistung in Abhängigkeit von seiner Temperatur angibt. s. auch Quelle (Hans-Günther Wagemann, 2007)

²⁴⁵ Siehe Quelle (Hans-Günther Wagemann, 2007)

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

durch Absorption und teils durch Ablenkung der Sonnenenergie. Die Berücksichtigung dieser Abschwächung der Sonneneinstrahlung wird durch die sogenannte „air mass“ (Luft Masse) angegeben²⁴⁶. So durchdringt die Sonne im Zenit bis zum Meeresspiegellevel die 1-Fache Luftmasse (AM1). Da die Sonne nicht immer im Zenit steht, sondern einen gewissen Einstrahlungswinkel hat, durchdringt die Sonnenstrahlung somit jahreszeitenabhängig auch unterschiedliche Luftmassen. Die folgende Abbildung stellt als Beispiel den Verlauf für Stuttgart dar.

Abbildung 49 Definition der Sonnenlicht-Weglänge in der Atmosphäre (AMx) in Stuttgart²⁴⁷



Bei der Berechnung die Installation einer PV-Anlage wurde wie folgt vorgegangen: Zuerst wurde ein PV-Modul der Firma „SunTech“ gewählt. Die signifikanten Werte können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 35 Vergleichs-Modul der Firma SunTech, Model STP245S-20/Wd

Firma: SunTech		Vergleichs-Modul: STP245S - 20/Wd	
Monokristallin-Silizium-Modul			
Maximalleistung bei STC ²⁴⁸	Pmax	245,00	Wp
Maximalleistung bei NOCT ²⁴⁹	Pmax	180,00	Wp
Modulwirkungsgrad	14,8 %		
Maße : ≈ 1 m x 1,7 m			

²⁴⁶ Die genaue Berechnungsmethode ist in der Quelle (Hans-Günther Wagemann, 2007) nachzulesen.

²⁴⁷ Die Airmass-Zahlen sind mit Hilfe eines Tool online Berechnet wurden. Adresse: <http://www.volker-quaschnig.de/datserv/sunpos/index.php>

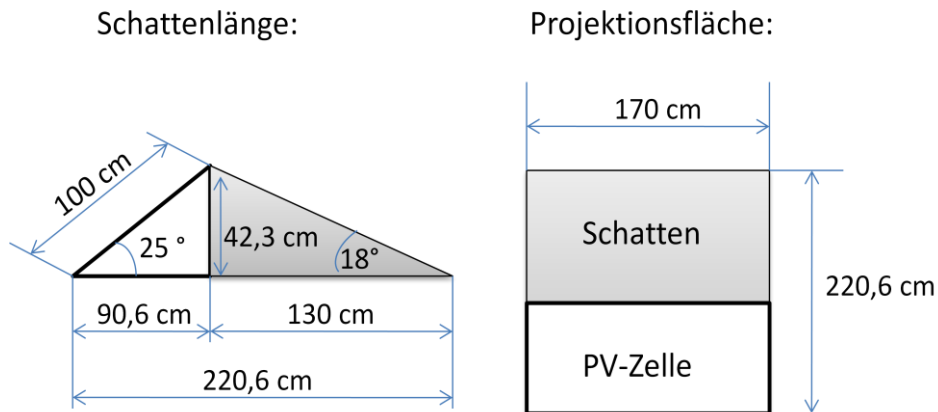
²⁴⁸ STC - Standardtestbedingung: Strahlungsintensität 1000 W/m², Modultemperatur 25°C, Am=1,5, Leistungstoleranz ±3%

²⁴⁹ NOCT – Strahlungsintensität 800 W/m², Umgebungstemperatur 20 °C, Windgeschwindigkeit 1 m/s Leistungsmessungstoleranz ±3%

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

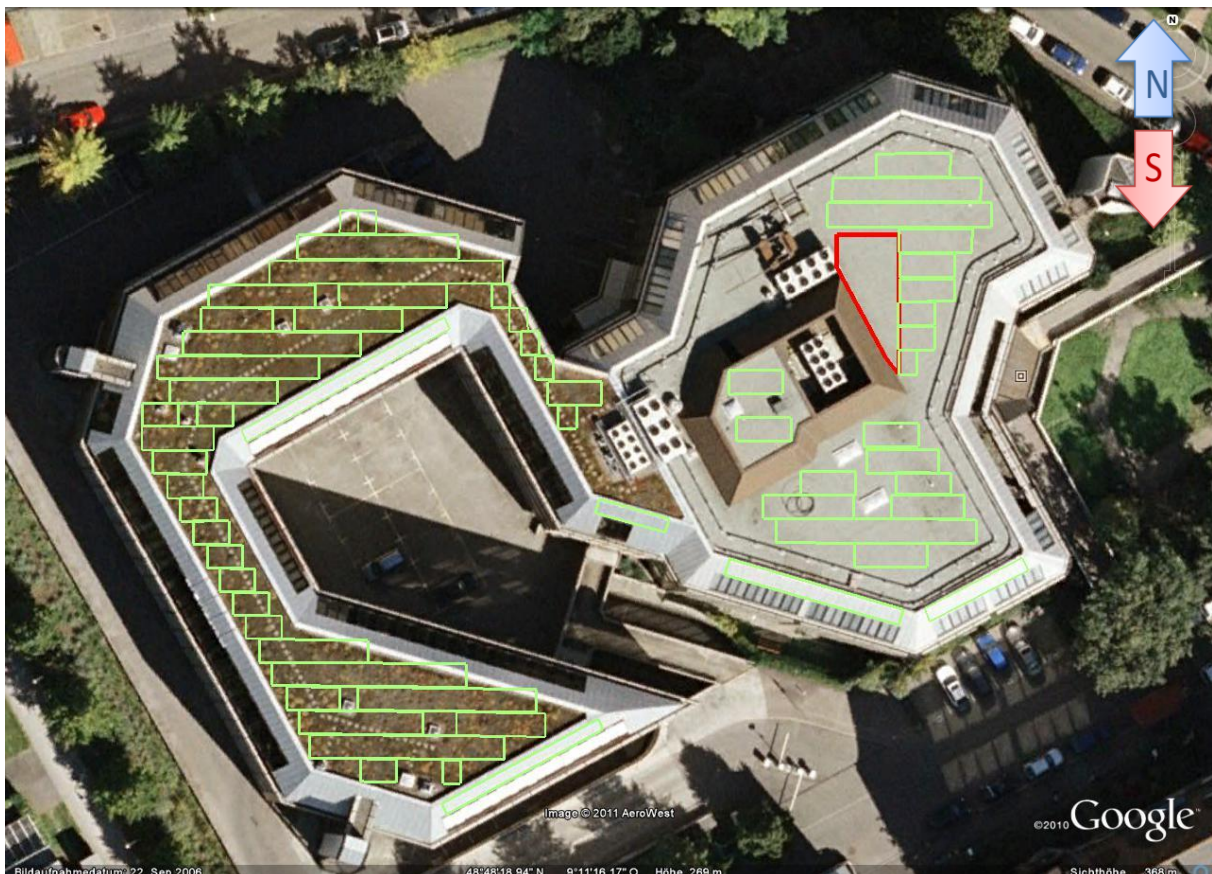
Auf Grundlage der Maße wurde die Projektionsfläche einer PV-Zelle berechnet. Hier ist die Schattenlänge des Modules beim Sonnenstand am 21.12 eines Jahres zu berücksichtigen. In Stuttgart beträgt der Sonnenwinkel $18^{\circ 25'0''}$. Die Berechnung in folgender Abbildung dargestellt.

Abbildung 50 Berechnung der Projektionsfläche eines PV-Modules



Mit der Satellitenaufnahme wurde eine mögliche Anordnung der PV-Zellen vorgenommen. Hierbei werden zusätzlich zu den Flachdachflächen auch die südlich ausgerichteten Dachschrägen betrachtet.

Abbildung 51 Anordnung zur Bestimmung der PV-Fläche (Grün: PV-Module, Rot: Schattenfläche)



²⁵⁰ Siehe Tabelle 35

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Mit dieser Anordnung wird eine reine PV-Fläche aus SunTech-Modulen von 480 m² erreicht. Mit der angegebenen Leistung von 245 W/m² bei STC lässt sich eine Leistung von 117,6 kW_p ermitteln.

Auf Grundlage dieser Einschätzung werden mit Hilfe des „Photovoltaic Geographical Information System“ des „Joint Research Centers“ (JRC) Leistungsberechnungen vorgenommen²⁵¹. Anhand von Satelliten-Messdaten für die Einstrahlungsintensität wird durch Interpolation die Jahreseinstrahlleistung auf den genauen Standort des Bürogebäudes von FICHTNER (N: 48°48'18,87", O: 09°11'16,12", Höhe: 270m) bestimmt. Dabei wird die Ausrichtung der Zellen Richtung Süden mit einem Aufstellungswinkel von 25 ° berücksichtigt.

Die nachfolgende Tabelle berücksichtigt zusätzlich zur Neigung des Moduls auch den Standort.

Tabelle 36 Solare-Energiestrahlung für Stuttgart, Sarweystraße 3, Modul-Stellung: 0° und 25°

Performance of Grid-connected PV				
PVGIS estimates of solar electricity generation				
Location: 48°48'19" North, 9°11'18" East, Elevation: 272 m a.s.l.,				
Nominal power of the PV system: 117.6 kW (crystalline silicon)				
Estimated losses due to temperature: 7.6% (using local ambient temperature)				
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.0%				
Other losses (cables, inverter etc.): 10.0%				
Combined PV system losses: 19.4%				
Fixed system: inclination=25 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	146.00	4540	1.42	43.9
Feb	223.00	6250	2.20	61.6
Mar	335.00	10400	3.40	105
Apr	468.00	14000	4.91	147
May	475.00	14700	5.13	159
Jun	532.00	16000	5.85	176
Jul	491.00	15200	5.42	168
Aug	452.00	14000	4.96	154
Sep	368.00	11000	3.93	118
Oct	260.00	8050	2.67	82.8
Nov	189.00	5660	1.86	55.9
Dec	128.00	3970	1.24	38.5
Year	339.00	10300	3.59	109
Total for year		124000		1310
Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)				
Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)				
Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)				
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)				

Die Berechnung berücksichtigt folgende Punkte:

- Die „Nominal Power“ ergibt sich aus der Peak-Leistung von 117,6 kW_p
- Die Temperaturabhängigkeit eines Halb-Leiters aus Silizium (Je kühler die Zelle desto effizienter der Energieumsatz)
- Verluste durch Reflexion der Solarzellenoberfläche
- Verluste durch den Wechselrichter (Gleichstrom auf 50 Hz Wechselstrom), etc.
- Verluste durch die Kombination aus mehreren Modulen

Als Ergebnis erhält die Firma FICHTNER einen reinen Gewinn an elektrischer Energie von 124.000 kWh/a.

²⁵¹ Siehe Internet: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Bei der Kostenrechnung wurden ebenfalls auf Erfahrungswerte bzgl. der Anschaffungskosten der Photovoltaik Experts GmbH zurückgegriffen. Die Investitionskosten setzen sich wie folgt zusammen.

Tabelle 37 Berechnung der Investitionskosten der PV-Anlage

Mögliche PV-Fläche	480	m ²
möglicher Ertrag	128.000	kWh/a
Gesamtleistung	117,6	kWp
Kosten nach Photovoltaik Experts GmbH		
Modul	1.300	€/kWp
Wechselrichter	250	€/kWp
Montage + Kabel	400	€/kWp
Montage System	400	€/kWp
Sonstiges	150	€/kWp
Gesamt	2.500	€/kWp
Investitionskosten bei 117,6 kWp	294.000	€

In der folgenden Tabelle wird mit Hilfe der Annuitäts-Methode die Einschätzung des möglichen Gewinns berechnet.

Tabelle 38 Annuitäts-Berechnung für die PV-Anlage

PV-Anlage		
Wirtschaftliche Randparameter		
Förderdauer	a	20
Kreditlaufdauer	a	20
Nominalzins	%	7,00%
Stromgutschrift	ct/kWh	29,7
Spezifische Nettokosten (PV-Modul)	€/kWp	2.500
Wartung & Instandhaltung	€/a	1.500
Nach 10 Jahren neue Wechselrichter	€/kWp	180
Technische Parameter		
PV-Leistung	kWp	117,6
Spezifischer Ertrag	kWh/kWp	1.054
Reduktion des Wirkungsgrades	%/a	0,8%
Einspeisung im ersten Jahr	kWh	124.000
Nettoinvestition	€	294.000
Kosten		
Kapitaldienst	€/a	27.751,52
Wartung und Instandhaltung	€/a	2.558,40
Summe jährliche Kosten	€/a	30.309,92
Erlöse		
Stromgutschrift (mit mittlerer Degrad.)	€/a	34.019,92
Durchschnittliche jährliche Einnahmen	€/a	3.710,00
Statische Amortisation	a	8,64
spezifisch kosten	€/kWh	0,89

Obwohl als Investmentanlage nicht lohnenswert, ist die Anlage dennoch profitabel und amortisiert sich bereits nach 8,64 Jahren. Zudem lässt sich mit ihrer Hilfe der Primärenergiebedarf senken.

5.1.5 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK)

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist eine Option für ein Bürogebäude der hier untersuchten Größenordnung, da sie einen hohen Gesamtwirkungsgrad bei der gekoppelten Erzeugung von elektrischer und thermischer Energie besitzt. Sie trägt damit zur Ressourcenschonung bei und leistet einen Beitrag zum Umweltschutz²⁵².

Im Gegensatz zu einem Produktionsgebäude, in dem kontinuierlich Prozesswärme benötigt wird, besitzt ein Bürogebäude, wie die Bedarfsrechnung verdeutlicht, einen jahreszeitenabhängigen Wärmebedarf. In einem Bürogebäude beschränkt sich der Wärmebedarf im Wesentlichen auf die kältere Jahreszeit. Um einen kontinuierlicheren Wärmebedarf über das Jahr zu erzeugen, wird zusätzlich noch eine sogenannte Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) untersucht. Bei der KWKK wird zur Kälteerzeugung eine Absorptionskältemaschine (AKM) eingesetzt, welche mit Hilfe von thermischer Energie den Kältebedarf deckt. Dies gleicht den fehlenden Wärmebedarf im Sommer aus. Die KWK wird hier durch einen gasbetriebenen Verbrennungsmotor als Block-Heiz-Kraftwerk (BHKW) betrieben.

Auf der Basis der Bedarfsrechnung werden die Wirtschaftlichkeit und das Einsparungspotential von Primärenergie durch die Einsetzung einer KWK oder KWKK untersucht. Um ein BHKW dieser Größe und mit der entsprechenden Laufzeit auszulegen, benötigt man die Jahresganglinie von dem elektrischen oder dem thermischen Energiebedarf des Bürogebäudes. In diesem Fall ist der begrenzende Faktor der thermische Energiebedarf des Bürogebäudes, da ein BHKW mehr thermische Energie als elektrische Energie produziert. Wäre die elektrische Leistung das Auslegungskriterium, würden wir eine Überproduktion von thermischer Energie haben, welche wir auf Grund von fehlenden Abnehmern ungenutzt an die Umgebung abgeben müssten²⁵³. Die Jahresganglinien für KWK und KWKK werden wie folgt gebildet: Der monatliche Wärmenutzenergiebedarf vom Heizen und Warmwasser (nur im BA I vorhanden) der beiden Gebäudeabschnitte werden aufaddiert, um den monatlichen, über das Jahr verteilten, gesamten Wärmebedarf zu ermitteln²⁵⁴. Dasselbe erfolgt für den Kältebedarf. Die Jahresganglinie für ein KWK wird aus den monatlichen Wärmebedürfnissen, absteigend sortiert, gebildet.

Für die Jahresganglinie der KWKK werden zuerst die monatlichen Kältebedarfe durch den COP²⁵⁵ der AKM geteilt, um so den benötigten Wärmebedarf zur Deckung des Kältebedarfs zu erhalten. In diesem Fall wird mit einem üblichen COP von 0,75 gerechnet. Dieser zusätzliche Wärmebedarf wird Monatsweise auf den vorhandenen Bedarf addiert und dann ebenfalls absteigend sortiert. Die Jahresgänge des KWK und KWKK zeigt die Abbildung auf der nächsten Seite.

²⁵² Siehe (Karl W. Schmitz, 2005)

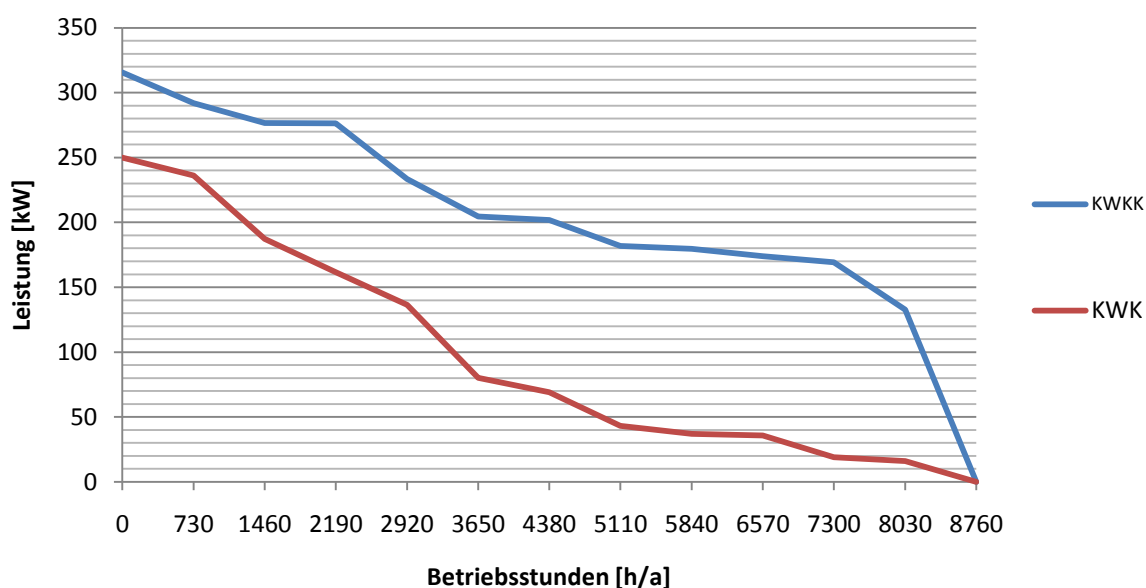
²⁵³ Als Beispiel könnte man ein Nahwärmenetz aufbauen, welches aber sehr kostenaufwändig ist.

