

Klimaschutz und Energieeffizienz an der Fachhochschule Lübeck

Klimaschutz-Teilkonzept „Eigene Liegenschaften“, Abschlussbericht

Gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aufgrund des Beschlusses des Deutschen Bundestages - Förderkennzeichen: 03K02283



Antragsteller: Fachhochschule Lübeck

Ansprechpartner:

Vizepräsident (ehem.) Herr Prof. Dr. Joachim Litz

EMAS-Beauftragter Herr Norbert Endlich

Abteilung VI: Technische Dienste, Frau Arieta Jahnke

Mönkhofer Weg 239, 23562 Lübeck

Bearbeitung:



Jörg Wortmann

Daniel Bornmann

im Wissenschaftszentrum Kiel

Fraunhoferstr. 13 | 24118 Kiel

www.wortmann-energie.de

Stand: 24-02-2017; Redaktion: 25-07-2017

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung, Vorgehensweise	7
2. Basisdatenbewertung	9
2.1. Datenerhebung	10
2.2. Energieverbrauchserfassung.....	12
2.3. Bestehende Wärmeversorgung	14
2.4. Einschätzung IST-Situation, Kennwerte, Einsparpotentiale	17
2.5. Steckbrief der Liegenschaften	25
2.6. Liegenschaftsdatenbank	29
3. Gebäudebewertung – Methodik und Vorgehensweise	33
3.1. Bestandsaufnahme	34
3.1.1. Objekt-Fotodokumentation	34
3.1.2. Ermittlung wärmeübertragender Flächen	42
3.1.3. Energiebedarfsberechnung/ Gebäudebilanzierung.....	45
3.1.4. Messkonzept.....	47
3.1.5. Messen, Steuern, Regeln Anlagentechnik, Lüftung	51
3.2. Sanierungsvarianten	55
3.2.1. Identifikation geeigneter Maßnahmen	55
3.2.2. Einsatz erneuerbarer Energien: Wärme	61
3.2.3. Einsatz erneuerbarer Energien: Strom	62
3.2.4. Maßnahmenbewertung – Energie- und CO ₂ -Einsparung.....	64
3.2.5. Maßnahmenbewertung mit Gesamtkostenrechnung	67
4. Gebäudebewertung – Ergebniszusammenstellung	80
4.1. Übersicht zu Sanierungsmaßnahmen/ Sanierungsfahrplan	81
4.2. Energie- und CO ₂ -Bilanzierung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	88
5. Controlling-Konzept	96
5.1. Aufgaben Energiecontrolling, weiterführende Informationen.....	96
5.2. Bisherige Aktivitäten der Fachhochschule Lübeck.....	99
5.3. Empfehlung zum zukünftigen Energiecontrolling	102
6. Organisations- und Öffentlichkeitskonzept	111
7. Förderprogramme	118
8. Anlagen	120

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Betrachtete Liegenschaften nach Bearbeitungstiefe (Bausteine).....	7
Abb. 2:	Wichtige Parameter für eine energetische Bewertung der Liegenschaften	9
Abb. 3:	Liegenschaftsliste.....	10
Abb. 4:	Lageplan der Gebäude FH-Lübeck	11
Abb. 5:	Die aktuelle Umwelterklärung EMAS FH Lübeck 2016	13
Abb. 6:	Auszug: EMAS 2016: Spezifischer Stromverbrauch.....	14
Abb. 7:	Wärmeversorgung FH Lübeck: Viessmann, 2 Kessel à 4,9 MWth, Erdgas.....	14
Abb. 8:	Jenbacher (GE) BHKW mit 2,5 MWel, virtuelles Biogas (EEG)	15
Abb. 9:	Heizungsschema des BHKW	15
Abb. 10:	Bescheinigung fPE Fernwärme Liegenschaften FH-Lübeck.....	16
Abb. 11:	Bescheinigung negative CO ₂ -Emissionen Liegenschaften FH-Lübeck	16
Abb. 12:	Kennwerte IST-Zustand der Liegenschaften	17
Abb. 13:	Benchmark (Bsp. VE 01 - Atrium), Basis Gebäudeenergieverbrauch	20
Abb. 14:	Liste der Kosten- und CO ₂ -Einsparungen gemäß GEES-Benchmark	21
Abb. 15:	Grafik der Kosten- und CO ₂ -Einsparungen gemäß Benchmark.....	22
Abb. 16:	Benchmark mit Kennwert-Abweichung und Energiekosten, VE 01-13.....	23
Abb. 17:	Benchmark mit Kennwert-Abweichung und Energiekosten, VE 13b-36.....	24
Abb. 18:	Steckbriefe der Liegenschaften	26
Abb. 19:	Steckbrief IST-Situation, Kennwerte, Einsparpotentiale (Bsp. VE 01 - Atrium)	28
Abb. 20:	Auszug „Liegenschaftsdatenbank“, Teil 1: Allgemeine Angaben	30
Abb. 21:	Auszug „Liegenschaftsdatenbank“, Teil 2_1: Baujahr und Flächen	30
Abb. 22:	Auszug „Liegenschaftsdatenbank“, Teil 2_2: Verbräuche und Energiekosten	31
Abb. 23:	Auszug „Liegenschaftsdatenbank“, Teil 3: Benchmarking, spez. Verbräuche.....	32
Abb. 24:	Bsp. Gesamtkostenrechnung	33
Abb. 25:	Dateistruktur der Objekt-Fotodokumentation am Bsp. einer VE.....	35
Abb. 26:	Objekt-Fotodokumentation; Bsp. VE-11_Labor-Physikalische Technik	41
Abb. 27:	Ermittelte Kubatur VE 17_Laborgebäude AN_MW	42
Abb. 28:	Wärme übertragenden Umfassungsflächen Geb.11	43
Abb. 29:	Verwandte Abkürzungen für die Wärme übertragenden Umfassungsflächen	43
Abb. 30:	CAD-Modell Gebäude 11	44
Abb. 31:	CAD-Modell, vertikaler Schnitte, Gebäude 11	44

Abb. 32: CAD-Modell, horizontaler Schnitt, Geb. 11	45
Abb. 33: Datengrundlagen für die Energiebedarfsberechnung	45
Abb. 34: Spezifische Ventilatorleistung nach Effizienzklassen SFP-1 bis SFP-7	46
Abb. 35: Auszug Zählerinfrastruktur der FH Lübeck	47
Abb. 36: Zählerstruktur am Bsp. VE 13 Angewandte Naturwissenschaften	48
Abb. 37: Auszug Liegenschaftsdatenbank: Messkonzept zu setzende Zähler	50
Abb. 38: Preise (abgeschätzt) für Zähleinrichtungen in Euro, brutto ohne Montage	50
Abb. 39: Anzahl und summarische Kosten für neue Zähler	51
Abb. 40: Regelung Heizung VE 17_AN u. T (Geb. 17)	52
Abb. 41: Regelung Lüftung VE 13_ Verf.-Bau I (Geb. 13).....	52
Abb. 42: Schaltschrank Lüftung VE 13_ Verf.-Bau I (Geb. 13).....	53
Abb. 43: Energieeffizienzpotenziale bei Labor- und Seminarraumlüftung	54
Abb. 44: Dokumentationen des HIS-Instituts für Hochschulentwicklung e. V.	54
Abb. 45: Sanierungszyklus	55
Abb. 46: Zuordnungsschema Sanierungsvarianten	56
Abb. 47: Auszug: Wärmedämm-Maßnahme Vorhangfassade 1v.2; TU München	59
Abb. 48: Auszug: Wärmedämm-Maßnahme Vorhangfassade 2 v.2; TU München	60
Abb. 49: Photovoltaikpotential	63
Abb. 50: Liste bauteilbezogenen wärmetechnischer Sanierungen, U-Wert.....	64
Abb. 51: Ansatz für die Primärenergiefaktoren	65
Abb. 52: Ansatz für die spezifischen CO ₂ -Äquiv.-Emissionsfaktoren	66
Abb. 53: Beispielhafte Darstellung der spez. CO ₂ -Emissionen für eine Liegenschaft	66
Abb. 54: Übersicht der Kostenstruktur des Instruments Gesamtkostenrechnung	67
Abb. 55: Übersicht der Parameter für die Berechnung der Kapitalkosten	68
Abb. 56: Investitionskosten und U-Werte je Bauteil im Sanierungsfall	68
Abb. 57: Ansatz für die spezifischen Energie- und Wasserpreise	69
Abb. 58: Übersicht der Parameter für die Berechnung der Preissteigerung der Energie.....	69
Abb. 59: Beispielhafte Darstellung der Gesamtkostenrechnung	70
Abb. 60: Berechnungsblatt Gesamtkostenrechnung, Bsp. VE 11	79
Abb. 61: Sanierungsfahrplan – Teil 1	83
Abb. 62: Sanierungsfahrplan – Teil 2	84
Abb. 63: Sanierungsfahrplan – Teil 3	85
Abb. 64: Zuordnung der Varianten zum Zeithorizont	86

Abb. 65: Sanierungsfahrplan – Ergebniszusammenfassung.....	87
Abb. 66: Übersicht Bestands-Situation	88
Abb. 67: Übersicht der Einsparungen, Variante 1	88
Abb. 68: Übersicht der Einsparungen, Variante 2.....	89
Abb. 69: Übersicht der Einsparungen, Variante 3.....	89
Abb. 70: Auszug Detailanalyse (Baustein 2) – Bestandsanalyse	90
Abb. 71: Auszug Detailanalyse (Baustein 2) – Sanierungsvariante 1	90
Abb. 72: Auszug Detailanalyse (Baustein 2) – Sanierungsvariante 2	91
Abb. 73: Auszug Detailanalyse (Baustein 2) – Sanierungsvariante 3	91
Abb. 74 Energie- und CO ₂ -Emissionssituation im Bestand.....	92
Abb. 75: Energiekosten- und CO ₂ -Emissionssituation im Bestand.....	92
Abb. 76: Ergebnisse der Gesamtkostenrechnungen, Variante 1.....	93
Abb. 77: Ergebnisse der Gesamtkostenrechnungen, Variante 2.....	93
Abb. 78: Ergebnisse der Gesamtkostenrechnungen, Variante 3.....	94
Abb. 79: Statische Amortisation und Investitionskosten, Variante 1.....	94
Abb. 80: Statische Amortisation und Investitionskosten, Variante 2.....	95
Abb. 81: Statische Amortisation und Investitionskosten, Variante 3.....	95
Abb. 82: Arbeitsschritte und Aufgaben des öffentlichen Energiemanagements	98
Abb. 83: Information: Hinweise kommunales Energiemanagement, Dtsch. Städtetag	98
Abb. 84: Organigramm der FH-Lübeck.....	100
Abb. 85: Energiecontrolling (Energiemanagementfunktion).	103
Abb. 86: Energiecontrolling (Energiemanagementfunktion).	104
Abb. 87: Automatisierte Datenerfassung Energiemanagement, Bsp. Interwatt	105
Abb. 88: Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen 2014	108
Abb. 89: Aushangpflicht Energieausweise.....	110
Abb. 90: AMEV: Organisationsbeispiel Energiemanagement als Stabsstelle	111
Abb. 91: Übersicht (Auszug) Weiterbildungseinrichtungen „Energie“	113
Abb. 92: Deckseite Umwelterklärung 2016 FH Lübeck.....	114
Abb. 93: Internetseite: FH Lübeck, EnergieEffizienzPreis.....	114
Abb. 94: Illustration monetärer Nutzen Energiemanagement (Bsp. Stuttgart)	115
Abb. 95: Infos zum öffentlichen Energiemanagement.....	117

1. Einleitung, Vorgehensweise

Ziel des Klimaschutzteilkonzepts ist die Erstellung von praktikablen und zukünftig in der Liegenschaftsverwaltung der Fachhochschule Lübeck sinnvoll einsetzbarer Hilfestellungen und Steuerungsinstrumenten zur dauerhaften Senkung der Treibhausgasemissionen und Energiekosten.

Das „Klimaschutzmanagement in eigenen, öffentlichen Liegenschaften“ orientiert sich dabei stark an dem, seit über 30 Jahren zunehmend etablierten, „öffentlichen Energiemanagement“. Die energiebedingten Emissionen durch Verbrennung fossiler Energie (Heizwärme) und Strom stehen auch beim Klimaschutzmanagement im Fokus der Betrachtung.

Die Bearbeitung richtet sich – entsprechend der Antragstellung – nach dem Merkblatt „Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten“ des BMU nach der Fassung vom 15.09.2014. Einige sinnvolle Aktivitäten und Arbeitsschritte, die die Autoren für dieses Teilkonzept erbracht haben, gehen über die Förderpflichtaufgaben hinaus. Das Merkblatt beschreibt unterschiedliche Bearbeitungstiefen, je nach Baustein 1, 2 oder 3. In Absprache mit Liegenschaftsverwaltung der Fachhochschule Lübeck wurden die Liegenschaften folgenden Bausteinen zugeordnet:

Geb.-Nr.	Gebäudebezeichnung	Straße und Hausnummer	Baustein
1	Atrium	Mönkhofer Weg 136-140	1
2	Hörsaal / FB Elektro. und Maschinenbau	Mönkhofer Weg 136-140	1
3	Materialprüfanstalt (MPA) (alt)	Bessemerstr. 7	1
03b	Materialprüfanstalt (MPA) (neu)	Bessemerstr. 5	1
4	Elektrotechnik-Werkstoffprüfung	Mönkhofer Weg 136-140	1
5	Maschinenhalle	Mönkhofer Weg 136-140	1
6	Kesselhaus / Strömungslehre	Mönkhofer Weg 136-140	1
9	Vorlesungsräume: Maschinenbau	Mönkhofer Weg 136-140	1
10	Vorlesungsräume: Maschinenbau	Mönkhofer Weg 136-140	1
11	Labor-Physikalische Technik	Edinsonstr.	3
13	Angewandte Naturwissenschaften	Stephensonstr. 3	2
13 b	Centrum Industrielle Biotechnologie	Stephensonstr. 3	1
14	FB Bauwesen	Stephensonstr. 1	1
15	Labor Bauwesen	Stephensonstr. 1	1
16	Gästewohnung	Stephensonstr. 1	2
17	Laborgebäude AN / MW	Stephensonstr. 5	3
18	Laborgebäude AN	Stephensonstr. 7	3
19	Hochspannungslabor / EMV	Bessemerstr. 5	2
19a	Verteilstation	Bessemerstr. 5	1
20	Solarhaus	Bessemerstr. 2	2
21	Laborgebäude AN / E / M	Bessemerstr. 5	2
36	Zentrale Verwaltung, Präsidium	Mönkhofer Weg 239	1

Abb. 1: Betrachtete Liegenschaften nach Bearbeitungstiefe (Bausteine)

Ziel der **Basisdatenbewertung** ist es in erster Linie den IST-Zustand der Liegenschaften, sowie deren Energiemanagement, zu erfassen und zu bewerten (gemäß Vorgaben Baustein 1). Vor diesem Hintergrund wurden folgende, grundsätzliche Arbeitsschritte durchgeführt, die auch die Berichtsstruktur dominieren:

Der erste Schritt bildet die **Datenerhebung**. Alle relevanten Gebäudedaten (Art, Baujahr, Pläne, Verbräuche, Flächen) wurden im Rahmen der Vor-Ort-Begehungen und in Kooperation mit der Verwaltung gesammelt und anschließend Plausibilitätskontrollen unterzogen.

Auf dieser Grundlage konnte anschließend, als Schwerpunkt das Benchmarking erfolgen. Dabei wurden die spezifischen Verbräuche jeder Liegenschaft mit Objekten ähnlicher Nutzung verglichen (Benchmark). Hierzu diente das bewährte Instrument „Gebäude-EnergieEffizienz-Spiegel (GEES)“, welches im Rahmen der EnergieEffizienz-Initiative Schleswig-Holstein (www.iee-sh.de) für die kostenlose Nutzung gerade für Verwaltungen bereitgestellt wurde. Diese gibt einen schnellen Überblick über die **IST-Situation, Kennwerte und Einsparpotentiale**.

Zusammenfassend wurde anschließend eine strukturierte **Liegenschaftsdatenbank** (Tabellenkalkulation EXCEL) erarbeitet in der alle wichtigen Daten abgebildet sind. Nicht zuletzt wurde empfohlen, die Zählerstruktur zu überprüfen und gegebenenfalls neue Zähler zu setzen (**Messkonzept**).

Bestandteil des Kapitels „**Gebäudebewertung**“ ist es, für ausgewählte Liegenschaften (siehe Abb. 1) konkrete Sanierungsmaßnahmen zu empfehlen (gemäß Vorgaben Baustein 2 und 3). Weiterhin wurden diese Maßnahmen anhand deren technischer und wirtschaftlicher Umsetzbarkeit bewertet. In einem ersten Schritt wurden daher die Gebäudequalitäten durch eine Vor-Ort-Begehung möglichst umfassend in Form einer **Objekt-Fotodokumentation** dokumentiert. Die **wärmeübertragenden Umfassungsflächen** der näher zu untersuchenden Gebäude wurden mittels Plausibilitätsprüfung und der erarbeiteten Daten und Informationen bestimmt. Diese Flächenermittlung wurde nachvollziehbar dokumentiert, sodass für eine spätere Verwendung diese Daten nicht neu ermittelt werden müssen; bzw. ergänzt werden können.

Auf Basis dieser Vorarbeiten wurden für die Liegenschaften nach Baustein 2 und 3 umfassende **Energiebedarfsberechnungen / Energiebilanzierungen** vorgenommen. Diese wurden ebenfalls mit einem kommunal erprobten Instrument der Energiemanagement-Praxis durchgerechnet. Zu Hilfe genommen wurde die langjährig bewährte Tabellenkalkulation „Gesamtkostenrechnung“ des Bereichs Energiemanagements des Hochbauamts der Stadt Frankfurt/Main¹. Dieses Excel-Tool stellt für öffentliche Verwaltungen ein einfaches, kostenloses und kontinuierlich gepflegtes Rechenwerkzeug dar. Grundlage waren die Daten der Liegenschaften / Verwaltungseinheiten der Fachhochschule Lübeck im Rahmen dieser Bearbeitung. Das Tool steht der

¹ Hochbauamt - Energiemanagement der Stadt F/Main; Quelle: <http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Investive-Massnahmen/Gesamtkostenberechnung/Gesamtkostenberechnung.htm>

Verwaltung selbstverständlich zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung und kann somit nahtlos im Klimaschutzmanagement weiter bearbeitet werden. Alle Dokumente und Berechnungen sind zusätzlich auf Datenträger (CD im Anhang) dokumentiert.

Für die Ermittlung der vorgeschlagenen energetischen Sanierungen wurden die Entscheidungskriterien zur Auswahl der **Sanierungsvarianten** beschrieben. Wichtige Indikatoren sind hierbei Energie- und CO₂-Einsparung sowie die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen. Teil dieses Kapitels ist auch die Beschreibung der Auswahlkriterien für den **Einsatz erneuerbarer Energien**.

Abschließend erfolgte die übersichtliche **Ergebniszusammenstellung** und, darauf aufbauend, die Entwicklung eines **Sanierungsfahrplans**, sowie die Empfehlungen für kurz-, mittel- und langfristig umzusetzende **Maßnahmen**.

Ein weiteres Kapitel ist dem **Controlling-Konzept** gewidmet. Hier wurden zuerst Ziele und Aufgaben von Energiecontrolling und Energiemanagement dargestellt. Im Anschluss wurden die bisherigen Aktivitäten der Fachhochschule Lübeck geschildert und Empfehlungen für ein zukünftiges Energiecontrolling gegeben.

Als letzter Schritt wurde ein **Organisations- und Öffentlichkeitskonzept** dargestellt, wie es für kommunale Verwaltungen typischerweise einzurichten ist. Ansätze für die Einbindung in die bestehende Hochschulabteilung (VI, Technische Dienste) werden gegeben.

2. Basisdatenbewertung

Wie oben bereits ausgeführt, soll dieses Kapitel die Grundlage für die umfassende Erfassung und Bewertung der Liegenschaften bilden. In folgender Abbildung sind wichtige Parameter zur Gebäudebewertung ersichtlich:

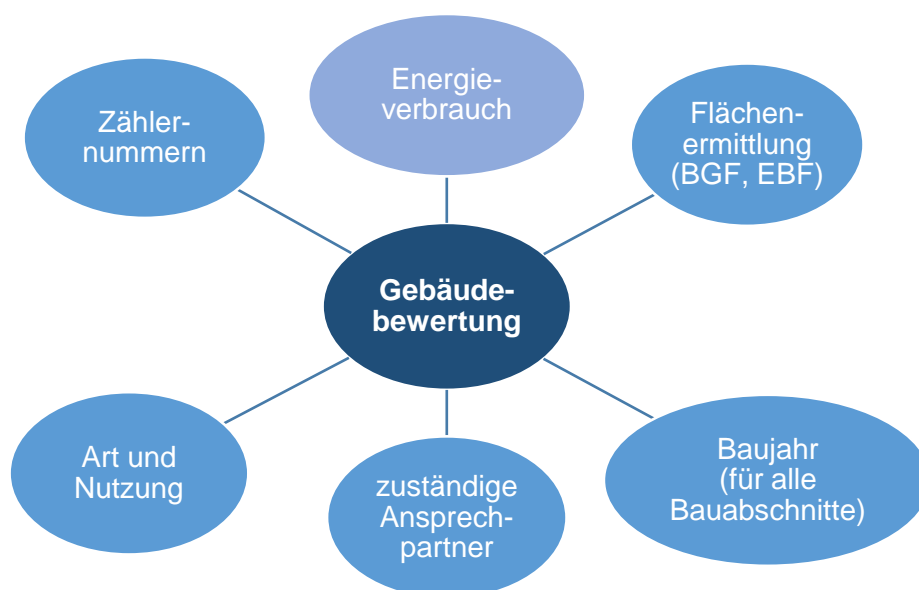


Abb. 2: Wichtige Parameter für eine energetische Bewertung der Liegenschaften

2.1. Datenerhebung

Folgende Gebäude wurden in diesem Konzept näher betrachtet:

Geb.-Nr.	Gebäudebezeichnung	Baujahr	Netto- raumfläche (laut FH)
1	Atrium	1964	3527
2	Hörsaal / FB Elektro. und Maschinenbau	1962	1796
3	Materialprüfanstalt (MPA) (alt)	1999	763
03b	Materialprüfanstalt (MPA) (neu)	2007	434
4	Elektrotechnik-Werkstoffprüfung	1965	1702
5	Maschinenhalle	1965	1335
6	Kesselhaus / Strömungslehre	1963	158
9	Vorlesungsräume: Maschinenbau	1965	625
10	Vorlesungsräume: Maschinenbau	1965	622
11	Labor-Physikalische Technik	1992	1781
13	Angewandte Naturwissenschaften	1973	3010
13 b	Centrum Industrielle Biotechnologie	2012	1383
14	FB Bauwesen	1970	5252
15	Labor Bauwesen	1973	1133
16	Gästewohnung	1970	294
17	Laborgebäude AN / MW	1993	3234
18	Laborgebäude AN	1993	3204
19	Hochspannungslabor / EMV	1985	182
19a	Verteilstation	1963	251
20	Solarhaus	1979	465
21	Laborgebäude AN / E / M	1990	1722
36	Zentrale Verwaltung, Präsidium	1990	2646

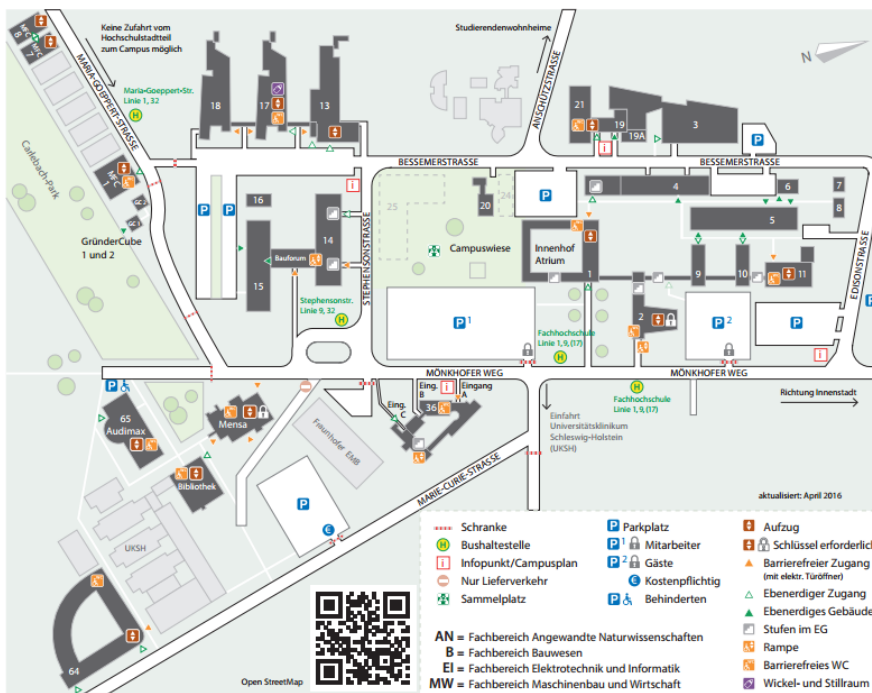
Abb. 3: Liegenschaftsliste

Wie ersichtlich variieren die Gebäude in Baujahr (1962 – 2012), sowie in Nettoraumfläche (182m² – 5.252m²). Neben einem Verwaltungsgebäude gibt es mehrere Laborgebäude, Vorlesungsgebäude, Forschungsgebäude sowie eine Gästewohnung. Die Gebäude werden in unterschiedlicher Bearbeitungstiefe betrachtet (siehe Abb. 1).

In folgendem Campusplan ist die Lage aller betrachteten Gebäude ersichtlich:



CAMPUSPLAN FACHHOCHSCHULE LÜBECK (FHL)



Gebäude Nr.

- 1 Atrium, Fachschaft Technik & Wirtschaft (EI, MW)
- 2 Hörsaal-Gebäude, Sekretariat EI, Sekretariat MW
- 3 Materialprüfanstalt (MPA)
- 4 Elektrotechnik/Werkstoffprüfung
- 5 Maschinenhalle/Werkstatt
- 6 Kesselhaus/Strömungslehre
- 7 Hausmeisterwohnung
- 8 Lager
- 9 Vorlesungsräume
- 10 Vorlesungsräume
- 11 Laborgebäude Physikalische Technik AN, Fachschaft AN
- 13 Laborgebäude AN, Sekretariat AN, CIB Centrum Industrielle Biotechnologie
- 14 Laborgebäude B, Sekretariat B, Vorlesungsräume B, ASTA, Fachschaft B
- 15 Laborgebäude B
- 16 Gästehaus
- 17 Laborgebäude AN, MW
- 18 Laborgebäude AN, Kompetenzzentrum CoSA (Kommunikation – Systeme – Anwendungen)
- 19 Hochspannungslabor/EMV
- 19A Verteilerstation
- 20 Solarhaus
- 21 Laborgebäude AN, EI, MW, Kompetenz- und Wissenschaftszentrum für intelligente Energienutzung (WIE), Kunststoff-Kompetenzzentrum (KuK)
- 24 JuniorCampus (im Bau)
- 25 Hörsaal-Gebäude (im Bau)
- 36 Eingang A: Präsidium, Hausdruckerei, Zentrale Verwaltung
- Eing. B: FHL Forschungs-GmbH, FHL Projekt-GmbH
- Eing. C: STUDIERENDEN SERVICE CENTRUM (SSC)
- International Office, Sprachenzentrum, Studierendensekretariat/Zulassungsstelle
- 64 Laborgebäude Biomedizintechnik AN, Kompetenzzentrum TANDEM – Technology and Engineering in Medicine
- 65 Audimax
- GC 1,2 GründerCube
- MFC 7 oncampus GmbH, Institut für Lerndienstleistungen (ILD)
- MFC 8 Vorlesungsräume

Abb. 4: Lageplan der Gebäude FH-Lübeck²

Die notwendigen Unterlagen, Daten und Pläne wurden freundlicherweise von der Verwaltung zur Verfügung gestellt; insbesondere mussten einige bauliche und anlagentechnische Details selbst im Rahmen der Begehungen erhoben werden.

Generell sind – im Rahmen eines professionellen Energie- und Klimaschutzmanagements - folgende Informationen wichtig:

- Gebäude und Gebäudeteile und Bauabschnitte in ihrer zeitlichen Entwicklung müssen klar getrennt bzw. identifiziert werden,
- Angaben der Bezugsflächen wie Bruttogrundflächen (BGF) müssen korrekt ermittelt werden. Die Umrechnung in Nettogrundflächen (NGF) muss sich an die Vorgaben z.B. des BMVBS³ halten (eine fachgerecht ermittelte BGF ist Grundlage z.B. für die Erstellung von Energieausweisen, die aufgrund der Größe der Liegenschaften allesamt als Aushang der Öffentlichkeit im Objekt präsentiert werden müssen),

² FH Lübeck (2017). Campusplan. https://intranet.fh-luebeck.de/dokumente/Pline%20und%20bersichten/FHL_Campusplan.pdf

³ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, vom 7. April 2015; [https://www.bdeu.de/internet.nsf/id/9B9CD50DABEDCF48C1257E51003C1324/\\$file/704-4_2015-04-30-EnEV-Bekanntmachung-20150407-IV.pdf](https://www.bdeu.de/internet.nsf/id/9B9CD50DABEDCF48C1257E51003C1324/$file/704-4_2015-04-30-EnEV-Bekanntmachung-20150407-IV.pdf)

- Verbrauchsdaten müssen vollständig erfasst, Protokollbögen der Hausmeister müssen abgelegt werden um spätere Plausibilitätskontrollen zu ermöglichen,
- Gebäude und Bauabschnitte müssen entsprechend ihrer Nutzung und ihrer Verbrauchssituation mit entsprechenden Messstellen bzw. Zählern zur Verbrauchserfassung ausgestattet sein,
- Bei der selbstständigen Erstellung von Energieausweisen müssen belastbare Daten für Flächen und Verbräuche, die gemessen wurden, vorliegen.
- Für die systematische Bearbeitung muss eine datenbankähnliche Struktur oder Dokumentation der Liegenschaften, Verbräuche, Zählernummern, Flächen, Baujahre, etc. erarbeitet und kontinuierlich gepflegt werden,
- Die Eingabe in einen zentralen Datenpool muss ohne Übertragungsfehler funktionieren.