²⁵⁴ Anmerkung: Normalerweise werden bis zu Minuten getaktete aufgenommene Wärmebedürfnisse verwendet. Zur groben Einschätzung des Energiepotenzials sind hier die Monatswerte ausreichend.

²⁵⁵ COP - „Coefficient of Performance“, oder Leistungszahl ϵ , gibt den Wirkungsgrad aus Nutzen zu Aufwand.

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Abbildung 52 Jahresganglinie der KWK- und KWKK-Variante



Ziel des eingesetzten BHKWs ist es, einen möglichst großen Wärmebedarf abzudecken. Dies wird bildlich gesehen durch die Fläche unter den Jahresgängen dargestellt. Es sind zwei Randbedingungen zu beachten. Zum einen gilt, je weniger Leistung das BHKW hat, desto höher sind die Investitionskosten im Verhältnis zum eigentlich Erlös. Zum zweiten ist auf Grund der Wirtschaftlichkeit die anzustrebende Betriebsdauer von ca. 7800 Stunden im Jahr maßgebend, das entspricht einer Laufzeit von ca. 90%. Ein höherer Wert ist erfahrungsmäßig schwer zu erreichen. Als unteres Maß der Wirtschaftlichkeit ist eine Betriebsdauer von 5000²⁵⁶ Stunden im Jahr anzusetzen.

Die gewählten BHKW und die AKM haben die in der Tabelle 39 aufgelisteten technischen Daten.

Tabelle 39 Verwendete BHKW für KWK und KWKK²⁵⁷

		KWK	KWKK
Typ	-	Wilhelm Schmidt GmbH E.P. G34/0824	Köhler und Ziegler AS 122 GKT
P_{el}	kW	34	120
P_{th}	kW	58	191
$P_{Brennstoff}$	kW	104	346
Wirkungsgrad η	%	88,5	89,9
Betriebsstunden	h/a	6500	7800
		AKM	
Typ	-	-	WEGRACAL SE 200
Kälteleistung	kW	-	200
Benötigte Heizleistung	kW	-	266
Wirkungsgrad η	-	-	0,75

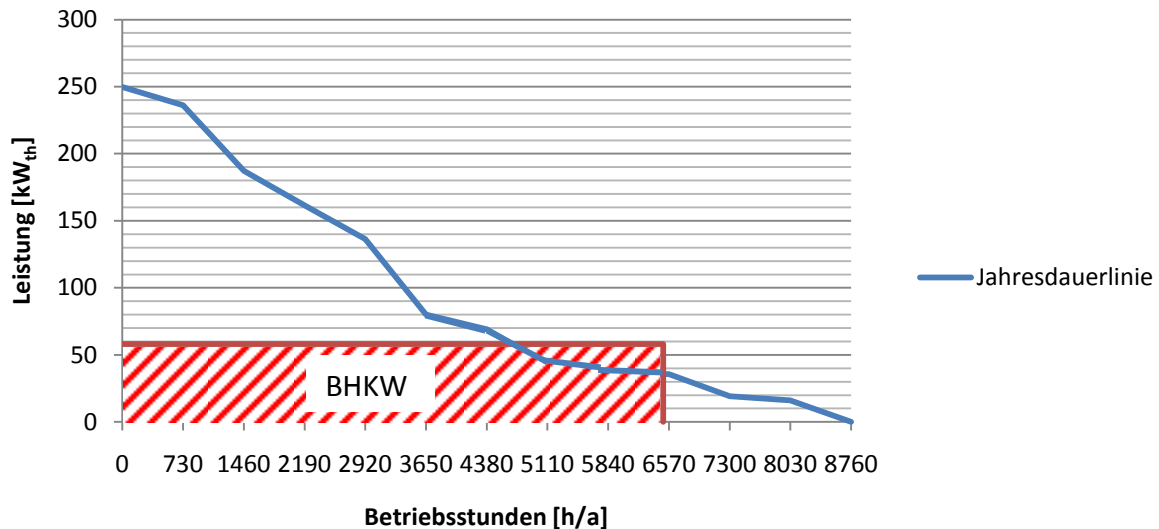
²⁵⁶ Dieses Wirtschaftliche untere Maß entstammt den Anforderungen des EEG (Quelle: (BGBl. Nr. 49, 2010)) § 66, in dem mindestens 5000 Vollbenutzungsstunden im Jahr für den Anspruch auf KWK-Bonus gefordert werden.

²⁵⁷ Kenndaten und sonstige spezifische Kosten wurden der Quelle: (ASUE - Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch, 2005) entnommen

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

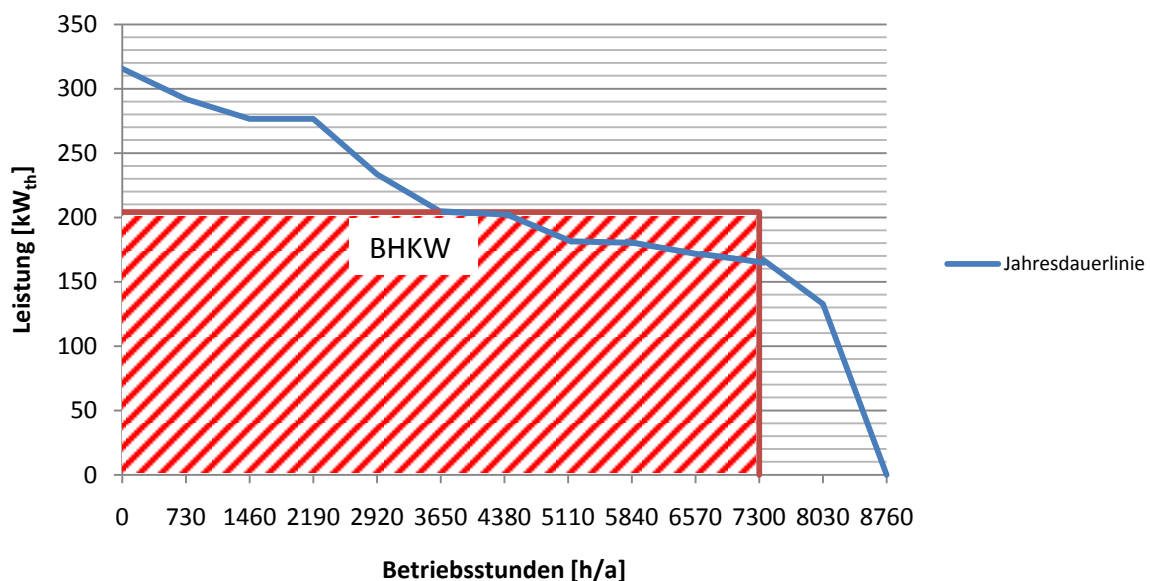
Bei der KWK ist eine maximale thermische Leistung von $58 \text{ kW}_{\text{th}}$, mit 6500 Betriebsstunden im Jahr möglich. Zu der in Abbildung 53 dargestellten Heizbedarfsdeckung, sei noch anzumerken, dass die Fläche des BHKW über die Jahresdauerlinie hinaus geht. Dies ist notwendig, da es auch tagesweise Spitzen und Tiefen gibt, die bei konstantem Betrieb des BHKW ausgeglichen werden. Dies vermeidet einen Teillastbetrieb des BHKW.

Abbildung 53 Heizbedarfsdeckung durch die KWK



Auf Grund der vorteilhafteren Jahresganglinie der KWKK, lässt sich ein BHKW mit einer größeren Leistung von $191 \text{ kW}_{\text{th}}$ und der angestrebten Nutzdauer von 7800 Stunden im Jahr installieren.

Abbildung 54 Heizbedarfsdeckung durch die KWKK



Auf Basis der DIN V 18599 Teil 9 lässt sich auch mit dem EnBP die evtl. Primärenergieeinsparung durch den Einsatz einer KWK oder eine KWKK ermitteln. Die anfängliche Trennung der Bauabschnitte lässt keine Gesamtbetrachtung der möglichen Energieeinsparung für das Gebäude zu. Hier werden die Grundleistungsdaten der BHKWs, thermische und elektrische Leistung, nach Anteilen des jeweiligen Bauabschnittes am Gesamtwärmebedarf aufgeteilt.

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Theoretisch entstehen so zwei kleine BHKWs. Nach der Norm wird nach dem ähnlichen Berechnungsansatz der hier verwendeten Jahressganglinie (allerdings auf den Jahreswert bezogen) der mögliche jährliche Ertrag von thermischer und elektrischer Energie berechnet. Dies wird in der Bilanz, als negativer Energiebedarf gewertet, der Gasverbrauch als zusätzlicher Energiebedarf²⁵⁸. Das Ergebnis der Berechnungen mit dem EnBP wird durch folgende Abbildungen verdeutlicht, wobei das KWK als Variante 1, das KWKK als Variante 2 ausgewiesen ist.

Abbildung 55 Ergebnis Bedarfsrechnung für BA I bei KWK und KWKK Einsatz (Variante 1: KWK; Variante 2: KWKK)

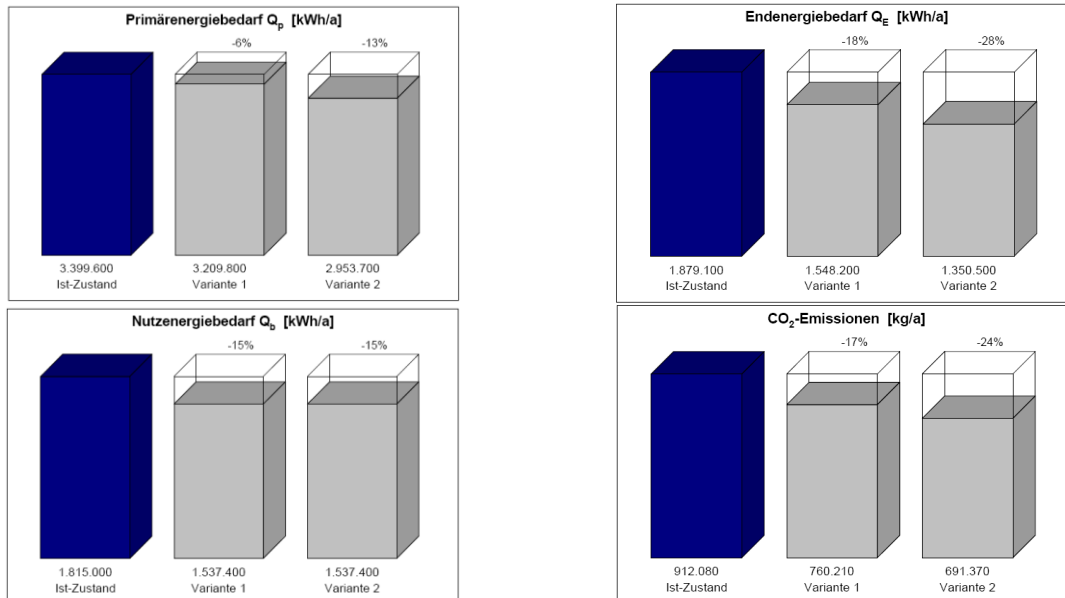
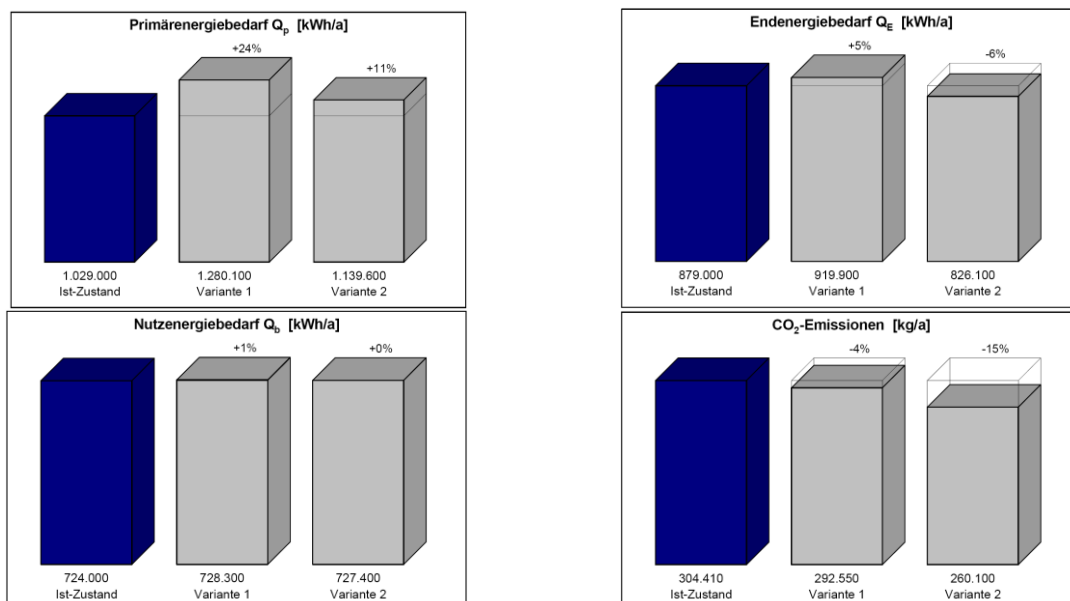


Abbildung 56 Ergebnis Bedarfsrechnung für BA II bei KWK und KWKK Einsatz (Variante 1: KWK; Variante 2: KWKK)



²⁵⁸ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 9), 2005)

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Im BA II sinkt der Primärenergiebedarf nicht, er steigt sogar. Dies rührt aus dem höheren Primärenergiefaktor für Gas (1,1) her, da der Wärmebedarf nicht mehr mit Fernwärme mit einem Primärfaktor von 0,5 gedeckt wird. Der Primärenergiebedarf im BA I hingegen entwickelt sich bei beiden Varianten durchweg positiv. Erhebliche Einsparungen können bei dem Endenergieverbrauch erwartet werden. Selbst im BA II sinkt dieser bei der KWKK-Variante. Der CO₂-Austoß sinkt bei beiden Gebäuden erheblich. Trotz der Steigerung des Primärenergiebedarfs im BA II ist bei der gemeinsamen Betrachtung beider BA eine positive Gesamtwirkung zu erwarten. Die KWKK-Variante ist, wie bereits der Vergleich der Jahresganglinien von KWK und KWKK gezeigt hat, die energetisch bessere Lösung.

Nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) erhält man für die Eigenproduktion an elektrischer Energie, in Abhängigkeit der installierten elektrischen Leistung des BHKW, eine Vergütung vom örtlichen Netzbetreiber, auch bei Eigennutzung der Energie des KWK-Betreibers²⁵⁹. Diese erhält der Produzent für die ersten 6 Jahre oder 30000 Betriebsstunden²⁶⁰. Im hier vorliegenden Fall bezieht FICHTNER bereits Fernwärme. Nach dem KWKG erhält man keinen Bonus, wenn man Fernwärme aus KWK durch den Bau eines BHKW verdrängt²⁶¹. Eventuelle Handlungsspielräume müssen juristisch geklärt werden.

Die Annuitäts-Berechnung wurde für 4 unterschiedliche Varianten vorgenommen:

- KWK ohne KWK-Bonus
- KWK mit KWK-Bonus
- KWKK ohne KWK-Bonus
- KWKK mit KWK-Bonus

Bei einem KWK rechnet man immer mit einer Mindestlaufzeit von 15 Jahren. In dieser Rechnung wird von einem Eigennutzanteil von 100% ausgegangen.