Vor diesen Herausforderungen stehen alle Liegenschaftsverwaltungen, die sich – trotz der begrenzten Ressourcen (Personal, finanzielle Ausstattung) – dieser wichtigen Aufgabe widmen.

Im Rahmen dieses Klimaschutz-Teilkonzepts wurde daher auf die Erarbeitung einer soliden Übersicht der Liegenschaften besonderer Wert gelegt. So wurde versucht, für das zukünftige Energiemanagement der Fachhochschule Lübeck eine Datenstruktur anzulegen, die möglichst viele relevante Informationen der Objekte dokumentiert.

2.2. Energieverbrauchserfassung

Freundlicherweise wurden die Energieverbräuche per Excel-Liste von der Fachhochschule Lübeck übermittelt. Wichtige Ergebnisse konnten ebenfalls den überlassenen UMAS/EMAS-Berichten der FH-Lübeck entnommen werden (siehe Abb. 5). Dabei konnten Strom-, Gas-, Fernwärme- und Wasserverbräuche der letzten 4 Jahre (2013 – 2016) in kWh/a (bzw. m³/a) je Liegenschaft bereitgestellt werden.

Anschließend wurden die Verbräuche für das Energiemanagement aufbereitet:

- Witterungsbereinigung (anhand Witterungskorrekturfaktoren des IWU-Instituts⁴)
- Vergleich der spez. Verbräuche mit Durchschnittswerten (siehe Kapitel 2.4)

⁴ IWU-Institut Darmstadt; Download-Link des Instruments:
http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/Gradtagszahlen_Deutschland.xls

Der Umweltbericht EMAS als Umwelterklärung, aktuell 2016:



Abb. 5: Die aktuelle Umwelterklärung EMAS FH Lübeck 2016⁵

Die Daten der Energieverbräuche wurden sowohl als Jahresergebnisse wie auch für 2016 als monatliche Verbrauchsdaten zur Verfügung gestellt.

Beispielhaft zeigt folgende Abbildung die spezifischen Stromverbräuche der Jahre 2013 – 2015 (Auszug EMAS):

⁵ FH Lübeck (2016). Die aktuelle Umwelterklärung EMAS. https://www.fh-luebeck.de/fileadmin/media/01_Hochschule/02_Praesidium/Qualitaetsmanagement/Umwelterklaerung_2016.pdf

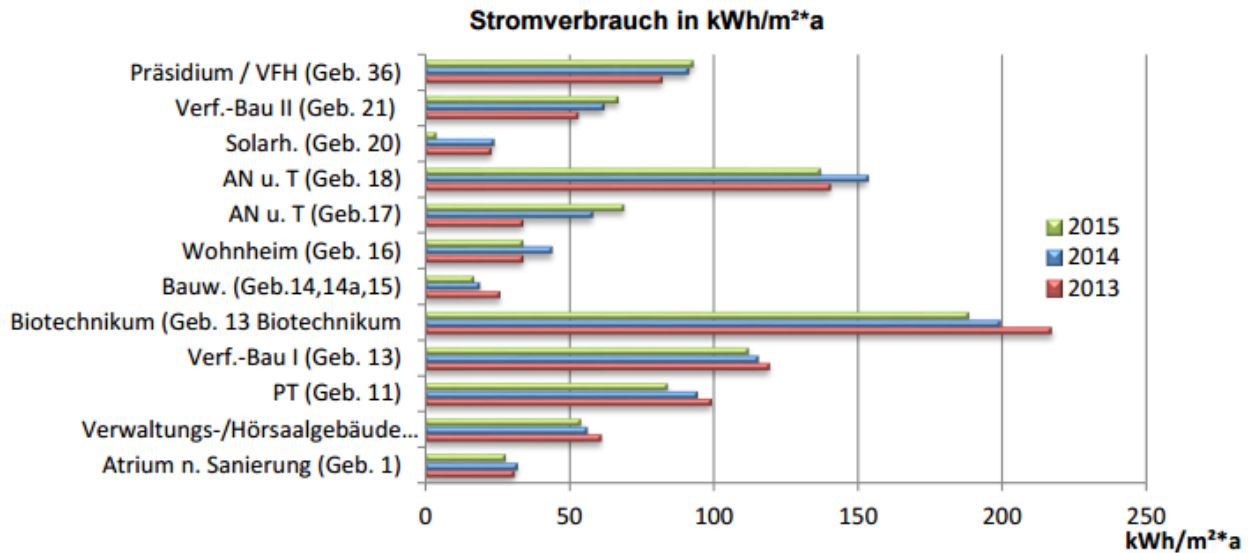


Abb. 6: Auszug: EMAS 2016: Spezifischer Stromverbrauch

Die Verbräuche der Liegenschaften können übersichtlich in der Liegenschaftsdatenbank (nähere Informationen siehe Kapitel 2.6) und zusammengefasst in Kapitel 2.4 „Einschätzung IST Situation, Kennwerte, Einsparpotentiale“ eingesehen werden.

2.3. Bestehende Wärmeversorgung

Die Liegenschaften der FH Lübeck werden mit Fernwärme der Fa. GETEC versorgt. Die Wärme wird dabei zu rd. 85% von einem Biogas-BHKW erzeugt (die übrigen rd. 15% erzeugt ein Erdgas Kessel).



Abb. 7: Wärmeversorgung FH Lübeck: Viessmann, 2 Kessel à 4,9 MWth, Erdgas



Abb. 8: Jenbacher (GE) BHKW mit 2,5 MWel, virtuelles Biogas (EEG)

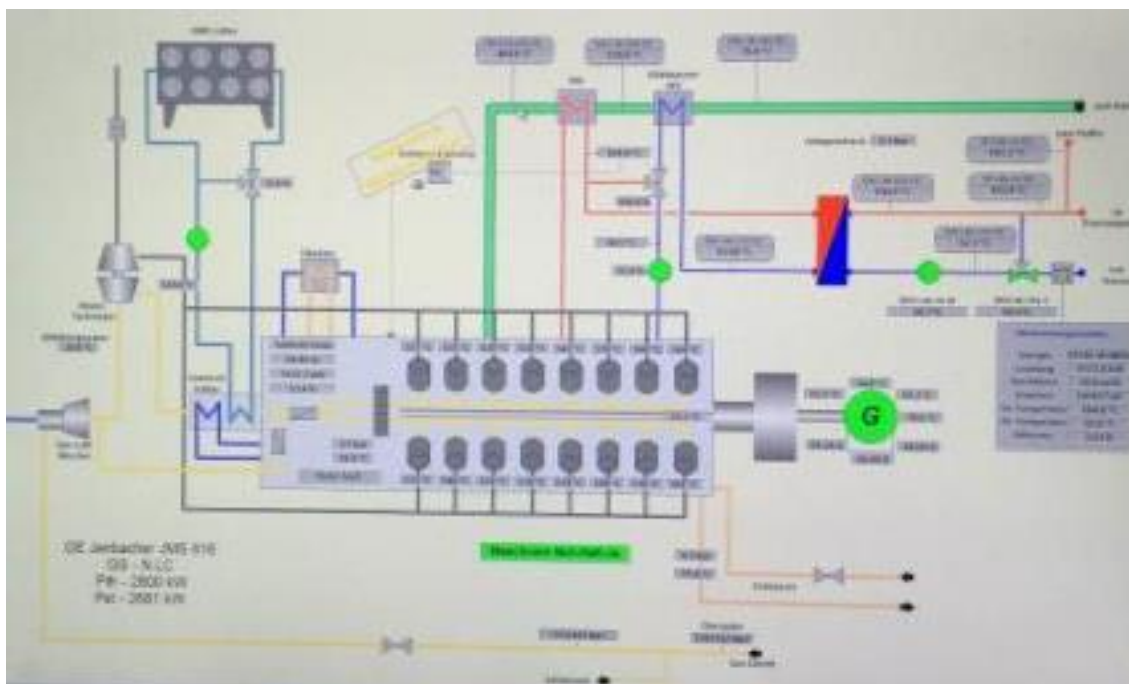


Abb. 9: Heizungsschema des BHKW

Die GETEC⁶ bescheinigt dabei einen Primärenergiefaktor von 0 und einen negativen CO₂-Emissionsfaktor



Abb. 10: Bescheinigung fPE Fernwärme Liegenschaften FH-Lübeck

Abteilung Projektentwicklung 14222 - UNI Lübeck

GETEC heat & power
Aktienaesellschaft

Berechnung der CO₂-Emission für das Jahr 2016

vertraglich vereinbart für 1. Ausbaustufe: -457 kg/MW_{th}
vertraglich vereinbart für 2. Ausbaustufe: -421 kg/MW_{th}

	Emissionsfaktor [t/MWh]	Energiemenge [MWh/a]	Emissionsfaktor x Energiemenge = CO ₂ - Emission [t/a]
Erdgas H ₁ Kessel	0,244	2.509,989	612,437
Biomethan H ₁ BHKW	0,048	25.327,056	1.215,699
Elektroenergie (Verdrängung)	-0,682	10.694,982	-7.293,977
Elektroenergie (Betriebsstrom)	0,682	226,484	154,462
CO₂-Emission gesamt [t/a]			-5.311,379
Wärmebedarf gesamt [MWh]			13.368,262
CO₂-Emission gesamt [kg/MWh_{th}]			-397,313

Abb. 11: Bescheinigung negative CO₂-Emissionen Liegenschaften FH-Lübeck

⁶ GETEC, heat & power, Abt. Projektentwicklung, 14222 – Uni Lübeck; 02-2017

Die negativen Emissionen ergeben sich aufgrund der Bilanzierung mit dem sogenannten Stromgutschriftsverfahren; hierbei verdrängt der biogene BHKW-Strom den emissionsmäßig sehr viel schlechteren Bundesstrommix.

Im Folgenden wird für die Bestimmung der Maßnahmen im Wärmebereich ein neutraler Emissionsfaktor angesetzt. Man kann zwar auch Gründe finden, den bilanziell ermittelbaren negativen Emissionsfaktor zu verwenden, perspektivisch wird aber durch die Zunahme an erneuerbarer Stromerzeugung auch der bundesdeutsche Strommix immer sauberer. Zielführend und die Zukunft besser abbildbar erscheint den Autoren die Verwendung des **Primärenergiefaktors mit 0** und auch des **CO₂-Emissionsfaktors mit 0**.

2.4. Einschätzung IST-Situation, Kennwerte, Einsparpotentiale

Zusammenfassend lassen sich für die betrachteten Liegenschaften folgende Werte festhalten:

Anzahl Liegenschaften		Mittelwerte	
Gesamter Fernwärmeverbrauch (2016)	Ca. 3.566 MWh/a	Gesamte Energiekosten (2016)	Ca. 691.000 €/a
Gesamter Gasverbrauch (2016)	Ca. 93 MWh/a	Baujahr	1979
Gesamter Wärmeverbrauch (2016, witterungsbereinigt)	Ca. 3.842 MWh/a	Spez. Wärmeverbrauch	136 kWh/m ² *a
Gesamter Stromverbrauch (2016)	Ca. 1.808 MWh/a	Spez. Stromverbrauch	61 kWh/m ² *a

Abb. 12: Kennwerte IST-Zustand der Liegenschaften

Die Werte je Liegenschaft können der Liegenschaftsdatenbank entnommen werden (siehe Kap. 2.6).

Bezüglich einer ersten Bewertung der Energieverbräuche und ersten Abschätzung von Einsparpotentialen bietet sich ein Vergleich der Energiekennzahlen je Liegenschaft (witterungsbereinigte spezifische Verbräuche) mit Durchschnittswerten vergleichbarer Nutzung an. Für dieses **Benchmarking** wurde das für schleswig-holsteinische Verwaltungen von der Investitionsbank Schleswig-Holstein, Energieagentur zur Verfügung gestellte Instrument „Gebäude-EnergieEffizienz-Spiegel (GEES)“ verwendet. Die nachfolgend aufgelisteten Vorteile der genannten EXCEL-Kalkulation waren für uns die ausschlaggebenden Gründe zur Nutzung dieses Arbeitsumfelds:

- Das Tool ist öffentlich zugänglich und wird von der Investitionsbank Schleswig-Holstein, Energieagentur (IB-SH, EA) im Rahmen der Energie-Effizienz-Initiative Schleswig-Holstein⁷ gepflegt,
- Basis des IB-SH, EA-Tools ist wiederum der „Energieausweis“⁸ des Hochbauamts der Stadt Frankfurt/M, das hierzu umfangreiche Dokumentationen auf ihrer Internetseite allgemein zugänglich vorhält und diese regelmäßig aktualisiert,
- Das Instrument wurde speziell für Verwaltungen für das praktikable Arbeiten im Bereich Energiemanagement erarbeitet,
- Witterungsbereinigte Verbrauchskennwerte und Einsparpotentiale werden zielgerichtet dargestellt,
- Das Instrument kann von der Liegenschaftsverwaltung anhand der mitgelieferten Dateien auf dem Datenträger im Anhang direkt weitergenutzt werden.
- Die Einschätzung des Verbrauchs gemäß Verbrauchsklassen nach Energieausweis Hochbauamt Frankfurt⁹
- Die Visualisierung der energetischen Bewertung durch die Klassifizierung A-H
- Die grafische Darstellung der Kosten- und CO₂-Einsparungen bei Verbesserung auf das Niveau „B“ und massiver Einsparung durch Erreichen des Effizienzniveaus „A“

Folgende Daten werden für das Tool benötigt:

- Verbrauchswerte für einen Betrachtungszeitraum von einem Jahr,
- Bezugsfläche BGF oder NGF,
- Nutzungsart (nach Bauwerkszuordnungskatalog),
- Standort,
- Energiekosten pro Betrachtungszeitraum,
- Energieträger und CO₂-Emissionsfaktor

⁷ Energieeffizienz-Initiative Schleswig-Holstein im Auftrag des damaligen Ministerium für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein; 2008-2010; Zugriff zum Tool: http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/E/energieKlimaschutz_kt/tools.html

⁸ Stadt Frankfurt am Main, Hochbauamt, Energiemanagement, Energieausweis; <http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Energiecontrolling/Energieausweise/Energieausweise.htm>

⁹ Hochbauamt Frankfurt (2016). MS-Excel-Vorlage Energieverbrauchsausweis für Nichtwohngebäude <http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Energiecontrolling/Energieausweise/Energieverbrauchsausweis-Frankfurt.xlsm>

Wichtiger Hinweis: Das Benchmarking erfolgt über die Zuordnung der Liegenschaften zu Gebäudekategorien ähnlicher Nutzung. Nur so kann der Energieverbrauch sinnvoll bewertet werden. Da die Gebäude der Fachhochschule Lübeck teilweise jedoch sehr spezifische Nutzungen aufweisen, ist die Zuordnung zu und der Vergleich mit diesen Gebäudekategorien mit Vorsicht zu genießen. Die Nutzungszuordnungen nach Bauwerkszuordnungskatalog können nachträglich jederzeit angepasst werden. Dabei kann es zu deutlich anderen Ergebnissen des Benchmarking kommen.


Am Beispiel der Auswertung für VE 01 Atrium wird die übersichtliche Darstellung folgender Daten deutlich:

- Die Einschätzung des Verbrauchs gemäß Verbrauchsklassen nach Energieausweis Hochbauamt Frankfurt¹⁰
- Die Visualisierung der energetischen Bewertung durch die Klassifizierung A-H
- Die grafische Darstellung der Kosten- und CO₂-Einsparungen bei Verbesserung auf das Niveau „B“ und massiver Einsparung durch Erreichen des Effizienzniveaus „A“

¹⁰ Hochbauamt Frankfurt (2016). MS-Excel-Vorlage Energieverbrauchsausweis für Nichtwohngebäude
<http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Energiecontrolling/Energieausweise/Energieverbrauchsausweis-Frankfurt.xlsm>

G E E S - Gebäude-EnergieEffizienz-Spiegel

Benchmark 2016

Liegenschaft	01-Atrium	Baujahr 1964		
Anschrift	23562 Lübeck, Mönkhofer Weg 136-140			
Gebäude / -teil	BZK - Nutzungsart	Nettogrundfläche		3.527 m²
Hauptnutzung	2200 - Institutsgebäude f. Lehre u. Forsch.			3.527 m ²

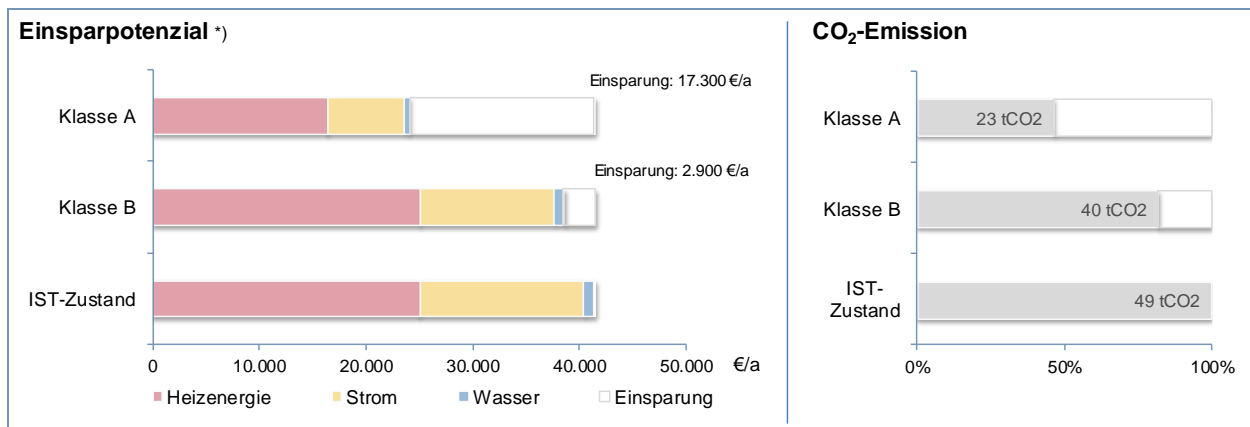
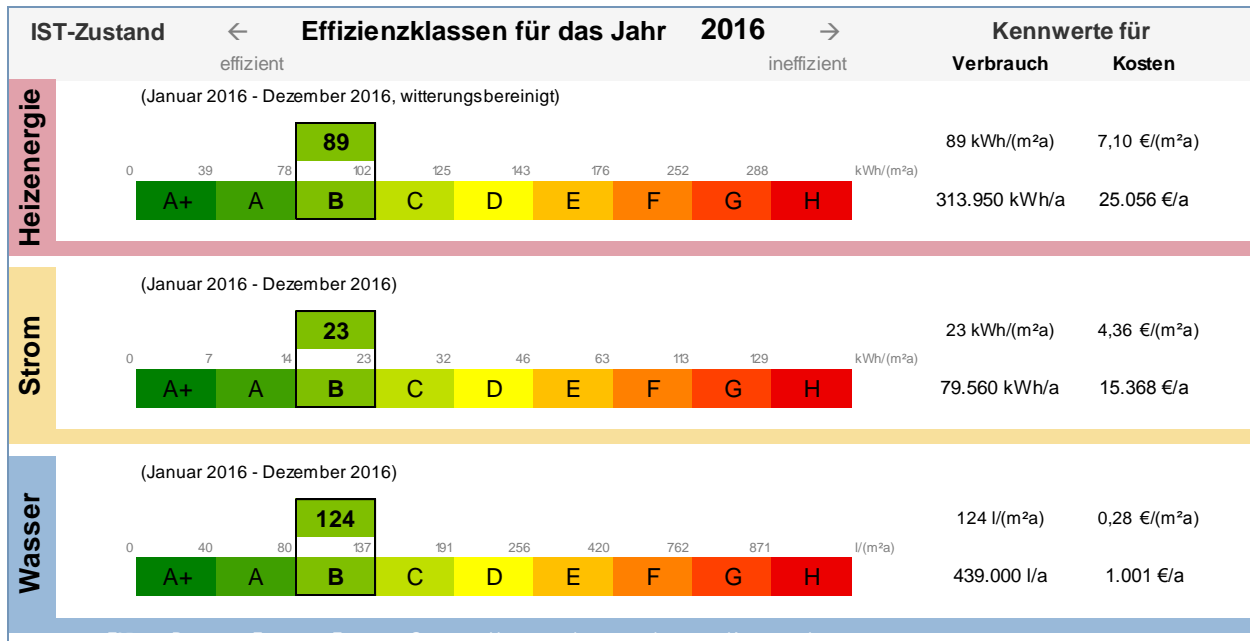


Abb. 13: Benchmark (Bsp. VE 01 - Atrium), Basis Gebäudeenergieverbrauch

Alle Benchmarks sind als Excel-Tool auf dem Datenträger abgelegt. Das Ergebnis der Effizienzklassen ist zudem in der Liegenschaftsdatenbank zusammengefasst (siehe Kapitel 2.6)

Die zusammengefassten Ergebnisse der Energiekosten- und CO₂-Einsparungen aller Benchmarks können der folgenden Aufstellung und grafischen Darstellung entnommen werden:

Liegenschaft		EBF	Ist-Zustand		Einsparung (laut Benchmark) nach Sanierung auf Effizienzklasse A	
			Energiekosten	CO ₂ -Emission	Energiekosten-einsparung	CO ₂ -Einsparung
VE	Gebäude	m ²	€/a	t/a	€/a ²	t/a ²
18	Laborgebäude AN	2.900	89.100	193	65.700	174
13 b	Centrum Industrielle Biotechnologie	1.400	65.600	114	54.800	105
13	Angewandte Naturwissenschaften	1.900	100.700	102	86.400	89
17	Laborgebäude AN/ MW	2.900	73.100	97	50.500	78
36	Zentrale Verwaltung, Präsidium	2.600	47.000	90	27.000	72
11	Labor-Physikalische Technik	1.800	40.800	69	26.900	57
21	Laborgebäude AN/ E/ M	1.800	35.700	61	21.600	49
14	FB Bauwesen	5.300	47.500	77	14.900	42
2	Hörsaal/ FB Elektro. und Maschinenbau	1.800	29.300	48	15.300	36
19	Hochspannungslabor/ EMW	200	16.100	36	14.200	35
5	Maschinenhalle	1.300	22.300	33	10.100	23
1	Atrium	3.500	42.600	46	15.500	22
3	Materialprüfanstalt (MPA) (alt)	800	20.400	25	13.500	19
4	Elektrotechnik-Werkstoffprüfung	1.700	21.600	28	6.100	15
16	Gästewohnung	300	4.200	14	1.400	5
6	Kesselhaus/ Strömungslehre	200	4.900	3	3.500	2
9	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt	600	7.500	6	2.600	1
03b	Materialprüfanstalt (MPA) (neu)	400	5.400	0	2.600	0
10	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt	600	6.700	5	2.000	0
15	Labor Bauwesen	1.100	8.900	0	3.000	0
19a	Verteilstation	300	0	36	0	0
20	Solarhaus	500	1.800	6	0	0
Summen:			691.000	1.100	437.000	800
Reduzierung um [%] :					63%	76%

Abb. 14: Liste der Kosten- und CO₂-Einsparungen gemäß GEES-Benchmark

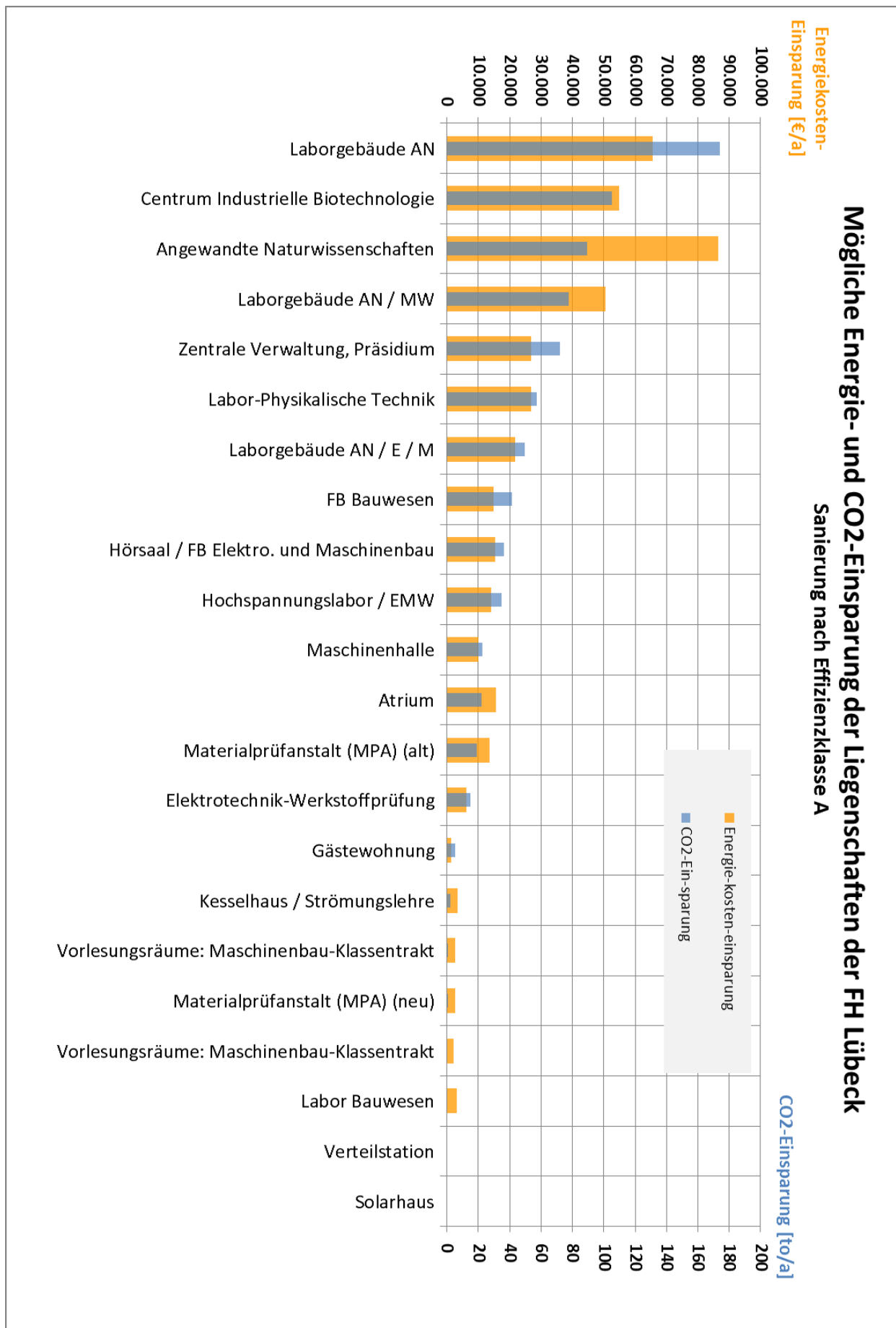


Abb. 15: Grafik der Kosten- und CO₂-Einsparungen gemäß Benchmark

Bei einer möglichen energetischen Sanierung auf die Effizienzklasse A können rd. 63% der Energiekosten (statisch, auf Basis des jetzigen Energiepreisniveaus) und 76% an CO₂-Emissionen eingespart werden. Diese Einsparungen können als erste Zielgröße für eine Sanierungsperspektive herangezogen werden. Für die Liegenschaften nach Baustein 2 und 3 werden in Kapitel 4 maßnahmen-spezifisch detaillierte Einsparungen berechnet.

Ein weiteres hilfreiches Tool zur ersten Einschätzung und Priorisierung der Liegenschaften ist die graphische Darstellung nach KuK-Nds¹¹. Diese Grafik zeigt die **prozentuale Abweichung der Verbrauchswerte** der einzelnen Liegenschaften von EnEV-Vergleichswerten ähnlicher Nutzung an (Gemäß Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand¹²). Diese weichen teilweise von den obigen Vergleichswerten des GEES-Tools nach Energieausweis Hochbauamt Frankfurt ab. Die Größe der Kreise ist dabei ein Hinweis für die kostenmäßige Bedeutung der Liegenschaft und somit ein wichtiger Hinweis auch auf das Energiekosteneinsparpotential. Zur besseren Darstellung wurden die Liegenschaften auf zwei Grafiken aufgeteilt.

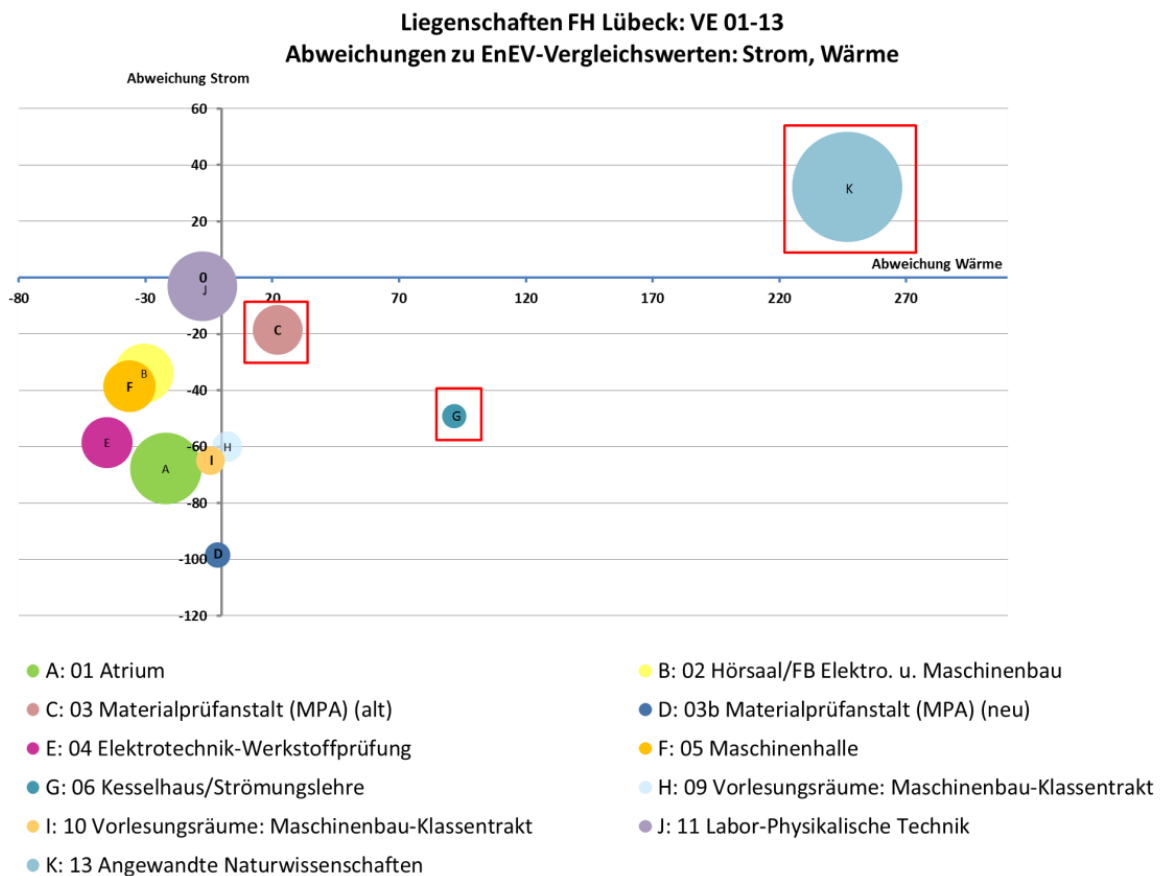


Abb. 16: Benchmark mit Kennwert-Abweichung und Energiekosten, VE 01-13

¹¹ Vormals: Projekt "Klimawandel und Kommunen" (KuK Niedersachsen); jetzt: „Die Excel Datei für diese übersichtliche Darstellung des spezifischen Strom- und Wärmeverbrauchs ist auf Anfrage bei der Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen erhältlich.“ www.klimaschutz-niedersachsen.de

¹² Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, vom 7.April 2015; [https://www.bdew.de/internet.nsf/id/9B9CD50DABEDCF48C1257E51003C1324/\\$file/704-4_2015-04-30-EnEV-Bekanntmachung-20150407-IV.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/9B9CD50DABEDCF48C1257E51003C1324/$file/704-4_2015-04-30-EnEV-Bekanntmachung-20150407-IV.pdf)

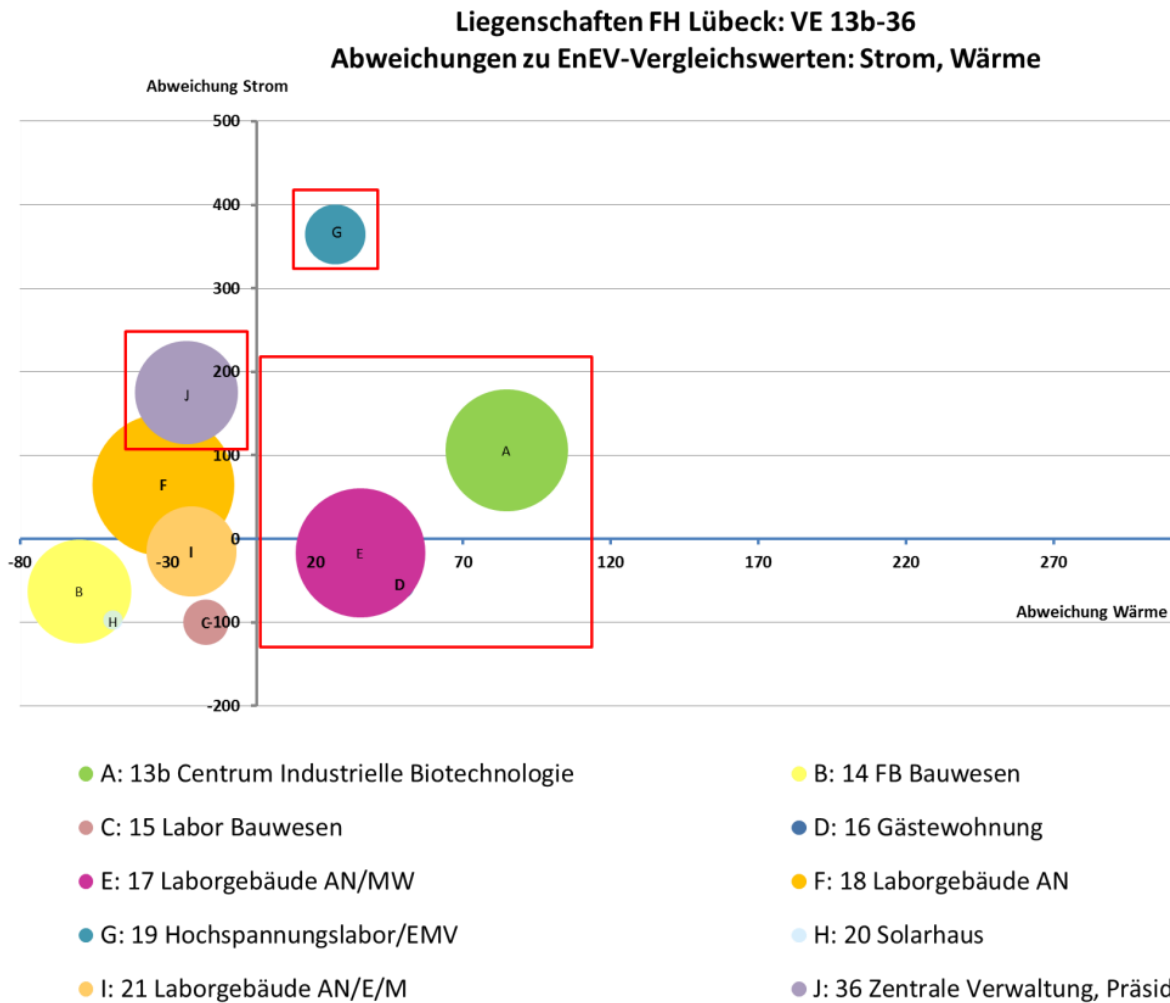


Abb. 17: Benchmark mit Kennwert-Abweichung und Energiekosten, VE 13b-36

Weniger als die Hälfte der betrachteten Liegenschaften haben einen höheren Wärme- oder Stromverbrauch als vergleichbare Gebäude ähnlicher Nutzung (nach EnEV-Vergleichswerten). Folgende Liegenschaften haben einen deutlich geringeren Verbrauch als der Vergleichswert nach EnEV:

- VE 01 Atrium
- VE 02 Hörsaal/FB Elektro. u Maschinenbau
- VE 04 Elektrotechnik-Werkstoffprüfung
- VE 05 Maschinenhalle
- VE 14 Bauwesen
- VE 15 Labor Bauwesen
- VE 20 Solarhaus

Folgende „Kosten-Schwergewichte“ mit großen Abweichungen von den Vergleichswerten sollten prioritär energetisch näher betrachtet und für eine Sanierung genauer untersucht werden:

- **VE 03 Materialprüfanstalt (MPA), alt**
- **VE 06 Kesselhaus/Strömungslehre**
- **VE 13 Angewandte Naturwissenschaften**
- **VE 13b Centrum Industrielle Biotechnologie**
- **VE 17 Laborgebäude AN/MW**
- **VE 19 Hochspannungslabor/EMV**

Weiterhin erscheinen bei folgenden Liegenschaften Stromeffizienzmaßnahmen lohnenswert und sinnvoll:

- **VE 13b Centrum Industrielle Biotechnologie**
- **VE 19 Hochspannungslabor/EMV**
- **VE 36 Zentrale Verwaltung, Präsidium**


2.5. Steckbrief der Liegenschaften

Die Ergebnisse aus der obigen Einschätzung der IST-Situation wurden für jedes Gebäude (Baustein 1) in einem Steckbrief zusammengefasst. Dieser setzt sich folgendermaßen zusammen:

- Foto Gebäude und Katasterplan
- Basisdaten (Anschrift, Fläche, Nutzungsart und Baujahr)
- Messzählernummern
- Darstellung und Auswertung der Ergebnisse des GEES-Tools
- Darstellung und Auswertung der Verbrauchsentwicklung 2013-2016 und monatlicher Verbrauch 2016 von Wärme und Strom

Anlage A) Steckbriefe - Klimaschutzteilkonzept Fachhochschule Lübeck

VE 01 Atrium



Anschrift: 23562 Lübeck, Mönkhofer Weg 136-140
Nutzungsart: 2220 – Institutsgedäude f. Lehre u. Forsch.
Baujahr: 1964
Nettorealfläche: 3527m²

Messzählernummern

Fernwärme	66334076	Strom	403881	Wasser	07 AE 013348 (Qn=10)
-----------	----------	-------	--------	--------	----------------------

Folgende Abbildung zeigt die absoluten und spezifischen Verbräuche und Kosten für Wärme (witterungsbereinigt), Strom und Wasser. Die Zuordnung der spezifischen Verbräuche zu einer Effizienzklasse (Farbskala) erfolgt auf Basis von deutschlandweiten Durchschnittsverbräuchen von Gebäuden gleicher Nutzungsart und gibt Aufschluss über die energetische Qualität des Gebäudes (Benchmarking)¹. Eine Zuordnung des Gebäudes zu den Effizienzklassen D-H lässt somit auf einen überdurchschnittlich hohen Verbrauch und ein deutliches Einsparpotential schließen. Langfristiges Ziel sollte dabei sein, die Effizienzklasse A bis A+ anzustreben.

Effizienzklasse	Kennwerte für Verbrauch	
	Wärme (kWh/m ²)	Kosten (€)
A	82 kWh/m ²	7,70 €/m ²
B	287,700 kWh/m ²	26,050 €/m ²
C	21 kWh/m ²	4,26 €/m ²
D	74,007 kWh/m ²	15,368 €/m ²
E	124 kWh/m ²	6,28 €/m ²
F	430,000 kWh	1,001 €/m ²
G		
H		

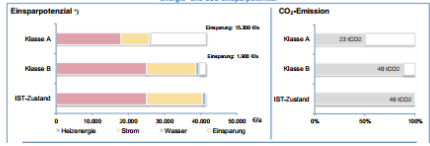
¹ gemäß Energiemanagement Frankfurt (2017). Energieverbrauchsausweis. <http://www.energiemanagement-stadt-frankfurt.de/Energiecontrolling/Energieverbrauch/Energieverbrauchsausweis-Frankfurt.stm>
² IB-SH (2016). GEES - Gebäude-Energieeffizienz-Spiegel. http://www.schleswig-holstein.de/DE/Schwerpunkte/Energieklimaschutz/Tools/tools_node.html

Seite 1 von 42

Anlage A) Steckbriefe - Klimaschutzteilkonzept Fachhochschule Lübeck

Nachfolgende Abbildung zeigt das Energie- und CO₂-Einsparpotential bei Sanierung des Gebäudes auf Effizienzklasse A bzw. B.

Energie- und CO₂-Einsparpotential



Um Unregelmäßigkeiten im Verbrauch ausfindig zu machen zeigen folgende Abbildungen die Verbrauchsentwicklung (2013 – 2016) und die monatlichen Verbräuche (2016) jeweils für Wärme und Strom.



Anmerkungen

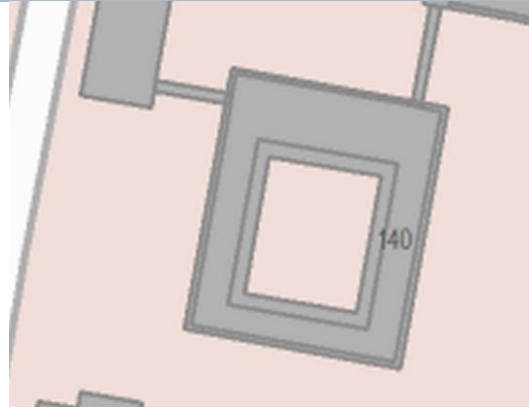
Gemäß dem obigen Benchmarking ist sowohl im Wärme-, als auch im Strombereich, nur ein geringes Einsparpotential zu erkennen. Das Gebäude wird mit Fernwärme (Primärenergiefaktor 0 g/kWh) versorgt. Klimaschutzrelevante Schwachstellen im Wärmebereich sind daher, im Rahmen einer Detailbetrachtung, insbesondere an der Gebäudehülle zu suchen (Dach, oberste Geschossdecke, Außenwand, Fenster, Kellerdecke). Zur Senkung des Stromverbrauchs werden folgende Maßnahmen empfohlen: Einbau energieeffiziente Beleuchtung und, in ausgewählten Bereichen, Präsenzmelder; Identifikation Großverbraucher und eventuell Austausch mit energieeffizientem Gerät; Optimierung der Lüftungsregelung (falls vorhanden). Gemäß obiger Auswertung ist die Wärmeverbrauchsentwicklung nach einem Tiefpunkt 2014 wieder auf den Stand von 2013 angestiegen. Der Stromverbrauch ist nach einem hohen Verbrauch 2015 wieder gesunken. In der monatlichen Betrachtung sind besonders die Stromverbrauchsspitzen von Mai bis Juli auffällig.

Seite 2 von 42

Abb. 18: Steckbriefe der Liegenschaften

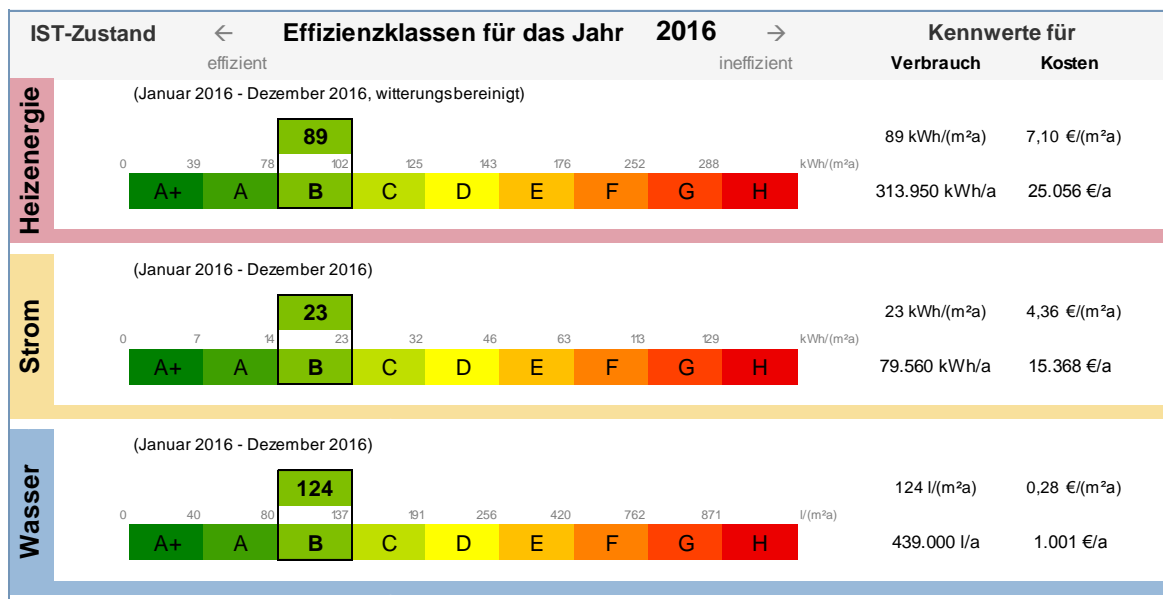
Folgende Abbildung zeigt beispielhaft den Steckbrief für VE 01 Atrium (restliche Steckbriefe siehe Anlagen):

VE 01 Atrium



Anschrift:	23562 Lübeck, Mönkhofer Weg 136-140	Baujahr:	1964
Nutzungsart¹³:	2220 – Institutsgebäude f. Lehre u. Forschung	Nettoraumfläche:	3.527m ²
Messzählernummern			
Fernwärme	66334076	Strom	403881
		Wasser	07 AE 013348 (Qn=10)

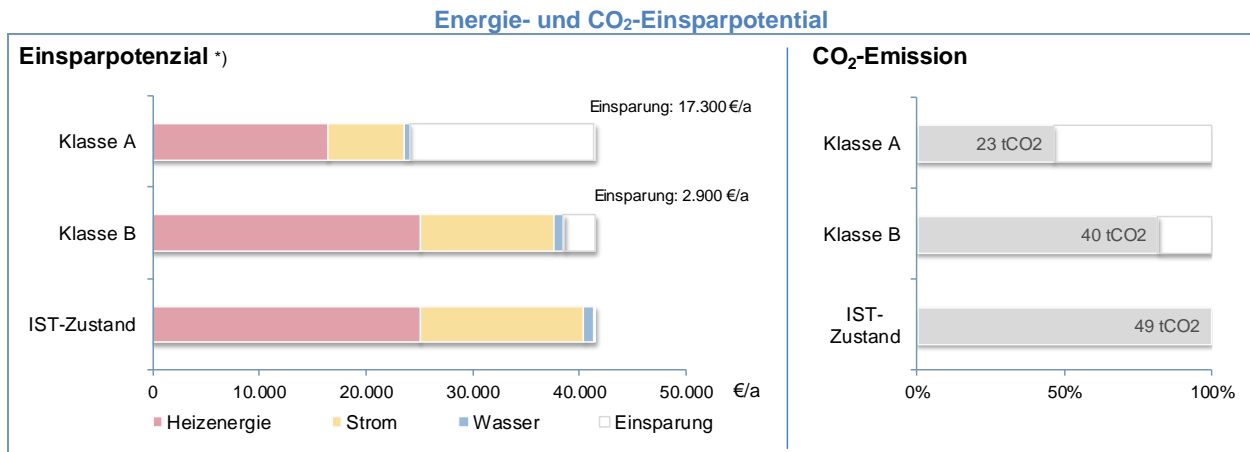
Folgende Abbildung zeigt die absoluten und spezifischen Verbräuche und Kosten für Wärme (witterungsbereinigt), Strom und Wasser. Die Zuordnung der spezifischen Verbräuche zu einer Effizienzklasse (Farbskala) erfolgt auf Basis von deutschlandweiten Durchschnittsverbräuchen von Gebäuden gleicher Nutzungsart und gibt Aufschluss über die energetische Qualität des Gebäudes (Benchmarking)¹⁴. Eine Zuordnung des Gebäudes zu den Effizienzklassen D-H lässt somit auf einen überdurchschnittlich hohen Verbrauch und ein deutliches Einsparpotential schließen. Langfristiges Ziel sollte dabei sein, die Effizienzklasse A bis A+ anzustreben.



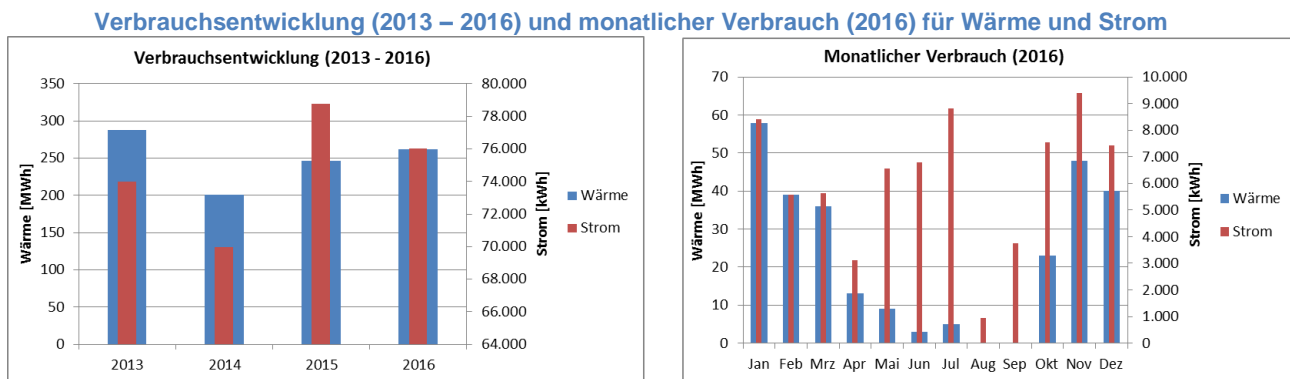
¹³ gemäß Energiemanagement Frankfurt (2017). Energieverbrauchsausweis für Nichtwohngebäude <http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Energiecontrolling/Energieausweise/Energieverbrauchsausweis-Frankfurt.xlsm>

¹⁴ IB-SH (2016). GEES - Gebäude-EnergieEffizienz-Spiegel. http://www.schleswig-holstein.de/DE/Schwerpunkte/EnergieKlimaschutz/Tools/tools_node.html

Nachfolgende Abbildung zeigt das Energie- und CO₂-Einsparpotential bei Sanierung des Gebäudes auf Effizienzklasse A bzw. B.



Um Unregelmäßigkeiten im Verbrauch ausfindig zu machen zeigen die Abbildungen die Verbrauchsentwicklung (2013 – 2016) und die monatl. Verbräuche (2016) für Wärme und Strom.



Anmerkungen

Gemäß der obigen Benchmarking-Darstellung ist sowohl im Wärme-, als auch im Strombereich, nur ein geringes Einsparpotential zu erkennen. Das Gebäude wird mit Fernwärme (Primärenergiefaktor 0; und geringste CO₂-Emission) versorgt. Energie- und kostenrelevante Potentiale oder Schwachstellen im Wärmebereich sind daher, im Rahmen einer Detailbetrachtung, insbesondere an der Gebäudehülle zu suchen (Dach, oberste Geschosdecke, Außenwand, Fenster, Kellerdecke).

Zur Senkung des Stromverbrauchs werden folgende Maßnahmen empfohlen: Einbau energieeffiziente Beleuchtung und - in ausgewählten Bereichen- Präsenzmelder; Identifikation Großverbraucher und eventuell Austausch mit energieeffizienten Geräten; Optimierung der Lüftungsregelung (soweit vorhanden). Gemäß obiger Auswertung ist die Wärmeverbrauchsentwicklung nach einem Tiefpunkt 2014 wieder auf den Stand von 2013 angestiegen. Der Stromverbrauch ist nach einem hohen Verbrauch 2015 wieder gesunken. In der monatlichen Betrachtung sind besonders die Stromverbrauchsspitzen von Mai bis Juli (Klimatisierung/Kühlung) auffällig.

Abb. 19: Steckbrief IST-Situation, Kennwerte, Einsparpotentiale (Bsp. VE 01 - Atrium)

2.6. Liegenschaftsdatenbank

Um ein Energiecontrolling durchführen zu können, ist eine kontinuierliche Verbrauchserfassung und Dokumentation aller relevanten Daten notwendig. Deshalb wurden im Rahmen dieses Klimaschutzteilkonzeptes alle Daten in einer umfangreichen Datenbank (Excel-Liste) zusammengetragen. Dadurch ist ein schneller Überblick über die betrachteten Liegenschaften möglich und es kann als fortschreibbares Instrument zum Energiecontrolling genutzt werden oder die Daten können in ein noch zu diskutierendes, softwarebasierendes Energiemanagement-Tool übertragen werden.

Die Datenbank beinhaltet folgende Daten:

Tabellenblatt 1

- Verwaltungseinheit (VE-Nr.)
 - Name des Gebäudes
 - Baustein
- 1. Allgemeine Angaben**
- Eigentümer
 - Straße und Hausnummer
 - Aktuelle Nutzung
 - Bisherige Sanierungsmaßnahmen
- 2. Basisdatenbewertung**
- Baujahr (1. Bauabschnitt)
 - Energieträger
 - Nettoraumfläche (laut FH Lübeck)
 - Flächen nach Planvorlage (BGF-beheizt, Umrechnungsfaktor und EBF) für die Gebäude nach Baustein 2 und 3
 - Absolute Verbräuche (Wärme, Gas, Strom, Wasser)
 - Energiekosten
- 3. Benchmarking & spezifische Verbräuche**
- Benchmarking (Heizenergie, Strom, Wasser)
 - Spezifische Verbräuche (Wärme, Gas, Strom, Wasser)

VE/ Geb.- Nr.	Gebäudebezeichnung	Bau- stei- ne	Allgemeine Angaben	Eigen- tümer	Straße und Hausnummer	Aktuelle Nutzung	Bisherige Sanierungsmaßnahmen
1	Atrium	1		FH Lübeck	Mönkhofer Weg 136-140	Unterricht/Büro	2002 umf. Fass., Fenster, Dach
2	Hörsaal / FB Elektro. und Maschinenbau	1		FH Lübeck	Mönkhofer Weg 136-140	Unterricht	2008 umf. Fass., Fenster, Dach
3	Materialprüfanstalt (MPA) (alt)	1		FH Lübeck	Besemerstr. 7	Labor/Büro	
03b	Materialprüfanstalt (MPA) (neu)	1		FH Lübeck	Besemerstr. 5	Labor/Büro	
4	Elektrotechnik-Werkstoffprüfung	1		FH Lübeck	Mönkhofer Weg 136-140	Labor/Büro	2009 umf. Fass., Fenster, Dach
5	Maschinenhalle	1		FH Lübeck	Mönkhofer Weg 136-140	Labor/Werkstatt	2010 umf. Fass., Fenster, Dach
6	Kesselhaus / Strömungslehre	1		FH Lübeck	Mönkhofer Weg 136-140	Technikum	
9	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt	1		FH Lübeck	Mönkhofer Weg 136-140	Unterricht	2007 umf. Fass., Fenster, Dach
10	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt	1		FH Lübeck	Mönkhofer Weg 136-140	Unterricht	2007 umf. Fass., Fenster, Dach
11	Labor-Physikalische Technik	3		FH Lübeck	Edinsonstr.	Labor/Büro	
13	Angewandte Naturwissenschaften	2		FH Lübeck	Stephensonstr. 3	Labor/Büro	2005 umf. Fass., Fenster, Dach
13 b	Centrum Industrielle Biotechnologie	1		FH Lübeck	Stephensonstr. 3	Labor/Büro	
14	FB Bauwesen	1		FH Lübeck	Stephensonstr. 1	Unterricht/Büro	2009 umf. Fass., Fenster, Dach,
15	Labor Bauwesen	1		FH Lübeck	Stephensonstr. 1	Unterricht/Labor	2009 umf. Fass., Fenster, Dach,
16	Gästewohnung	2		FH Lübeck	Stephensonstr. 1	Verwaltung	
17	Laborgebäude AN / MW	3		FH Lübeck	Stephensonstr. 5	Labor/Unterricht/Büro	
18	Laborgebäude AN	3		FH Lübeck	Stephensonstr. 7	Labor/Unterricht/Büro	
19	Hochspannungslabor / EMV	2		FH Lübeck	Besemerstr. 5	Labor	
19a	Verteilstation	1		FH Lübeck	Besemerstr. 5	Haustechnik	
20	Solarhaus	2	FH Lübeck	Besemerstr. 2	Labor/Büro		
21	Laborgebäude AN / E / M	2	FH Lübeck	Besemerstr. 5	Labor/Büro		
36	Zentrale Verwaltung, Präsidium	1	FH Lübeck	Mönkhofer Weg 239	Verwaltung	2008 umf. Fass., Fenster, Dach	

Abb. 20: Auszug „Liegenschaftsdatenbank“, Teil 1: Allgemeine Angaben

VE/ Geb.- Nr.	Gebäudebezeichnung	Bau- stei- ne	Allgemeine Angaben	Baujahr (1. Bau- abschnitt)	Energieträger	Fläche laut FH NRF	Flächen nach Planvorlage	
							BGF	EBF
1	Atrium	1	Allgemeine Angaben	1964	Fernwärme	3527		
2	Hörsaal / FB Elektro. und Maschinenbau	1		1962	Fernwärme	1796		
3	Materialprüfanstalt (MPA) (alt)	1		1999	Fernwärme, über Geb. 19a	763		
03b	Materialprüfanstalt (MPA) (neu)	1		2007	Fernwärme, über Geb. 19a	434		
4	Elektrotechnik-Werkstoffprüfung	1		1965	Fernwärme	1702		
5	Maschinenhalle	1		1965	Fernwärme	1335		
6	Kesselhaus / Strömungslehre	1		1963	Fernwärme, über Geb. 5	158		
9	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt	1		1965	Fernwärme, über Geb. 5	625		
10	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt	1		1965	Fernwärme, über Geb. 5	622		
11	Labor-Physikalische Technik	3		1992	Fernwärme	1781	1.989	1.790
13	Angewandte Naturwissenschaften	2		1973	Fernwärme	3010	2.145	1.931
13 b	Centrum Industrielle Biotechnologie	1		2012	Fernwärme	1383		
14	FB Bauwesen	1		1970	Fernwärme	5252		
15	Labor Bauwesen	1		1973	Fernwärme, über Geb. 14	1133		
16	Gästewohnung	2		1970	Erdgas	294	371	334
17	Laborgebäude AN / MW	3		1993	Fernwärme	3234	3.267	2.941
18	Laborgebäude AN	3		1993	Fernwärme	3204	3.267	2.941
19	Hochspannungslabor / EMV	2		1985	Fernwärme, über Geb. 19a	182	215	194
19a	Verteilstation	1		1963	Fernwärme	251		
20	Solarhaus	2		1979	Erdgas	465	515	464
21	Laborgebäude AN / E / M	2	1990	Fernwärme	1722	2.006	1.805	
36	Zentrale Verwaltung, Präsidium	1	1990	Fernwärme	2646			

Abb. 21: Auszug „Liegenschaftsdatenbank“, Teil 2_1: Baujahr und Flächen

VE/ Geb.- Nr.	Gebäudebezeichnung	Basisdatenbewertung (Baujahr, Flächen, Verbräuche, Kosten)	Verbräuche (Wärme: MWh/a; Strom, Gas: kWh/a; Wasser: m ³ /a)				Energie-, Wasserkosten (in €/a)		
			Wärme (witter- ungs- b.) 2016	Gas (witter- ungs- b.) 2016	Strom 2016 (mit Korrektur)	Wasser 2016	Wärme, Gas (witter- ungs- b.)	Strom	Wasser
1	Atrium		314		79.560	439	27.357	16.521	1.001
2	Hörsaal / FB Elektro. und Maschinenbau		143		83.853	329	12.443	17.412	750
3	Materialprüfanstalt (MPA) (alt)		138		43.474	160	11.981	9.028	365
03b	Materialprüfanstalt (MPA) (neu)		63		581		5.491	121	0
4	Elektrotechnik-Werkstoffprüfung		138		48.968	97	12.050	10.168	221
5	Maschinenhalle		125		57.332	172	10.883	11.905	392
6	Kesselhaus / Strömungslehre		45		5.676	7	3.894	1.179	16
9	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt		63		10.836	79	5.491	2.250	180
10	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt		58		9.037	78	5.092	1.877	178
11	Labor-Physikalische Technik		190		120.425	11	16.567	25.007	25
13	Angewandte Naturwissenschaften		768		178.198	448	66.895	37.004	1.021
13 b	Centrum Industrielle Biotechnologie		292		199.169	335	25.460	41.358	764
14	FB Bauwesen		238		133.304	1.140	20.767	27.681	2.599
15	Labor Bauwesen		108		0	0	9.385	0	0
16	Gästewohnung		0	66.280	3.391	104	3.692	704	237
17	Laborgebäude AN / MW		456		169.653	568	39.728	35.229	1.295
18	Laborgebäude AN		231		336.958		20.079	69.971	0
19	Hochspannungslabor / EMV		36		63.031	11	3.155	13.089	25
19a	Verteilstation		0		0		0	0	0
20	Solarhaus		0	31.633	828	22	1.762	172	50
21	Laborgebäude AN / E / M		162		106.858	173	14.138	22.190	394
36	Zentrale Verwaltung, Präsidium		175		156.546	810	15.233	32.508	1.847

Abb. 22: Auszug „Liegenschaftsdatenbank“, Teil 2_2: Verbräuche und Energiekosten

Für alle Objekte wurde eine Bewertung mit dem bereits vorgestellten Benchmarking-Tool der Investitionsbank Schleswig-Holstein vorgenommen (siehe Kap. 2.4).