Abbildung 57 Annuitäts-Berechnung der KWK und KWKK Varianten²⁶²

		KWK		KWKK	
		ohne KWKG-Bonus	mit KWKG-Bonus	ohne KWK-Bonus	mit KWKK-Bonus
Investitionskosten BHKW	€	48.744	48.744	113.042	113.042
Investitionskosten AKM + Kühlturm	€	-	-	49.500	49.500
Kosten Einbau, Planung, unvorhergesehenes BHKW	€	9.749	9.749	22.608	22.608
Kosten Einbau, Planung, unvorhergesehenes AKM	€	-	-	49.500	49.500
Erdgas Anschlusspreis	€	500	500	500	500
Gesamt Investitionskosten	€	58.993	58.993	235.150	235.150
Laufzeit	a	15	15	15	15
Summe jährlicher Kosten	€/a	41.509	41.509	162.006	162.006
Summe jährlicher Erlöse	€/a	43.441	53.133,2	182.550,0	206.369,8
jährlicher Überschuss	€/a	1.932	8.126	20.544	38.194

Statische Amortisation	a	30,5	7,3	11,4	6,2
Spez. Wärmekosten der Maßnahme	€/kWh	0,062	0,062	0,060	0,060
Spez. Stromkosten der Maßnahme	€/kWh	0,106	0,106	0,096	0,096

²⁵⁹ Siehe (BGBl. I Nr. 19, 2009), § 4 (3a)

²⁶⁰ Siehe (BGBl. I Nr. 19, 2009), § 7 (8)

²⁶¹ Siehe (BGBl. I Nr. 19, 2009), § 5 (2)

²⁶² Verkürzte Tabelle, die detaillierte Berechnung befindet sich im Anhang A, Wirtschaftlichkeit KWK und KWKK

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Die Ergebnisse der Tabelle zeigen, dass eine alleinige Anschaffung eines BHKW sich nur rentiert, wenn ein Anspruch auf den KWK-Bonus geltend gemacht werden kann. Die KWKK Lösung rechnet sich sowohl mit KWK-Bonus, als auch ohne. Der KWK-Bonus hat einen wesentlichen Einfluss auf die Amortisationszeit der Anlage. Die spezifischen Kosten für Wärme und elektrische Energie werden aus jeweils 50% der Investitionskosten ermittelt, da hier beides gespart wird. Die spezifischen Kosten ca. 6 ct/kWh für Wärme liegen über den derzeitigen Fernwärmekosten von 4,5 ct/kWh. Jedoch sind die spezifischen Stromkosten von ca. 10 ct/kWh geringer als die derzeitigen 14,5 ct/kWh. Die Differenz der spezifischen Kosten von Wärme und elektrischer Energie beträgt insgesamt ca. 3 ct/kWh. Dies wirkt sich positiv auf den jährlichen Überschuss aus.

5.1.6 Klima- und Heizungstechnische Optimierung

Die vorhandenen Optimierungsmaßnahmen der Drehzahlregelung der Ventilatoren und der Wärmerückgewinnung bei den beiden größten RTL-Anlagen, für die Großraumbüros und den Kantinenbereich, sowie der schon vorhandenen elektronischen Steuerung aller Anlagen, gibt es klimatechnisch, für die großen Anlagen keine Optimierungsüberlegungen, die im Umfang dieser Arbeit angestellt werden. Als einzige größere Maßnahme könnte eine Untersuchung der Anlage fürs Rechenzentrum sinnvoll sein. Diese wird komplett mit Frischluft und ohne Wärmerückgewinnung betrieben. Für den Winter kann diese Wärmeenergie mit Hilfe einer Wärmerückgewinnung für das Gebäude noch nutzbar gemacht werden²⁶³.

Ebenso kann eine genaue Untersuchung aller Pumpen ein nennenswertes Einsparpotential bieten. Die Pumpen sind derzeit nicht drehzahl geregelt. Zudem hat sich bei der Eingabe der Pumpenleistung in den EnBP herausgestellt, dass die Pumpenleistungen, die nach der Norm anhand der Leitungslängen ermittelt worden sind, wesentlich kleinere Leistungen aufweisen. Dies bedeutet, dass die Pumpen überdimensioniert sind. Pumpenoptimierung erfordert eine genauere Analyse des Heizungsrohrnetzes.

Alle Rohrleitungen in beiden BA sind gedämmt. Es lässt sich hier mit heutigen Dämmmaterialien ein geringer Verlust erreichen. Bei nötigem Austausch ist zu empfehlen die bestmögliche Dämmung zu wählen.

Die Ventile und Pumpen in dem Gebäude sind nicht gedämmt. Sie haben zwar, bezogen auf das Gesamtnetz, nur eine kleinere Oberfläche, aber im Sinne eines UMS ist auch dies eine Maßnahme, die in Erwägung zu ziehen ist, wie die Rechnung für ein Ventil von ca. 30 cm Länge beweist.

Tabelle 40 Überschlägig Berechnung zur Ersparnis durch Dämmung eines Ventiles²⁶⁴

		ohne Dämmung	mit Dämmung	
Temperatur differenz	T K	25	25	
Fläche	A m ²	0,079	0,079	
Wärmedurchgangskoeffizient	U W/m ² K	7,64	0,64	
Abgegeben Leistung	Q W	15,00	1,26	Ersparnis
jährlicher Verlust	P kWh/a	535	45	81%

²⁶³ Diese Rückgewinnung der Wärmeenergie lässt sich mit dem EnBP nicht abbilden und wird daher in dieser Arbeit nicht betrachtet.

²⁶⁴ Berechnungsannahmen: Wärmeübergang innen 1000W/m²K, Wärmeübergang außen 7,7 W/m²K, Temp. Innen 50°C, Temp. Außen 25 °C, Wärmedurchgang: Eisen:80 W/mK, Dämmung: 0,035 W/mK, Wanddicke 4mm, Dämmungsdicke 5 cm. Betriebszeit 255 d/a und 14h/d.

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Bei der Dämmung eines größeren Ventils kann eine Energie von 490 kWh/a eingespart werden. Ausgehend von 50 installierten Ventilen und Pumpen würde eine Einsparung von 24.500 kWh/a erzielt werden, was wiederum einer Kosteneinsparung von ca. 1000 €/a entspricht.

5.2 Nicht investive Maßnahmen

Im nicht investiven Bereich, werden Maßnahmen aufgelistet, welche durch Gespräche mit den Nutzern und aus Untersuchungen hervorgegangen sind. Diese Maßnahmen sind sowohl energetisch, als auch im Sinne eines UMS nicht zu unterschätzen. Da der Energiebedarf maßgeblich von den Nutzern bestimmt wird, können durch Mitarbeiterschulung im Zuge der Einführung eines UMS auch durch kleine Änderungen im Verhalten große Energieeinsparungen erbracht werden. Dies ist am Beispiel der Beleuchtungsoptimierung im BA I zu erkennen²⁶⁵.

5.2.1 Allgemeines Nutzerverhalten

Es sollten einfache Handgriffe im Alltag so zur Gewohnheit werden, dass diese den regelmäßigen Energieeinsatz so gering wie möglich gestalten. Im Folgenden werden Verbesserungsvorschläge hinsichtlich des Nutzerverhaltens aufgeführt:

Tabelle 41 Energieeinsparmaßnahmen durch Nutzerverhalten

Geräte	-	Prinzipiell sind alle Geräte bei nicht Bedarf vom Netz zu trennen, da diese auch im Standbybetrieb elektrische Energie beziehen.
PC	-	Die Flachbildschirme benötigen keine Bildschirmschoner. Statt dessen sollte eine kurze Zeit für den Standby-Modus eingestellt sein.
	-	In längeren Pausen sollten alle Arbeitshilfsmittel ausgeschaltet werden .
Beleuchtung	-	Die Beleuchtung in einem Raum sollte nur eingeschaltet werden, wenn der Bedarf offensichtlich ist.
Belüftung	-	Prinzipiell ist eine Stoßbelüftung mehrmals am Tag ausreichend.
	-	Vor der Stoßlüftung sollte das Heizungsthermostat zuge dreht (z.B. im Winter).
	-	Vor der Stoßlüftung ist die Kühlung auszuschalten (z.B. im Sommer).
Kühlung	-	Im Sommer sollte das Deckenkühlgerät nur bei geschlossenen Fenstern und Türen aktiv sein. So dringt wenig wärmere Luft in den Raum.
	-	Gekühlt werden sollte nur Bedarf offensichtlich ist.
Heizung	-	Das Thermostat sollte nicht höher als auf Stufe 3 eingestellt sein.
Wasser	-	Warmwasser sollte nur bei Bedarf benutzt werden.

²⁶⁵ Siehe Kapitel 5.1.1.2 Beleuchtungsoptimierung im BA II, Seite 74

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

5.2.2 Drucker/Kopierer Abschaltung

Bei spätabendlichen Kontrollen der großen Drucker und Kopierer ist festgestellt worden, dass sich fast alle auch über Nacht im Standbybetrieb befinden. Laut Hersteller der Großkopierer sollten die Kopierer auch interne Zeitschaltuhren besitzen. Dies lässt sich nach Beobachtungen nicht bestätigen. Es schaltet sich höchstens ein Energiesparmodus ein. Fest steht alle Kopierer beziehen die ganze Nacht über Strom. Eine Schaltzeituhr, ob intern oder extern (ist nochmals zu Prüfen), ermöglicht elektrischer Energie einzusparen. Das Energieeinsparpotential von elektrischer Energie bei den Druckern und Kopierern durch Abschaltung wurde, unter Berücksichtigung der Modus-Reihenfolge Energiesparmodus später dann Standby, mit dem folgenden Ergebnis berechnet:

Tabelle 42 Energieeinsparung durch Abschalten der großen Drucker²⁶⁶

Im Energiesparmodus	Anzahl	Bedarf			
OCÉ Vario Print	8	30	Wh/h	439	kWh/a
Sharp MX	12	9	Wh/h	198	kWh/a
HP 4000er-Reihe	30	16	Wh/h	878	kWh/a

Im Standbymodus	Anzahl	Bedarf			
OCÉ Vario Print	8	1,2	Wh/h	33	kWh/a
Sharp MX	12	1,2	Wh/h	49	kWh/a
HP 4000er-Reihe	30	1,2	Wh/h	122	kWh/a

Gesamt		1718	kWh/a
---------------	--	------	-------

Das entspricht einer jährlichen Kosteneinsparung von 250€²⁶⁷.

5.2.3 Wasserspender

Die im Gebäude befindlichen Wasserspender²⁶⁸ der Firma Logic Water, haben einen Energiebedarf im Standby-Betrieb nach Messung von 0,043 kWh. Sie werden 24 Stunden am Tag betrieben, auch am Wochenende. Die folgende Rechnung zeigt wie viel Energie sich einsparen lässt, wenn diese in den Nichtnutzungszeiten durch eine Zeitschaltuhr abgeschaltet sind.

Tabelle 43 Energieeinsparung durch Einbau von Zeitschaltuhren bei den Wasserspender

	Abschaltung		Tage		Wochen		Einsparung		Gesamt	
Mo.-Fr.	10	h/d	5	d/w	52,25	w/a	0,043	kWh/h	112,3	kWh/a
Sa. So.	20	h/d	2	d/w	52,25	w/a	0,043	kWh/h	89,9	kWh/a
									202,2	kWh/a

Derzeit 6 installierte Spender	
Gesamteinsparung	1213,2 kWh/a

Das entspricht einer jährlichen Kosteneinsparung von 176 €/a.

²⁶⁶ Die komplette Berechnung mit den zu Grunde gelegten Zeiten befindet sich im Anhang A, Einsparpotential Drucker/Kopierer

²⁶⁷ Bei einem Strompreis von 14,5 ct/kWh; Alle weiteren Kosteneinsparungen werden ebenfalls mit diesem Strompreis berechnet.

²⁶⁸ Angeboten wird von dem Spender: kaltes Wasser, heißes Wasser, mit oder ohne Kohlensäure

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

5.2.4 Arbeitshilfsmittel

Auch die PCs (Desktop, Laptop und zusätzliche Flachbildschirme) beziehen elektrische Energie, obwohl sie nicht im Betrieb sind. Hier sollte, z.B. durch manuell schaltbare Stromleisten, alle diese Arbeitshilfsmittel bei verlassen der Räumlichkeit vom Netz getrennt werden. Diese Systemeinführung kann nur dann effektiv Energieeinsparung erwirken, wenn es für den Nutzer keinen großen Mehraufwand mit sich bringt. Der Schaltmechanismus muss daher leicht zugänglich sein. Das gesamte Energieeinsparpotential zeigt die folgende Berechnung.

Tabelle 44 Einsparungseffekt durch abschalten der Arbeitshilfsmittel²⁶⁹

	PC	Abschaltung		Tage		Wochen		Einsparung		Gesamt	
Mo.-Fr.	80	15,5	h/d	5	d/w	52,25	w/a	2,5	Wh/h	809,9	kWh/a
Sa. So.	80	20	h/d	2	d/w	52,25	w/a	2,5	Wh/h	418	kWh/a

	Laptop	Abschaltung		Tage		Wochen		Einsparung		Gesamt	
Mo.-Fr.	630	15,5	h/d	5	d/w	52,25	w/a	0,25	Wh/h	637,8	kWh/a
Sa. So.	630	20	h/d	2	d/w	52,25	w/a	0,25	Wh/h	329,2	kWh/a

	Bildschirm	Abschaltung		Tage		Wochen		Einsparung		Gesamt	
Mo.-Fr.	860	15,5	h/d	5	d/w	52,25	w/a	0,25	kWh/h	870,6	kWh/a
Sa. So.	860	20	h/d	2	d/w	52,25	w/a	0,25	kWh/h	449,4	kWh/a

Gesamteinsparung	3514,8 kWh/a
------------------	--------------

Die Kosteneinsparung sind hier 510 €/a.

5.2.5 Jalousien

Die Jalousien sind bei den Bauabschnitten unterschiedlich angeordnet. Im BA I befinden sich die Jalousien im Zwischenraum der Abluftfassade. Hierbei handelt es sich um helle Stofflamellen, welche vertikal an dem oberen Fensterrahmen installiert sind. Durch einen Helligkeitssensor oder manuell gesteuert lassen sich die Lamellen mit Elektromotoren betätigen, um den Solaren Eintrag bis auf ein Minimum zu senken. Die Jalousien lassen sich auch komplett an die Seite fahren.

Im BA II handelt es sich um Jalousien die außerhalb der Fenster in einem Rollladenkasten untergebracht sind. Die Lamellen sind hier horizontal angeordnet und werden durch den Helligkeitssensor, oder bei Bedarf auch manuell geschlossen.

Bei geschlossenen Jalousien kann die Solar Energie beim BA I ins Gebäude gelangen und trifft dann auf die Jalousien innerhalb der Abluftfassade. Die Abluft führt die aufgenommene Energie sofort ab, sprich der solare Energieeintrag gelangt nicht direkt in die Büroräumlichkeiten. Dies ist im Winter für den BA I vorteilhaft, da die Wärme durch die Wärmerückgewinnung trotz geschlossener Jalousien einen positiven Energieeintrag ins Gebäude hat. Hingegen wird im Sommer der Wärmerückgewinner als Rückkühler verwendet, um die Frischluft mit der noch auf einem niedrigeren Temperaturniveau befindlichen Abluft vorzukühlen.

²⁶⁹ Die Anzahlen der Rechner basieren auf Zählungen die im Zuge dieser Arbeit erfolgt sind. Die Verbräuche wurden mit Hilfe von Messungen ermittelt

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Durch den Wärmeeintrag wird die Temperaturdifferenz kleiner und somit sinkt die Vorkühlleistung. Insgesamt bringt somit die Jalousie nur im Winter einen energetischen Vorteil.

Da die Jalousien im BA II außen angebracht sind gibt es zwei Nutzungsmöglichkeiten. Bei offener Jalousie gibt es einen Energieeintrag und bei geschlossen keinen Energieeintrag ins Gebäude, da dann die Solare Energie außerhalb des Gebäudes absorbiert wird.

Hier empfiehlt sich die Helligkeitssteuerung mit einem Temperaturfühler zu kombinieren. Ist die Temperatur über der Heizgrenztemperatur im Sommer gestiegen, sollten die Jalousien den solaren Energieeintrag vermeiden, um den Raum nicht zu sehr aufzuheizen. Im Winter hingegen ist dieser zusätzliche Wärmeeintrag durch die solare Energie erwünscht, da diese einen geminderten Heizwärmebedarf zur Folge hat. Anhand einer Rechnung wird der Solare Energieeintrag eines Büros für den Januar, mit Hilfe der DIN V 18599 Teil 2 bestimmt.

$$Q_{S,tr} = F_F \cdot A \cdot g_{eff} \cdot I_S \cdot t \quad (5-1)^{270}$$

Dabei ist

$Q_{S,tr}$	Wärmeeintrag durch Solare Einstrahlung	-
F_F	Reduzierungsfaktor opaker Rahmenanteil	$F_F = 1$, da reine Fensterfläche
A	Fläche	$A = 6 \text{ m}^2$, reiner Fensterfläche in einem kleiner Gruppenbüro
g_{eff}	Gesamtdurchlassgrad	g_{eff} , wird im folgenden bestimmt
I_S	mittlere Strahlungsintensität eines Monats	$I_S = 56 \text{ W/m}^2$ ²⁷¹
t	Sonnenstunden	$t = 55 \text{ h}$, im Januar ²⁷²

Der Gesamtdurchlassgrad bestimmt sich wie folgt:

$$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g \quad (5-2)^{273}$$

F_S	Minderungsfaktor für Verschattung	$F_S = 1$, kein Schatten
F_W	Abmilderung infolge nicht senkrechter Strahlung	$F_W = 0,9$ ²⁷⁴
F_V	Abmilderung durch Verschmutzung	$F_V = 0,9$ ²⁷⁵
g	Durchlassgrad des Fensters	$g = 0,75$ ²⁷⁶

$$g_{eff} = 1 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 0,601$$

Damit lässt sich der Energieeintrag eines Büros für den Monat Januar ermitteln:

$$Q_{S,tr} = 1 \cdot 6 \text{ m}^2 \cdot 0,601 \cdot 0,056 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \cdot 55 \text{ h} = 11,12 \frac{\text{kWh}}{\text{Jan}}$$

Berücksichtigt man bei der Berechnung eine Fensterfläche von 1000 m² und einen Kühlzeitraum von ca. 5 Monaten erhält man folgendes Ergebnis:

$$Q_{S,tr} = 1 \cdot 1000 \text{ m}^2 \cdot 0,601 \cdot 0,056 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \cdot 55 \text{ h} \cdot 5 \text{ Monate} = 9.255 \text{ kWh}$$

²⁷⁰ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 2), 2005) Kapitel 6.4.1, Seite 63

²⁷¹ Für Januar bestimmt aus (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 10), 2005), Tabelle 7

²⁷² Siehe von <http://www.stadtklima-stuttgart.de>

²⁷³ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 2), 2005) Kapitel 6.4.2, Seite 64

²⁷⁴ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 2), 2005) Kapitel 6.4.2, Seite 65

²⁷⁵ Siehe (DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 10), 2005) Kapitel 6 e)

²⁷⁶ Wert für die aktuellen Fenster siehe Kapitel 5.1.2.2

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Die Berechnung²⁷⁷ verdeutlicht, dass die Helligkeits- und temperaturabhängige Steuerung der Jalousien eine sinnvolle Maßnahme ist.