VE/ Geb.- Nr.	Gebäudebezeichnung	Benchmarking			Spezifische Verbräuche 2016 kWh/m ² (EBF)*a			
		Heiz- Energie	Strom	Wasser	Wärme	Gas	Strom	Wasser
1	Atrium	B	B	B	89	-	23	124
2	Hörsaal / FB Elektro. und Maschinenbau	A	D	C	80	-	47	183
3	Materialprüfanstalt (MPA) (alt)	D	C	C	180	-	57	210
03b	Materialprüfanstalt (MPA) (neu)	C	A	-	145	-	1	-
4	Elektrotechnik-Werkstoffprüfung	A	B	A	81	-	29	57
5	Maschinenhalle	A	C	B	94	-	43	129
6	Kesselhaus / Strömungslehre	F	B	A	283	-	36	44
9	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt	B	A	A	101	-	17	126
10	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt	B	A	A	94	-	15	125
11	Labor-Physikalische Technik	B	E	A	106	-	67	6
13	Angewandte Naturwissenschaften	H	F	D	398	-	92	232
13 b	Centrum Industrielle Biotechnologie	F	H	D	211	-	144	242
14	FB Bauwesen	A	C	D	45	-	25	217
15	Labor Bauwesen	B	-	-	95	-	-	-
16	Gästewohnung	D	A	B	-	198	10	311
17	Laborgebäude AN / MW	D	E	C	155	-	58	193
18	Laborgebäude AN	A	F	-	78	-	115	-
19	Hochspannungslabor / EMV	E	H	A	187	-	325	57
19a	Verteilstation	-	-	-	-	-	-	-
20	Solarhaus	A	A	A	-	68	2	47
21	Laborgebäude AN / E / M	B	E	B	90	-	59	96
36	Zentrale Verwaltung, Präsidium	A	F	F	66	-	59	306

Abb. 23: Auszug „Liegenschaftsdatenbank“, Teil 3: Benchmarking, spez. Verbräuche

Weitere, zusätzliche Informationen sind in den restlichen Registerblättern der Liegenschaftsdatenbank hinterlegt:

- Blatt 2:** Sanierungsfahrplan (siehe Kapitel 4.1)
- Blatt 3:** Ergebniszusammenfassung Benchmarking (siehe Kapitel 2.4)
- Blatt 4:** Ergebniszusammenfassung Energie- und CO₂-Bilanz (siehe Kapitel 4.2)
- Blatt 5:** Parameter: Energiekosten und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- Blatt 6:** Parameter: CO₂-Emissionsfaktoren
- Blatt 7:** Parameter: Klimafaktoren (zur Witterungsberreinigung)
- Blatt 8:** Matrix: Photovoltaikpotential

3. Gebäudebewertung – Methodik und Vorgehensweise

Bisher war der Schwerpunkt des vorhergehenden Kapitels (Baustein 1) die Erfassung der Gebäudedaten, die Bewertung der jeweiligen spezifischen Verbräuche sowie der Vermittlung inhaltlicher und organisatorischer Aspekte eines erfolgreichen Energiemanagements.

Im zweiten Teil des Berichts (Baustein 2 und 3) ist es das Ziel, dem Team des Liegenschaftsmanagements möglichst viele Informationen an die Hand zu geben, um gebäudespezifische Sanierungsmaßnahmen für die betrachteten Liegenschaften technisch und wirtschaftlich zu bewerten und umzusetzen. Hierzu wird zunächst die Methodik und Vorgehensweise umfassend dargelegt.

Zuerst wird dazu eine **Objekt-Fotodokumentation** auf Basis der Vor-Ort-Begehung erstellt, welche alle relevanten Gebäudequalitäten festhält. Dadurch können sich zum einen interessierte Akteure schnell in das Objekt einarbeiten. Zum anderen dient die Fotodokumentation zur Erhebung und strukturierten Darstellung notwendiger Daten für die anschließende Energiebilanzierung.

In einem zweiten Schritt wurden für sämtliche Gebäude die **wärmeübertragenden Umfassungsflächen** berechnet. Mit Hilfe der Fotodokumentationen und wärmeübertragenden Umfassungsflächen konnten anschließend der **Energiebedarf**, sowie unterschiedliche **Sanierungsvarianten** und deren Wirtschaftlichkeit berechnet und bewertet werden.

Dies erfolgte mit dem Instrument „**Gesamtkostenrechnung**“ des Hochbauamts Frankfurt/Main, Bereich Energiemanagement¹⁵.

1. Gesamtkosten					
A. Abfragemasse erstellen Eingabedaten: weil, Ergänzender: grau Version: 11.6 01.02.2012					
A1	Liegenschaftsbezeichnung: Ludwig Börne-Schule				
A2	Gebäudebezeichnung: Alt- und Neubau				
A3	Straße, Hausnummer: Lange Straße 30-36				
A4	Berechnungszeitraum (Jahre): 40	A6	Währung: €	4	
A5	Kapitalwert: 3,0%	A9	Annaherfaktor Ener: 4,3%		
A8	Preissteigerung Energie: 5,0%	A10	Mitbewerfaktor Ener: 2,63		
A7	Preissteigerung sonstiges: 2,5%	A11	Mitbewerfaktor sonst: 1,57		
D. Varianten Berechnung (Eingabe erfordernicht)					
D1	EneC 2009				
D2	EneC 2009 30 %				
D3	Passivhaus (ausgeführte Variante)				
D4					
D5					
C. Kenngrößen					
C1	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
C1	5.277	5.277	5.277	5.277	5.277
C2	400	400	400	400	400
C3	43	34	14		
C4	45	38	15		
C5	23	23	15		
C6	94	87	60		
C7	34	22	15		
C8	275	275	275		
D. Investitionskosten					
D1	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
D1	13.637.939	13.064.380	13.348.030	0	0
D2	-	-	-	0	0
D3	13.037.559	13.064.380	13.348.030	0	0
D4	564.036	562.690	577.468	0	0
D5	187	187	189	0	0
E. mittl. Betriebskosten					
E1	22.784	18.353	6.889	0	0
E2	41.295	41.113	32.208	0	0
E3	3.475	3.274	3.273	0	0
E4	64.019	64.019	64.019	0	0
E5	26.385	26.385	26.385	0	0
E6	105.892	103.881	112.238	0	0
E7	5.277	5.277	5.277	0	0
E8	271.125	264.510	254.208	0	0
E9	493.347	478.074	442.320	0	0
E9	93	91	84	0	0
F. Umweltfolgekosten					
F1	6.336	5.890	4.084	0	0
F2	1.451	1.451	1.451	0	0
F3	7.787	7.340	5.535	0	0
F4	1	1	1	0	0

Abb. 24: Bsp. Gesamtkostenrechnung

¹⁵ Stadt Frankfurt am Main, Hochbauamt, Energiemanagement; <http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Investive-Massnahmen/Gesamtkostenberechnung/Gesamtkostenberechnung.htm>

Diese programmierbare MS-Excel-Arbeitsmappe kann die gesamte Energiebilanzierung darstellen und 4 Varianten berechnen, grafisch vergleichen und bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit bewerten. Planungsgrundsatz ist dabei, sowohl bei Neubau, Unterhaltung und Betrieb von Gebäuden „im Sinne der Nachhaltigkeit die Gesamtkosten (Summe aus Investitionskosten, Betriebskosten und Folgekosten) bei gegebener Nutzungsqualität zu minimieren“. Nach der umfassenden Darlegung der Methodik und Vorgehensweise erfolgt eine **Zusammenfassung** der wichtigsten Ergebnisse. Diese beinhaltet einen Sanierungsfahrplan, mögliche Energie-, CO₂- und Kosteneinsparungen, sowie Maßnahmenempfehlungen (aufgeteilt in kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen).

3.1. Bestandsaufnahme

Zur Bestandsaufnahme gehören neben der Objekt-Fotodokumentation, die Energiebedarfsrechnung und die Erstellung eines Messkonzeptes. Diese Vorgehensweise wird in den folgenden Unterkapiteln näher beschrieben.

3.1.1. Objekt-Fotodokumentation

Sämtliche Gebäude und Gebäudeteile wurden in der Fotodokumentation festgehalten (Baustein 1 und 2). Während dabei in der ersten Spalte ausgesuchte Fotos aus den Vor-Ort-Begehungen aufreht wurden, wurden in einer zweiten Spalte die Fotos beschrieben und gegebenenfalls inhaltlich ergänzt. Dabei wurden, in Abhängigkeit der vorliegenden Daten, für jede Liegenschaft folgende Informationen bereitgestellt:

- Luftbild und Katasterplan
- Eine eventuelle Einteilung des Gebäudes in Nutzungen und Bauabschnitte (Anhand des Grundrisses)
- Gebäudehülle (Außenwand, Fenster, oberste Geschossdecke, Dach, Keller,...)
- Anlagentechnik (Wärmeerzeuger, -verteilung und -übergabe, Beleuchtung, eventuelle Lüftungsanlage,...)
- Zähler, Messkonzept (Messschema mit Zählern, falls vorhanden ein Foto pro Zähler)

Neben der Objekt-Fotodokumentation wurden alle gemachten Fotos aus der Vor-Ort-Begehung in einer einheitlichen Struktur abgelegt und somit praktikabel und nutzbringend der Verwaltung zur Verfügung gestellt.

Am Bsp. der VE_01_Atrium ist die Ordnerstruktur erkennbar:

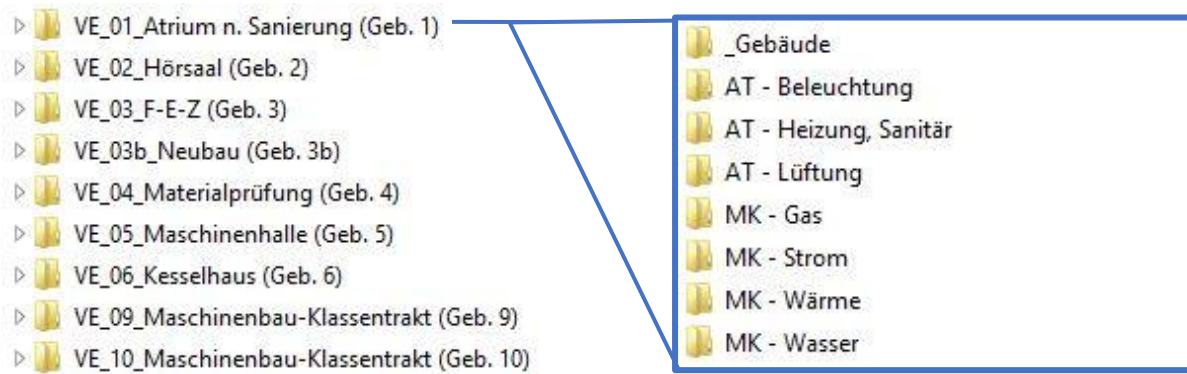


Abb. 25: Dateistruktur der Objekt-Fotodokumentation am Bsp. einer VE

Dabei steht „MK“ für Messkonzept und „AT“ für Anlagentechnik.

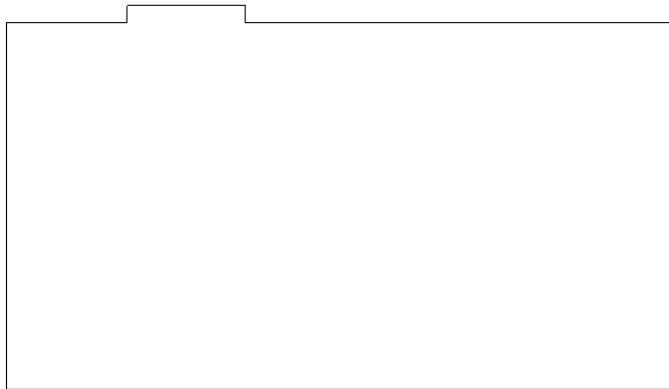
Die umfassende Objekt-Fotodatenbank ist auf dem beigefügten Datenträger abgelegt.

Beispielhaft folgt die Fotodokumentation für die VE 11_Labor-Physikalische Technik

VE_11_Labor-Physikalische Technik



Luftbild (BingMaps)



Nutzungen und Bauabschnitte, 1992

Gebäudehülle



Westansicht



Westansicht



Haupteingang und Treppenhaus



Nordansicht



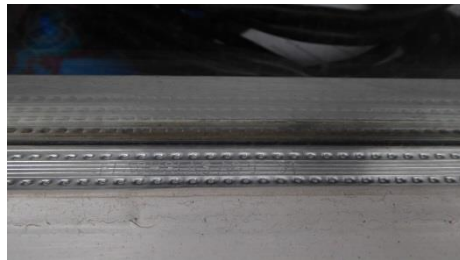
Ostansicht



Südansicht



Flachdach



Fenster (2-fachverglast,
1991)

Anlagentechnik



Heizungsregelung Fernwärme



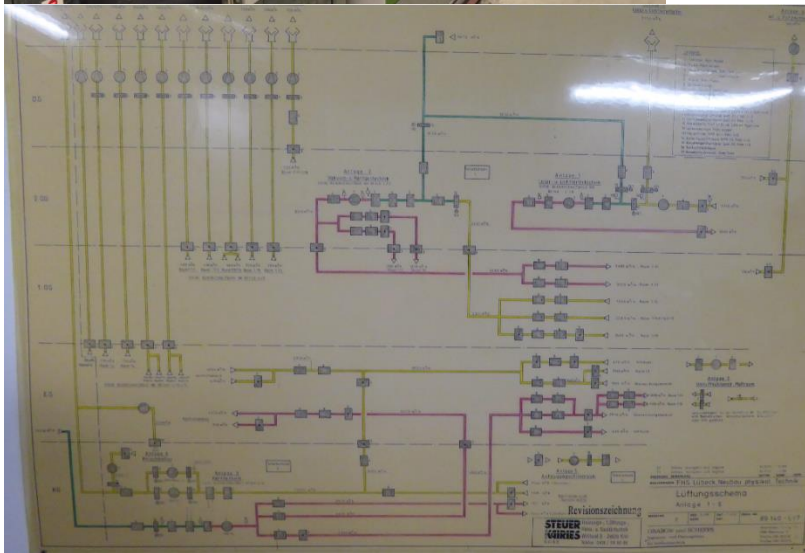
3 Heizkreise

- Heizung Nord, 85W, Energieeffizienzpumpe
- Lüftung, 180W, Energieeffizienzpumpe
- Heizung Süd, 180W, Energieeffizienzpumpe



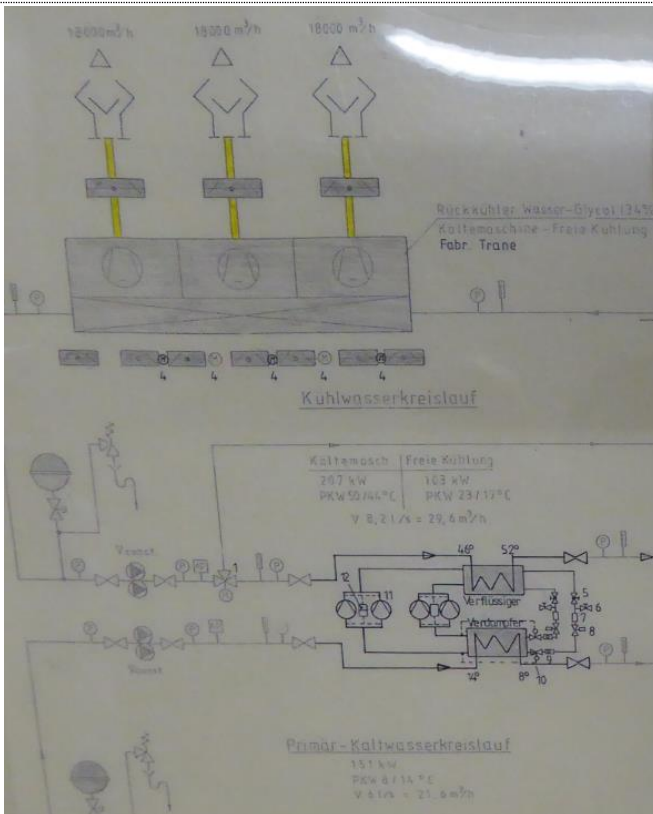
Lüftungstechnik 6 Anlagen plus div. Digestorien (ca. 31.500 m³/h + 5.000 m³/h)

- Anlage 1: Laser- und Lichtleittechnik, 3.050 + 2.150 m³/h (Umluft, max.: 2.150m³/h)
- Anlage 2: Vakuum- und Röntgentechnik, 8.350 m³/h (Umluft, max.: 6.330m³/h)
- Anlage 3: Kerntechnik, 13.730 m³/h (kein Umluftbetrieb)
- Anlage 4: WC u. Putzmittelraum, 500 m³/h
- Anlage 5: Aufzugsmaschinenraum, ca. 3.000 m³/h
- Anlage 6: Kriechkeller ca. 755 m³/h; keine Umluft
- Digestorien: 11 Stck. Summe: ca. 5.000m³/h





Regelung Lüftung



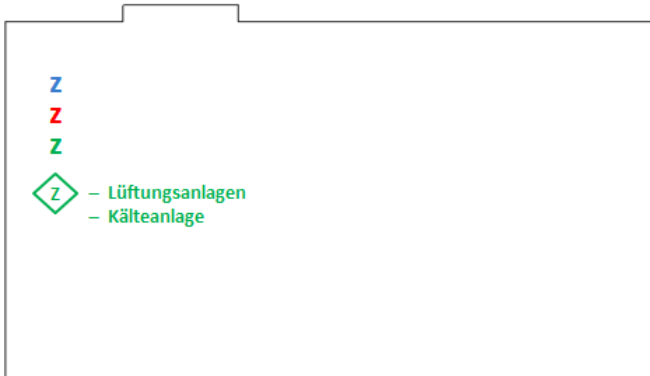
Kälteanlage

- Kältemaschine: 207kW
- Freie Kühlung: 103 kW;
- 3 Ventilatoren à 18.000m³/h



Beleuchtung überwiegend T8
Leuchtstoffröhren

Zähler, Messkonzept



- Z Gas
- Z Wärme
- Z Heizöl
- Z Strom
- Z Wasser
- Z in a diamond Zähler (neu zu setzen)
- T Übergabe/ Verteilung



Stromzähler Gebäude 11



Wärmemengenzähler Gebäude 11



Wasserzähler Gebäude 11

Abb. 26: Objekt-Fotodokumentation; Bsp. VE-11_Labor-Physikalische Technik

3.1.2. Ermittlung wärmeübertragender Flächen

Die Berechnung der Flächen erfolgte, auf Basis der zur Verfügung gestellten Pläne und Vor-Ort-Begehungen, mithilfe der 3D-Grafiksoftware Google SketchUpPRO

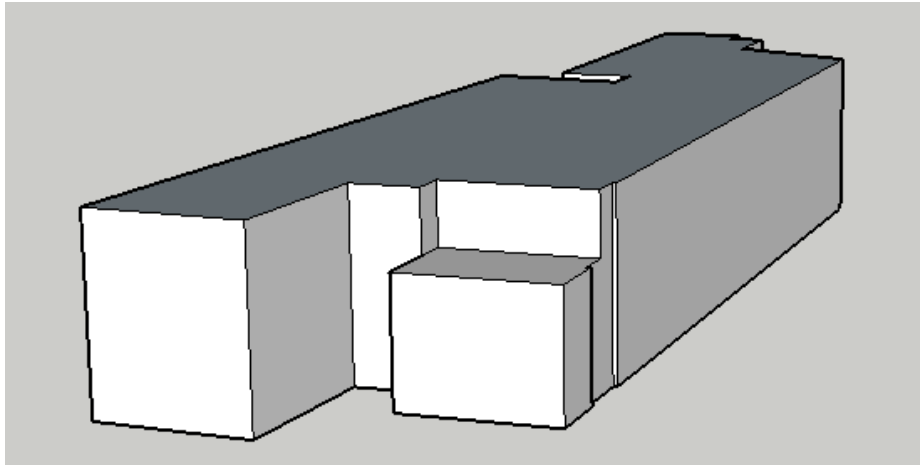


Abb. 27: Ermittelte Kubatur VE 17_Laborgebäude AN_MW

Mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand konnte so neben der BGF auch der Bruttorauminhalt, sowie die Gebäudehüllflächen ermittelt werden. Dies ist Voraussetzung für die detaillierte Energiebilanzierung (siehe Kapitel 3.1.3). Mit Umrechnungsfaktoren aus der „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand¹⁶“ vom BMVBS konnte anschließend je nach Gebäudekategorie die Energiebezugsfläche (EBF) berechnet werden (auf Grundlage der Bruttogeschossfläche, BGF).

Je untersuchtem Gebäude stehen damit Excel-basiert Daten der wärmeübertragenden Flächen zur weiteren Verwendung zur Verfügung:

¹⁶ Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, vom 7. April 2015; [https://www.bdew.de/internet.nsf/id/9B9CD50DABEDCF48C1257E51003C1324/\\$file/704-4_2015-04-30-EnEV-Bekanntmachung-20150407-IV.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/9B9CD50DABEDCF48C1257E51003C1324/$file/704-4_2015-04-30-EnEV-Bekanntmachung-20150407-IV.pdf)

WU-VE 11_Labor-Physikalische Technik			
Bruttovolumen	7.956	m ³	
Nettovolumen	6.444	m ³	
Bruttogeschosfläche	1.989	m ²	
Energiebezugsfläche	1.790	m ²	
NRF (laut FH)	1.781	m ²	
Umrechnungsfaktor BGF/EBF	0,90		
	Außenwand	Fenster	Türen/ Tore
	m ²	m ²	m ²
Ostseite	371,5	45,5	
Südseite	223,0	14,0	
Westseite	380,7	36,3	
Nordseite	219,4	17,6	
Oberste Geschossdecke	663,0	m ²	
Gründung	663,0	m ²	

Abb. 28: Wärme übertragenden Umfassungsflächen Geb.11

Um die Dateneingabe in das verwendete Berechnungstool (Gesamtkostenrechnung, vergl. Baustein 2 und 3) zu vereinfachen, erfolgte dabei die Flächeneingabe nach folgender Syntax:

Abkürzung	Bauteil
AW	Außenwand
Da	Dach
o.Gd.	Obere Geschossdecke
Grü	Gründung
xTür	Tür oder Tor
xFe	Fenster

Abb. 29: Verwandte Abkürzungen für die Wärme übertragenden Umfassungsflächen

Diese belastbaren Flächenangaben sind nicht nur Basis für ein seriöses Energiemanagement, sondern können auch der Bauunterhaltung für Planungen und Ausschreibungen dienen. Sie stellen für den Start in ein Energiecontrolling kurzfristig eine hinreichende Genauigkeit dar. Mittelfristig sollten diese jedoch durch eine genauere CAD-Flächenermittlung sowie Nettogrundflächenermittlung nach DIN 277 ersetzt, und dort mindestens in Nutzfläche (NF) und Technische

Funktionsfläche (TV) unterschieden werden. Durch eine Nutzbarmachung für Studierende kann in diesem Zuge gleichzeitig ein professioneller Umgang mit Architektur, Plänen und Aufmaß von Bestandsgebäuden gesammelt werden.

Beispielhaft wurde eine CAD-Flächenermittlung für die VE 11_ Labor-Physikalische Technik erstellt:



Abb. 30: CAD-Modell Gebäude 11



Abb. 31: CAD-Modell, vertikaler Schnitt, Gebäude 11



Abb. 32: CAD-Modell, horizontaler Schnitt, Geb. 11

3.1.3. Energiebedarfsberechnung/ Gebäudebilanzierung

Um die Energiebedarfsrechnung durchführen zu können, wurden folgende Daten benötigt:

Daten	Datenquelle
Nettorauminhalt, BGF-beheizt und umgerechnete EBF	Planunterlagen, Aufmaß Vor-Ort-Begehung anschließende Berechnung mit Google SketchUp PRO
Wärmeübertragenden Bauteilflächen mit den transparenten Elementen nach Himmelsrichtung	Planunterlagen, Aufmaß Vor-Ort-Begehung anschließende Berechnung mit Google SketchUp PRO
U-Werte	Vor-Ort-Begehung und anhand Gebäudetypologien ermittelt
Anlagentechnik (Wärmeerzeuger, -verteilung und übergabe, Beleuchtung, Lüftung,...)	Vor-Ort-Begehung
Verbrauchsdaten	Fachhochschule Lübeck

Abb. 33: Datengrundlagen für die Energiebedarfsberechnung

Zur Berechnung des Heizenergiebedarfes wurden die Daten in die „Gesamtkostenrechnung“ übertragen, um dann die Berechnung dieses Wertes durchführen zu können. Dieser setzt sich zusammen aus den Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten, abzüglich der solaren und internen Gewinne sowie dem Nutzungsgrad der Heizungsanlage (siehe nachstehende Abbildung). Mit der Abschätzung der Verbräuche für die Beleuchtung, Hilfsenergien für Heizung, Lüftung und Klimatisierung, sowie weitere Angaben zur Haustechnik und Bedarfe für EDV-Dienste

wurde zudem der gesamte Strombedarf abgeschätzt. Der Strombedarf der Lüftungsanlagen wurde dabei anhand der spezifischen Ventilatorleistung [Ws/m³] abgeschätzt. Dieser definiert sich durch das Verhältnis von aufgenommener elektrischer Ventilatorleistung zum geförderten Luftvolumenstrom und wird SFP-Wert (specific fan power) genannt. Je größer der SFP-Wert, desto mehr elektrische Energie wird für die Förderung eines Kubikmeters Luft benötigt. Typische Werte liegen bei Kleinanlagen zwischen SFP-5 und SFP-7 und bei Großanlagen zwischen SFP-3 und SFP-4. Nach der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) sind Neuanlagen mit mehr als 4000 m³/h nur noch mit höchstens SFP-4 vorgesehen¹⁷.

Kategorie	spezifische Ventilatorleistung [Ws/m ³]
SFP-1	<500
SFP-2	500–750
SFP-3	750–1250
SFP-4	1250–2000
SFP-5	2000–3000
SFP-6	3000–4500
SFP-7	>4500

Abb. 34: Spezifische Ventilatorleistung nach Effizienzklassen SFP-1 bis SFP-7

Für die Lüftungsanlagen der FH Lübeck wurde angenommen, dass diese im Mittel bei etwa 2.000 Ws/m³ liegen (also zwischen SFP-4 und SFP-5). Bei Sanierung wurde eine spezifische Ventilatorleistung von etwa 1.600 Ws/m³ angenommen (Mittelwert SFP-4).

Abschließend wurden die Energiebedarfe mit den vorhandenen Verbräuchen verglichen. Da diese teilweise deutlich von dem errechneten Bedarf abweichen, wurde über die Änderung der Gradtagszahl sowie des Luftwechsels in zahlreichen Fällen der berechnete Energiebedarf an den tatsächlichen Energieverbrauch angepasst. Dadurch wurde vermieden, dass die im nächsten Schritt ausgewiesenen (berechneten) Einsparungen in den Sanierungsvarianten über- oder unterschätzt werden. Die Abweichungen zwischen Bedarf und Verbrauch sind in der Praxis häufig anzutreffen und dies kann verschiedene Ursachen haben, wie z.B.: Fehlerhafte Verbrauchsangaben, stark Norm-abweichendes Nutzerverhalten, fehlerhafte Einschätzung der wärmeschutztechnischen Güte der Gebäudehülle und / oder der technischen Versorgungseinrichtungen.

¹⁷ ENEV-Online (2017). http://www.enev-online.com/enev_2014_volltext/15_anlagen_kuehltechnik_raumluftechnik.htm

Durch dieses Vorgehen ist eine Konformität mit den in der EnEV festgesetzten Berechnungsgrundlagen nicht gegeben. Soll die EnEV-Konformität einer Gesamtanierung bewertet werden oder die Möglichkeit einer Förderung beispielsweise als KfW-Effizienzhaus geprüft werden, ist eine Energiebilanzierung nach dem Referenzgebäudeverfahren mit definiertem Normnutzungsverhalten durchzuführen.

3.1.4. Messkonzept

Voraussetzung für eine vollständige und fortlaufende Energieverbrauchserfassung ist eine vollständige und umfassend dokumentierte Infrastruktur an Messzählern.