Eine weitere Energieeinsparung im BA II würde das Schließen der Jalousien in den Winter Nächten mit sich bringen. Werden die Jalousien geschlossen verringert sich der U-Wert, da die Luftschicht zwischen Fenster und Rollläden als leichte Dämmschicht angenommen werden kann. Das würde den U-Wert um ca. $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ²⁷⁸ senken. Damit würde das Gebäude in der Nacht weniger auskühlen.

5.3 Bewertung der Maßnahmen

Um den Wert der Energieeinsparmaßnahmen einschätzen zu können, wird eine Nutzwertanalyse unter Berücksichtigung folgender Kriterien durchgeführt:

- Investitionskosten
- Jährliche Einnahmen
- Spezifische Kosten
- Statische Amortisationszeit
- Image Gewinn für die im Energiesektor tätigen Firma FICHTNER durch die jeweilige Maßnahme
- CO₂-Einsparungspotential
- Zu erzielende Primärenergieeinsparung

Die Kriterien werden mit einer Punkteskala 1 bis 5 bewertet. Die Bewertung der Maßnahmen erfolgt mit einer Punkteskala 0 bis 9. Die Punktezahl nach den Kriterien wird mit der Punktezahl der Maßnahme multipliziert. Die Summe aus allen Punkten der Kriterien einer Maßnahme ergibt die Gesamtbewertung.

Die auf den nächsten Seiten folgenden Tabellen stellen alle Bewertungskriterien und das Ergebnis Gesamtbewertung dar.

²⁷⁷ Nicht Berücksichtigt, ist hier der Sonnengang, unterschiedliche Himmelsausrichtung der Fenster, die Einsparung der elektrischen Energie der Jalousiemotoren, Höhere Sonneneinträge in den anderen Heizmonaten, Nutzerverhalten.

²⁷⁸ Nach DIN ISO 6946, angenommene Stärke 0,1 m, Wärmeleitwert ruhender Luftschicht $\lambda=0,428 \text{ W/mK}$

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Tabelle 45 Nutzwertanalyse der Energieeinsparmaßnahmen Teil 1 von 2

	Investitionskosten	jährliche Einnahmen	spezifische Kosten	Imageförderern	Primärenergieeinsparung		CO ₂ Einsparung		Amortisationszeit	SUMME
					BA I	BA II	BA I	BA II		
Wichtung	2	3	3	3	4		4		3	
	€	€/a	€/kWhth/ €/kWhel							
1	BHKW	55.993	1.932	0,062/0,106	-6%	24%	-17%	-4%	30,5	
	6	4	7	8	6		8		1	
	12	12	21	24	24		32		3	128
2	BHKW + KWK-Bonus	55.993	8.126	0,062/0,106	-6%	24%	-17%	-4%	7,3	
	6	7	7	8	6		8		8	
	12	21	21	24	24		32		24	158
3	BHKW + AKM	235.150	20.544	0,060/0,096	-13%	11%	-24%	-15%	11,40	
	5	8	8	8	8		9		7	
	10	24	24	24	32		36		21	171
4	BHKW + AKM + KWK-Bonus	235.150	38.194	0,060/0,096	-13%	11%	-24%	-15%	6,20	
	5	9	8	8	8		9		9	
	10	27	24	24	32		36		27	180
5	PV-Anlage	294.000	3.710	-/0,89		potential	potential		8,64	
	4	5	1	9	6		6		8	
	8	15	3	27	24		24		24	125
6	Beleuchtungsoptimierung im BA I	264.000	35.502	-/0,084	-10%	-	-9%	-	7,4	#
	4	9	1	5	8		7		9	
	8	27	3	15	32		28		27	140
7	Beleuchtung Nutzerverhalten BA II	0	1.363	-/0	-6%		-	-4%	0	
	9	4	9	3	7		6		9	
	18	12	27	9	28		24		27	145
8	Beleuchtung Flure BA II	-	145	-	-	-	-	-	-	
	3	1	5	3	3		3		3	
	6	3	15	9	12		12		9	66
9	Fenster, nur Verglasung	611.660	-40619	0,316/-	-8%	-	-11%		84,6	
	1	1	1	3	7		8		0	
	2	3	3	9	28		32		0	77
10	Fenster, komplett	863.520	-50844	0,183/-	-12%	-	-18%		47	
	0	0	2	3	8		9		1	
	0	0	6	9	32		36		3	86

Ergebnisse
 Bewertung an den Daten und dem eingeschätzten Potential
 Bewertungsergebnis multipliziert mit der Wertung

Vorschläge von möglichen Energieeinsparmaßnahmen

Tabelle 46 Nutzwertanalyse der Energieeinsparmaßnahmen Teil 2 von 2

		Investitionskosten	jährliche Einnahmen	spezifische Kosten	Imagefördern	Primärenergieeinsparung		CO ₂ -Einsparung		Amortisationszeit	SUMME
			€/a	€/kWhth/ €/kWhel		BA I	BA II	BA I	BA II		
	Wichtung	2	3	3	3	4		4		3	
11	Fenster, Komplett nach Lebensz.	287.840 €	-5810	0,061/-		-12%	-	-18%		15,7	
		4	2	4	3	8		9		8	
		8	6	12	9	32		36		24	127
12	Klima- und Heizungsoptimierung	-	potential	potential		potential		potential		potential	
		4	3	3	2	3		3		3	
		8	9	9	6	12		12		9	65
13	Ventil-/ Pumpendämmung	-	€ 1000	potential		potential		potential		-	
		4	4	4	2	4		4		6	
		8	12	12	6	16		16		18	88
14	Allgemeines Nutzerverhalten	0	potential	potential		potential		potential		0	
		9	3	4	2	3		3		9	
		18	9	12	6	12		12		27	96
15	Drucker/Kopierer Abschalten	gering	€ 249	potential		potential		potential		0	
		8	3	4	2	3		3		9	
		16	9	12	6	12		12		27	94
16	Wasserspender	gering	€ 176	potential		potential		potential		gering	
		8	3	4	2	3		3		8	
		16	9	12	6	12		12		24	91
17	Arbeitshilfsmittel	gering	€ 510	potential		potential		potential		gering	
		8	4	4	2	3		3		8	
		16	12	12	6	12		12		24	94
18	Jalousien Temperaturgesteuert	gering	potential	potential		potential		potential		gering	
		8	6	5	2	4		4		8	
		16	18	15	6	16		16		24	111
19	Jalousien Nachts im Winter schließen	gering	potential	potential		potential		potential		gering	
		8	4	4	2	4		4		8	
		16	12	12	6	16		16		24	102
20	Dämmung der Opaken Bauteile	-	€ -	-		-		-		-	
		2	1	2	2	4		4		2	
		4	3	6	6	16		16		6	57

	Ergebnisse und Abschätzung
	Bewertung an den Daten und dem eingeschätzten Potential
	Bewertungsergebnis multipliziert mit der Wertung

6. Zusammenfassung der Energiesparmaßnahmen für FICHTNER

Aus dem Vergleich der Umweltmanagementsysteme nach EMAS III und ISO 14001 geht hervor, dass für die Ziele und Interessen von FICHTNER die Einführung eines Umweltmanagementsystems nach EMAS III angemessen ist.

Durch die in dieser Arbeit vorgenommene Analyse des Ist-Zustands des Bürogebäudes von FICHTNER hat sich gezeigt, dass das Bürogebäude in einem energetischen sehr guten Zustand ist. Sowohl der Ältere, als auch der neuere Bauabschnitt, sind nicht weit von den Anforderungen entfernt die in der Energieeinsparverordnung 2009 festgelegt sind. Um die Effizienz des Bürogebäudes noch weiter zu steigern konnten im Rahmen dieser Arbeit Energieeinsparpotential identifiziert und bewertet werden. Die investive Maßnahme der Installation einer Kraft-Wärme-Kopplung besitzt ein großes Energieeinsparpotential und sollte auch von FICHTNER als Akteur im Energiesektor als erstes umgesetzt werden. Die aufgezeigten nicht investiven Maßnahmen beruhen im Wesentlichen auf der Änderung des Nutzerverhaltens. Beispielweise kann im BA II alleine durch das Nutzerverhalten bei der Beleuchtung 6 % des Primärenergiebedarfs des BA II eingespart werden. Durch eine Nutzwertanalyse wurde eine Bewertung der Energieeinsparmaßnahmen vorgenommen, die in der nachfolgenden Tabelle nach Priorität aufgelistet sind. Die Tabelle stellt für FICHTNER eine erste Übersicht an Energieeinsparmaßnahmen zur Verfügung und gibt damit richtungweisende Vorschläge bei der Einführen eines Umweltmanagementsystems nach EMAS III.

Tabelle 47 Reihenfolge der Energieeinsparmaßnahmen nach Ergebnis der Nutzwertanalyse sortiert

	Energieeinsparmaßnahme	Bereich	Analysiert im
1	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) installieren ²⁷⁹	investiv	Kapitel 5.1.5 Seite 86
2	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) installieren ²⁸⁰	investiv	Kapitel 5.1.5 Seite 86
3	Beleuchtungsoptimierung durch Nutzerverhalten	nicht Investiv	Kapitel 5.1.1.2, Seite 74
4	Beleuchtungsumbau	investiv	Kapitel 5.1.1.1, Seite 71
5	Fenstersanierung ²⁸¹	investiv	Kapitel 5.1.2, Seite 77
6	Photovoltaik-Anlage installieren	investiv	Kapitel 5.1.4, Seite 81
7	Jalousien Steuerungsoptimierung	nicht Investiv	Kapitel 5.2.5, Seite 94
8	Allgemeines Nutzerverhalten optimieren	nicht Investiv	Kapitel 5.2.1, Seite 92
9	Drucker / Kopierer Nachtabschaltung	nicht Investiv	Kapitel 5.2.2, Seite 93
10	Arbeitshilfen vom Netz trennen	nicht Investiv	Kapitel 5.2.4, Seite 94
11	Wasserspender Nachtabschaltung	nicht Investiv	Kapitel 5.2.3, Seite 93
12	Ventil-/Pumpen Dämmung	investiv	Kapitel 5.1.6, Seite 91
13	Klima- und Heizungsanlagenoptimierung	investiv	Kapitel 5.1.6, Seite 91
14	Dämmung der opaken Bauteile	investiv	Kapitel 5.1.3, Seite 81

²⁷⁹ Punkte 3 und 4 der Nutzwertanalyse zusammengefasst

²⁸⁰ Punkte 1 und 2 der Nutzwertanalyse zusammengefasst

²⁸¹ Punkte 9, 10 und 11 der Nutzwertanalyse zusammengefasst

Literaturverzeichnis

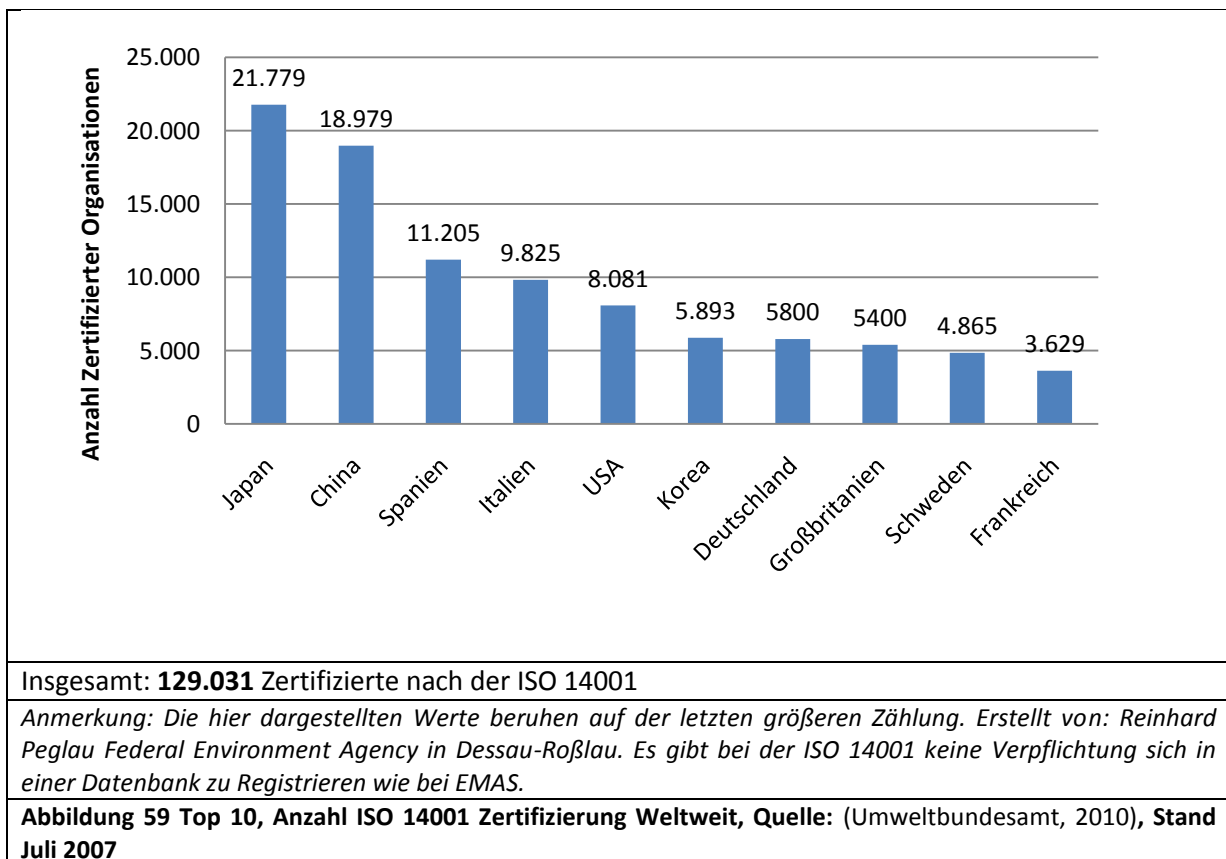
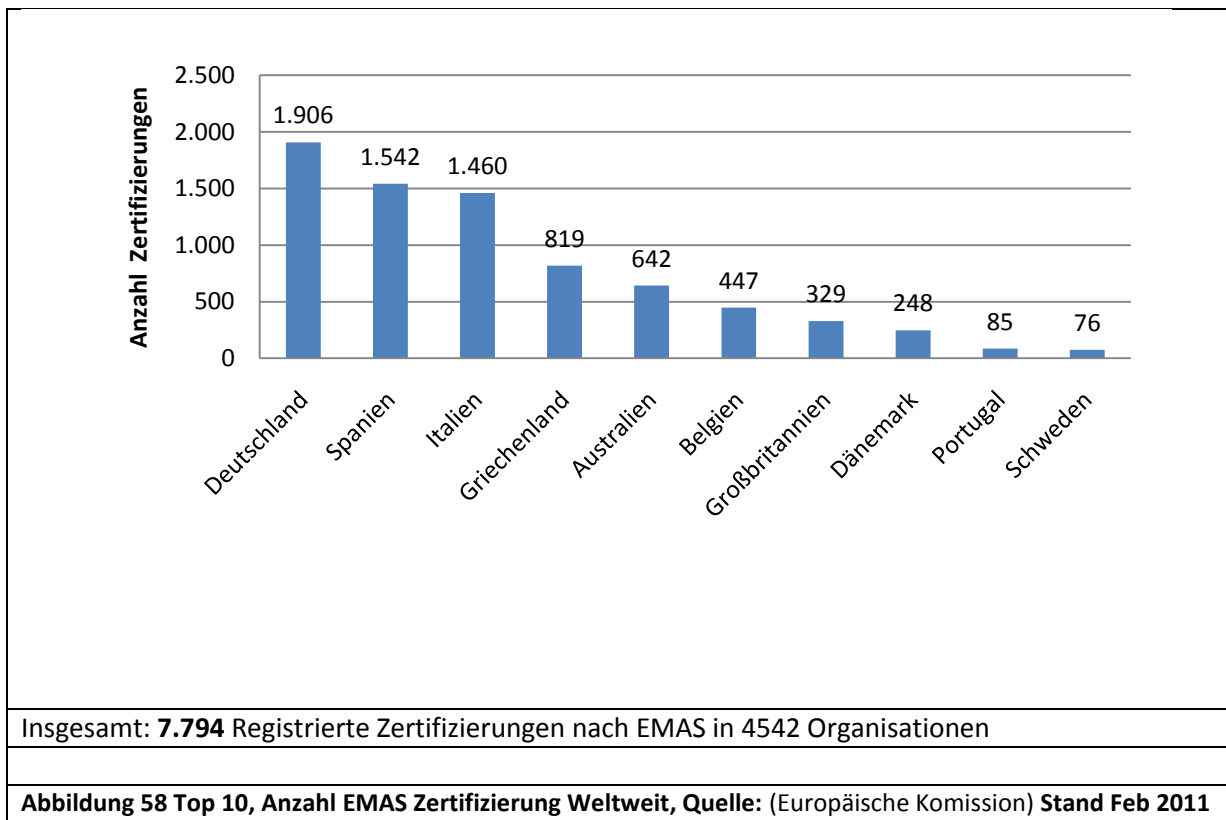
- Alt, Prof. Dr.-Ing. H.** FH-Aachen. <http://www.alt.fh-aachen.de>. [Online] [Zitat vom: 15. 03 2011.] <http://www.alt.fh-aachen.de/downloads/Energieausweis/Hilfsb%2020%20Gradzahltag.pdf>.
- ASUE - Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch. 2005.** *BHKW-Kenndaten 2005*. Kaiserslautern : Rationeller Erdgaseinsatz, 2005.
- ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. August 2007.** *Der Energieausweis für den Gebäudebestand*. Kaiserslautern : Verlag Rationeller Erdgaseinsatz, August 2007. Bestellnummer: 09 08 07.
- BGB1. I NR. 34. 2009.** EnEV - Energieeinsparverordnung. *Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und nergiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden*. Deutschland, Deutschland : s.n., 24. 07 2009.
- **2007.** EnEV - Energieeinsparverordnung. *Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und nergiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden*. Deutschland, Deutschland : s.n., 24. 07 2007.
- BGBI. I Nr. 19. 2009.** KWKG - Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz. *Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung*. Deutschland : s.n., 2009.
- BGBI. Nr. 49. 2010.** EEG - Erneuerbare-Energien-Gesetz. *Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien*. 2010.
- Bopp, R. 2008.** Verbrauchsüberwachung Wärme und Kälte. www.uni-ulm.de. [Online] 08. 04 2008. [Zitat vom: 16. 03 2011.] http://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/zuv/zuv.dezVI/%C3%B6ffentlich/v-2/verbrauchsueberwachung-waerme_kaelte.pdf.
- BP. 2010.** Statistical Review Electricity. [Online] 06 2010. [Zitat vom: 27. 04 2011.] http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2010_downloads/electricity_table_electricity_generation_data_2010.pdf.
- Bundesnetzagentur. 2010.** Degressions- und Vergütungssätze für solar Strahlungsenergie nach den §§32 und 33 EEG ab dem 01.01.2011. *Bundesnetzagentur*. [Online] 22. 10 2010. [Zitat vom: 12. 04 2011.] www.bundesnetzagentur.de/.../DegressionsVerguetungssaetze2011_pdf.pdf.
- Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz e.V. (DENEFF). 2011.** *DENEFF. 10-Punkte-Sofortprogramm für einen schnellen und wirtschaftlichen Atomausstieg*. [Online] 07. 04 2011. [Zitat vom: 27. 04 2011.] <http://www.deneff.org/cms/index.php/news-reader/items/id-10-punkte-sofortprogramm.html>.
- Deutschen Energie-Agentur GmbH. 2008.** DENA. *Wagner PEB*. [Online] 24. 06 2008. [Zitat vom: 06. 04 2011.] http://www.wagner-peb.de/dena-Infotext_Kabinettentwurf_der_EnEV_09.pdf.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Teil 4). 2005.** *DIN V 18599 Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung*. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2005.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Teil 5). 2005.** *DIN V 18599 Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen*. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2005.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Teil 8). 2005.** *DIN V 18599 Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen*. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2005.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 1). 2005.** *DIN V 18599 Teil 1: Energetische Bewertung von Gebäuden*. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2005.

- DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 10). 2005.** *DIN V 18599 Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten.* Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2005.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 2). 2005.** *DIN V 18599 Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen.* Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2005.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 3). 2005.** *DIN V 18599 Teil 3: Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung.* Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2005.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 6). 2005.** *DIN V 18599 Teil 6: Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und.* Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2005.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 7). 2005.** *DIN V 18599 Teil 7: Endenergiebedarf von Raumlüftungstechnik- und Klimakältesystemen.* Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2005.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V.(Teil 9). 2005.** *DIN V 18599 Teil 9: End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen.* Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2005.
- Dip.-Ing.Ingo Heusler, Dipl.-Ing. Andreas Nimtsch, Dipl.-Ing.(FH) Herbert Sinnesbichler. 2009.** *Erarbeitung einer vereinfachten Berechnungsmethode für Doppelfassaden für die Integration in die deutsche EPBD- Energieeffizienzbewertungsmethode DIN V 18599.* Stuttgart : Fraunhofer Institut, 2009.
- Dr. Detlef Butterbrodt, Dr, Jörn Bentlage. 2002.** *Umweltmanagementsysteme.* Kissing : WEKA, 2002.
- Europäische Kommission.** EMAS Register. [Online] [Zitat vom: 17. 02 2011.] http://www.emas-register.eu/statistic.php?view=all_sites.
- Europäische Parlament der Rat der Europäischen Union. 2002.** *Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002.* 2002.
- Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union. 2009.** *Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung .* 2009. EMAS III.
- . **1993.** *Verordnung (EWG) Nr. 1836/93 des Rates vom 29. Juni 1993 über die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung.* 1993.
- Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH. 2000.** Umweltbundesamt. www.Umweltbundesamt.de. [Online] 09 2000. [Zitat vom: 07. 04 2011.] http://www.umweltbundesamt.de/produkte/dokumente/Ersatz_von_R22.pdf.
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.** [Baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de). [Online] Fraunhofer IRB. [Zitat vom: 10. 03 2011.] <http://www.baufachinformation.de/literatur.jsp?bu=2003055030786>.
- . **2008.** Fraunhofer IBP Abteilung Wärmetechnik. *Vornormenreihe DIN V 18599 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung.* [Online] 2008. [Zitat vom: 04. 03 2011.] http://www2.ibp.fraunhofer.de/wt/berichte/berichte_pdfs/DINV18599_kurz.pdf.
- Fürkus, Stefan. 2009.** City Büro Berlin. [Online] 10. 11 2009. [Zitat vom: 21. 03 2011.] <http://www.city-buero-berlin.de/upload/dieenev09.pdf>.
- Gloor, Rolf. 2010.** energie.ch. *Energieeffiziente Beleuchtung; Die typische Lichtausbeute von ausgesuchten Lampen aus der Norm SIA 380/4.* [Online] Gloor, Rolf, 13. 10 2010. [Zitat vom: 03. 04 2011.] <http://energie.ch/beleuchtung>.
- Hans-Günther Wagemann, Heinz Eschrich. 2007.** *Photovoltaik.* Wiesbaden : Teubner, 2007. 978-3-8351-0168-5.

-
- Heusler, Dr.-Ing Winfried. 2009.** Abluftfassaden - Chancen und Risiken im Vergleich zu anderen Fassadenkonzepten. *www.Fassade.ch*. [Online] 2009. [Zitat vom: 25. 02 2011.] http://www.szff.ch/platform/content/element/1792/Heusler_Resumee.pdf.
- Joint Research Centre. 1995-2011.** Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). [Online] European Commission, 1995-2011. [Zitat vom: 23. 03 2011.] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.
- Kamiske. 1995.** *Umweltmanagement -Moderne Methoden und Techniken zur Umsetzung*. München : Carl Hanser Verlag, 1995.
- Karl W. Schmitz, Gunter Schaumann. 2005.** *Kraft-Wärme-Kopplung*. Heidelberg : Springer-Verlag , 2005. 3-540-20903-4.
- Konstantin, Panos. 2009.** *Praxisbuch Energiewirtschaft; Energieumwandlung,-transport und -beschaffung im liberalisierten Markt*. Heidelberg : Springer-Verlag Berlin, 2009. 978-3-540-78591-0.
- Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Dr.-Ing. Kati Jagnow. 2011.** Delta q. *www.delta-q.de*. [Online] 01 2011. [Zitat vom: 16. 03 2011.] http://www.delta-q.de/export/sites/default/de/downloads/heizgradtage_und_gradtagszahl.pdf.
- . 2011. Witterungskorrektur von Verbrauchsausweisen. *Delta q*. [Online] 01 2011. [Zitat vom: 16. 03 2011.] http://www.delta-q.de/export/sites/default/de/downloads/Witterungskorrektur_Energieausweis.pdf.
- Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (RWE). 2010.** *RWE Bau-Handbuch, 14. Ausgabe*. Frankfurt am Main : EW Medien und Kongresse GmbH, 2010. 978-3-8022-0974-1.
- Ris, Hans Rudolf. 2003.** *Beleuchtungstechnik für Praktiker*, 3. Auflage. Berlin und Offenbach : VDE Verlag GmbH, 2003.
- Umweltbundesamt. 2010.** Umweltökonomie und Umweltmanagement. *Umweltmanagementsysteme weltweit*. [Online] 10. 08 2010. [Zitat vom: 17. 02 2011.] <http://www.umweltbundesamt.de/umweltoekonomie/ums-welt.htm>.
- Umweltgutachterausschuss (UGA). 2010.** EMAS. *Die neuen Kernindikatoren der EMAS III*. [Online] März 2010. [Zitat vom: 15. 02 2011.] http://www.emas.de/fileadmin/user_upload/06_service/PDF-Dateien/UGA_Infoblatt-EMAS_III_Jan_2010.pdf.
- Wagner, Andreas. 2006.** *Photovoltaik Engineering*. Heidelberg : Springer-Verlag Berlin, 2006.
- Weglage, Andreas. 2008.** *Energieausweis - Das große Kompendium*. Wiesbaden : Vieweg + Teubner Verlag, 2008. 978-3-8348-0443-3.

Anhang A - Allgemein

Zahlen der Zertifizierung EMAS III und ISO 14001



Verbraucher die auf der BA I Abrechnung für elektrische Energie mitgezählt werden

Tabelle 48 Überschüssige Verbraucher der Stromabrechnung des BA I

				Hinweis
Lüftung BA II		64.519	KWh/a	Stromzähler
Kälte BA II	Alt	16.795	KWh/a	
	Neu	62.598	KWh/a	
Fahstuhl BA I		9.099	KWh/a	Nach Leistungs Messung
Fahstuhl BA II		1.705	KWh/a	Nach Leistungs Messung
TG	Lüftung	12.097	KWh/a	Schätzung: Ver- brauch 1,5 RTL- Anlage
	Kraft	6.379	KWh/a	
1. OG BA II	Beleuchtung	34.714	KWh/a	
Außenbeleuchtung (TG+HOF)		36.226	KWh/a	
Druckluftkompressor	2,2 KW	8.276	KWh/a	Angenommene Be- triebszeit, 12 h/d in der Woche, 6 h/d Wochenende

Gesamt	252.408	KWh/a
--------	---------	-------

Energieeinsparpotential Drucker/Kopierer

Im Energiesparmodus

	OCÉ Vario Print	Abschaltung	Tage	Wochen	Einsparung	Gesamt
Mo.-Fr.	8	5 h/d	5 d/w	52,25 w/a	30 Wh/h	314 kWh/a
Sa. So.	8	5 h/d	2 d/w	52,25 w/a	30 Wh/h	125 kWh/a

	Sharp MX	Abschaltung	Tage	Wochen	Einsparung	Gesamt
Mo.-Fr.	12	5 h/d	5 d/w	52,25 w/a	9 Wh/h	141 kWh/a
Sa. So.	12	5 h/d	2 d/w	52,25 w/a	9 Wh/h	56 kWh/a

	HP 4000er-Reihe	Abschaltung	Tage	Wochen	Einsparung	Gesamt
Mo.-Fr.	30	5 h/d	5 d/w	52,25 w/a	16 Wh/h	627 kWh/a
Sa. So.	30	5 h/d	2 d/w	52,25 w/a	16 Wh/h	251 kWh/a

Einsparung	1514 kWh/a
-------------------	------------

Im Standby

	OCÉ Vario Print	Abschaltung	Tage	Wochen	Einsparung	Gesamt
Mo.-Fr.	8	7 h/d	5 d/w	52,25 w/a	1,2 Wh/h	18 kWh/a
Sa. So.	8	15 h/d	2 d/w	52,25 w/a	1,2 Wh/h	15 kWh/a

	Sharp MX	Abschaltung	Tage	Wochen	Einsparung	Gesamt
Mo.-Fr.	12	7 h/d	5 d/w	52,25 w/a	1,2 Wh/h	26 kWh/a
Sa. So.	12	15 h/d	2 d/w	52,25 w/a	1,2 Wh/h	23 kWh/a

	HP 4000er-Reihe	Abschaltung	Tage	Wochen	Einsparung	Gesamt
Mo.-Fr.	30	7 h/d	5 d/w	52,25 w/a	1,2 Wh/h	66 kWh/a
Sa. So.	30	15 h/d	2 d/w	52,25 w/a	1,2 Wh/h	56 kWh/a

Einsparung	204 kWh/a
-------------------	-----------

Gesamteinsparung	1718 kWh/a
-------------------------	------------

Wirtschaftlichkeit von KWK und KWKK²⁸²

Technische Daten		KWK		KWKK	
Typ	-	Wilhelm Schmidt GmbH E.P. G34/0824		Köhler und Ziegler AS 122 GKT	
P _{el}	kW	34		120	
P _{th}	kW	58		191	
P _{Brennstoff}	kW	104		346	
Wirkungsgrad η	%	88,5		89,9	
Betriebsstunden	h/a	6500		7800	
Spez. Anschaffungskosten BHKW	€/kW _{el}	1434		942	
Einbau, Planung und unvorhergesehenes	%*Inv.	20		20	
AKM					
Typ	-	-		WEGRACAL SE 200	
Kälteleistung	kW	-		200	
Benötigte Heizleistung	kW	-		266	
Wirkungsgrad η	-	-		0,75	
Kostenanteil Instandhaltung	%*Inv./a	-		0,025	
Spez. Anschaffungskosten AKM	€/kW	-		165	
Annahme Kühlturmkosten	%*Inv.	-		50	
Annahme Installationskosten	%*Inv.	-		100	
Kosten		ohne KWKG - Bonus	mit KWKG - Bonus	ohne KWK- Bonus	mit KWKK -Bonus
Investitionskosten BHKW	€	48.744	48.744	113.042	113.042
Investitionskosten AKM + Kühlturm	€	-	-	49.500	49.500
Kosten Einbau, Planung, unvorhergesehenes BHKW	€	9.749	9.749	22.608	22.608
Kosten Einbau, Planung, unvorhergesehenes AKM	€	-	-	49.500	49.500
Erdgas Anschlusspreis	€	500	500	500	500
Gesamt Investitionskosten	€	58.993	58.993	235.150	235.150
Laufzeit	a	15	15	15	15
Zins	%	6	6	6	6
Kapitaldienst	€/a	6.074	6.074	24.212	24.212
Wartungskosten BHKW	€/a	5.015	5.015	15.110	15.110
Wartungskosten AKM	€/a	0	0	1.238	1.238
Gasverbrauch	kWh/a	676.000	676.000	2.698.800	2.698.800
spez. Gaskosten	€/kWh	0,045	0,045	0,045	0,045
Gaskostengesamt (zzgl. 230 €/a Bereitstellung)	€/a	30.420	30.420	121.446	121.446
Summe jährlicher Kosten	€/a	41.509	41.509	162.006	162.006
Erlös aus Ersparnis					
Strom	€/kWh	0,145	0,145	0,145	0,145
Einsparung Strom	kWh/a	195.585	195.585	841.464	841.464
	€/a	28.360	28.360	122.012	122.012
Wärme	€/kWh	0,045	0,045	0,045	0,045
Einsparung Wärme	kWh/a	333.645	333.645	1.339.330	1.339.330
	€/a	15.081	15.081	60.538	60.538
Erlös aus Vergütung					
KWK-Bonus (baseload)	€/kWh	-	0,0400	-	0,0400
KWK-Bonus (zusätzlich bis 50 kW)	€/kWh	-	0,0511	-	0,0511
KWK-Bonus (zusätzlich über 50 kW)	€/kWh	-	0,0210	-	0,0210
KWK Erlöse	€/a	-	20.133	-	68.835
Entfällt nach Jahren	a	-	4,6	-	3,8
Summe jährlicher Erlöse	€/a	43.441	53.133,2	182.550,0	206.369,8
jährlicher Überschuss	€/a	1.932	8.126	20.544	38.194
Statische Armortisation	a	30,5	7,3	11,4	6,2
Spez. Kosten der Maßnahme	€/kWh	0,124	0,124	0,121	0,121

²⁸² Alle spezifischen Kosten wurden der Quelle (ASUE - Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch, 2005) entnommen.