Von der Liegenschaftsverwaltung in Kooperation mit dem Gebäudemanagement Schleswig-Holstein (GMSH) wurde bereits eine Topographie der abgelesenen Zähler erstellt:

2570 - Fachhochschule Lübeck
Wärmetopologie
Stand: 30.05.2016

Nicht versorgte Gebäude:
8, 13A, 19A

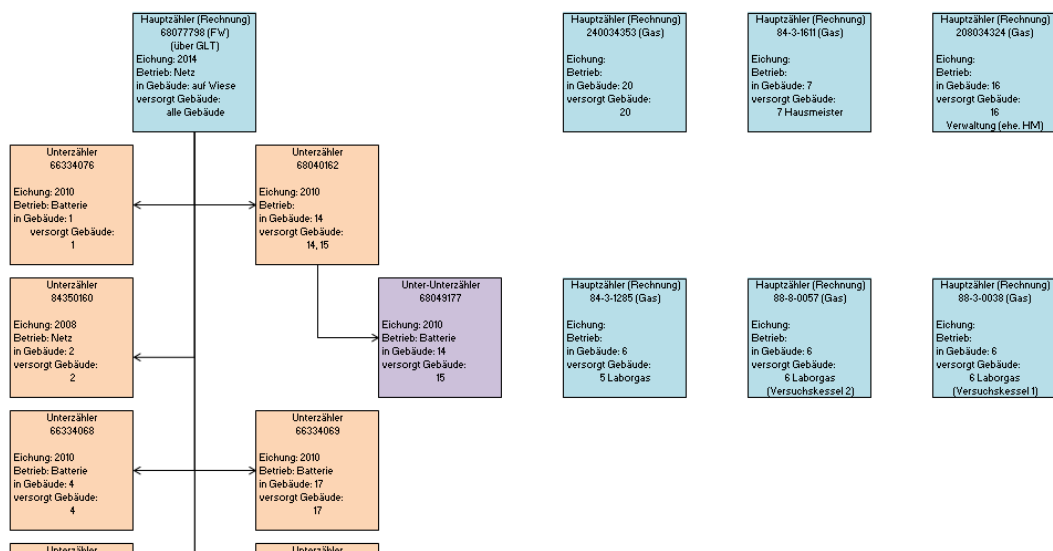


Abb. 35: Auszug Zählerinfrastruktur der FH Lübeck

Auf dieser Grundlage, sowie den Vor-Ort-Begehungen, wurde für alle Gebäude nach Baustein 2 und 3 die Zählerstruktur in der Fotodokumentation graphisch dargestellt. Folgende Abbildung zeigt beispielhaft die Zählerstruktur für VE 13 Angewandte Naturwissenschaften:

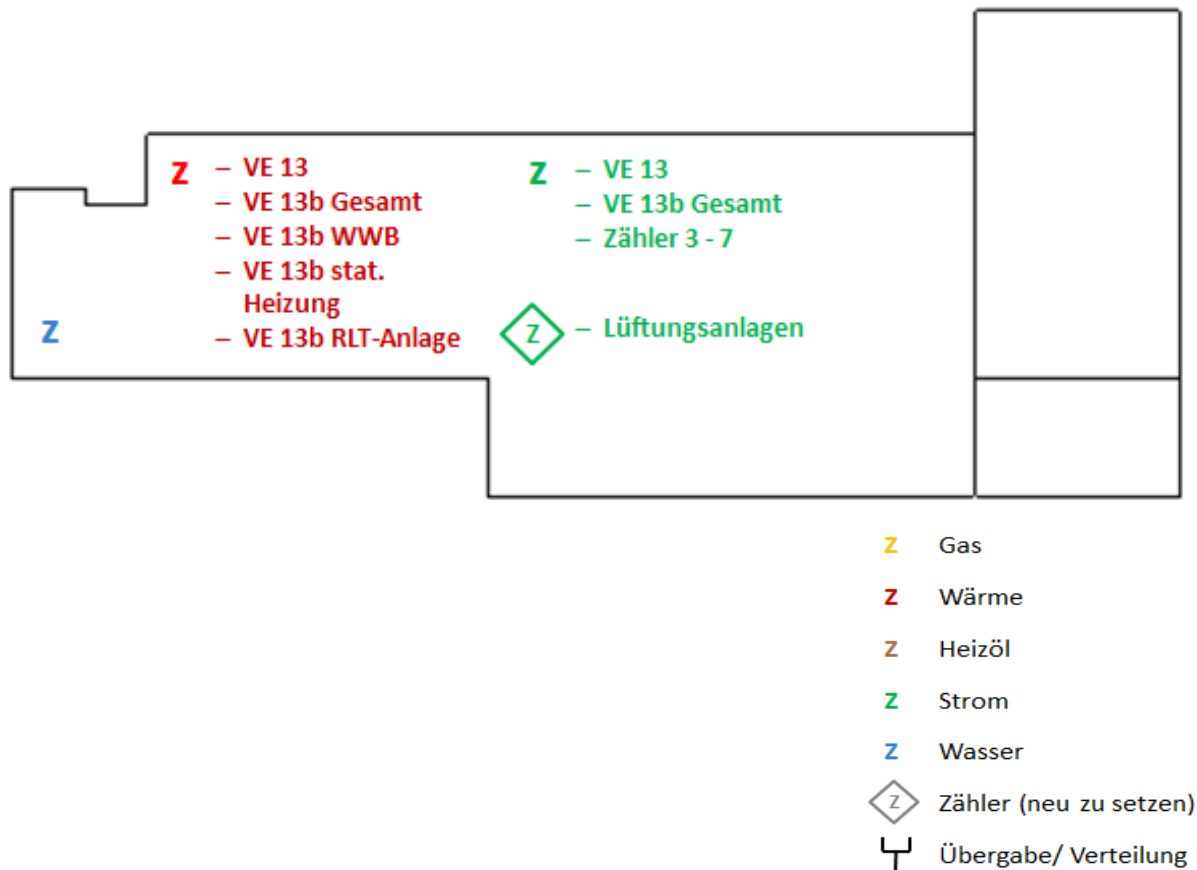


Abb. 36: Zählerstruktur am Bsp. VE 13 Angewandte Naturwissenschaften

Nach der Dokumentation der derzeitigen Zählerinfrastruktur, wurden in einem zweiten Schritt fehlende Zähler identifiziert. Insbesondere beim Medium Strom sollten auch Verbraucher erfasst werden, die nicht der Hauptnutzung entsprechen. Dies gilt z.B. für stromintensive Lasten wie elektrische Zusatzheizung in Brauchwasserspeichern, Ventilatoren bei Lüftungsanlagen oder Küchen. Zu beachten ist hier auch die gesonderte Erfassung der Außenbeleuchtung und die Zuordnung von Strom, Flutlichtstrom und Wasser für den Sportplatz. Mit den dadurch erfassten Verbrauchsdaten lassen sich die meisten Kennwerte ermitteln, die zu einer Benchmark-Bewertung der Liegenschaften notwendig sind.

Neu zu setzende Zähler wurden ebenfalls im graphisch dargestellten Messschema verortet (siehe neu zu setzende Zähler,). Bei der Liegenschaft VE 13 Angewandte Naturwissenschaften handelt es sich beispielsweise um einen neu zu setzenden Stromzähler für die Lüftungsanlagen.

Hier ist allerdings anzumerken, dass bei der Begehungen vor Ort teilweise noch einige Unterzähler identifiziert wurden (siehe beispielsweise Fotodokumentation VE 13 Angewandte Naturwissenschaften). Für diese ist teilweise unklar, welchen Stromverbrauch sie zählen, beziehungsweise ob sie derzeit erfasst werden. Dies ist vor der Installation neuer Zähler zu prüfen.

Zusammenfassend betrachtet folgt das Messkonzept für die untersuchten Liegenschaften folgenden Prinzipien:

Für jede VE bzw. Liegenschaft sind grundsätzlich zu erfassen:

- Wärme (Bereitstellung über Fernwärme, falls vorhanden)
- Erdgas (falls vorhanden)
- Strom
- Wasser
- Sonstige, wie z.B. Betriebsstundenzähler

Eine wünschenswerte Unterzählerstruktur der einzelnen Medien basiert auf folgenden Grundsätzen:

Wärme:

Für jedes einzelne Gebäude der VE; für Gebäudeteile mit von der Hauptnutzung der VE abweichender Nutzung (z.B. VE 19 und 19a) oder bei Gebäudeteilen mit unterschiedlichen Baualterklassen. Sind die verschiedenen Bauabschnitte umfangreich und einheitlich energetisch saniert kann auf eine Differenzierung nach Baualter verzichtet werden.

Strom:

Für jedes einzelne Gebäude der VE, für Gebäudeteile mit von der Hauptnutzung der VE abweichender Nutzung (Mensa), für anlagentechnische Komponenten die nicht Teil der typischen Hauptnutzung sind (z.B. Lüftungs- und Klimaanlage, Serverräume), Außenbeleuchtungen.

Möglichkeit zur Kontrolle von Großverbrauchern, wie z.B. elektrische Heizpatrone bei der Warmwasserbereitung, Ventilatoren bei der Lüftungsanlage.

Wasser:

Für jedes einzelne Gebäude der VE nach Kalt- und Warmwasser, für Gebäudeteile mit von der Hauptnutzung der VE abweichender Nutzung, für Bewässerung von Außenanlagen.

Nutzgas:

Für Gebäudeteile mit von der Hauptnutzung der VE abweichender Nutzung (z.B. Kochen Mensa)

Sonstige, z.B. Betriebsstundenzähler:

Für Anlagen in Gebäuden/-teilen, die wegen der Besonderheit einer Kontrolle zu unterziehen sind (Kessel-, BHKW-Betriebsstunden)

Nach Prüfung der existierenden Zähler wird als kurzfristig umzusetzende Maßnahme und Voraussetzung für ein kontinuierliches Energiecontrolling, die Nachrüstung der folgenden neu zu setzenden Zähler empfohlen:

Vf	Gebäudebezeichnung	Zählerart	Messtechnisch zu erfassende/r Gebäudeteil/ Anlage	EBF	Neuer Zähler	Kosten Zähler (€)
11	Labor-Physikalische Technik	Strom	Lüftungsanlage 1: Laser- und Lichtleittechnik	1.790	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
11	Labor-Physikalische Technik	Strom	Lüftungsanlage 2: Vakuum- und Röntgentechnik	1.790	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
11	Labor-Physikalische Technik	Strom	Lüftungsanlage 3: Kerntechnik	1.790	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
11	Labor-Physikalische Technik	Strom	Lüftungsanlage 5: Aufzugsmaschinenraum	1.790	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
11	Labor-Physikalische Technik	Strom	Kälteanlage	1.790	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
13	Angewandte Naturwissenschaften	Strom	Lüftungsanlage	1.931	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
17	Laborgebäude AN / MW	Strom	Lüftungsanlage 1: PT1, Meß- und Regelungstechnik	2.941	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
17	Laborgebäude AN / MW	Strom	Lüftungsanlage 2: Biomedizintechnik	2.941	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
17	Laborgebäude AN / MW	Strom	Lüftungsanlage 3: PT5, Atom- und Festkörperphysik	2.941	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
17	Laborgebäude AN / MW	Strom	Lüftungsanlage 4: PT8, Akustik EG	2.941	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
17	Laborgebäude AN / MW	Strom	Lüftungsanlage 5: TG 31 Umwelt- und Hygienetechnik EG	2.941	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
17	Laborgebäude AN / MW	Strom	Lüftungsanlage 6: Feinmechanische Werkstatt EG u.	2.941	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
18	Laborgebäude AN	Strom	Lüftungsanlage 1.3: ET01 u. ET03	2.941	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350
19	Hochspannungslabor / EMV	Wärme	Labor	194	mechanischer WMZ, Trennung Rechenwerk / Erfassung	200
19	Hochspannungslabor / EMV	Wärme	Halle	194	mechanischer WMZ, Trennung Rechenwerk / Erfassung	200
21	Laborgebäude AN / E / M	Strom	Nachgerüstete Lüftungsanlage	1.805	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	350

Abb. 37: Auszug Liegenschaftsdatenbank: Messkonzept zu setzende Zähler

Bei den Lüftungsanlagen wird jeweils ein Zähler für eine Lüftungsanlage mit > 1.000m³/h Luftvolumenstrom empfohlen.

Der Aufwand für die Installation der neu zu setzenden Messstellen / Zähler kann grob abgeschätzt werden. Folgende Kostenpauschalen für Material zzgl. Einbau wurden angesetzt.

Energieträger / Produkt	Art Zähler	Zähler-Typ (€, brutto, abhängig von BGF in m²)		
		klein (bis 300m²)	mittel (bis 2.000m²)	groß (über 2.000m²)
Wärme	(Bezug versorgende Fläche) mechanischer WMZ, Trennung Rechenwerk / Erfassung	200 €	750 €	2.000 €
Strom	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	200 €	350 €	350 €

Abb. 38: Preise (abgeschätzt) für Zählerinrichtungen in Euro, brutto ohne Montage

Die Anzahl und die investiven Kosten stellen sich für eine Nachrüstung der Zähleinrichtungen folgendermaßen dar:

Energieträger / Produkt	Art Zähler	Anzahl	Summe Kosten (€, brutto)
Wärme	guter mechanischer WMZ Trennung	2	400 €
	Rechenwerk / Erfassung		
Strom	Drehstrom, M-Bus-fähig, Hutschiene	14	4.900 €
Summe:		16	5.300 €

Abb. 39: Anzahl und summarische Kosten für neue Zähler

Die Kosten für zusätzliche Messeinrichtungen sind angesichts der Energieverbräuche und der jährlichen Betriebskosten fast unbedeutend. Trotzdem wird fast immer auf die Messtechnik, wenn sie nicht unbedingt notwendig (Abrechnungszwecke) erscheint, verzichtet. Dem ist – wie oben bereits deutlich gemacht - entgegen zu halten: Nur mit belastbaren Daten ist ein professionelles Energiecontrolling zu bewerkstelligen.

Für die weitere Arbeit hin zu einem professionellen Energiecontrolling empfehlen wir eine eigenständige Erarbeitung einer Mess-Strategie nach dem Prinzip:

- Welche Daten müssen für eine Benchmark-relevante Auswertung (zusätzlich) erfasst werden?
- Welche Gebäudeteile/Bauabschnitte sind (zusätzlich) zu erfassen?
- Wie werden die Daten ausgewertet und dokumentiert?

Neben neu zu setzenden Zählern ist darauf zu achten, dass alle bisher installierten Zähler abgelesen und ausreichend dokumentiert werden.

3.1.5. Messen, Steuern, Regeln Anlagentechnik, Lüftung

Die derzeitige Leittechnik stützt sich auf die dezentral eingebauten Regelkomponenten der Firmen Kieback & Peter und Siemens.

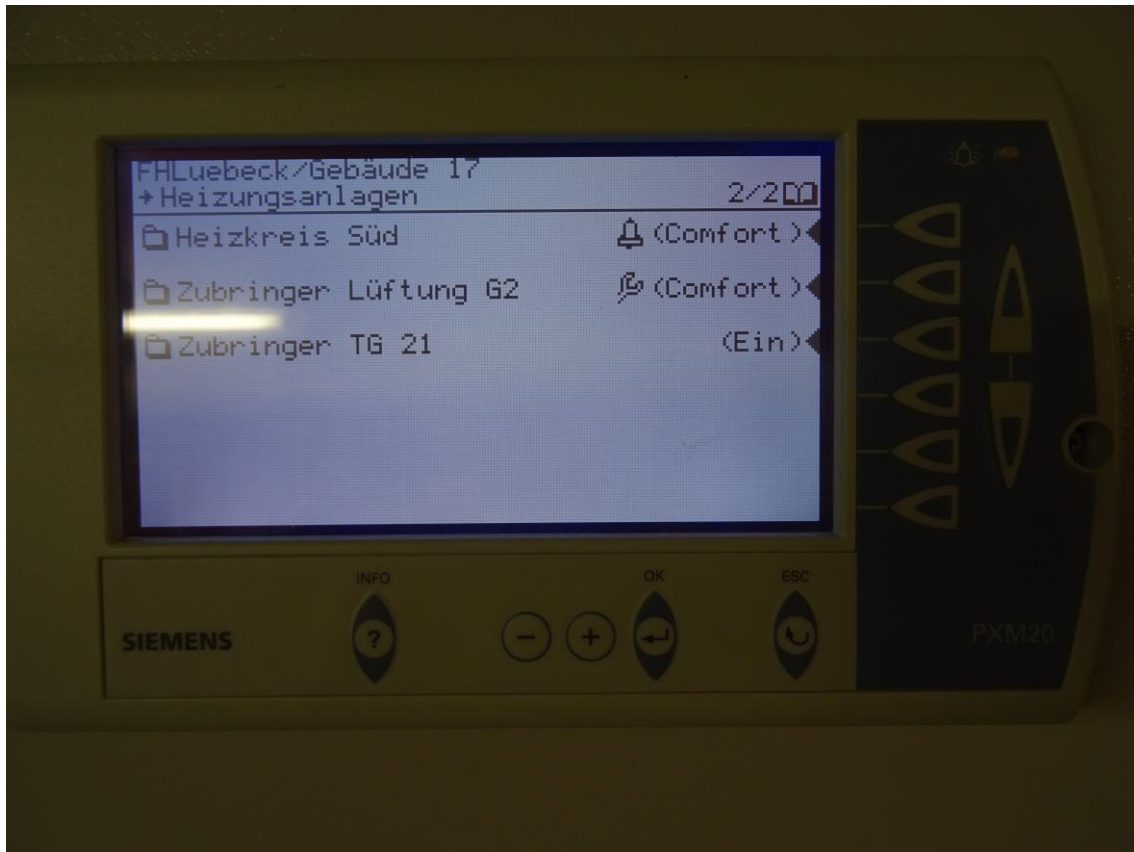


Abb. 40: Regelung Heizung VE 17_AN u. T (Geb. 17)



Abb. 41: Regelung Lüftung VE 13_ Verf.-Bau I (Geb. 13)



Abb. 42: Schaltschrank Lüftung VE 13_ Verf.-Bau I (Geb. 13)

Nur wenige Objekte verfügen über moderne Regel- und Steuereinrichtungen, die auf der Leitwarte umfassend ansteuerbar sind und alle notwendigen energierelevanten Eingriffsmöglichkeiten zulassen.

Hier soll in einem zukünftigen Investitionsprogramm die Gebäudeleittechnik entscheidend verbessert und modernisiert werden. Wichtig ist dabei, dass parallel zur Ertüchtigung der Fernwirk- und Regelungstechnik auch die Aufschaltung der automatisch auslesbaren Energiemessstellen für Wärme, Strom und auch Wasser erfolgt und diese in eine moderne Energiesoftware mit Controlling- und Managementfunktion mündet.

Dem Bereich der Lüftung bei Seminar- und Hörsälen als auch bei der Abluft gesundheitsgefährdender Stoffe über die Digestorien muss zukünftig erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die NutzerInnen bestimmen durch „Ein/Aus/Dauerbetrieb“ im Wesentlichen den Stromverbrauch der Ventilatoren und damit haben sie einen erheblichen Einfluss einerseits auf die Stromkosten für die Ventilatoren und auf den Luftwechsel und damit auf die Wärmekosten.

Eine Abhilfe schaffen intelligente Regelungen, „user-driven“-Anwendungen, Zeit- und Bedarfssteuerungen sowie eine kontrollierende Überwachung des „In Betrieb seins“ aller maßgeblichen Lüftungstechnischen Anlagen. Auch andere Untersuchungen¹⁸ zeigen die Energieeffizienzpotenziale bei Labor- und Seminarraumlüftung:

¹⁸ Quelle: Das intelligente Labor, Laborarbeit und Laborgebäude im Wandel; Prof. Manfred Hegger; Okt.-2008; <http://www.vision-stadt21.de/hegger.pdf>

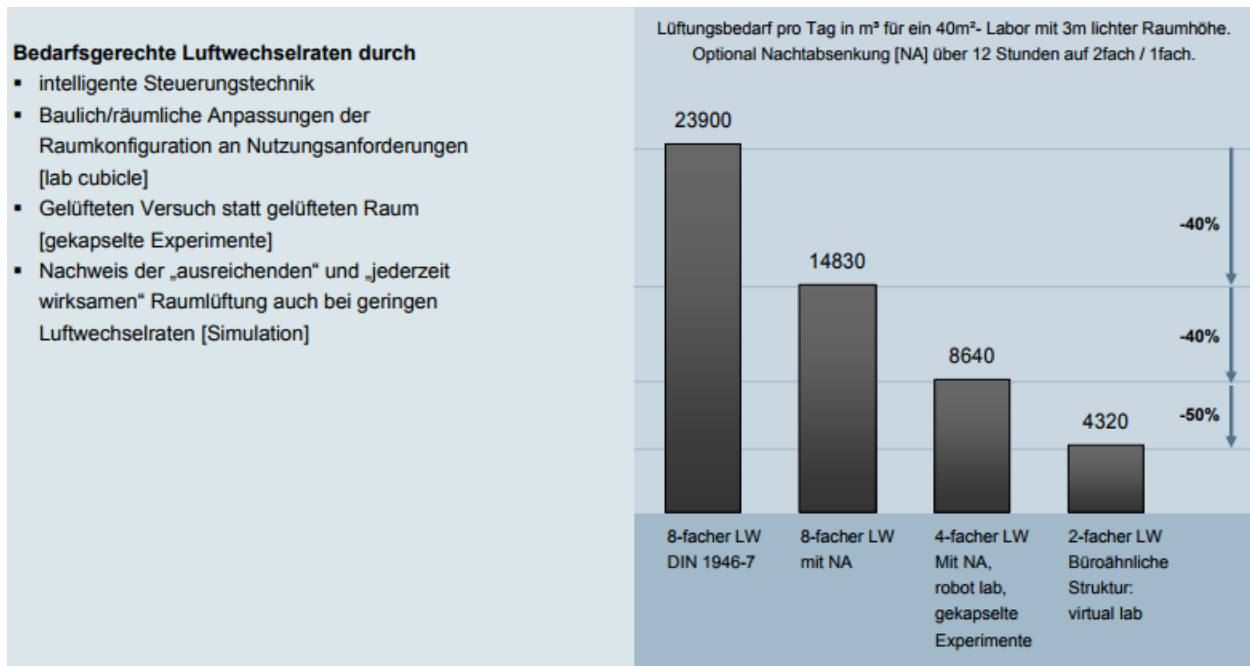


Abb. 43: Energieeffizienzpotenziale bei Labor- und Seminarraumlüftung

Weiterhin helfen bei Betrieb und der Formulierung von Sanierungsmaßnahmen die Erfahrungen bisheriger Vorhaben. Zu nennen sind hier die Dokumentationen des HIS-Instituts für Hochschulentwicklung e. V. (HIS-HE):

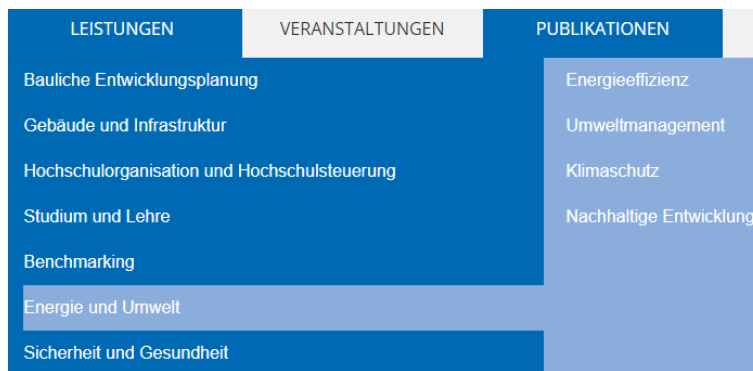


Abb. 44: Dokumentationen des HIS-Instituts für Hochschulentwicklung e. V.

Der HIS-Leistungsbereich als Informationsnetzwerk bietet mit „Energie und Umwelt“ die folgenden zentralen Themen an:

- Energieeffizienz,
- Umweltmanagement,
- Klimaschutz,
- Nachhaltige Entwicklung

3.2. Sanierungsvarianten

In diesem Kapitel wird zunächst das Vorgehen bei der Bildung der Sanierungsvarianten kurz beschrieben und die empfohlenen Maßnahmen stichpunktartig aufgelistet. Daraufhin werden die Bewertungsgrundlagen zur Priorisierung der vorgeschlagenen Maßnahmen behandelt. Diese sind: Energieeinsparung, CO₂-Einsparung und Kosteneinsparung.

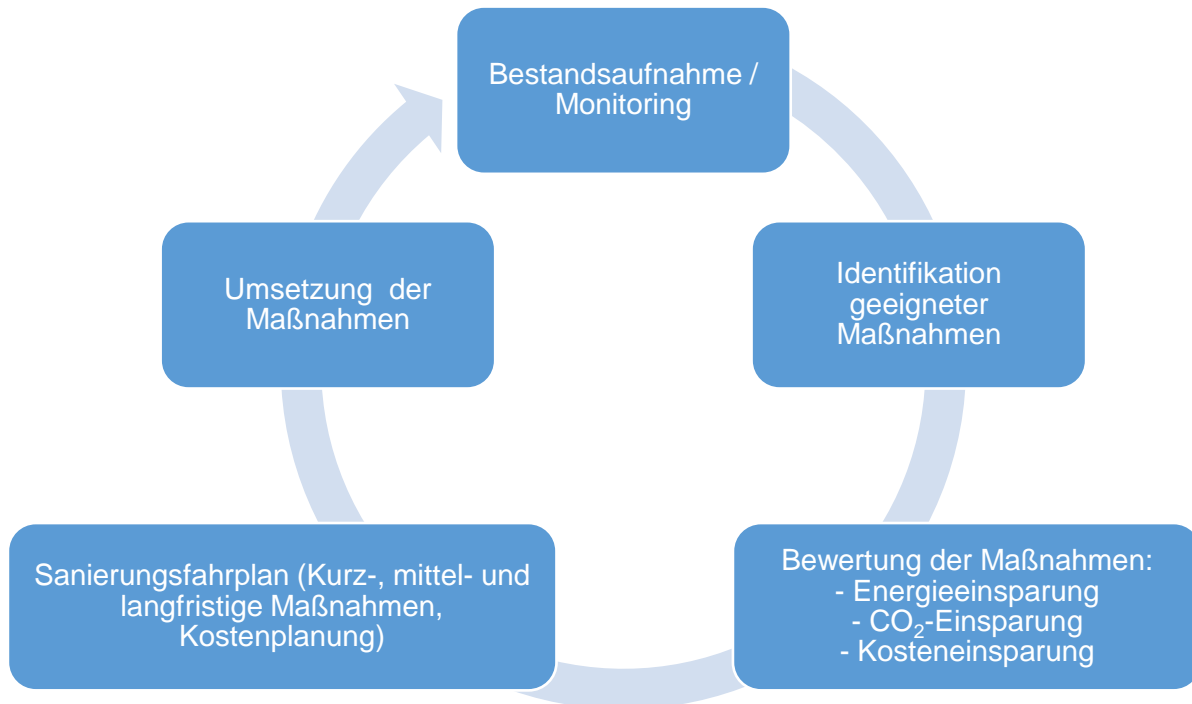


Abb. 45: Sanierungszyklus

Hierbei ist festzuhalten, dass es sich bei den vorgeschlagenen Maßnahmen lediglich um Empfehlungen handelt. Sämtliche Maßnahmen sind vor einer eventuellen Umsetzung im Rahmen einer vertiefenden Vorplanung zu prüfen.

3.2.1. Identifikation geeigneter Maßnahmen

Mit dem Instrument „Gesamtkostenrechnung“ kann der Energiebedarf des Bestandsgebäudes abgeschätzt und mit dem tatsächlichen Verbrauch abgeglichen werden. In der Gesamtkostenrechnung sind dabei alle relevanten Parameter übersichtlich aufgelistet und können individuell angepasst werden (U-Werte, Angaben zum Wärmeerzeuger, Jahresnutzungsgrade, Verteilungsverluste, Angaben zur Beleuchtung, Hilfsenergie Heizung, Lüftungsanlagen, etc.). Mit der

gezielten Anpassung dieser Parameter ist es möglich, Sanierungsvarianten und deren Energie- und CO₂-Einsparungspotential zu bestimmen.

Für jede betrachtete Liegenschaft (nach Baustein 2 und 3) wurden, neben der Bestandsaufnahme, jeweils 3 Sanierungsvarianten durchgerechnet. Die Zuordnung der Maßnahmen zu einer Sanierungsvariante orientiert sich an verschiedenen Ziel- und Zeithorizonten:

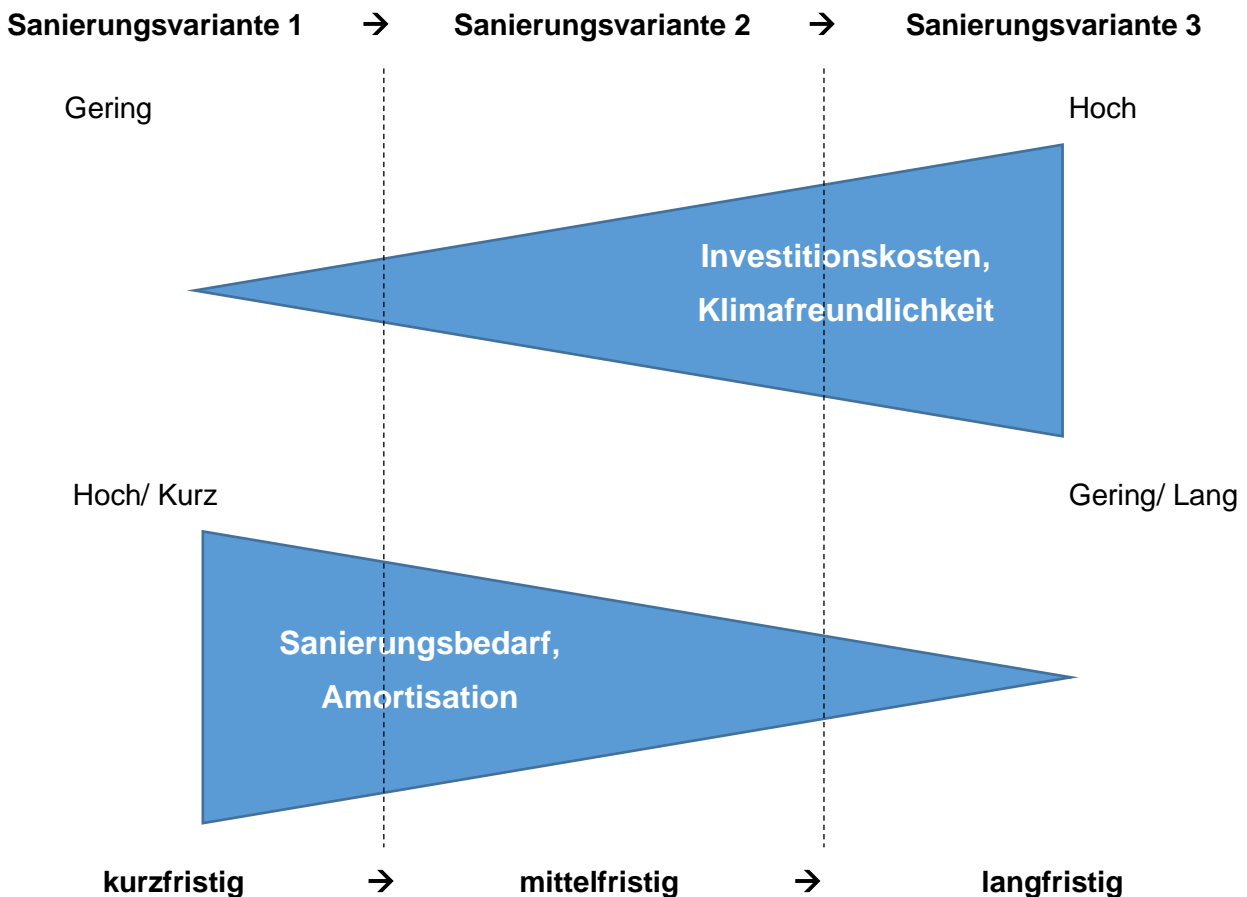


Abb. 46: Zuordnungsschema Sanierungsvarianten

Diese Zielhorizonte korrelieren jedoch nur selten 100%ig. So kann es trotz geringer Investition zu hohen CO₂-Einsparungen kommen. Gleichzeitig bedeutet eine hohe Klimafreundlichkeit nicht immer eine lange Amortisationszeit. Und Selbstverständlich kann ein hoher Sanierungsbedarf auch hohe Investitionskosten verursachen. Hier entstehen Zielkonflikte die der Abwägung bedürfen. Um eine Zuordnung zu den Zeithorizonten kurz-, mittel-, und langfristig zu gewährleisten, wurde, außer bei akutem Sanierungsbedarfs, die Abgrenzung von Sanierungsvariante 2 zu Variante 1 weitestgehend auf Basis der Investitionskosten entschieden. Denn in der Baupraxis gelten insbesondere geringinvestive Maßnahmen als kurzfristig durchführbar (die Zuordnung zu den Zeithorizonten wird in Kapitel 4.1 weiter vertieft). Die Zielhorizonte „Klimafreundlichkeit“ und „Amortisation“ fanden jedoch auch insofern Berücksichtigung, als dass für „Kosten-

Schwergewichte“ (nach Benchmarking in Kapitel 2.4) auch schon in Sanierungsvariante 1 umfangreichere Sanierungen vorgeschlagen wurden. Sanierungsvariante 3 orientiert sich in erster Linie an dem Zielhorizont „Klimafreundlichkeit“. Dies ist darin begründet, dass die Sanierungsvariante 3 sich insbesondere nach der Vorgabe des PtJ (Merkblatt) richtet, den Niedrigstenergiehaus-Standard zu berücksichtigen: „Bei der Darstellung der Sanierungsmaßnahmen ist die Zielsetzung eines Gebäudebestands im Niedrigstenergiehaus-Standard gemäß EU-Richtlinie zur Gesamteffizienz von Gebäuden bis zum Jahr 2050 zu berücksichtigen. Niedrigstenergiehäuser haben einen Energiebedarf in der Größenordnung von Passiv- oder Nullenergiehäusern, der zu großen Teilen durch Erneuerbare Energien der näheren Umgebung gedeckt wird.“ Diese Zielsetzung ist jedoch nicht quantifiziert und laut Rücksprache als Zielkorridor zu verstehen, der im Einzelfall jeweils neu geprüft und anhand der Objektdaten der Liegenschaft untersucht werden muss. Der Erreichung des Passivhaus-Niveaus stehen im Bestand kaum sanierungsfähige Mängel, wie Wärmebrücken und insbesondere die mangelhafte Sohlämmung entgegen. Daher orientiert sich die Sanierungsvariante 3 vielmehr an einer zwar ambitionierten aber wirtschaftlich vertretbaren Sanierungsplanung.