Nutzungsprofil nach DIN 18599, sowie nach der Analyse Gruppenbüro (BA I + BA II)

Gruppenbüro (zwei bis sechs Arbeitsplätze) nach DIN V 18599					Nr.2	BA I Fichtner		BA II Fichtner		
Nutzungszeiten			von	bis		von	bis	von	bis	
tägliche Nutzungszeit	Uhr		7:00	18:00		7:00	19:00	7:00	19:00	
jährliche Nutzungstage d _{nutz,a}	d/a		250			250		250		
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t _{Tag}	h/a		2543			2703		2703		
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t _{Nacht}	h/a		207			297		297		
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr		5:00	18:00		5:30	19:00	-	-	
jährliche Betriebsstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung d _{op,a}	d/a		250			250		-		
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr		5:00	18:00		7:00	19:00	7:00	19:00	
Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)										
Raum-Solltemperatur Heizung i _{h,soll}	°C		21			21		21		
Raum-Solltemperatur Kühlung i _{c,soll}	°C		24			24		24		
Minimaltemperatur Auslegung Heizung i _{h,min}	°C		20			20		20		
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung i _{c,max}	°C		26			26		26		
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb Δ i _{NA}	K		4			4		4		
Feuchteanforderung	-		mit Toleranz			mit Toleranz		mit Toleranz		
Mindestaußenluftvolumenstrom										
personenbezogen	m ³ je Stunde und Person		40			40		-		
flächenbezogen			4			4		4		
mech. Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel (Praxis)										
Luftwechsel (allgemein)			von	bis						
			2	3		2		ca. 1,5		
Luftwechsel (volle Kühlfunktion über Zuluft)			4	8		4		-		
Beleuchtung										
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	lx		500			500		500		
Höhe der Nutzebene h _{Ne}	m		0,84			0,8		0,8		
Minderungsfaktor k _A	-		0,92			0,84		0,84		
relative Abwesenheit CA	-		0,3			0,3		0,3		
Raumindex k	-		1,25			1,25		1,25		
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit	-		0,7			0,7		0,7		
Personenbelegung										
maximale Belegungsdichte			gering	mittel	hoch					
	m ² je Person		18	14	10		14,4		14	
Interne Wärmequellen										
			Vollnutzungs-	max. spezifische Leistung (W/m ²)			spezifische Leistung		spezifische Leistung	
			stunden (h/d)	tief	mittel	hoch	(W/m ²)		(W/m ²)	
Personen (70 W je Person)			6	4	5	7	2,34		4,67	
Arbeitshilfen ^a			6	3	7	15	4,83		5,35	
Wärmezufuhr je Tag				42	72	132	85,97		120,3	
^a tief/mittel/hoch entspricht 50/100/150 W je Person für Arbeitshilfen										

Foto Großraumbüro BA I



Abbildung 60 Großraumbüro BA I



Abbildung 61 Anordnung der Beleuchtung im Großraumbüro

Verbrauchsabrechnungen

Tabelle 49 Fernwärmeabrechnung

Jahr	Monat	Verbrauch [KWh]	Heizgradzahl					Korrigiert
			Grundbedarf Mittel aus Monat Jun.,Jul.,Aug.	Abzüglich Grundbedarf	Monats [Kd]*	Langjährige [Kd]*	Verhältnis Heiztagszahl	
2007	Jan. 07	120.000,00	9.800,00	110.200,00	224	361	0,62	68.383,50
2007	Feb. 07	100.300,00	9.800,00	90.500,00	198	299	0,66	59.948,89
2007	Mrz. 07	77.800,00	9.800,00	68.000,00	185	218	0,85	57.624,70
2007	Apr. 07	26.500,00	9.800,00	16.700,00	32	116	0,28	4.667,36
2007	Mai. 07	19.500,00	9.800,00	9.700,00	12	29	0,41	4.023,83
2007	Jun. 07	10.200,00	9.800,00	400,00	0	5	0,00	0,00
2007	Jul. 07	9.800,00	9.800,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2007	Aug. 10	10.200,00	9.800,00	400,00	0	1	0,00	0,00
2007	Sep. 07	25.600,00	9.800,00	15.800,00	18	17	1,09	17.202,44
2007	Okt. 07	69.800,00	9.800,00	60.000,00	115	98	1,17	69.936,99
2007	Nov. 07	121.200,00	9.800,00	111.400,00	259	231	1,12	124.881,18
2007	Dez. 07	194.200,00	9.800,00	184.400,00	349	330	1,06	195.006,22
2008	Jan. 08	112.500,00	7.355,00	105.145,00	264	361	0,73	77.054,05
2008	Feb. 08	106.500,00	7.355,00	99.145,00	233	299	0,78	77.423,42
2008	Mrz. 08	94.700,00	7.355,00	87.345,00	215	218	0,99	86.154,15
2008	Apr. 08	40.800,00	7.355,00	33.445,00	110	116	0,95	31.832,89
2008	Mai. 08	11.944,00	7.355,00	4.589,00	3	29	0,10	468,11
2008	Jun. 08	10.141,00	7.355,00	2.786,00	0	5	0,00	0,00
2008	Jul. 08	7.355,00	7.355,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2008	Aug. 08	7.699,00	7.355,00	344,00	0	1	0,00	0,00
2008	Sep. 08	48.210,00	7.355,00	40.855,00	47	17	2,85	116.487,10
2008	Okt. 08	64.420,00	7.355,00	57.065,00	97	98	0,99	56.532,71
2008	Nov. 08	104.998,00	7.355,00	97.643,00	215	231	0,93	91.025,88
2008	Dez. 08	207.800,00	7.355,00	200.445,00	344	330	1,04	208.696,14
2009	Jan. 09	166.000,00	5.900,00	160.100,00	443	361	1,23	196.788,05
2009	Feb. 09	132.000,00	5.900,00	126.100,00	315	299	1,06	133.041,78
2009	Mrz. 09	102.800,00	5.900,00	96.900,00	226	218	1,04	100.333,39
2009	Apr. 09	29.400,00	5.900,00	23.500,00	28	116	0,24	5.734,15
2009	Mai. 09	13.250,00	5.900,00	7.350,00	6	29	0,19	1.424,53
2009	Jun. 09	7.570,00	5.900,00	1.670,00	0	5	0,00	0,00
2009	Jul. 09	8.620,00	5.900,00	2.720,00	0	0	0,00	0,00
2009	Aug. 09	5.900,00	5.900,00	0,00	0	1	0,00	0,00
2009	Sep. 09	15.500,00	5.900,00	9.600,00	2	17	0,10	981,69
2009	Okt. 09	70.300,00	5.900,00	64.400,00	117	98	1,19	76.572,26
2009	Nov. 09	87.400,00	5.900,00	81.500,00	149	231	0,64	52.509,79
2009	Dez. 09	218.400,00	5.900,00	212.500,00	332	330	1,01	213.846,71
2010	Jan. 10	126.100,00	6.700,00	119.400,00	438	361	1,22	145.106,03
2010	Feb. 10	138.700,00	6.700,00	132.000,00	303	299	1,01	133.964,55
2010	Mrz. 10	106.800,00	6.700,00	100.100,00	225	218	1,03	103.463,16
2010	Apr. 10	53.800,00	6.700,00	47.100,00	83	116	0,71	33.622,27
2010	Mai. 10	43.700,00	6.700,00	37.000,00	55	29	1,85	68.565,68
2010	Jun. 10	8.600,00	6.700,00	1.900,00	1	5	0,24	456,00
2010	Jul. 10	6.700,00	6.700,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2010	Aug. 10	14.300,00	6.700,00	7.600,00	1	1	1,15	8.777,46
2010	Sep. 10	28.400,00	6.700,00	21.700,00	18	17	1,09	23.626,13
2010	Okt. 10	93.300,00	6.700,00	86.600,00	125	98	1,27	109.926,79
2010	Nov. 10	104.300,00	6.700,00	97.600,00	200	231	0,87	84.689,05
2010	Dez. 10	240.300,00	6.700,00	233.600,00	433	330	1,31	306.319,08

* Diese Werte wurden dem IWU Excel-Tool zur berechnung der Gradtagszahlen entnommen. Adresse:
http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/Gradtagszahlen_Deutschland.xls

Tabelle 50 Stromkostenabrechnung

Jahr	Monat	Von	Bis	Verbrauch [KWh]
2007	Jan. 07	01.01.2007	31.01.2007	153.148,00
2007	Feb. 07	01.02.2007	28.02.2007	137.480,00
2007	Mrz. 07	01.03.2007	31.03.2007	161.482,00
2007	Apr. 07	01.04.2007	30.04.2007	153.524,00
2007	Mai. 07	01.05.2007	31.05.2007	176.390,00
2007	Jun. 07	01.06.2007	30.06.2007	194.720,00
2007	Jul. 07	01.07.2007	31.07.2007	215.972,00
2007	Aug. 07	01.08.2007	31.08.2007	198.024,00
2007	Sep. 07	01.09.2007	30.09.2007	152.110,00
2007	Okt. 07	01.10.2007	31.10.2007	163.854,00
2007	Nov. 07	01.11.2007	30.11.2007	166.376,00
2007	Dez. 07	01.12.2007	31.12.2007	151.086,00
2008	Jan. 08	01.01.2008	31.01.2008	179.816,00
2008	Feb. 08	01.02.2008	29.02.2008	168.594,00
2008	Mrz. 08	01.03.2008	31.03.2008	166.088,00
2008	Apr. 08	01.04.2008	30.04.2008	170.912,00
2008	Mai. 08	01.05.2008	31.05.2008	160.128,00
2008	Jun. 08	01.06.2008	30.06.2008	187.062,00
2008	Jul. 08	01.07.2008	31.07.2008	223.206,00
2008	Aug. 08	01.08.2008	31.08.2008	177.836,00
2008	Sep. 08	01.09.2008	30.09.2008	165.006,00
2008	Okt. 08	01.10.2008	31.10.2008	159.024,00
2008	Nov. 08	01.11.2008	30.11.2008	151.864,00
2008	Dez. 08	01.12.2008	31.12.2008	154.860,00
2009	Jan. 09	01.01.2009	31.01.2009	163.448,00
2009	Feb. 09	01.02.2009	28.02.2009	156.338,00
2009	Mrz. 09	01.03.2009	31.03.2009	169.894,00
2009	Apr. 09	01.04.2009	30.04.2009	144.308,00
2009	Mai. 09	01.05.2009	31.05.2009	149.978,00
2009	Jun. 09	01.06.2009	30.06.2009	161.078,00
2009	Jul. 09	01.07.2009	31.07.2009	193.772,00
2009	Aug. 09	01.08.2009	31.08.2009	190.076,00
2009	Sep. 09	01.09.2009	30.09.2009	166.232,00
2009	Okt. 09	01.10.2009	31.10.2009	160.247,00
2009	Nov. 09	01.11.2009	30.11.2009	148.360,00
2009	Dez. 09	01.12.2009	31.12.2009	141.986,00
2010	Jan. 10	01.01.2010	31.01.2010	146.484,00
2010	Feb. 10	01.02.2010	28.02.2010	148.294,00
2010	Mrz. 10	01.03.2010	31.03.2010	171.200,00
2010	Apr. 10	01.04.2010	30.04.2010	153.657,00
2010	Mai. 10	01.05.2010	31.05.2010	149.237,00
2010	Jun. 10	01.06.2010	30.06.2010	176.057,00
2010	Jul. 10	01.07.2010	31.07.2010	221.493,00
2010	Aug. 10	01.08.2010	31.08.2010	177.228,00
2010	Sep. 10	01.09.2010	30.09.2010	155.926,00
2010	Okt. 10	01.10.2010	31.10.2010	157.013,00
2010	Nov. 10	01.11.2010	30.11.2010	152.497,00
2010	Dez. 10	01.12.2010	31.12.2010	155.349,00

Primärenergiefaktor Fernwärme

Primärenergiefaktor eines Wärmeversorgungssystems

GUTACHTEN

Der sachverständige Gutachter,

FICHTNER

bescheinigt, dass das Wärmeversorgungssystem

Mittlerer Neckar
des Unternehmens:

EnBW-Kraftwerke AG

für das Jahr 2008

einen Primärenergiefaktor nach DIN 4701-10 mit der
Änderung A1 von

$$f_{PE,WV} = 0,495$$

erreicht hat.

Stuttgart, den 27 Juli 2009

Hans-Friedrich Wülbeck

Hans-Friedrich Wülbeck
Fichtner GmbH & Co. KG
Sarweystraße 3
70191 Stuttgart



Anhang B - Bauabschnitt I

Ergebnis der Bedarfsrechnung des BA I

Tabelle 51 Nutzenergiebedarfsverteilung über die Monate, BA I

in [kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
Heizung	391.109	69.998	52.268	38.697	19.341	14.821	8.259
Kühlung	681.015	23.090	25.071	36.124	57.859	64.665	77.451
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	360.977	31.990	27.952	30.165	28.688	29.297	28.267
Warmwasser	103.950	8.829	7.974	8.829	8.544	8.829	8.544
Gesamt	1.537.051	133.906	113.266	113.815	114.431	117.611	122.522
		Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
		12.160	29.533	16.788	21.682	42.584	64.979
		121.459	134.431	69.146	27.522	22.097	22.102
		0	0	0	0	0	0
		29.383	29.731	29.360	31.208	31.294	33.641
		8.829	8.829	8.544	8.829	8.544	8.829
		171.830	202.523	123.838	89.240	104.519	129.550

Tabelle 52 Endenergiebedarf über die Monate, BA I

in [kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
Heizung	473.357	82.106	61.920	47.109	24.837	19.304	11.073
Kühlung	234.251	13.513	14.015	18.647	35.585	19.204	16.805
Lüftung	395.522	9.996	10.865	16.664	23.280	44.355	60.829
Beleuchtung	361.637	32.051	28.004	30.220	28.738	29.348	28.317
Warmwasser	123.633	10.839	9.751	10.669	10.180	10.348	9.908
Gesamt	1.588.399	148.505	124.555	123.309	122.621	122.559	126.931
		Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
		15.497	34.761	21.208	27.741	51.321	76.481
		30.096	38.229	20.762	5.775	9.667	11.953
		84.443	69.760	33.887	19.417	11.778	10.248
		29.435	29.784	29.414	31.266	31.354	33.707
		10.160	10.187	9.971	10.481	10.336	10.802
		169.630	182.720	115.241	94.680	114.457	143.192

Reiner Heizwärmebedarf der Bedarfsrechnung

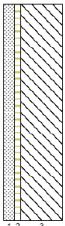
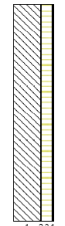
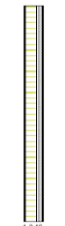
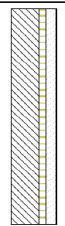
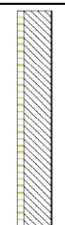
Ergebnisse Bedarfsrechnung

in [kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
BA I	473.357	82.106	61.920	47.109	24.837	19.304	11.073	15.497	34.761	21.208	27.741	51.321	76.481
Anteil an Gesamt Bedarf		17%	13%	10%	5%	4%	2%	3%	7%	4%	6%	11%	16%
Abzgl. Der Hilfsenergie*	37.050	6.426	4.847	3.687	1.944	1.511	867	1.213	2.721	1.660	2.171	4.017	5.986
Gesamt	436.307	75.680	57.073	43.422	22.893	17.793	10.206	14.284	32.040	19.548	25.570	47.304	70.495
BA II	683.468	132.423	101.007	76.439	43.691	22.239	8.840	4.552	5.035	20.178	50.271	91.832	126.961
Anteil an Gesamt Bedarf		19%	15%	11%	6%	3%	1%	1%	1%	3%	7%	13%	19%
Abzgl. Der Hilfsenergie*	74.754	14.484	11.048	8.360	4.779	2.432	967	498	551	2.207	5.498	10.044	13.886
Gesamt	608.714	117.939	89.959	68.079	38.912	19.807	7.873	4.054	4.484	17.971	44.773	81.788	113.075
Gesamt BA I + BA II	1.045.021	193.619	147.033	111.500	61.805	37.600	18.079	18.338	36.525	37.519	70.342	129.092	183.569

* Hilfsenergie ist elektrische Energie. Die anteilige Energie des Monatsbedarfs am Jahresverbrauch wird der elektrische Anteil herausgerechnet.

Schichtaufbau der Hüllflächen im BA I

Tabelle 53 Schichtaufbau der Bauteile der Hüllfläche BA I²⁸³

Ist-Zustand	BAI / HG -Boden ans Erdreich	U-Wert: 0,61 W/m²K																				
	<p>U-Wert = 0,61 W/m²K</p> <p>Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Anhydrit-Estrich 2 Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 040 - > 30 kg/m³) 3 Normalbeton DIN 1045 (Kies-/Splittbeton) (DIN 4108 T.4 1991) 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Schichtdicke s (cm)</th> <th>Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8,00</td> <td>1,200</td> </tr> <tr> <td>5,00</td> <td>0,040</td> </tr> <tr> <td>30,00</td> <td>2,100</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gesamtdicke : 43,00 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	8,00	1,200	5,00	0,040	30,00	2,100	Gesamtdicke : 43,00 cm											
Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)																					
8,00	1,200																					
5,00	0,040																					
30,00	2,100																					
Gesamtdicke : 43,00 cm																						
Ist-Zustand	BA I / Flachdach	U-Wert: 0,45 W/m²K																				
	<p>U-Wert = 0,45 W/m²K</p> <p>Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524) 2 Kunststoff (DIN 12524) 3 Sliian (DIN 1101 - WLG 040) 4 Deckung: Bitumen-/PVC-Bahnen auf Schalung 5 Deckung: Bitumen-/PVC-Bahnen auf Schalung 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Schichtdicke s (cm)</th> <th>Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20,00</td> <td>2,500</td> </tr> <tr> <td>0,10</td> <td>0,250</td> </tr> <tr> <td>8,00</td> <td>0,040</td> </tr> <tr> <td>0,50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,50</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gesamtdicke : 29,10 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	20,00	2,500	0,10	0,250	8,00	0,040	0,50		0,50		Gesamtdicke : 29,10 cm							
Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)																					
20,00	2,500																					
0,10	0,250																					
8,00	0,040																					
0,50																						
0,50																						
Gesamtdicke : 29,10 cm																						
Ist-Zustand	BA I / DG -Dachschräge	U-Wert: 0,38 W/m²K																				
	<p>U-Wert = 0,38 W/m²K</p> <p>Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Eternit - Platten 2 Kunststoff (DIN 12524) 3 Sliian (DIN 1101 - WLG 040) 4 Eternit - Platten 5 schwach belüftete Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke 6 Spanplatten (DIN 12524 - 300 kg/m³) 7 Kunststoff (DIN 12524) 8 Aluminiumlegierung (DIN 12524) 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Schichtdicke s (cm)</th> <th>Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,50</td> <td>0,040</td> </tr> <tr> <td>0,20</td> <td>0,250</td> </tr> <tr> <td>8,00</td> <td>0,040</td> </tr> <tr> <td>0,50</td> <td>0,040</td> </tr> <tr> <td>1,50</td> <td>0,080</td> </tr> <tr> <td>2,50</td> <td>0,100</td> </tr> <tr> <td>0,20</td> <td>0,250</td> </tr> <tr> <td>0,70</td> <td>160,000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gesamtdicke : 14,10 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	0,50	0,040	0,20	0,250	8,00	0,040	0,50	0,040	1,50	0,080	2,50	0,100	0,20	0,250	0,70	160,000	Gesamtdicke : 14,10 cm	
Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)																					
0,50	0,040																					
0,20	0,250																					
8,00	0,040																					
0,50	0,040																					
1,50	0,080																					
2,50	0,100																					
0,20	0,250																					
0,70	160,000																					
Gesamtdicke : 14,10 cm																						
Ist-Zustand	BAI / EG -Außenwand	U-Wert: 0,59 W/m²K																				
	<p>U-Wert = 0,59 W/m²K</p> <p>Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Normalbeton DIN 1045 (Kies-/Splittbeton) (DIN 4108 T.4 1991) 2 Leichtbauplatten mit Mineralfaserschicht (DIN 1101 - WLG 040) 3 ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke 4 Aluminiumlegierung (DIN 12524) 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Schichtdicke s (cm)</th> <th>Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20,00</td> <td>2,100</td> </tr> <tr> <td>5,00</td> <td>0,040</td> </tr> <tr> <td>7,70</td> <td>0,180</td> </tr> <tr> <td>0,30</td> <td>160,000</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gesamtdicke : 33,00 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	20,00	2,100	5,00	0,040	7,70	0,180	0,30	160,000	Gesamtdicke : 33,00 cm									
Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)																					
20,00	2,100																					
5,00	0,040																					
7,70	0,180																					
0,30	160,000																					
Gesamtdicke : 33,00 cm																						
Ist-Zustand	BAI / TG -Wand ans Erdreich	U-Wert: 0,67 W/m²K																				
	<p>U-Wert = 0,67 W/m²K</p> <p>Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Leichtbauplatten mit Mineralfaserschicht (DIN 1101 - WLG 040) 2 Normalbeton DIN 1045 (Kies-/Splittbeton) (DIN 4108 T.4 1991) 3 Kunststoff (DIN 12524) 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Schichtdicke s (cm)</th> <th>Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5,00</td> <td>0,040</td> </tr> <tr> <td>20,00</td> <td>2,100</td> </tr> <tr> <td>0,20</td> <td>0,250</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gesamtdicke : 25,20 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	5,00	0,040	20,00	2,100	0,20	0,250	Gesamtdicke : 25,20 cm											
Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)																					
5,00	0,040																					
20,00	2,100																					
0,20	0,250																					
Gesamtdicke : 25,20 cm																						

²⁸³ Die Tabelle basiert auf den im Laufe dieser Arbeit ermittelten Gebäudedaten und ist vom EnBP aufbereitet worden.

U-Wert-Bestimmung der Doppelfassadescheibe

Volumen und Luftwechsel (Luftwechsel über die Flächenanteile gemittelt)

Nr.	Zone	Netto Luftvolumen		Anteil an Betrachtetem Volumen		Luftwechsel		Luftwechsel	
			m ³		%		m ³ /h		m ³ /h
1	Gruppenbüro	1.014	m ³	4,55	%	1,03	m ³ /h	0,05	m ³ /h
2	Großraumbüro	16.104	m ³	72,20	%	1,58	m ³ /h	1,14	m ³ /h
3	Besprechung	287	m ³	1,29	%	3,92	m ³ /h	0,05	m ³ /h
4	Schalterhalle	401	m ³	1,80	%	0,51	m ³ /h	0,01	m ³ /h
5	Großraumbüro DG	1.644	m ³	7,37	%	1,75	m ³ /h	0,13	m ³ /h
6	Gruppenbüro DG	2.558	m ³	11,47	%	1,24	m ³ /h	0,14	m ³ /h
7	Besprechung DG	298	m ³	1,34	%	4,03	m ³ /h	0,05	m ³ /h
		22.306 m ³						1,57 m ³ /h	

Luftdurchströmte Fensterfläche

Stockwerk	Fenster länge	Breite	Fläche	
EG	379,62 m	0,2 m	75,92	m ²
1.OG	379,62 m	0,2 m	75,92	m ²
2.OG	379,62 m	0,2 m	75,92	m ²
DG	113,74 m	0,2 m	22,75	m ²
			250,5	m ²

Formel:

$$\frac{\text{Luftvolumen} \cdot \text{Luftwechselrate}}{\text{Fenster Fläche}} = \text{Geschwindigkeit in Abluftfassade}$$

$$139,981 \text{ m/h} = \underline{0,039 \text{ m/s}}$$

Daraus folgt eine langsame Belüftungsgeschwindigkeit. Sprich wir können von einer üblichen Übergangszahl Innen von 7,7 W/m²K (nach ISO 6946, Kapitel 5.2, Tabelle 1 — Konventionelle Wärmeübergangswiderstände) ausgehen.

Bezogen auf die Email der Firma Josef Gartner, kann bei abgeschalteter Belüftung die Luftschicht als dämmende Schicht veranschlagt werden, was zur Folge hat das wir einen U-Wert von 2 W/m²K haben. Im folgendem wird der U-Wert gemittelt über die Betriebszeit einer Woche.

Zeitbestimmung:

	Betriebszeit Belüftung	
Montag	14,5	Std.
Dienstag	13,5	Std.
Mittwoch	13,5	Std.
Donnerstag	13,5	Std.
Freitag	13,5	Std.
Samstag	6	Std.
Sonntag	0	Std.
	74,5	Std.

			U-Wert		Wochen- anteil		U-Wert Anteilig
Bei 168 Stunden die Woche folgt:	74,5	h	3,00	W/m ² K	44,35	%	223,5
	93,5	h	2,00	W/m ² K	55,65	%	187
							410,50
							Mittlerer U-Wert W/m ² K
Wichtig! Der hier bestimmte U-Wert ist der, der Scheibe! Der Aluminium-Rahmen hat einen U-Wert von 3,5 W/m ² K.							2,4

Technische Daten der RTL-Anlagen I - IX

Allgemein: Es befinden sich in den Büroräumen noch 115 Entspanner mit Nachheizern, die jedoch nicht in die Elektrische Energiebilanzierung einbezogen werden müssen, da ihre Druckverluste in die einzelnen Anlagenkomponenten verbrauchstechnisch schon mit einbezogen sind. Zudem befinden sich im Dachgeschoss nachgeschaltete Kühlaggregate um dem erhöhten Kühlbedarf im Sommer durch Wärmestrahlung entgegen zu wirken, ohne die gesamte Klimatechnik des Hauses zu belasten.

Gebäude	BA I - Älterer Gebäudekomplex, Baujahr 1982			
Bezeichnung	Anlage I (2 Parallel laufende Anlagen)			
Versorgte Zonen	Gruppenbüro und Großraumbüro (EG, 1.OG, 2.OG, DG)			

Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Abluft-Ventilator	2	30 KW /400V	Frequenzumrichter	
Frequenzumrichter (VLT 6000 HVAC)	2	$\eta=0,94-0,97$	-	
Zuluft-Ventilator	2	37 KW /400V	Frequenzumrichter	
Frequenzumrichter (VLT 6000 HVAC)	2	$\eta=0,94-0,97$	-	
Wärmerückgewinnung	2	100 W	-	
Dampfbefeuchter	2	33,8 KW 48,8A	Strom	=30 A, Fr. 21.1.2011
Luftfilter (Camfil Hi-Flo 95)	2	-	-	
Schalldämpfer (Aeromatik MK20 + XK10)	2	-	-	
Kühlregister	2	(26 KW)**		
Heizregister	2	(67 KW)*	-	
Heiz-/Kühlregister Pumpe	2	130 W /0,25 A	Stufe fest; AN/AUS	

**Heizleistung wird bei der Betrachtung des Heizungssystem (Wärmebedarf) mit einbezogen*
***Verbrauch ohne Kühlregister, Steuerung (Pneumatik-Kompressor einzeln betrachtet) ! Die Kühlregister Leistungen , sprich die der Kühlkompressoren werden als Anlage X einzeln betrachtet.*

Gebäude	BA I - Älterer Gebäudekomplex, Baujahr 1982
Bezeichnung	Anlage II
Versorgte Zonen	Rechnzentrum (EDV-Bereich im EG)

Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Abluft-Ventilator	1	3 KW /400V /6,9 A	Stufe 2 von 2	
Zuluft-Ventilator	1	4 KW /400V /8,7A	Stufe 2 von 2	
Dampfbefeuchter	2	33,8 KW 48,8A	Strom	=30 A, Fr. 21.1.2011
Kühlregister	2	(42 KW)**		
Heizregister	2	(14 KW)*	-	
Heiz-/Kühlregister Pumpe	1	270 W /400V / 0,48 A	Stufe fest; AN/AUS	
Luftfilter (Camfil Hi-Flo 45)	1	-	-	

*Heizleistung wird bei der Betrachtung des Heizungssystem (Wärmebedarf) mit einbezogen
 **Verbrauch ohne Kühlregister, Steuerung (Pneumatik-Kompressor einzeln betrachtet) ! Die Kühlregister Leistungen , sprich die der Kühlkompressoren werden als Anlage X einzeln betrachtet.

Gebäude	BA I - Älterer Gebäudekomplex, Baujahr 1982
Bezeichnung	Anlage III
Versorgte Zonen	Bibliothek, Druckerei, 2 Lagerräume

Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Zuluft-Ventilator	1	5,5 KW /117A	Auto	
Abluft-Ventilator	1	4 KW / 8,7A	Auto	
Fortluft-Ventilator	1	0,7 KW / 1,95A	Auto	
Kühlregister	2	Nur Heizen! Kühlung vorgesehen, aber nicht angeschlossen.		
Heizregister	2	(30 KW)*	-	
Heiz-/Kühlregister Pumpe	1	130 W /0,25 A	Stufe fest; AN/AUS	
Luftfilter (Taschenfilter)	1	-	-	

**Heizleistung wird bei der Betrachtung des Heizungssystem (Wärmebedarf) mit einbezogen
 **Verbrauch ohne Kühlregister, Steuerung (Pneumatik-Kompressor einzeln betrachtet) ! Die Kühlregister Leistungen , sprich die der Kühlkompressoren werden als Anlage X einzeln betrachtet.*

Gebäude	BA I - Älterer Gebäudekomplex, Baujahr 1982
Bezeichnung	Anlage IV
Versorgte Zonen	Kantine (Speisesaal)

Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Zuluft-Ventilator		2/6 KW 7,2/14 A	Auto	Auch in 2 Stufen regelbar
Abluft-Ventilator	1	1/3 KW 3,7/6,9 A	Auto	Auch in 2 Stufen regelbar
Wärmerückgewinnung	1	0,1 KW / 220V	Auto	
Heizregister	1	(ca. 33) KW*	-	Kein Verbrauch von elektrischer Energie
Kühlregister	1	(ca. 51) KW**	-	Kein Verbrauch von elektrischer Energie*
Heiz-/Kühlregister Pumpe	1	200W / 0,48A / 400V	Stufe fest; AN/AUS	
Luftfilter (Taschenfilter)	1	-	-	Kein Verbrauch von elektrischer Energie

**Heizleistung wird bei der Betrachtung des Heizungssystem (Wärmebedarf) mit einbezogen
 **Verbrauch ohne Kühlregister, Steuerung (Pneumatik-Kompressor einzeln betrachtet) ! Die Kühlregister Leistungen , sprich die der Kühlkompressoren werden als Anlage X einzeln betrachtet.*

Gebäude	BA I - Älterer Gebäudekomplex, Baujahr 1982
Bezeichnung	Anlage V
Versorgte Zonen	Küche, Sanitär (HG,EG,1.OG,2.OG,DG)

Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Zuluft-Ventilator		3/8,5 KW 8,2/18,2 A	Stufen Regelung (Stufe 2)	Auch in 2 Stufen regelbar
Abluft-Ventilator	1	1,1/4,8 KW 4/10,5 A	Auto	Auch in 2 Stufen regelbar
Dach-Abluft-Ventilator	1	1,15 KW 4/10,5 A	Auto	Auch in 2 Stufen regelbar
Vorheizregister	1	(ca. 90 KW)*	-	Kein Verbrauch von elektrischer Energie
Nachheizregister	1	(ca. 85 KW)*	-	Kein Verbrauch von elektrischer Energie
Nachheizregister Für Naßbereich	1	(ca. 12 KW)*	-	Kein Verbrauch von elektrischer Energie
Heizregister Pumpe 1	1	270 W / 0,48A /400V	Auto	
Heizregister Pumpe 2	1	430W / 0,9A / 400V	Auto	
Heizregister Pumpe 3	1	200W / 0,48A / 400V	Auto	
Luftfilter (Camtil Hi-Flo 95)	1	-	-	Kein Verbrauch von elektrischer Energie

*Heizleistung wird bei der Betrachtung des Heizungssystem (Wärmebedarf) mit einbezogen
 **Verbrauch ohne Kühlregister, Steuerung (Pneumatik-Kompressor einzeln betrachtet) ! Die Kühlregister Leistungen , sprich die der Kühlkompressoren werden als Anlage X einzeln betrachtet.

Gebäude	BA I - Älterer Gebäudekomplex, Baujahr 1982
Bezeichnung	Anlage VI
Versorgte Zonen	Lager etc. (Kältezentrale DG)

Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Zuluft-Ventilator		0,55 KW	Auto	Auch in 2 Stufen regelbar
Abluft-Ventilator	1	0,37 KW	Auto	Auch in 2 Stufen regelbar
Wärmerückgewinnung	1	0,1 KW / 220V	Auto	
Elektro-Heizregister	1	15 KW (3x 5KW)	Temperaturmessfühler	0, da nur bei Stillstand der Hausanlage vonnöten
Luftfilter (Plattenfilter)	1	-	-	Kein Verbrauch von elektrischer Energie

Gebäude	BA I - Älterer Gebäudekomplex, Baujahr 1982
Bezeichnung	Anlage VII
Versorgte Zonen	Technik etc. (DG Aufbau Auzugszentrale)

Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Zuluft-Ventilator		2 KW / 3,5A	Auto	Auch in 2 Stufen regelbar
Fortluft-Ventilator (Dach)	1	0,27KW / 0,65A	Auto	Auch in 2 Stufen regelbar
Wärmerückgewinnung	1	0,1 KW / 220V	Auto	
Elektro-Heizregister	1	3 KW	Temperaturmessfühler Tsoll = 5°C	
Luftfilter (Plattenfilter)	1	-	-	Kein Verbrauch von elektrischer Energie

Gebäude	BA I - Älterer Gebäudekomplex, Baujahr 1982
Bezeichnung	Anlage VIII
Versorgte Zonen	Technik etc. (DG Aufbau Auzugszentrale)

Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Zuluft-Ventilator	1	0,27 KW / 0,65A	None	Auch in 2 Stufen regelbar
Fortluft-Ventilator (Dach)	1	0,075 KW / 0,2A	None	Auch in 2 Stufen regelbar

Gebäude	BA I - Älterer Gebäudekomplex, Baujahr 1982
Bezeichnung	Anlage IX
Versorgte Zonen	Technik etc. (Batterieraum)

Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Zuluft-Ventilator	1	0,2 KW / 0,38A	None	Auch in 2 Stufen regelbar
Fortluft-Ventilator (Dach)	1	0,2 KW / 0,38A	None	Auch in 2 Stufen regelbar

Kälte Anlage(n)

Gebäude	BA I - Älterer Gebäudekomplex, Baujahr 1982
Bezeichnung	Anlage X
Versorgte Anlagen	Klimatechnische Anlagen I,II,IV (Kühlbedarf)

Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Kältemaschine	2	72 KW (Kälteleistung 300 KW)		Kaltw.Temp: 6/12°C Kühlw.Temp .:36/30°C
Kühlturm	2	4,6/1,4 KW (Rückkühlleistung 300 KW)		
Kühlturmventilator	2	0,9 /3,5 KW 2,9/7,9 A		Meist ein Gerät be- dient die Grundlast
Kühlwasserpumpe	2	5,5 KW / 12 A		Meist ein Gerät be- dient die Grundlast
Kaltwasserpumpe	2	5,5 KW / 12 A		Meist ein Gerät be- dient die Grundlast

Gebäude	BA I - Älterer Gebäudekomplex, Baujahr 1982
Bezeichnung	Anlage VI-IX
Versorgte Zonen	Technik etc.