Zusammenfassend lassen sich folgende Handlungsschwerpunkte festhalten:

- **Sanierungsvariante 1:** verhältnismäßig geringinvestive Maßnahmen; bspw. Kerndämmung, Kellerdeckendämmung, Optimierung der Anlagentechnik für Heizung und Warmwasser und Beleuchtung, Maßnahmen mit akutem Sanierungsbedarf
- **Sanierungsvariante 2:** verhältnismäßig hohe Investitionen in Gebäudehülle und Anlagentechnik
- **Sanierungsvariante 3 (Klimafreundlichst):** zusätzliche ambitionierte Maßnahmen zur weiteren Verbesserung des Klimaschutzes

Folgende Sanierungsmaßnahmen wurden insgesamt in Erwägung gezogen:

- Dämmung der opaken Bauteile
- Austausch der Fenster/ Türen
- Dämmung der Rohrleitungen
- Installation neuer hocheffizienter Umwälzpumpen
- Überprüfung effiziente Antriebe: Austausch der Lüftungsventilatoren
- Optimierte Regelung der Lüftungstechnik
- Nachrüstung einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Optimierung der Nutzerregelung von Lüftungsanlagen
- Austausch Wärmeerzeuger/ Umrüstung auf Fernwärme
- Austausch Beleuchtung (auf T5 Leuchtstoffröhren mit EVG oder hocheffiziente LED-Technik, ggf. Präsenzmelder)
- Einsatz erneuerbarer Energien (Photovoltaik)

Für detaillierte Informationen zur Ausführung der meisten oben beschriebenen Sanierungsmaßnahmen wird auf eine Ausarbeitung der TU München (TUM) verwiesen (wird dem Datenträger zur Übergabe an die Fachhochschule Lübeck beigelegt). Die darin enthaltenen Maßnahmenblätter beschreiben die notwendigen technische Maßnahmen und deren bauphysikalischen Zusammenhänge plakativ und präzise (z.B. Dämmung Außenwand, Dach, Decke oder Fensteraustausch), zusätzlich wird auch auf die Differenzierung zwischen den „Sowieso“ anstehenden Kosten im Falle der Instandhaltung und den energetischen Mehrkosten für Effizienzmaßnahmen eingegangen.

Ein weiterer Grund warum auf die Sanierungsbibliothek der TU München zurückgegriffen wird, besteht darin, dass zwar zahlreiche Gebäudetypologien für Wohngebäude existieren aber keine adäquate für Nichtwohngebäude. Die Zusammenstellung der im Rahmen dieser Untersuchung ausgewählten Maßnahmenblätter für die öffentlichen Liegenschaften ist im Anhang F dokumentiert.

Nachfolgend ein Beispiel für die Sanierung einer Vorhangfassade aus dem Sanierungskatalog der Technischen Universität München:

alt monolithische Außenwand, ungedämmt

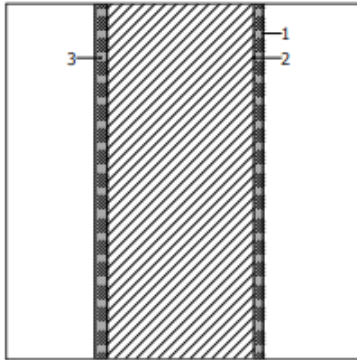


Abb. 5.1.10 Ausgangssituation

neu vorgehängte, hinterlüftete Fassade (VHF)

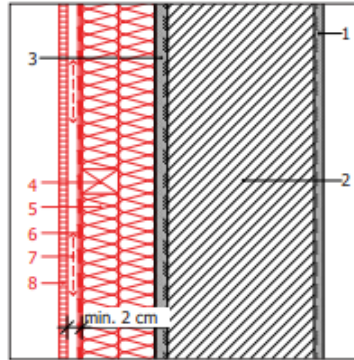


Abb. 5.1.11 Sanierungsmaßnahme

AW-M 1

- 1 Innenputz
- 2 tragende Massivwand (Mauerwerk, Stahlbeton,...)
- 3 Außenputz
- 4 Unterkonstruktion
- 5 Wärmedämmung
- 6 diffusionsoffene Fassadebahn
- 7 Traglattung, evtl. Konterlattung, Hinterlüftung
- 8 Bekleidung

Eine außenseitige Dämmung der Außenwand bietet sich dann an, wenn ohnehin Maßnahmen zur Erneuerung des Putzes oder des Anstriches anstehen. Eine VHF ist nur bei großen zusammenhängenden Fassadenflächen zu empfehlen, da die Ausbildung vieler aufwendiger Detailpunkte (z.B. bei Vorsprüngen) die Maßnahme unwirtschaftlich machen kann.

Konstruktion

Auf die Außenwand wird mit Hilfe einer Unterkonstruktion, vorwiegend aus Holz oder Metall, eine Wärmedämmschicht aus Matten- oder weichen Plattendämmstoffen aufgebracht. Durch die Unterkonstruktion können kleinere Unebenheiten in der Wandfläche einfach ausgeglichen werden. Auf der Wärmedämmung wird, je nach verwendetem Dämmstoff, von außen eine diffusionsoffene Fassadebahn angeordnet. Einige Hersteller bieten Dämmplatten an, deren außenseitige Oberfläche bereits winddicht und wasserabweisend ist. Die Konstruktion wird durch die hinterlüftete vorgehängte Bekleidung vor Niederschlag geschützt. Als Bekleidungsmaterial ist eine Vielzahl von Materialien (z.B. Holz, Plattenwerkstoffe, Metall, Putz) geeignet.

U-Werte vorhanden

$U_{AVV} = 0,65 - 2,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert nach EnEV 2009

$U_{AVV} \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

mind. erforderliche Dämmstoffdicke ¹⁾

λ [W/(mK)]	Dicke [cm]
0,024	8 - 10
0,035	10 - 14
0,045	12 - 18

geeignete Dämmstofftypen ²⁾



Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> + geringfügige Unebenheiten und kleinere (optische) Schäden der Fassade können belassen werden + Speichermasse der Wand bleibt wirksam (für sommerliches Raumklima) + geringe Nutzungsbeeinträchtigung während der Bauphase + guter Schlagregenschutz + optische Neugestaltung möglich + Eigenleistung der Bauherren möglich + als Elementfassade vorfertigbar 	<ul style="list-style-type: none"> - ggf. Schwierigkeiten bei der Einhaltung der Abstandsflächen - erhöhter Planungsaufwand aufgrund aufwendigerer Anschlussdetails - höhere Kosten als bei WDVS - bei denkmalgeschützten Fassaden ist eine Außendämmung oft nicht möglich

Wärmeschutz

Werden bei einer Außenwand Bekleidungen von außen angebracht, begrenzt die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 den U-Wert der Wand auf $U_{AVV} \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Für vorgehängte hinterlüftete Fassaden dürfen nur genormte oder bauaufsichtlich zugelassene Dämmstoffe eingesetzt werden. Geeignete Dämmstoffe sind vorwiegend in Materialstärken zwischen 60 - 200 mm mit Wärmeleitfähigkeiten zwischen 0,024-0,45 W/(mK) erhältlich (siehe Anhang). Durch Einsatz von Vakuumdämmpaneelen von ca. 4 cm Dicke lassen sich bei minimalem zusätzlichem Aufbau U-Werte von 0,15 - 0,18 W/(m²K) erreichen. Allerdings liegen die Kosten für eine Vakuumdämmung deutlich über denen konventioneller Dämmstoffe.

Wärmebrücken

Wärmetechnische Unregelmäßigkeiten im Aufbau der tragenden Wand durch z.B. Betonteile werden durch die Wärmedämmung einer VHF in ihrer Wärmebrückenwirkung deutlich reduziert. An den Befestigungspunkten der Unterkonstruktion entstehende Wärmebrücken reduzieren die wärmeschutztechnische Wirkung der Dämmschicht. Daher empfiehlt sich, die Unterkonstruktion aus einem Material mit geringer

¹⁾ Je nach U-Wert der Bestandskonstruktion

²⁾ Anwendungstypen nach DIN 4108-10, siehe Anhang Tabelle A 4 „genormte Anwendung von Dämmstoffen“

Modernisierungsempfehlungen im Rahmen der Ausstellung eines Energieausweises

Abb. 47: Auszug: Wärmedämm-Maßnahme Vorhangfassade 1v.2; TU München

AW-M 1

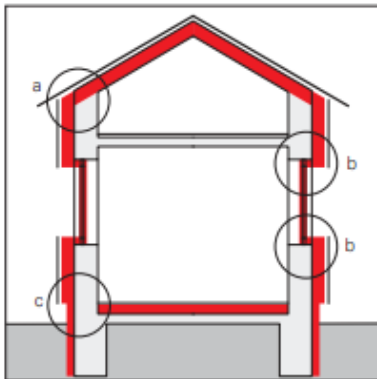


Abb. 5.1.12 Anschlussproblematik

- a Die Dämmebene soll in Anschlussbereichen an Dachflächen (Traufe, Ortgang, Attika) oder an die Dämmung der obersten Geschossdecke möglichst ohne Unterbrechung durchgeführt werden. Der Dachüberstand ist ggf. anzupassen (z.B. durch Aufschieblinge).
- b Anschlüsse an Fenster und Türen sind unbedingt luftdicht auszuführen. Die Laibungen bei nicht in der Dämmebene sitzenden Öffnungen sind möglichst mit mind. 2 cm Dämmstoff zu dämmen.
- c Im Sockelbereich ist auf eine möglichst durchgängige Dämmebene im Anschluss an erdgeschossige Bodenplatten oder Kelleraußenwände beheizter Keller zu achten. Bei unbeheizten Kellern sollte die Kellerdecke um mind. 50 cm überdämmt werden. Auf die Einhaltung des Spritzwasserbereiches am Boden von mind. 30 cm ist zu achten.

Wärmeleitfähigkeit (z.B. Holz, siehe Brandschutz) sowie in zwei gegeneinander versetzten Ebenen auszuführen. Eine thermische Entkoppelung der Unterkonstruktion von der Wand verringert ebenfalls die Wärmebrückenwirkung. Um Wärmeverluste an den Anschlussstellen an andere Bauteile (Dach, Fenster, etc.) zu vermeiden, sollte die Wärmedämmebene an diesen Stellen nicht unterbrochen werden (siehe Abbildung 5.1.12 „Anschlussproblematik“).

Feuchteschutz

Bei ordnungsgemäßer Planung und Ausführung ist nicht mit einer Tauwasserbildung zu rechnen. Das Trocknungsverhalten der Wand wird durch die Hinterlüftung positiv beeinflusst so dass eine VHF auch bei durchfeuchteten Wänden eingesetzt werden kann. Ein feuchtechnischer Nachweis nach DIN 4108-3 ist nicht erforderlich, wenn eine ausreichende Hinterlüftung ($d \geq 2\text{cm}$) mit Be- und Entlüftungsöffnungen von mind. 50 cm^2 pro 1 m Wandlänge gewährleistet sind ³⁾.

Luftdichtheit

Eine VHF bildet keine luftdichte Schicht. Die luftdichte Schicht wird z.B. durch einen intakten Innenputz gebildet. Hierbei ist auf die luftdichte Ausführung von Anschlüssen und Installationsdurchführungen (z. B. Steckdosen) zu achten.

Brandschutz

Bei Gebäuden der Gebäudeklassen 1 und 2 (siehe Anhang: Gebäudeklassen) bestehen keine besonderen Brandschutzanforderungen an die Außenwandbekleidung (mind. B2). Bei höheren Gebäuden dürfen nur Materialien eingesetzt werden, die mindestens der Baustoffklasse B1 (schwerentflammbar) entsprechen, wobei die Unterkonstruktion auch in B2 (normalentflammbar) ausgeführt werden darf, wenn keine Bedenken bestehen. Hier ist eine Zustimmung im Einzelfall einzuholen. Bei den Gebäudeklassen 4 und 5 sind bei geschosshohen Hohl- oder Lufträumen, wie bei hinterlüfteten Außenwandbekleidungen, besondere Vorkehrungen gegen die Brandausbreitung zu treffen.

Schallschutz

Der Luftschallschutz einer Außenwand kann durch eine vorgehängte hinterlüftete Fassade spürbar verbessert werden. Dämmstoffe mit geringer dynamischer Steifigkeit (z.B. Mineralwolle) wirken sich generell positiv aus. Die Verbesserung ist abhängig vom vorhandenen Material, der Dämmstoffdicke und der Fassadenkonstruktion.

Wirtschaftlichkeit

Tabelle 5.1.4 stellt, unter Berücksichtigung ohnehin erforderlicher Instandsetzungsmaßnahmen, die zugrunde gelegten Investitionskosten sowie die erreichbare Heizenergieeinsparung in Abhängigkeit vom vorhandenen U_{alt} -Wert und der Heizungsanlage dar. Die Maßnahme ist dann wirtschaftlich, wenn die Kosten der eingesparten Kilowattstunde (kWh) Heizenergie innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraums von 20 Jahren unter dem mittleren Energiepreis liegen.

Tabelle 5.1.4 Investitionskosten, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Baukosten	von	€/Einheit	bis	Einheit
Gerüst	4,80	6,00	8,30	m ²
Mineralwolle ($\lambda = 0,040\text{ W/mK}$), 2-lagig, 160 mm diffusionsoffene Fassadenbahn	38,50	38,50	40,30	m ²
Bekleidung auf UK, Holz, gestrichen	85,60	102,30	125,00	m ²
Summe		146,80		m ²
nach Abzug der Sowiesokosten ⁴⁾		126,50		m ²

Wirtschaftlichkeit ⁵⁾	von	bis	Einheit	
U-Wert im Bestand	0,65	2,1	W/(m ² a)	
mittlere bauteilbezogene Heizenergieeinsparung je nach Anlagenaufwandszahl e				
• Altanlage	e = 1,7	52	250	kWh/(m ² a)
• moderne Anlage (BWT)	e = 1,2	37	176	kWh/(m ² a)
mittlere Kosten der eingesparten kWh ⁶⁾ mit / ohne Berücksichtigung der Sowiesokosten				
• Altanlage	e = 1,7	19,8 / 23,0	4,1 / 4,8	ct/kWh
• moderne Anlage (BWT)	e = 1,2	28,1 / 32,5	5,9 / 6,8	ct/kWh
mittlerer Energiepreis ⁷⁾				
ausgehend von 7,0 ct/kWh ⁷⁾ und einer inflationsbereinigten Energiepreiserhöhung von...	0%		7,0	ct/kWh
	5%		12,8	ct/kWh
	10%		27,0	ct/kWh

³⁾ DIN 4108-3 4.3 ‚Bauteile, für die kein rechnerischer Nachweis erforderlich ist‘
⁴⁾ Abgezogen werden können alle wegen einer ohnehin erforderlichen Instandsetzung anfallenden Kosten wie Gerüst, Reinigung und Anstrich der Fassade.
⁵⁾ Der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden das Mittel der Baukosten unter Berücksichtigung sowieso anstehender Sanierungsmaßnahmen (Sowiesokosten) sowie ein Kalkulationszinssatz von 5,23% zugrunde gelegt.
⁶⁾ Innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraums von 20 Jahren.
⁷⁾ Stand Januar 2010

Modernisierungsempfehlungen im Rahmen der Ausstellung eines Energieausweises

Abb. 48: Auszug: Wärmedämm-Maßnahme Vorhangfassade 2 v.2; TU München

Aufgrund der relativ hohen energetischen Bedeutung der Lüftungstechnik bei den Liegenschaften der FH Lübeck – dies ist auch bekannt – sollten hier genauere Untersuchungen und Detailoptimierungen stattfinden, um das Verbesserungspotential bei der bestehenden **Lüftungstechnik** auszuschöpfen.

Optimierte Regelung: Auf Basis der Vor-Ort-Begehungen wird angenommen, dass bei den installierten Lüftungsanlagen noch ein Optimierungspotential bezüglich der Regelung besteht. Als Maßnahmen wird eine Demontage des alten und Montage eines neuen Schaltschranks, sowie Neuanschlüsse der RLT-Anlagen durch ein Fachunternehmen empfohlen. Es wird angenommen, dass dadurch die Volllaststunden der Lüftungsanlagen signifikant sinken.

Überprüfung effiziente Antriebe: Auch bei den Antrieben wird noch Optimierungspotential gesehen. In dieser Maßnahme wird vorgesehen, dass, wo erforderlich, neue energieeffiziente Antriebe mit höchstens SFP-4 nachgerüstet werden.

Optimierung Nutzungssteuerung: Zur besseren Nutzungssteuerung sollte eine Regelungsmöglichkeit der Lüftungsanlagen in allen betroffenen Räumen vorhanden sein. Um daran anschließend Anreize für ein optimiertes Nutzerverhalten zu geben, könnten Nutzer (Institute/ Einrichtungen) an den Energieeinsparungen beteiligt werden (ähnlich dem 50/50 Programm an Schulen¹⁹). Hier wird, aufgrund des teilweise sehr hohen Stromverbrauchs ein **deutliches Einsparpotential** gesehen. Ohne ein optimiertes Nutzerverhalten lässt sich das Einsparpotential nicht voll ausschöpfen!

3.2.2. Einsatz erneuerbarer Energien: Wärme

Wie bereits in Kap. 2.2. näher beschrieben werden die Liegenschaften der FH Lübeck über das Fernwärme-Unternehmen GETEC versorgt. Durch die Verwendung von **biogenem Gas** für die **BHKWs** und zu einem geringen Teil für die Kessel kann ein sehr niedriger CO₂-Emissionsfaktor erzielt werden.

Da die Wärmeerzeugung zur Versorgung der Liegenschaften der FH Lübeck damit keine CO₂-Emissionen verursacht, werden hier keine weiteren Maßnahmen der erneuerbaren Wärmeerzeugung vorgeschlagen.

¹⁹ PTJ (2017). Energiesparmodelle in Kindertagesstätten, Schulen, Einrichtungen der Kinder- und Jugendhilfe sowie Sportstätten, gilt nicht für Hochschulen, jedoch als weiterführende Info und Anregung: <https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/energiesparmodelle>

3.2.3. Einsatz erneuerbarer Energien: Strom

Für die Abschätzung der Dimensionierung von stromerzeugenden Solaranlagen bzw. **Photovoltaik** wurde eine bilanziell 100%ige Deckung des Strombedarfs angestrebt (CO₂-Neutralität).

Bei der Prüfung wurde folgendermaßen vorgegangen:

1. Zuerst wurde anhand der Ausrichtung des Daches und evtl. Verschattung eine grundsätzliche Eignung für Photovoltaik festgestellt
2. Bei den entsprechenden Liegenschaften wurde die für PV geeignete Dachfläche Fernerkundungsdaten (GoogleMaps) abgeschätzt und pauschal 20% für Attika und Oberlichter abgezogen. Bei 7m²/kWp errechnet sich anschließend für jede Liegenschaft eine maximal mögliche Leistung
3. In einem dritten Schritt wurde die notwendige Leistung einer PV-Anlage zur bilanziellen Deckung des gesamten Strombedarfs der jeweiligen Liegenschaft berechnet (bei 850 kWh/kWp)
4. Der jeweils niedrigere Wert (maximal mögliche oder notwendige Leistung) wurde schließlich in Sanierungsvariante 2 und der Gesamtkostenrechnung berücksichtigt
5. In der Gesamtkostenrechnung wurde abschließend von einer 50%igen Eigennutzung und entsprechend 50%igen Stromeinspeisung ausgegangen

VE	Gebäudebezeichnung	Grund- fläche, ca. m ²	Nutzbare Dachfläche brutto ¹ , ca. m ²	Nutzbare Dachfläche netto ² , ca. m ²	Grund- sätzlich geeignet ja/ nein	max. mögliche Leistung kW (bei 7m ² /kWp)	Strombed. (nach Variante 3) kWh/a	Not- wendige Leistung kW (bei 850 kWh/kWp)	Prüfung (Notwend. zu max. mögliche Leistung)
01	Atrium	2.000	0	0	nein	0	74.007	87	
02	Hörsaal / FB Elektro. und Maschinenbau	1.240	200	160	ja	23	78.000	92	maximal
03	Materialprüfanstalt (MPA) (alt)	740	335	268	ja	38	40.440	48	maximal
03b	Materialprüfanstalt (MPA) (neu)	600	330	264	ja	38	540	1	notwendig
04	Elektrotechnik-Werkstoffprüfung	1.510	820	656	ja	94	45.550	54	notwendig
05	Maschinenhalle	1.530	720	576	ja	82	53.330	63	notwendig
06	Kesselhaus / Strömungslehre	190	0	0	nein	0	5.280	6	
09	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt	400	270	216	ja	31	10.080	12	notwendig
10	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt	400	270	216	ja	31	8.406	10	notwendig
11	Labor-Physikalische Technik	663	275	220	ja	31	112.020	132	maximal
13	Angewandte Naturwissenschaften	1.073	330	264	ja	38	165.760	195	maximal
13b	Centrum Industrielle Biotechnologie	440	0	0	nein	0	185.268	218	
14	FB Bauwesen	1.540	0	0	nein	0	124.000	146	
15	Labor Bauwesen	1.800	1.600	1.280	ja	183	0	0	notwendig
16	Gästewohnung	186	0	0	nein	0	3.154	4	
17	Laborgebäude AN / MW	730	600	480	ja	69	157.812	186	maximal
18	Laborgebäude AN	730	650	520	ja	74	313.440	369	maximal
19	Hochspannungslabor / EMV	270	150	120	ja	17	58.632	69	maximal
19a	Verteilstation	150	150	120	ja	17	0	0	notwendig
20	Solarhaus	220	0	0	nein	0	770	1	
21	Laborgebäude AN / E / M	728	410	328	ja	47	99.400	117	maximal
36	Zentrale Verwaltung, Präsidium	1.500	800	640	ja	91	145.620	171	maximal

Abb. 49: Photovoltaikpotential

3.2.4. Maßnahmenbewertung – Energie- und CO₂-Einsparung

Nun sollen die zuvor benannten Sanierungsmaßnahmen bewertet werden. Dies geschieht zunächst auf Grundlage der zu erwartenden Energie- und CO₂-Einsparung. Um hier belastbare Zahlen zu erlangen, ist es nötig die empfohlenen Sanierungsmaßnahmen (im Bereich der Gebäudehülle, Anlagentechnik und Beleuchtung) zu bilanzieren.

Gebäudehülle

Die angesetzten Sanierungsvarianten in der Gebäudehülle spiegeln sich in verbesserten U-Werten (Wärmedurchgangskoeffizienten) der ersetzten oder veränderten Bauteile wieder. Als Orientierung für angestrebten U-Werte dienen die Vorgaben des KfW-Förderprogrammes „IKK-Energetische Stadtsanierung-Energieeffizient Sanieren“ (Nr. 218)²⁰.

Bauteilgruppe	Bauteil	U-Wert, Sanierung [W/m ² K]
Außenwand	WDVS	0,20
	Holztafelbau	0,20
	Kerndämmung	Wärmeleitfähigkeit ≤ 0,035 W/(m ² K)
Flachdach	warm/kalt	0,14
	ohne Abdichtung	0,14
Steildach	von innen	0,14
	mit harter Eindeckung	0,14
Decken	oberste Geschossdecke	0,14
	Kellerdecke	0,25
	nach unten gegen Außenluft	0,20
Öffnungen	Fenster	0,95
	Kastendoppel-Fenster, Denkmalschutz	1,6
	Lichtkuppel	1,8
	Türen, Tore	1,8
	Dachflächenfenster	1,1

Abb. 50: Liste bauteilbezogenen wärmetechnischer Sanierungen, U-Wert

²⁰ KfW, Programm 218, technische Mindestanforderungen: [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000003418_M_217_218_219_220_276_277_278_EBS_NWG-TMA.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000003418_M_217_218_219_220_276_277_278_EBS_NWG-TMA.pdf)

Wärmeerzeugung

Auch hier orientieren sich die Sanierungsempfehlungen an den Förderungsrichtlinien der KfW:

- Bei Austausch der Heizungsanlage vornehmlich Anschluss an bestehende Nahwärme, andererseits Brennwerttechnik oder KWK-Anlage
- Nachrüstung von Hocheffizienzpumpen ($\leq 100\text{mbar}$ Förderdruck)
- Dämmung von Rohrleitungen

Die jeweils empfohlenen Maßnahmen wurden entsprechend der verringerten Abgas-, Speicher-, Abkühl- oder Verteilungsverluste, bzw. dem verminderten Stromverbrauch durch Austausch der Pumpen, in der Gesamtkostenrechnung berücksichtigt.

Lüftungsanlagen

Maßnahme „Überprüfung effiziente Antriebe“: Für die Lüftungsanlagen der FH Lübeck wurde angenommen, dass die spezifische Ventilatorleistung im Mittel bei etwa 2.000Ws/m^3 liegt (also zwischen SFP-4 und SFP-5). Bei Sanierung wurde eine spezifische Ventilatorleistung von etwa 1.600Ws/m^3 angenommen (Mittelwert SFP-4) (für nähere Informationen siehe Kapitel 3.1.3).

Maßnahme „Optimierte Regelung“: Reduzierung der Volllaststunden

Die Maßnahmen „optimierte Nutzungssteuerung“ und „Wartung/ Reinigung Filter“ wurden aufgrund mangelnder Vorhersagbarkeit nicht quantifiziert.

Beleuchtung

Falls noch nicht vorhanden wird in den Liegenschaften eine Umrüstung auf LED-Technologie oder T5 Leuchtstoffröhren mit EVG empfohlen. Die eingesparte Energie spiegelt sich in dem verwendeten Instrument „Gesamtkostenrechnung“ in Form einer reduzierten installierten Leistung wieder (siehe nächstes Kapitel).

Primärenergiefaktoren

Für die Berechnung des Primärenergiebedarfs wurden folgende Primärenergiefaktoren zu Grunde gelegt²¹:

Energieträger	Primärenergiefaktoren
Erdgas	1,1
Fernwärme (FH Lübeck)	0,0
Strom-Mix BRD	1,8
PV (multikristallin)	0,0

Abb. 51: Ansatz für die Primärenergiefaktoren

²¹ in Anlehnung an DIN 4701-10/A1. Primärenergiefaktor Fernwärme (FH Lübeck) nach Angabe GETEC.