Anla- ge	Zuluft KW	Volumen- strom [m³/h]	Volumen- strom [m³/s]	Leistung [KW/(m³/s)]	Leistung [KW/(m³/s)]
VI	0,37	1700	0,47	0,78	-
VII	0,3	500	0,14	2,16	0,36
VIII	0,1	600	0,17	0,6	0,36
IX	0,1	200	0,06	1,8	1,64
Summe				5,34	2,36

Foto Kälteanlage BA I



Abbildung 62 Kälteanlage BA I

Foto Druckluftkompressor



Abbildung 63 Druckluftkompressor 2 x 2,2KW

Heizungsanlage BA I

Tabelle 54 Pumpen des Warmwasser-/Heizsystem

Anlage/Typ	Warmwasserversorgung durch Fernwärme (Wasser) Insgesamt 3 Wärme-Tauscher/Abnehmer: 1 (versorgt: Radiatoren,Nachheizer,Warmwasser) 2 (versorgt: Lüftung+Heizplatten) 3 (versorgt: In Neubau-Betrachtung in BA II)
-------------------	--

Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Pumpe / Küche	1	200 W	Keine	
Pumpe / Bürogebäude	1	200 W	Keine	
Komponenten des 1. Wärmetauschers				
Pumpe: Redudant, Wärmetauscher	2	210 W	Keine	
Pumpe: Vorlauf Radiatoren+Heizplatte	1	580 W	Keine	
Pumpe: Unterflurkonvektion	1	130 W	Keine	
Pumpe: Warmwasserbereitung	1	275 W	Keine	
Komponenten des 2. Wärmetauschers				
Pumpe: Vorlauf Lüftung Heizplatte	1	1550 W	Keine	Redundant geschaltet
Pumpe: Vorlauf Lüftung Heizplatte	1	2400 W	Keine	
Komponenten des 3. Wärmetauschers				
<i>Die Berücksichtigung dieser Verbraucher werden dem BA II - Neubau, Baujahr 1992 zugeordnet</i>				

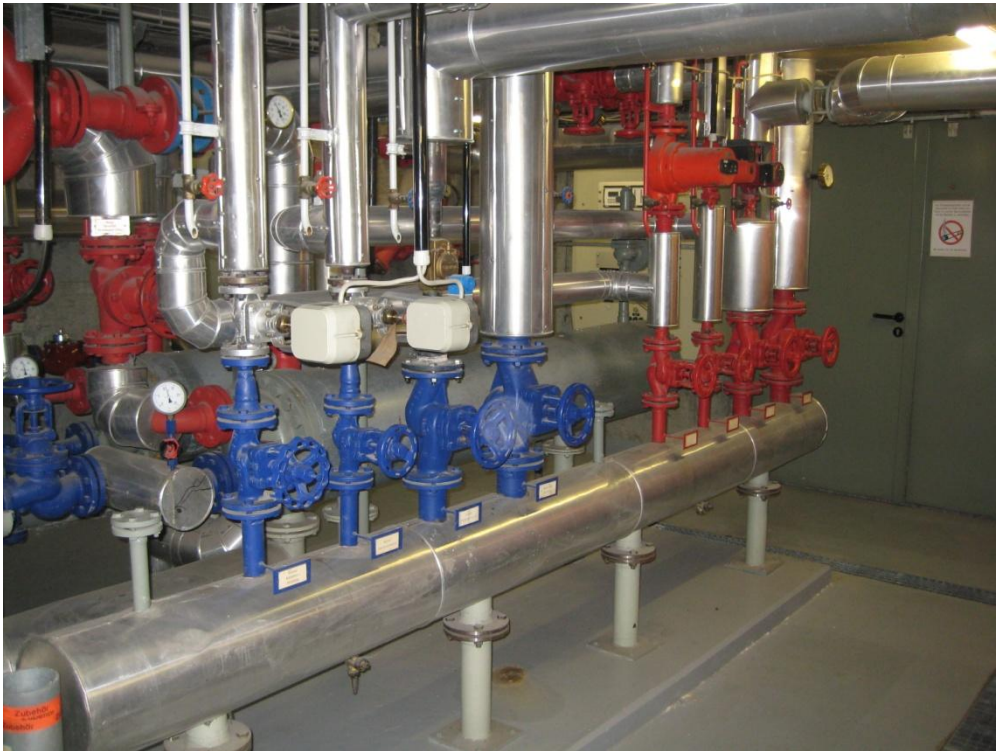


Abbildung 64 Aufnahme Heißwassersystem



Abbildung 65 Wärmetauscher Übergabe der Fernwärme

Foto Großraumbüro BA I



Abbildung 66 Großraumbüro BA I



Abbildung 67 Anordnung der Beleuchtung im Großraumbüro BA I

Anhang C - Bauabschnitt II

Berechnungsergebnisse der Bedarfsrechnung des BA II

Tabelle 55 Nutzenergiebarf über die Monate, BA II


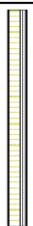

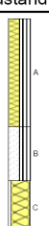

in [kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
Heizung	538.870	112.679	84.607	61.066	31.307	11.405	3.526
Kühlung	66.093	0	245	1.182	2.596	8.321	13.099
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	82.047	7.479	6.394	6.779	6.367	6.446	6.206
Warmwasser	36.976	3.140	2.837	3.140	3.039	3.140	3.039
Gesamt	723.985	123.298	94.082	72.169	43.308	29.313	25.870
		Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
		1.715	1.972	10.285	37.066	75.587	107.656
		19.199	14.460	5.708	1.272	10	0
		0	0	0	0	0	0
		6.479	6.613	6.625	7.179	7.367	8.112
		3.140	3.140	3.039	3.140	3.039	3.140
		30.534	26.185	25.657	48.657	86.003	118.909

Tabelle 56 Endenergiebedarf über die Monate, BA II

in [kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
Heizung	683.468	132.423	101.007	76.439	43.691	22.239	8.840
Kühlung	41.670	0	222	1.006	3.541	5.686	6.790
Lüftung	34.046	2.892	2.612	2.892	2.798	2.892	2.798
Beleuchtung	82.822	7.545	6.454	6.845	6.431	6.512	6.270
Warmwasser	37.786	3.215	2.903	3.212	3.106	3.207	3.100
Gesamt	879.791	146.075	113.198	90.394	59.567	40.536	27.798
		Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
		4.552	5.035	20.178	50.271	91.832	126.961
		8.495	7.292	4.724	2.486	1.428	0
		2.892	2.892	2.798	2.892	2.798	2.892
		6.545	6.678	6.689	7.245	7.430	8.178
		3.204	3.204	3.102	3.209	3.109	3.215
		25.687	25.100	37.491	66.103	106.598	141.245

Schichtaufbau der Hüllfläche im BA II

Abbildung 68 Schichtaufbau der Bauteile der Hüllfläche des BA II²⁸⁴

Ist-Zustand	EG -Boden gegen Außenluft	U-Wert: 0,32 W/m²K																																								
	<p>U-Wert = 0,32 W/m²K</p> <p>Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Teppich/Teppichböden (DIN 12524) 2 Zement-Estrich 3 Trittschalldämmung (soweit nicht näher bekannt - DR) 4 Normalbeton DIN 1045 (Kies-/Splittbeton) (DIN 4108 T.4 1991) 5 Mineraldämmplatte WLG 035 (z.B. MULTIPOR) 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Schichtdicke s (cm)</th> <th>Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1,00</td><td>0,060</td></tr> <tr><td>5,00</td><td>1,400</td></tr> <tr><td>5,00</td><td>0,045</td></tr> <tr><td>30,00</td><td>2,100</td></tr> <tr><td>5,00</td><td>0,035</td></tr> </tbody> </table> <p>Gesamtdicke : 46,00 cm</p>	Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	1,00	0,060	5,00	1,400	5,00	0,045	30,00	2,100	5,00	0,035																												
Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)																																									
1,00	0,060																																									
5,00	1,400																																									
5,00	0,045																																									
30,00	2,100																																									
5,00	0,035																																									
Ist-Zustand	DG -Dachschräge	U-Wert: 0,34 W/m²K																																								
	<p>U-Wert = 0,34 W/m²K</p> <p>Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Eternit - Platten 2 PVC-Folie 0,2 mm (DIN 12524) 3 ISOVER Kontur FSP 2-035 Fassaden-Dämmplatte 4 Eternit - Platten 5 schwach belüftete Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke 6 Spanplatten (DIN 12524 - 300 kg/m³) 7 PVC-Folie 0,2 mm (DIN 12524) 8 Aluminiumlegierung (DIN 12524) 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Schichtdicke s (cm)</th> <th>Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,50</td><td>0,040</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>0,170</td></tr> <tr><td>8,00</td><td>0,035</td></tr> <tr><td>0,50</td><td>0,040</td></tr> <tr><td>1,50</td><td>0,080</td></tr> <tr><td>2,50</td><td>0,100</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>0,170</td></tr> <tr><td>0,70</td><td>160,000</td></tr> </tbody> </table> <p>Gesamtdicke : 14,10 cm</p>	Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	0,50	0,040	0,20	0,170	8,00	0,035	0,50	0,040	1,50	0,080	2,50	0,100	0,20	0,170	0,70	160,000																						
Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)																																									
0,50	0,040																																									
0,20	0,170																																									
8,00	0,035																																									
0,50	0,040																																									
1,50	0,080																																									
2,50	0,100																																									
0,20	0,170																																									
0,70	160,000																																									
Ist-Zustand	DG -Flachdach	U-Wert: 0,33 W/m²K																																								
	<p>U-Wert = 0,33 W/m²K</p> <p>Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 PVC-Folie 0,25 mm (DIN 12524) 2 ISOVER Kontur FSP 2-035 Fassaden-Dämmplatte 3 Deckung: Bitumen-/PVC-Bahnen auf Schalung 4 Deckung: Bitumen-/PVC-Bahnen auf Schalung 5 Deckung: Gründach (Dränschicht) 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Schichtdicke s (cm)</th> <th>Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,25</td><td>0,170</td></tr> <tr><td>10,00</td><td>0,035</td></tr> <tr><td>0,50</td><td></td></tr> <tr><td>0,50</td><td></td></tr> <tr><td>5,00</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Gesamtdicke : 16,25 cm</p>	Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	0,25	0,170	10,00	0,035	0,50		0,50		5,00																													
Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)																																									
0,25	0,170																																									
10,00	0,035																																									
0,50																																										
0,50																																										
5,00																																										
Ist-Zustand	Rolladenkasten	U-Wert: 1,06 W/m²K																																								
	<p>U-Wert = 1,06 W/m²K</p> <p>Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</p> <p>A Gefachenteil 2 - Mit Dämmung 50,0%</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 ISOVER Kontur FSP 2-035 Fassaden-Dämmplatte 2 Kunststoff (DIN 12524) 3 ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke 4 Kunststoff (DIN 12524) 5 ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke 6 Kunststoff (DIN 12524) 7 ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke 8 Kunststoff (DIN 12524) <p>B Gefachenteil 1 - ohne Dämmung 25,0%</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 schwach belüftete Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke 2 Kunststoff (DIN 12524) 3 ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke 4 Kunststoff (DIN 12524) 5 ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke 6 Kunststoff (DIN 12524) 7 ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke 8 Kunststoff (DIN 12524) <p>C Gefachenteil 3 - nur Dämmung 25,0%</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 schwach belüftete Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke 2 ISOVER Kontur FSP 2-035 Fassaden-Dämmplatte 3 PVC-Folie 0,2 mm (DIN 12524) 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Schichtdicke s (cm)</th> <th>Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8,00</td><td>0,035</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>0,250</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>0,175</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>0,250</td></tr> <tr><td>2,50</td><td>0,180</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>0,250</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>0,175</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>0,250</td></tr> <tr><td>8,00</td><td>0,090</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>0,250</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>0,175</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>0,250</td></tr> <tr><td>2,50</td><td>0,180</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>0,250</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>0,175</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>0,250</td></tr> <tr><td>2,10</td><td>0,088</td></tr> <tr><td>13,00</td><td>0,035</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>0,170</td></tr> </tbody> </table> <p>Gesamtdicke : 15,30 cm</p>	Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	8,00	0,035	0,20	0,250	2,00	0,175	0,20	0,250	2,50	0,180	0,20	0,250	2,00	0,175	0,20	0,250	8,00	0,090	0,20	0,250	2,00	0,175	0,20	0,250	2,50	0,180	0,20	0,250	2,00	0,175	0,20	0,250	2,10	0,088	13,00	0,035	0,20	0,170
Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)																																									
8,00	0,035																																									
0,20	0,250																																									
2,00	0,175																																									
0,20	0,250																																									
2,50	0,180																																									
0,20	0,250																																									
2,00	0,175																																									
0,20	0,250																																									
8,00	0,090																																									
0,20	0,250																																									
2,00	0,175																																									
0,20	0,250																																									
2,50	0,180																																									
0,20	0,250																																									
2,00	0,175																																									
0,20	0,250																																									
2,10	0,088																																									
13,00	0,035																																									
0,20	0,170																																									
Ist-Zustand	EG -Außenwand	U-Wert: 0,37 W/m²K																																								
	<p>U-Wert = 0,37 W/m²K</p> <p>Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Normalbeton DIN 1045 (Kies-/Splittbeton) (DIN 4108 T.4 1991) 2 Mineral- und pflanzl. Faserdämmstoff (DIN 18165-1 - WLG 045) 3 ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke 4 Aluminiumlegierung (DIN 12524) 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Schichtdicke s (cm)</th> <th>Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20,00</td><td>2,100</td></tr> <tr><td>8,00</td><td>0,035</td></tr> <tr><td>2,91</td><td>0,180</td></tr> <tr><td>0,30</td><td>160,000</td></tr> </tbody> </table> <p>Gesamtdicke : 31,21 cm</p>	Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	20,00	2,100	8,00	0,035	2,91	0,180	0,30	160,000																														
Schichtdicke s (cm)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)																																									
20,00	2,100																																									
8,00	0,035																																									
2,91	0,180																																									
0,30	160,000																																									

²⁸⁴ Die Tabelle basiert auf den im Laufe dieser Arbeit ermittelten Gebäudedaten und ist vom EnBP aufbereitet worden.

Foto Büro BA II



Abbildung 69 Foto eines typischen Bürorraumes im BA II

RTL-Anlagen 1-8

Tabelle 57 Technische Angaben der RTL-Anlagen BA II

Gebäude	BA II - Anbau, Baujahr 1992			
Bezeichnung	Anlagen: 8 Stück			
Versorgte Zonen	Besprechungsraum			
Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Abluft-Ventilator	2	1,2 KW / 0,25 KW	Stufe 0/1/2	
Zuluft-Ventilator	2	1,2 KW / 0,25 KW	Stufe 0/1/2	Lichtschaltergesteuert
Luftfilter (Zick-Zack)	1	-	-	VSGA-15-6-3-1-1
Kühlregister	1	(10,7 KW)**		
Heizregister	1	(17,2 KW)*	-	
Heiz-/Kühlregister Pumpe	2	130 W /0,25 A	Stufe fest; AN/AUS	

**Heizleistung wird bei der Betrachtung des Heizungssystem (Wärmebedarf) mit einbezogen
 **Verbrauch ohne Kühlregister, Steuerung (Pneumatik-Kompressor einzeln betrachtet) ! Die
 Kühlregister Leistungen , sprich die der Kühlkompressoren werden einzeln betrachtet.*

Kälteanlagen BA I

Kälte Anlage Alt				
Gebäude	BA II - Anbau, Baujahr 1992			
Bezeichnung	Ruhaak-Cliref DRLWY 41 Baujahr 1992			
Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Kältemaschine	1	Kolbenv. Kälteleistung 140 KW	Bedarfsorientiert Sekundäranlage	Kaltw.Temp: 10/16°C Kühlw.Temp.:32/26°C
Kühlwasserpumpe	2	1350 W		Meist ein Gerät be- dient die Grundlast



Abbildung 70 Die ältere Kolben-Kompressionskälteanlage, Baujahr 1992, Kühlmittel R 22, Firma Ruhaak-Cliref, Baureihe Drlwy 41, Kälteleistung von 140 KW

Kälte Anlage Neu				
Gebäude	BA II - Anbau, Baujahr 1992			
Bezeichnung	OPK VH 27 Baujahr 1998			
Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung	Sonstiges
Kältemaschine	1	Schraubenv. Kälteleistung 160 KW	Bedarfsorientiert Primäranlage	Kaltw.Temp: 10/16°C Kühlw.Temp.:32/26°C
Kühlturm	1	Rückkühl- leistung 300 KW		
Kühlwasserpumpe	2	1350 W		Meist ein Gerät be- dient die Grundlast



Abbildung 71 Kälteanlage, Schraubenverdichter, Firma Opk Baujahr 1998, Kältemittel R 407c, Kälteleistung 160 kW

Heizungsanlage

Tabelle 58 Heizungsanlage BA II

Anlage/Typ	Warmwasserversorgung durch Fernwärme (Wasser)
-------------------	---

Anlagenkomponente	Anzahl	Leistung	Regelung
Komponenten des 3. Wärmetauschers			
	1	1550 W	Abschaltung bei Nichtbedarf
Pumpe	1	1550 W	Abschaltung bei Nichtbedarf
Heizsystem			
Pumpe	2	235 W	Abschaltung bei Nichtbedarf
Pumpe	1	290 W	Abschaltung bei Nichtbedarf
Pumpe	1	375 W	Abschaltung bei Nichtbedarf
Pumpe	2	545 W	Abschaltung bei Nichtbedarf
Pumpe	1	60 W	Abschaltung bei Nichtbedarf



Abbildung 72 Heizungsanlage Pumpensystem



Formblatt **Erklärung zur selbständigen Bearbeitung einer ausgeführten Bachelorthesis**

Zur Erläuterung des Zwecks dieses Blattes:

§ 16 Abs. 5 der APSO-TI-BM lautet:

„Zusammen mit der Thesis ist eine schriftliche Erklärung abzugeben, aus der hervorgeht, dass die Arbeit – bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit (§18 Absatz 1) – ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Dieses Blatt mit der folgenden Erklärung ist nach Fertigstellung der Arbeit durch jede/n Kandidat/en/in auszufüllen und jeweils mit **Originalunterschrift** (keine Ablichtungen!) **als letztes Blatt des als Prüfungsexemplar der Bachelorthesis gekennzeichneten Exemplars einzubinden.**

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann - auch nachträglich - zur Ungültigkeit der Bachelor-Abschlusses führen.

Erklärung

Hiermit versichere ich,

Name: _____ Vorname: _____

dass ich die vorliegende Bachelorthesis – bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema

ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -

Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der Bachelorthesis ist erfolgt durch

_____ Ort

_____ Datum

_____ Unterschrift im Original