CO₂-Einsparung als Äquivalent-Emissionen

Durch die eingesparte Energie oder veränderte Energieerzeugung verändern sich auch die CO₂-Emissionen. Hierbei wurden folgende CO₂-Emissionsfaktoren²² als Äquivalent-Emissionsfaktoren zugrunde gelegt:

Energieträger	CO ₂ -Emissionsfaktoren (kg/kWh, in 2012)
Erdgas	0,241
Fernwärme (FH Lübeck)	0,000
Strom-Mix BRD	0,617
PV (multikristallin)	0,062

Abb. 52: Ansatz für die spezifischen CO₂-Äquiv.-Emissionsfaktoren

Auf dieser Basis wurden für jede Liegenschaft und Sanierungsvariante spezifische CO₂-Emissionen pro m² beheizte Nettogrundfläche berechnet:

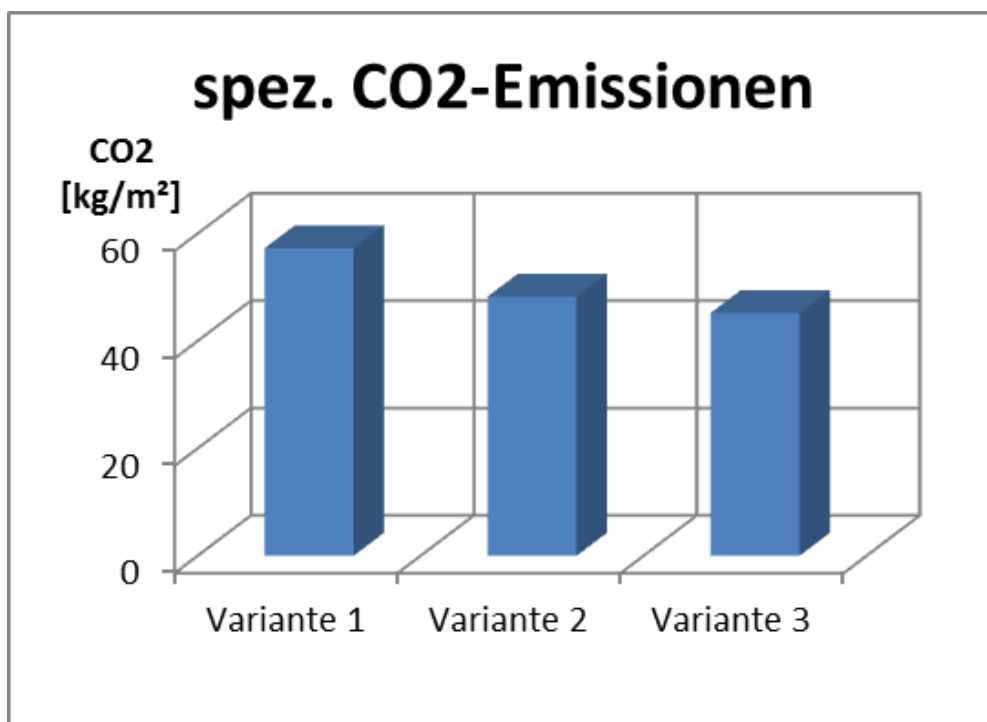


Abb. 53: Beispielhafte Darstellung der spez. CO₂-Emissionen für eine Liegenschaft

Das für alle Sanierungsvarianten und jede Liegenschaft ermittelte CO₂-Einsparpotential wird in Kapitel 4.2 dargestellt.

²² CO₂-Äquivalent-Emissionsfaktoren nach IWU; Quelle: IWU 2014:
http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/kea.pdf.

3.2.5. Maßnahmenbewertung mit Gesamtkostenrechnung

Die wichtigste Grundlage bei der Planung von Neubauten und der Unterhaltung und dem Betrieb von Gebäuden ist es, im Sinne der Nachhaltigkeit die Gesamtkosten (Summe aus Investitionskosten, Betriebskosten und Folgekosten) bei gegebener Nutzungsqualität zu minimieren. Es gibt jedoch Schwierigkeiten, da es zwischen den einzelnen Kostenarten zahlreiche Abhängigkeiten gibt.

Herzstück des Instruments „Gesamtkostenrechnung“ ist es folgende unterschiedliche Kostenpunkte dynamisch zu berechnen und abzubilden:

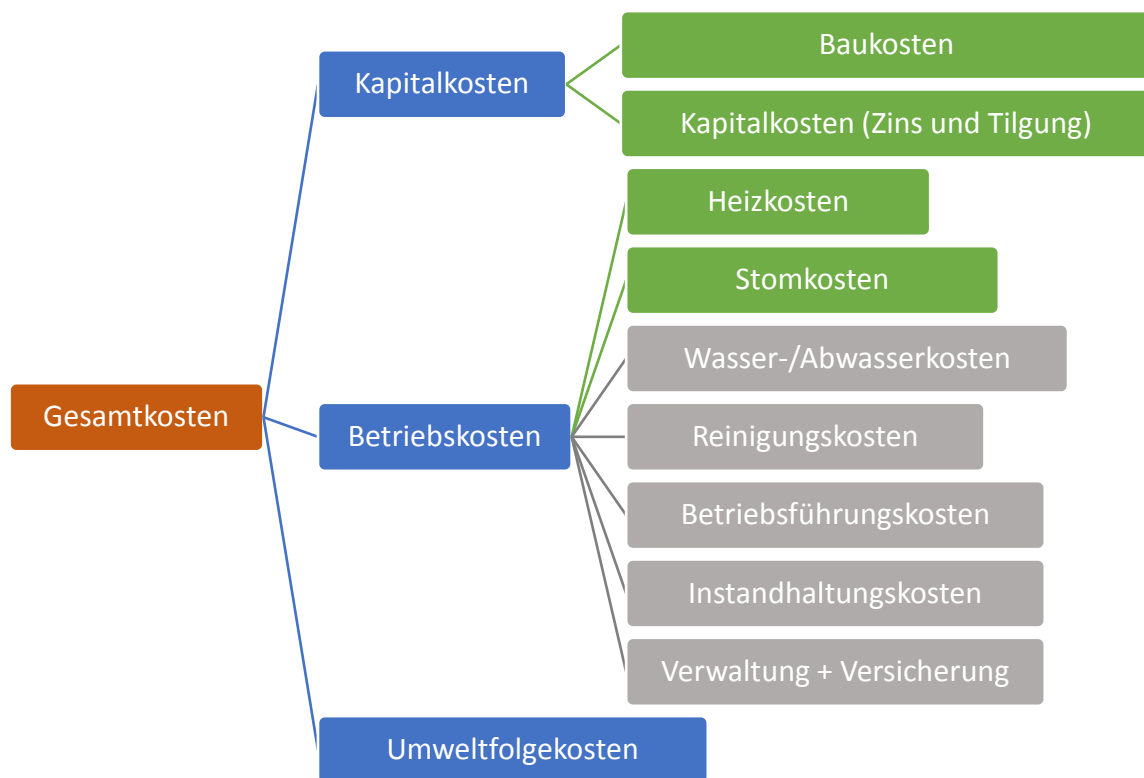


Abb. 54: Übersicht der Kostenstruktur des Instruments Gesamtkostenrechnung

Neben den Kapital-, sowie Heiz- und Stromkosten lassen sich somit in der Gesamtkostenrechnung auch die Kosten für Verwaltung, Versicherung, Instandhaltung, Betriebsführung und Reinigung abbilden. Diese zusätzliche Komponente der betriebswirtschaftlichen Betrachtung der Verwaltungseinheiten wurde im Rahmen dieses Klimaschutzteilkonzepts jedoch bewusst außer Acht gelassen. Sie können im späteren Verlauf vom Liegenschaftsmanagement eingepflegt werden um eine noch umfassendere Kostendarstellung der untersuchten Liegenschaft und Sanierungsvarianten zu gewährleisten.

Kapitalkosten

Die Kapitalkosten hängen ab vom Kapitalzins und Betrachtungszeitraum (→ Annuitätsfaktor):

Betrachtungszeitraum (Jahre)	30	Währung	€
Kapitalzins	0,25%	Annuitätsfaktor	3,5%

Abb. 55: Übersicht der Parameter für die Berechnung der Kapitalkosten

Dies sind Abschätzungen, die im Rahmen einer weiteren Vorplanung/Konzeptionsuntersuchung überprüft werden müssen.

Bezüglich der Baukosten wurden folgende bauteilbezogenen Kostenpunkte für Sanierungsmaßnahmen veranschlagt:

Bauteilgruppe	Bauteil	U-Wert, Sanierung [W/m ² K]	Kosten [€ / m ² _Bauteilfläche]
Außenwand	WDVS	0,20	150
	Holztafelbau	0,20	700
	Kerndämmung	0,50	60
Flachdach	warm/kalt	0,14	160
	ohne Abdichtung	0,14	100
Steildach	von innen	0,14	140
	mit harter Eindeckung	0,14	250
Decken	oberste Geschossdecke	0,14	80
	Kellerdecke	0,25	70
	nach unten gegen Außenluft	0,20	150
Öffnungen	Fenster	0,95	710
	Kastendoppel-Fenster, Denkmalschutz	1,6	1.000
	Lichtkuppel	1,8	1.380
	Türen, Tore	1,8	990
	Dachflächenfenster	1,1	1.100

Abb. 56: Investitionskosten und U-Werte je Bauteil im Sanierungsfall

Die angesetzten Kosten sind als Vollkosten dargestellt. Die Kostenansätze der Anlagentechnik beziehen sich auf die Energiebezugsfläche (Beleuchtung), die zu installierende thermische Leistung (Wärmeerzeuger) oder das Lüftungsvolumen (Lüftungsanlage). Baunebenkosten sowie bauseitige Kosten, bspw. zum Ausbau des Heizraums oder Bau der Lüftungsschächte, werden nicht miteinbezogen.

Die angesetzten Investitionskosten für die Maßnahmen der Anlagentechnik und der Beleuchtung basieren auf projektbezogenen Erfahrungswerten und Angaben z.B. des BKI²³ oder der Hilfetabellen aus der Gesamtkostenrechnung²⁴.

Betriebskosten

Die Betriebskosten beschränken sich in dieser Betrachtung auf die Heiz- und Stromkosten. Diese werden für alle Liegenschaften pauschal angesetzt und anhand vorliegender Rechnungen folgendermaßen geschätzt:

Medium	Kosten	Quelle
Erdgas	5,57 Cent/kWh	abgeschätzt, bzw. FH Lübeck, Verwaltung
Heizöl	- Cent/kWh	abgeschätzt, bzw. FH Lübeck, Verwaltung
Fernwärme	87,09 €/MWh	abgeschätzt, bzw. FH Lübeck, Verwaltung
Strom	20,77 Cent/kWh	abgeschätzt, bzw. FH Lübeck, Verwaltung
Wasser	2,28 €/m ³	abgeschätzt, bzw. FH Lübeck, Verwaltung
Abwasser	2,56 €/m ³	abgeschätzt, bzw. FH Lübeck, Verwaltung

Abb. 57: Ansatz für die spezifischen Energie- und Wasserpreise

Außerdem wurden folgende Preissteigerungen angenommen:

Preissteigerung Heizenergie	4,0%/a	Mittelwertfaktor Heizenergie	1,93
Preissteigerung Strom	2,0%/a	Mittelwertfaktor Strom	1,37

Abb. 58: Übersicht der Parameter für die Berechnung der Preissteigerung der Energie

Umweltfolgekosten

Im Kontext von Klimaschutz und Nachhaltigkeit bedeutsam ist der Kostenpunkt Umweltfolgekosten. Dieser wird pauschal als Obolus für die verursachten CO₂-Emission (50€/tCO₂) der untersuchten Verwaltungseinheit bestimmt und fließt in die Berechnung mit ein. Weiterhin wird eine Preissteigerung der Energieträger unterstellt. Diese ist veränderbar und kann somit unterschiedlichen Varianten oder „Szenarien“ der wirtschaftlichen Entwicklung Rechnung tragen. Durch die Bildung von annuitätischen Beträgen (Kapitaldienst, mittlerer Energiepreis inkl. der Steigerungsrate) wird der wirtschaftliche Vergleich auf Basis „jährliche“ Kosten dargestellt. Dies ist manchmal simplifizierend, hat jedoch den großen Vorteil, dass diese Kostenangabe verständlich, nachvollziehbar und vergleichbar ist, was für kommunale Entscheidungen von Vorteil ist.

²³ Baukosteninformationszentrum (Hrsg.), Stuttgart

²⁴ Stadt Frankfurt am Main, Hochbauamt, Energiemanagement (2015). Gesamtkostenrechnung – Hilfetabellen. Stadt Frankfurt am Main, Hochbauamt, Energiemanagement; <http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Investive-Massnahmen/Gesamtkostenberechnung/Gesamtkostenberechnung.htm>

Das Ergebnis der Gesamtkostenrechnung wird je Liegenschaft graphisch dargestellt:

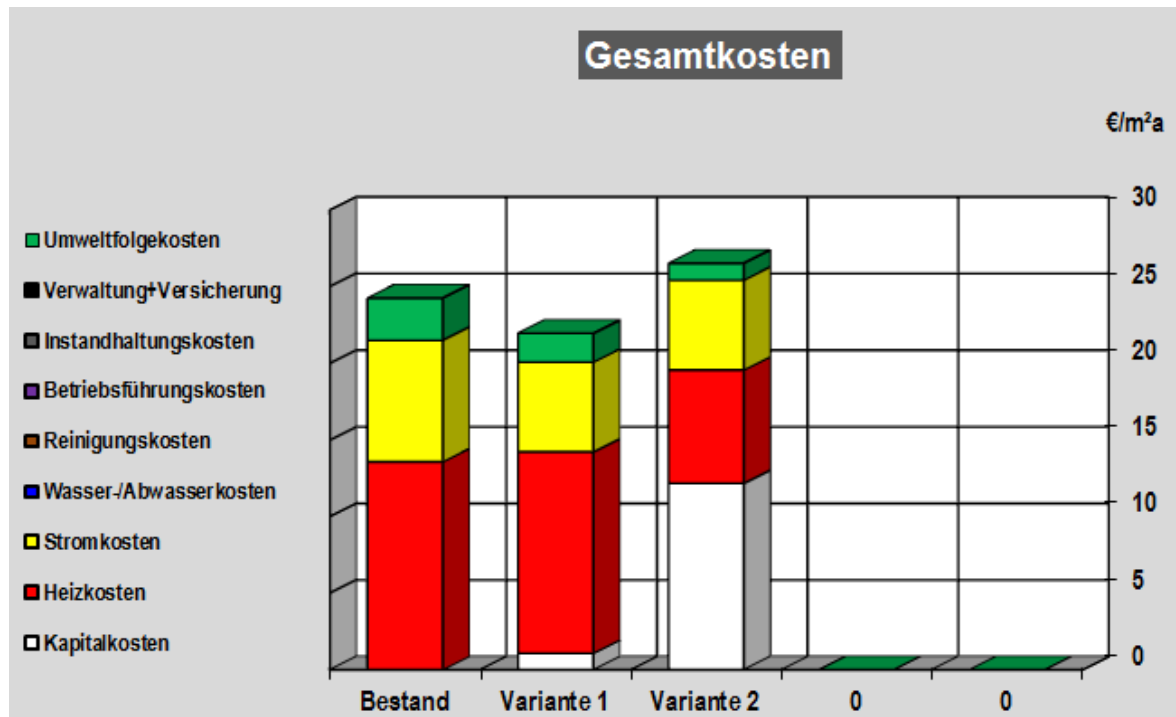


Abb. 59: Beispielhafte Darstellung der Gesamtkostenrechnung

In diesem Beispiel „rechnet“ sich die empfohlene Sanierungsvariante 1 bei einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren mit einer durchschnittlichen, jährlichen Einsparung von ca. 2€/m²*a. Die eingesparten Heiz- und Stromkosten wiegen die relativ geringen Kapitalkosten auf. Sanierungsvariante 2 sorgt zwar für eine weitere deutliche Reduktion der Energiekosten, erfordert jedoch weitaus höhere Investitionen (bspw. in die Gebäudehülle). Bei dieser Betrachtung fallen dabei ca. 3€/m²*a zusätzliche Kosten an.

Hierbei ist anzumerken, dass die Abwägung einer Maßnahme rein nach monetären Gesichtspunkten wichtige Aspekte ausblendet:

- Komfortgewinn durch verbesserten Wärmeschutz
- Planungssicherheit durch Senkung der Betriebskosten
- Kommunale Vorbildfunktion als glaubwürdiger Akteur im Klimaschutz
- Energieunabhängigkeit
- Gebäudewerterhaltung
- Beitrag zum Klima- und Umweltschutz
- Regionale Wertschöpfung
- Zunehmende Resilienz und Zukunftsfähigkeit der Fachhochschule Lübeck

Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass diese Berechnungen auf Annahmen für einen Zeitraum von 30 Jahren beruhen, die – z.B. für den Fall der Energiepreisentwicklung – auch anders ausfallen können. Weiterhin wurde nicht nach **Sowieso-Kosten** (Instandhaltungskosten) und

Zusatzkosten für die Energiesparmaßnahme differenziert (Wichtig!). Eine kostenintensive energetische Sanierungsmaßnahme rechnet sich oft nur dann, wenn die Sanierung eines Bauteils aufgrund der fortgeschrittenen Lebensdauer sowieso ansteht (Instandhaltung). Oder: Kosten der energetischen Sanierung sind oft nur die Zusatzkosten für eine energetisch bessere Ausführung einer sowieso anstehenden Sanierung (beispielsweise 3-fach Wärmeschutzverglasung statt 2-fach Verglasung). Setzt man diese Überlegungen bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu Grunde, ergibt sich für viele energetische Sanierungsmaßnahmen eine deutlich bessere Rentabilität. So amortisieren sich viele Zusatzkosten für eine energetisch bessere Ausführung bereits nach kurzer Zeit. Die Sowieso-Kosten lassen sich bei der fortschreitenden Planung der hier vorgeschlagenen Maßnahmen bequem in das Tool Gesamtkostenrechnung integrieren.


Im Folgenden sind zum besseren Verständnis einige wesentliche Eingabe- und Ergebnisblätter des Berechnungsprogramms Gesamtkostenrechnung dargestellt. Die Daten und Kalkulationsgrundlagen für die untersuchten Gebäude/Bauabschnitte sind vollumfänglich eingepflegt, dokumentiert und als Datei auf dem beigefügten Datenträger hinterlegt.

Das Liegenschaftsmanagement verfügt damit nicht nur über eine aggregierte Ergebnisdarstellung sondern besitzt ein Handwerkszeug, das es erlaubt, auch anders gelagerte Sanierungsziele energetisch zu bilanzieren und wirtschaftlich zu überprüfen.

Am Beispiel der VE 11_ Labor-Physikalische Technik ist nachfolgend die Gesamtkostenrechnung illustriert (Für Bestand und Variante 3)

1. Gesamtkosten

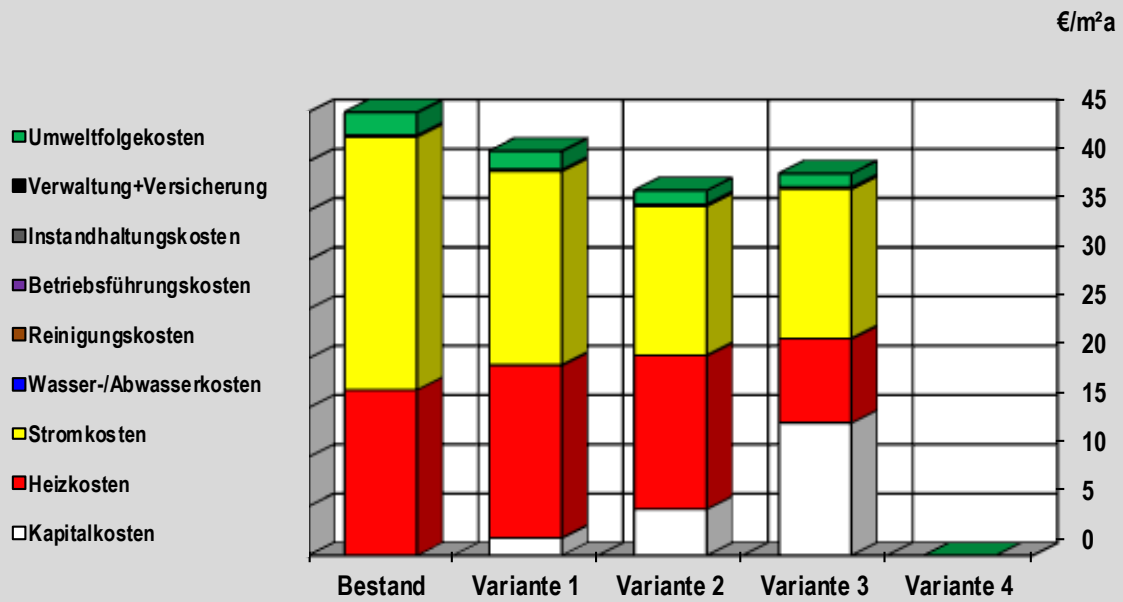
(wird gewöhnlich von der Projektleitung ausgefüllt)

A. Allgemeine Daten		Eingabefelder: weiß, Rechenfelder: grau				Version 15.0 22.03.2017	
A1	Liegenschaftsbezeichnung	VE_11 Labor-Physikalische Technik					
A2	Gebäudebezeichnung						
A3	Straße, Hausnummer	Edisonstraße					
A4	Planungsphase						
A5	Betrachtungszeitraum (Jahre)	30	A9 Währung	€			
A6	Kapitalzins*	0,25%	A10 Annuitätsfaktor	3,5%			
A7	Preissteigerung Heizenergie	4,0%	A11 Mittelwertfaktor Heize.	1,93			
A8	Preissteigerung sonstiges	2,0%	A12 Mittelwertfaktor sonst.	1,37			
B. Varianten		Bezeichnung (Eingabe erforderlich!)				Rang/Auswahl	
B1	Bestand	Bestand				4	<input type="checkbox"/>
B2	Variante 1	eff. Beleuchtung + hydr. Abgleich + Lüftungstechnik				3	<input type="checkbox"/>
B3	Variante 2	Var. 1 + Fenster + Photovoltaik				1	<input type="checkbox"/>
B4	Variante 3	Var. 2 + AW-Dämmung + Dach + WRG				2	<input type="checkbox"/>
B5	Variante 4						<input type="checkbox"/>
C. Kenngrößen		Bestand	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	
C1	beheizte Netto-Raumfläche	1.790	1.790	1.790	1.790	1.790	m ²
C2	Personenzahl	179	179	179	179	179	P
C3	spez. Heizwärmebedarf	95	101	89	49		kWh/m ² a
C4	spez. Heizenergiebedarf	100	104	93	51		kWh/m ² a
C5	spez. Strombezug	64	49	42	42		kWh/m ² a
C6	spez. Primärenergiebedarf	115	88	62	62		kWh/m ² a
C7	spez. CO ₂ -Emissionen	40	30	21	21		kg/m ² a
C8	spez. Trinkwasserbezug	331	331	331	331		l/m ² a
D. Kapitalkosten		Bestand	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	
D1	Baukosten (DIN 276)	0	92.759	243.906	695.850		€
D2	- Zuschüsse/Erlöse						€
D3	= Eigenkapitaleinsatz	0	92.759	243.906	695.850		€
D4	Kapitalkosten	0	3.213	8.449	24.105		€/a
D5	spez. Kapitalkosten	0	2	5	13		€/m ² a
E. mittl. Betriebskosten		Bestand	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	
E1	Heizkosten	15.589	16.261	14.455	7.942		€/a
E2	Stromkosten	23.793	18.238	14.053	14.053		€/a
E3	Wasser-/Abwasserkosten	0	0	0	0		€/a
E4	Reinigungskosten	0	0	0	0		€/a
E5	Betriebsführungskosten	0	0	0	0		€/a
E6	Instandhaltungskosten	257	257	257	257		€/a
E6	Verwaltung+Versicherung	0	0	0	0		€/a
E7	heutige Betriebskosten	39.639	34.756	28.765	22.252		€/a
E8	mittl. Betriebskosten	63.142	56.806	47.568	34.996		€/a
E9	spez. Betriebskosten	35	32	27	20		€/m ² a
F. Umweltfolgekosten		Bestand	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	
F1	CO ₂ -Emissionen (50 €/t)	3.552	2.723	1.906	1.906		€/a
F2	Trinkwasser (1 €/m ³)	593	593	593	593		€/a
F3	Umweltfolgekosten	4.145	3.316	2.499	2.499		€/a
F4	spez. Umweltfolgekost.	2	2	1	1		€/m ² a
G. Gesamtkosten		Bestand	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	
G1	Gesamtkosten	67.287	63.335	58.516	61.600		€/a
G2	spez. Gesamtkosten	38	35	33	34		€/m ² a
G3	Einsparung in 30 Jahren zu Bestand		118.561	263.127	170.613		€

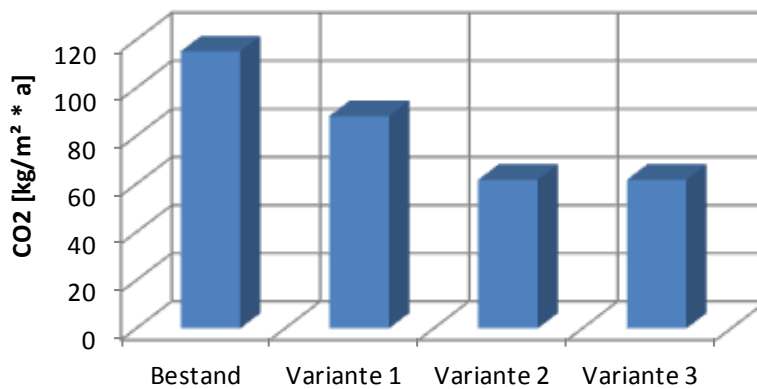
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)

* aktuelle Kreditzinsen unter: www.kfw.de/208-Zinsen

Gesamtkosten



spez. CO2-Emissionen



4.1 Heizwärmebedarf

94,6 kWh/m²a

(wird gewöhnlich vom Ersteller des EnEV-Nachweises ausgefüllt)

A. Allgemeine Daten							
A1	Liegenschaftsbezeichnung	VE_11 Labor-Physikalische Technik					
A2	Gebäudebezeichnung						
A3	Straße, Hausnummer	Edisonstraße					
A4	Bestand	Bestand					
A5	beheizte Netto-Raumfläche	1.790	m ²	A6 Raumtemperatur	19,0	°C	
A7	Länge der Heizperiode	220	d/a	A8 Gradtagszahl	2.825	Kd/a	
B. Transmission							
		Fläche x	U-Wert x	AL-Faktor x	GTZx0,024	= Verlust	
		(m ²)	(W/m ² K)	(-)	(kKh/a*)	(kWh/a*)	
						sp. Verlust	
						(kWh/m²a*)	
B1	Boden gegen Keller/Erde	663	0,60	0,5	67,8	13.487	7,5
B2	Boden gegen außen	0		1,0	67,8	0	0,0
B3	Wand gegen außen	1.195	0,40	1,0	67,8	32.404	18,1
B4	Wand gegen Keller/Erde	0		0,5	67,8	0	0,0
B5	oberste Geschoßdecke	0		0,8	67,8	0	0,0
B6	Dach gegen außen	663	0,40	1,0	67,8	17.983	10,0
B7	Fenster horizontal		1,00	1,0	67,8	0	0,0
B8	Fenster Süd	14	2,10	1,0	67,8	1.994	1,1
B9	Fenster Ost	46	2,10	1,0	67,8	6.479	3,6
B10	Fenster West	36	2,10	1,0	67,8	5.169	2,9
B11	Fenster Nord	18	2,10	1,0	67,8	2.506	1,4
B12	Wärmebrückenzuschlag	2.634	0,10	1,0	67,8	17.861	10,0
B12	Summe Transmission					97.883	54,7
C. Lüftung							
		Lüftungsanl. x	(1 - Wärmebereitst. grad)	+ Fenster	+ Infiltration	= energ. Luftw	
		(1/h)	(%)	(1/h)	(1/h)	(1/h)	
C1	energetischer Luftwechsel	0,80	x (1 -	0%	0,10	0,20	1,10
		Volumen x	energ. Luftw.	x sp. Wärme	GTZx0,024	= Verlust	sp. Verlust
		(m ³)	(1/h)	(Wh/m ³ K)	(kKh/a*)	(kWh/a*)	(kWh/m²a*)
C2	Lüftungsverlust	6.444	1,10	0,33	67,8	158.614	88,6
C3	Bruttonutzheizwärmebedarf = Summe Transmission + Lüftung				QV=	256.497	143,3
C4	Heizlast nach DIN EN 12831		121	kW			
D. Freie Wärme							
		Fläche	Stromv. x	Faktor fe x	HT/365	= Gewinn	sp. Gewinn
		(m ²)	(kWh/m ² a)	(-)	(a/a*)	(kWh/a*)	(kWh/m²a*)
D1	Abwärme Elektrizität	1.790	64,0	0,7	0,6	48.344	27,0
		Personen x	Wärmea. x	Aufenthalt x	HTx0,001	= Gewinn	sp. Gewinn
		(P)	(W/P)	(h/d)	(d/a*)	(kWh/a*)	(kWh/m²a*)
D2	Abwärme Personen	179	100	8	0,220	31.504	17,6
Solare Einstrahlung							
		Fläche x	g-Wert x	fr x fb x	Globalstrahl.	= Gewinn	sp. Gewinn
		(m ²)	(-)	(-)	(kWh/m ² a*)	(kWh/a*)	(kWh/m²a*)
D3	durch horiz. Fenster	0	0,62	0,50	331	0	0,0
D4	durch Süd-Fenster	14	0,62	0,50	353	1.532	0,9
D5	durch Ost-Fenster	46	0,62	0,50	212	2.990	1,7
D6	durch West-Fenster	36	0,62	0,50	217	2.442	1,4
D7	durch Nord-Fenster	18	0,62	0,50	121	660	0,4
D8	Summe Fenster	113	m ²			7.624	4,3
D9	Freie Wärme = Abwärme Elektrizität + Personen + solare Strahlung				QF=	87.472	48,9
D10	Gewinnfaktor	(1-(QF/QV)5)/(1-(QF/QV)6) =			1,00		
Wärmegewinn							
			Freie W. x	Gewinnfak. =	Gewinn	sp. Gewinn	
D11	Wärmegewinn		87.472	1,00	87.206	48,7	
E. Heizwärmebedarf							
			Brutton.-	Wärmegew.=	Bedarf	sp. Bedarf	
E1	Heizwärmebedarf		256.497	87.206	169.291	94,6	
E2	Grenzwert Passivhaus					15,5	
E3	Passivhausstandard erreicht?					nein	

4.4 Heizwärmebedarf

48,5 kWh/m²a

(wird gewöhnlich vom Ersteller des EnEV-Nachweises ausgefüllt)

A. Allgemeine Daten							
A1	Liegenschaftsbezeichnung	VE_11 Labor-Physikalische Technik					
A2	Gebäudebezeichnung						
A3	Straße, Hausnummer	Edisonstraße					
A4	Variante 3	Var. 2 + AW-Dämmung + Dach + WRG					
A5	beheizte Netto-Raumfläche	1.790 m²	A6 Raumtemperatur	19,0 °C			
A7	Länge der Heizperiode	220 d/a	A8 Gradtagszahl	2.825 Kd/a			
B. Transmission		Fläche x (m²)	U-Wert x (W/m²K)	AL-Faktor x (-)	GTZx0,024 (kKh/a*)	= Verlust (kWh/a*)	sp. Verlust (kWh/m²a*)
B1	Boden gegen Keller/Erde	663	0,60	0,5	67,8	13.487	7,5
B2	Boden gegen außen	0		1,0	67,8	0	0,0
B3	Wand gegen außen	1.195	0,20	1,0	67,8	16.202	9,1
B4	Wand gegen Keller/Erde	0		0,5	67,8	0	0,0
B5	oberste Geschoßdecke	0	0,00	0,8	67,8	0	0,0
B6	Dach gegen außen	663	0,14	1,0	67,8	6.294	3,5
B7	Fenster horizontal	0	1,00	1,0	67,8	0	0,0
B8	Fenster Süd	14	0,95	1,0	67,8	902	0,5
B9	Fenster Ost	46	0,95	1,0	67,8	2.931	1,6
B10	Fenster West	36	0,95	1,0	67,8	2.338	1,3
B11	Fenster Nord	18	0,95	1,0	67,8	1.134	0,6
B12	Wärmebrückenzuschlag	2.634	0,10	1,0	67,8	17.861	10,0
B12 Summe Transmission						61.149	34,2
C. Lüftung		Lüftungsanl. x (1/h)	(1 - Wärmebereitst. grad) (%)	+ Fenster (1/h)	+ Infiltration (1/h)	= energ. Luftw. (1/h)	
C1	energetischer Luftwechsel	0,80	x (1 - 40%)	0,10	0,12	0,70	
		Volumen x (m³)	energ. Luftw. x (1/h)	x sp. Wärme (Wh/m³K)	GTZx0,024 (kKh/a*)	= Verlust (kWh/a*)	sp. Verlust (kWh/m²a*)
C2	Lüftungsverlust	6.444	0,70	0,33	67,8	100.936	56,4
C3	Bruttonutzheizwärmebedarf = Summe Transmission + Lüftung					QV= 162.085	90,6
C4	Heizlast nach DIN EN 12831						76 kW
D. Freie Wärme		Fläche (m²)	Stromv. x (kWh/m²a)	Faktor fe x (-)	HT/365 (a/a*)	= Gewinn (kWh/a*)	sp. Gewinn (kWh/m²a*)
D1	Abwärme Elektrizität	1.790	49,1	0,7	0,6	37.057	20,7
		Personen x (P)	Wärmea. x (W/P)	Aufenthalt x (h/d)	HTx0,001 (d/a*)	= Gewinn (kWh/a*)	sp. Gewinn (kWh/m²a*)
D2	Abwärme Personen	179	100	8	0,220	31.504	17,6
Solare Einstrahlung		Fläche x (m²)	g-Wert x (-)	fr x fb x (-)	Globalstrahl. (kWh/m²a*)	= Gewinn (kWh/a*)	sp. Gewinn (kWh/m²a*)
D3	durch horiz. Fenster	0	0,62	0,50	331	0	0,0
D4	durch Süd-Fenster	14	0,62	0,50	353	1.532	0,9
D5	durch Ost-Fenster	46	0,62	0,50	212	2.990	1,7
D6	durch West-Fenster	36	0,62	0,50	217	2.442	1,4
D7	durch Nord-Fenster	18	0,62	0,50	121	660	0,4
D8	Summe Fenster	113 m²				7.624	4,3
D9	Freie Wärme = Abwärme Elektrizität + Personen + solare Strahlung					QF= 76.185	42,6
D10	Gewinnfaktor	$(1-(QF/QV)5)/(1-(QF/QV)6) =$			0,99		
Wärmegewinn				Freie W. x	Gewinnfak. =	Gewinn	sp. Gewinn
D11	Wärmegewinn			76.185	0,99	75.249	42,0
E. Heizwärmebedarf				Brutton.-	Wärmegew.=	Bedarf	sp. Bedarf
E1	Heizwärmebedarf			162.085	75.249	86.836	48,5
E2	Grenzwert Passivhaus						15,5
E3	Passivhausstandard erreicht?						nein

5.1 Heizenergiebedarf und Heizkosten 15.589 €/a

(wird gewöhnlich vom Heizungs-Ingenieurbüro ausgefüllt)

A. Allgemeine Daten							
A1	Liegenschaftsbezeichnung	VE_11 Labor-Physikalische Technik					
A2	Gebäudebezeichnung						
A3	Straße, Hausnummer	Edisonstraße					
A4	Bestand	Bestand					
A5	beheizte Netto-Raumfläche	1.790 m ²	A6 Personenzahl	179	P		
B. Nutzwärmebedarf		Warmwasserbed. bei 40°C (I/P,d)	Leistung (kW)	Volllast (h/a)	Bedarf (kWh/a)	sp. Bedarf (kWh/m ² a)	
B1	Heizwärmebedarf				169.291	94,6	
B2	Warmwasserbedarf	12	0	0	0	0,0	
B3	Kochgasbedarf			20	0	0,0	
B4	Beckenwassererwärmung				0	0,0	
C. Verteilungsverluste		Länge x (m)	U*-Wert x (W/mK)	delta T x (K)	HTx0,024= (kh/a)	Verlust (kWh/a)	sp. Verlust (kWh/m ² a)
C1	Heizungsverteilverlust (nur im unbeheizten Bereich!)	30	0,40	40	5,26	2.523	1,4
		Fläche x (m ²)	U-Wert x (W/m ² K)	delta T x (K)	1,5x8,76 = (kh/a)	Verlust (kWh/a)	sp. Verlust (kWh/m ² a)
C2	Speicherverlust		0,45	40	13,14	0	0,0
		Länge x (m)	U*-Wert x (W/mK)	delta T x (K)	bZx0,365= (kh/a)	Verlust (kWh/a)	sp. Verlust (kWh/m ² a)
C3	Zirkulationsverlust		0,20	40	4,38	0	0,0
C4	Summe Wärmebedarf	= Nutzwärmebedarf + Verteilungsverluste				171.814	96,0
D. Wärmeerzeuger		Heizenergie- träger	Wärmeleist x (kW)	Vollnutz. = (h/a)	Wärmeerz. (kWh/a)	sp. Erzeug. (kWh/m ² a)	
D1	Thermische Solaranlage	Sonne		850	0	0,0	
D2	Wärmepumpe	Strom			0	0,0	
D3	Fernwärme/Nahwärme	Fernwärme	121	1.419	171.814	96,0	
D4	Blockheizkraftwerk	Erdgas		5.000	0	0,0	
D5	Heizkessel/Therme	Erdgas	0	0	0	0,0	
D6	Summe Wärmeerzeugung		121		171.814	96,0	
E. Heizenergiebedarf		Heizenergie- träger	1 / Jahres- nutzungsgrad	Wärmeerz. = (kWh/a)	HE-Bedarf (kWh/a)	sp. Bedarf (kWh/m ² a)	
E1	Wärmepumpe	Strom	3,00	0	0	0,0	
E2	Fernwärme/Nahwärme	Fernwärme	0,96	171.814	178.973	100,0	
E3	Blockheizkraftwerk	Erdgas	0,55	0	0	0,0	
E4	Heizkessel/Therme	Erdgas	0,90	0	0	0,0	
E5	Summe Heizenergiebedarf				178.973	100,0	
F. Heizkosten (brutto)		Leistung x (kW)	Leist.-preis + (€/kW,a)	HE-Bedarf x (kWh/a)	Arbeit.-preis= (€/kWh)	Kosten (€/a)	sp. Kosten (€/m ² a)
F1	Strom	0		0	0,2077	0	0,0
F2	Fernwärme FH Lübeck	126		178.973	0,0871	15.589	8,7
F3	Erdgas	0		0	0,0557	0	0,0
F4	Summe Heizkosten					15.589	8,7
G. Primärenergiebedarf		Primär- x energiefaktor	HE-Bedarf (kWh/a)	PE-Bedarf (kWh/a)	sp. Bedarf (kWh/m ² a)		
G1	Strom	1,80	0	0	0,0		
G2	Fernwärme	0,00	178.973	0	0,0		
G3	Erdgas	1,10	0	0	0,0		
G4	Summe Primärenergie			0	0,0		
H. CO ₂ -Emissionen		sp.Emiss. x (kg/kWh)	HE-Bedarf (kWh/a)	Emission (kg/a)	sp. Emiss. (kg/m ² a)		
H1	Strom	0,62	0	0	0,0		
H2	Fernwärme	0,00	178.973	0	0,0		
H3	Erdgas	0,25	0	0	0,0		
H4	Summe CO₂-Emissionen			0	0,0		

5.4 Heizenergiebedarf und Heizkosten 7.942 €/a

(wird gewöhnlich vom Heizungs-Ingenieurbüro ausgefüllt)

A. Allgemeine Daten							
A1	Liegenschaftsbezeichnung	VE_11 Labor-Physikalische Technik					
A2	Gebäudebezeichnung						
A3	Straße, Hausnummer	Edisonstraße					
A4	Variante 3	Var. 2 + AW-Dämmung + Dach + WRG					
A5	beheizte Netto-Raumfläche	1.790 m ²	A6 Personenzahl	179	P		
B. Nutzwärmebedarf		Warmwasserbed. bei 40°C (l/P,d)	Leistung (kW)	Volllast (h/a)	Bedarf (kWh/a)	sp. Bedarf (kWh/m ² a)	
B1	Heizwärmebedarf				86.836	48,5	
B2	Warmwasserbedarf	12	0	0	0	0,0	
B3	Kochgasbedarf		0	20	0	0,0	
B4	Beckenwassererwärmung		0		0	0,0	
C. Verteilungsverluste		Länge x (m)	U*-Wert x (W/mK)	delta T x (K)	HTx0,024= (kh/a)	Verlust (kWh/a)	sp. Verlust (kWh/m ² a)
C1	Heizungsverteilverlust (nur im unbeheizten Bereich!)	30	0,40	40	5,26	2.523	1,4
		Fläche x (m ²)	U-Wert x (W/m ² K)	delta T x (K)	1,5x8,76 = (kh/a)	Verlust (kWh/a)	sp. Verlust (kWh/m ² a)
C2	Speicherverlust	0	0,45	40	13,14	0	0,0
		Länge x (m)	U*-Wert x (W/mK)	delta T x (K)	bZx0,365= (kh/a)	Verlust (kWh/a)	sp. Verlust (kWh/m ² a)
C3	Zirkulationsverlust	0	0,20	40	4,38	0	0,0
C4	Summe Wärmebedarf	= Nutzwärmebedarf + Verteilungsverluste				89.359	49,9
D. Wärmeerzeuger		Heizenergie- träger	Wärmeleist. x (kW)	Vollnutz. = (h/a)	Wärmeerz. (kWh/a)	sp. Erzeug. (kWh/m ² a)	
D1	Thermische Solaranlage	Sonne	0	850	0	0,0	
D2	Wärmepumpe	Strom	0	0	0	0,0	
D3	Fernwärme/Nahwärme	Fernwärme	76	1.168	89.359	49,9	
D4	Blockheizkraftwerk	Erdgas	0	5.000	0	0,0	
D5	Heizkessel/Therme	Erdgas	0	0	0	0,0	
D6	Summe Wärmeerzeugung		76		89.359	49,9	
E. Heizenergiebedarf		Heizenergie- träger	1 / Jahres- nutzungsgrad	Wärmeerz. = (kWh/a)	HE-Bedarf (kWh/a)	sp. Bedarf (kWh/m ² a)	
E1	Wärmepumpe	Strom	3,00	0	0	0,0	
E2	Fernwärme/Nahwärme	Fernwärme	0,98	89.359	91.183	50,9	
E3	Blockheizkraftwerk	Erdgas	0,55	0	0	0,0	
E4	Heizkessel/Therme	Erdgas	0,90	0	0	0,0	
E5	Summe Heizenergiebedarf				91.183	50,9	
F. Heizkosten (brutto)		Leistung x (kW)	Leist.-preis + (€/kW,a)	HE-Bedarf x (kWh/a)	Arbeit.-preis= (€/kWh)	Kosten (€/a)	sp. Kosten (€/m ² a)
F1	Strom	0	0,00	0	0,2077	0	0,0
F2	Fernwärme FH Lübeck	78	0,00	91.183	0,0871	7.942	4,4
F3	Erdgas	0	0,00	0	0,0557	0	0,0
F4	Summe Heizkosten					7.942	4,4
G. Primärenergiebedarf		Primär- x energiefaktor	HE-Bedarf (kWh/a)	PE-Bedarf (kWh/a)	sp. Bedarf (kWh/m ² a)		
G1	Strom	1,80	0	0	0,0		
G2	Fernwärme	0,00	91.183	0	0,0		
G3	Erdgas	1,10	0	0	0,0		
G4	Summe Primärenergie			0	0,0		
H. CO ₂ -Emissionen		sp.Emiss. x (kg/kWh)	HE-Bedarf (kWh/a)	Emission (kg/a)	sp. Emiss. (kg/m ² a)		
H1	Strom	0,62	0	0	0,0		
H2	Fernwärme	0,00	91.183	0	0,0		
H3	Erdgas	0,25	0	0	0,0		
H4	Summe CO₂-Emissionen			0	0,0		

6.1 Strombedarf und Stromkosten

23.793 €/a

(wird gewöhnlich vom Elektro-Ingenieurbüro ausgefüllt)

A. Allgemeine Daten							
A1	Liegenschaftsbezeichnung	VE_11 Labor-Physikalische Technik					
A2	Gebäudebezeichnung						
A3	Straße, Hausnummer	Edisonstraße					
A4	Bestand	Bestand					
A5	beheizte Netto-Raumfläche	1.790	m ²	A6 Personenzahl	179	P	
B. Beleuchtung		(Mittelwerte für Gebäude)		Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
B1	mittlere Beleuchtungsstärke	400	lux	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m ² a)
B2	Raumbeleuchtung	4	W/m ² , 100lux	29	1.000	29.088	16,3
B3	Außen- und Sicherheitsbeleuchtung				2.920	0	0,0
C. Lüftung				Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
C1	Luftvolumenstrom	204	m ³ /P,h	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m ² a)
C2	Lüftung (Ventilatoren + Regel.)	36.500	m ³ /h	20,81	2.700	56.174	31,4
C2	Lüftung (Ventilatoren + Regel.)	0,57	Wh/m ³				
D. Klimatisierung				Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
D1	Kälteleistung		kW(th)	(kWel)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m ² a)
D2	Klimatisierung (Kompressor, Pumpen, Regelung)				500	0	0,0
D3	Summe Lüftung + Klima					56.174	31,4
E. Hilfsenergie Heizung		(Brenner, Pumpen etc.)		Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
E1	Wärmebedarf	96	kWh/m ² a	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m ² a)
E2	Hilfsenergie Heizung (Brenner, Pumpen, Regelung)			1,1	2.500	2.864	1,6
F. Diverse Haustechnik		(Transport, Kommunikation)		Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
F1	Transportleistung		Personen	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m ² a)
F2	Aufzüge				200	0	0,0
G. Arbeitshilfen		(PCs, Kaffeemaschinen)		Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
G1	Anzahl PC-Arbeitsplätze	90	-	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m ² a)
G2	PC-Arbeitsplätze	80	W/Arbeitspl.	7,2	1.600	11.456	6,4
G3	Kopierer, Beamer, Kaffeemaschinen ...			5,0	1.600	8.000	4,5
H. Zentrale Dienste		(zentr. EDV, Waschm.)		Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
H1	Küche: Essen/Tag		E/d	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m ² a)
H2	Küchen (Herde, Konvektomaten, Kühltheken, Spül.)					0	0,0
H3	Server, USV, BMZ, TK, Stockwerksverteiler					0	0,0
H4	Werkstätten, Waschmaschinen ...					0	0,0
I. Warmwasser (elektr.)		Warmwasserbed. bei 40°C		Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
I2	Warmwasserbereitung el.	6	(l/P,d)	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m ² a)
I2	Warmwasserbereitung el.			2,0	3.500	7.000	3,9
K. Summe Strombedarf				Leistung		Bedarf	sp. Bedarf
K1	Summe Strombedarf			(kW)		(kWh/a)	(kWh/m ² a)
K1	Summe Strombedarf			65		114.581	64,0
L. Eigenstromerzeugung				Leistung x	Volllast =	Arbeit	sp. Arbeit
L1	Photovoltaik, Blockheizkraftwerk			(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m ² a)
L2	Stromeinspeisung in das Hausnetz				5.000	0	0,0
L3	Stromeinspeisung in das EVU-Netz					0	0,0
L4	Strombezug aus dem EVU-Netz			45,6		114.581	64,0
M. Stromkosten (brutto)		Leistung x	Leist.-preis+	Arbeit x	Arb.preis	Kosten	sp. Kosten
M1	KEWPV Frankfurt 2016	(kW)	(€/kW,a)	(kWh/a)	(€/kWh)	(€/a)	(€/m ² a)
M2	Leistungsbezugskosten	46	0,00			0	0,0
M3	Strombezugskosten Hochtarif			91.665	0,2077	19.035	10,6
M4	Strombezugskosten Niedertarif			22.916	0,2077	4.759	2,7
M5	Einspeisevergütung			0	0,1100	0	0,0
M6	Stromkosten = Leistungskosten + Bezug HT + NT - Einspeisevergütung					23.793	13,3
N. CO ₂ -Emissionen		(Strombez. - Einspeis.)x		sp.Emis. =	Emission	sp. Emis.	
N1	CO ₂ -Emissionen	(kWh/a)	(kWh/a)	(kg/kWh)	(kg/a)	(kg/m ² a)	
N1	CO ₂ -Emissionen	114.581	0	0,62	71.040	39,7	

6.4 Strombedarf und Stromkosten **14.053 €/a**

(wird gewöhnlich vom Elektro-Ingenieurbüro ausgefüllt)

A. Allgemeine Daten							
A1	Liegenschaftsbezeichnung	VE_11 Labor-Physikalische Technik					
A2	Gebäudebezeichnung						
A3	Straße, Hausnummer	Edisonstraße					
A4	Variante 3	Var. 2 + AW-Dämmung + Dach + WRG					
A5	beheizte Netto-Raumfläche	1.790 m²	A6 Personenzahl	179 P			
B. Beleuchtung		(Mittelwerte für Gebäude)	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf	
B1	mittlere Beleuchtungsstärke	400 lux	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m²a)	
B2	Raumbeleuchtung	3 W/m², 100lux	22	1.000	22.375	12,5	
B3	Außen- und Sicherheitsbeleuchtung		0	2.920	0	0,0	
C. Lüftung			Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf	
C1	Luftvolumenstrom	204 m³/P,h 36.500 m³/h	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m²a)	
C2	Lüftung (Ventilatoren + Regel.)	0,45 Wh/m³	16,43	2.200	36.135	20,2	
D. Klimatisierung			Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf	
D1	Kälteleistung	0 kW(th)	(kWel)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m²a)	
D2	Klimatisierung (Kompressor, Pumpen, Regelung)		0,0	500	0	0,0	
D3	Summe Lüftung + Klima				36.135	20,2	
E. Hilfsenergie Heizung		(Brenner, Pumpen etc.)	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf	
E1	Wärmebedarf	50 kWh/m²a	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m²a)	
E2	Hilfsenergie Heizung (Brenner, Pumpen, Regelung)		1,1	2.500	2.864	1,6	
F. Diverse Haustechnik		(Transport, Kommunikation)	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf	
F1	Transportleistung	0 Personen	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m²a)	
F2	Aufzüge		0,0	200	0	0,0	
G. Arbeitshilfen		(PCs, Kaffeemaschinen)	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf	
G1	Anzahl PC-Arbeitsplätze	90 -	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m²a)	
G2	PC-Arbeitsplätze	80 W/Arbeitspl.	7,2	1.600	11.456	6,4	
G3	Kopierer, Beamer, Kaffeemaschinen ...		5,0	1.600	8.000	4,5	
H. Zentrale Dienste		(zentr. EDV, Waschm.)	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf	
H1	Küche: Essen/Tag	0 E/d	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m²a)	
H2	Küchen (Herde, Konvektomaten, Kühltheken, Spül.)		0,0	0	0	0,0	
H3	Server, USV, BMZ, TK, Stockwerksverteiler		0,0	0	0	0,0	
H4	Werkstätten, Waschmaschinen ...		0,0	0	0	0,0	
I. Warmwasser (elektr.)		Warmwasserbed. bei 40°C (I/P,d)	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf	
I2	Warmwasserbereitung el.	6	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m²a)	
I2	Warmwasserbereitung el.		2,0	3.500	7.000	3,9	
K. Summe Strombedarf			Leistung (kW)		Bedarf (kWh/a)	sp. Bedarf (kWh/m²a)	
K1	Summe Strombedarf		54		87.830	49,1	
L. Eigenstromerzeugung			Leistung x	Volllast =	Arbeit	sp. Arbeit	
L1	Photovoltaik, Blockheizkraftwerk		(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m²a)	
L1	Photovoltaik, Blockheizkraftwerk		31,0	850	26.350	14,7	
L2	Stromeinspeisung in das Hausnetz				13.175	7,4	
L3	Stromeinspeisung in das EVU-Netz				13.175	7,4	
L4	Strombezug aus dem EVU-Netz		34,8		74.655	41,7	
M. Stromkosten (brutto)		Leistung x	Leist.-preis+	Arbeit x	Arb.preis	Kosten	sp. Kosten
M1	KEWVPV Frankfurt 2016	(kW)	(€/kW,a)	(kWh/a)	(€/kWh)	(€/a)	(€/m²a)
M2	Leistungsbezugskosten	35	0,00			0	0,0
M3	Strombezugskosten Hochtarif			59.724	0,208	12.402	6,9
M4	Strombezugskosten Niedertarif			14.931	0,208	3.101	1,7
M5	Einspeisevergütung			13.175	0,110	1.449	0,8
M6	Stromkosten = Leistungskosten + Bezug HT + NT - Einspeisevergütung					14.053	7,9
N. CO ₂ -Emissionen		(Strombez.-	Einspeis.)x	sp.Emis. =	Emission	sp. Emis.	
N1	CO ₂ -Emissionen	(kWh/a)	(kWh/a)	(kg/kWh)	(kg/a)	(kg/m²a)	
N1	CO ₂ -Emissionen	74.655	13.175	0,62	38.118	21,3	

Abb. 60: Berechnungsblatt Gesamtkostenrechnung, Bsp. VE 11

4. Gebäudebewertung – Ergebniszusammenstellung

Basierend auf dem vorherigen Kapitel, indem die Methodik und Vorgehensweise der Gebäudebewertung umfassend erläutert wurde, werden nun zusammenfassend die wichtigsten Ergebnisse erläutert.

Zunächst wird eine Übersicht der vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen gegeben. Diese gliedern sich für jede Liegenschaft nach Gebäudehülle und Anlagentechnik, jeweils für die 3 Varianten und werden aufgeteilt in kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen. Damit wird dem Liegenschaftsmanagement ein umfangreiches Sanierungskonzept ihrer Liegenschaften vorgelegt; als Basis eines eigenständig weiter zu entwickelnden **Sanierungsfahrplans**. Dadurch ist ein entscheidender Schritt getan, in die zukünftige Investitionsplanung der öffentlichen Liegenschaften, neben den Kosten für die Instandhaltung, die Ausgaben für die energetische Sanierung/Modernisierung zu integrieren. Anschließend werden die jeweils möglichen **Energie-, CO₂- und Kosteneinsparungen** der 3 Varianten aufgezeigt.

4.1. Übersicht zu Sanierungsmaßnahmen/ Sanierungsfahrplan

In diesem Klimaschutzteilkonzept wurden Empfehlungen sowohl aus dem nicht-investiven wie auch aus dem investiven Bereich erarbeitet.

Der Bereich des nachträglichen Wärmeschutzes der Gebäudehülle zur langfristigen Reduzierung des Energiebedarfs sowie zur Verbesserung der Effizienz der Wärmeversorgungssysteme liegt verständlicherweise der kostenmäßige Schwerpunkt.

In Kapitel 2.6 „Konzept Energiecontrolling/ Energiemanagement“ und Kapitel 0 „Organisations- und Öffentlichkeitskonzept“ wurden bereits die **nicht-investiven Maßnahmen** vorgestellt. Sie umfassen insbesondere die Umsetzung des Messkonzepts mit zusätzlicher Neuinvestition und Installation neuer Zähler, Datenerfassung- und Auswertung, sowie den Aufbau eines Energie- und Klimaschutzmanagements.

Die Maßnahmen sind hier noch einmal stichpunktartig aufgelistet:

Kurzfristige und umgehend einzuleitende Maßnahmen

Energiecontrolling, -management

- Sichtung, Prüfung und ggfs. Vervollständigung des hier erarbeiteten Messkonzeptes,
- Umsetzung des Messkonzeptes, Reaktivierung bestehender Zähler, Einbau fehlender Zähler,
- Prüfen, ob Schulung für Hausmeister als umsetzbar erachtet wird. Wenn ja, dann Schulung für Heizungs- und Warmwasser-Regelung, Zählerablesung und Dokumentation sowie Einführung in das Energiecontrolling ansetzen,
- Prüfung, ob der Datenaustausch zukünftig online (intranet, Internet) für die Hausmeister erfolgen kann,
- Alle noch händisch erfassten und dokumentierten Verbrauchsdaten/Protokolle werden abgelegt und archiviert,
- Verbesserung der Grundlagen Energiecontrolling: BGF-Flächen abgleichen und aktualisieren, Vorhandene CAD-Pläne nach Schulung aktualisieren
- Austausch / Weiterbildung der verantwortlichen Hausmeister, Liegenschaftsmanager für das „Energiecontrolling“
- Ggfs. Überarbeiten und Anpassen der Tätigkeitsbeschreibungen, Qualitätssicherungsmaßnahmen
- In Facharbeitsgruppen die Vorschläge aus dem Klimaschutz-Teilkonzept zur energetischen Sanierung der Liegenschaften diskutieren: Verwaltung und GMSH. Prüfen für die Übernahme in einen Sanierungsfahrplan

- Erstellen des jährlich zu erscheinenden Energie- und Klimaschutzbericht der öffentlichen Liegenschaften

Diese Maßnahmen sollten kurzfristig angegangen werden. Hierbei ist ein Budget festzulegen, dass auch die Kosten für die Umsetzung des Messkonzepts, der Schulungen und Qualifizierung enthält und die im Sanierungsfahrplan als **kurzfristig** umzusetzende Maßnahmen vorsieht.

Im Folgenden werden die **investiven Maßnahmen** beschrieben. Wie bereits in Kapitel 3.1.4 dargelegt, bildet der Zeithorizont ein Auswahlkriterium für die Zuordnung der Sanierungsmaßnahmen zu den Sanierungsvarianten 1 – 3; unterteilt in kurz-, mittel- und langfristig. Hierdurch bleibt der Sanierungsfahrplan übersichtlich und die vorgeschlagenen Maßnahmenkombinationen können mit ihrem Energie- und CO₂-Einsparungspotential quantifiziert werden.

- **Sanierungsvariante 1** → **kurzfristige Maßnahmen**
- **Sanierungsvariante 2:** → **mittelfristige Maßnahmen**
- **Sanierungsvariante 3** → **langfristige Maßnahmen**

Die Zuordnung der Maßnahmen zu den Sanierungsvarianten erfolgte jedoch nicht nur nach dem Zeithorizont (kurz-, mittel-, langfristig). Vielmehr wurde versucht, auch auf Basis teilweise widerstrebender Zielhorizonte (Investitionskosten, Amortisation, Sanierungsbedarf und Klimafreundlichkeit) eine Wertung und Rangfolge zu benennen (Siehe für nähere Informationen dazu Kapitel 3.1.4). Dieser Abwägungsprozess ist auch bei der letztendlichen Aufstellung und Entscheidung eines verbindlichen Sanierungsfahrplans seitens der Amtsverwaltung bzw. des Gemeinderats zu berücksichtigen.

So empfehlen die Autoren ausdrücklich bei einer anstehenden Sanierung einer Liegenschaft stets alle Varianten prüfend in Betracht zu ziehen. Dabei sollte versucht werden, durch Zusammenlegen von Teilmaßnahmen grundsätzlich eine umfassende energetische Sanierung voranzutreiben, auch um die günstigen KfW-Mittel (mit hohem Tilgungszuschuss) einzuwerben.

Folgende Abbildungen zeigen den **Sanierungsfahrplan** aufgeteilt nach den Sanierungsvarianten 1-3 und den Bereichen Gebäudehülle und Anlagentechnik:

	Variante 1 --> kurzfristige Maßnahmen	Variante 2 --> mittelfristige Maßn.	Variante 3 --> langfristige Maßn.
VE 11 (Baujahr: 1992)			
Gebäudehülle	-	• Neue Fenster	wie Var. 2 + WDVS oder Vorhangfassade + Dachdämmung
Anlagentechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Eff. Beleuchtung • Lüftungstechnik: <ul style="list-style-type: none"> o optimierte Regelung o optimierte Nutzungssteuerung o Überprüfung effiziente Antriebe o Wartung/ Reinigung Filter 	wie Var. 1 + Photovoltaik	wie Var. 2 + Lüftungsanlage mit WRG für alle beheizten Räume (KVS)
VE 13 (Baujahr: 1973)			
Gebäudehülle	-	-	• Vorhangfassade mit erweiterter Dämmung • Fenster
Anlagentechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Eff. Beleuchtung • Lüftungstechnik: <ul style="list-style-type: none"> o optimierte Regelung o optimierte Nutzungssteuerung o Überprüfung effiziente Antriebe o Wartung/ Reinigung Filter o Überprüfung WRG 	wie Var. 1 + Photovoltaik	wie Var. 2
VE 16 (Baujahr: 1970)			
Gebäudehülle	-	<ul style="list-style-type: none"> • WDVS oder Vorhangfassade • Dachdämmung • Alle Fenster und Türen erneuern 	wie Var. 2
Anlagentechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Eff. Beleuchtung • Anschluss an Fernwärme 	wie Var. 1	wie Var. 2

Abb. 61: Sanierungsfahrplan – Teil 1

	Variante 1 --> kurzfristige Maßnahmen	Variante 2 --> mittelfristige Maßn.	Variante 3 --> langfristige Maßn.
VE 17 (Baujahr: 1993)			
Gebäudehülle	• Dämmung Kellerdecke	wie Var. 1 + Neue Fenster	wie Var. 2 + Vorhangfassade mit erweiterter Dämmung + Dachdämmung
Anlagentechnik	• Eff. Beleuchtung • Lüftungstechnik: o optimierte Regelung o optimierte Nutzungssteuerung o Überprüfung effiziente Antriebe o Wartung/ Reinigung Filter	wie Var. 1 + Photovoltaik	wie Var. 2 + Lüftungsanlage mit WRG für alle beheizten Räume (KVS)
VE 18 (Baujahr: 1993)			
Gebäudehülle	• Dämmung Kellerdecke	wie Var. 1 + Neue Fenster	wie Var. 2 + Vorhangfassade mit erweiterter Dämmung + Dachdämmung
Anlagentechnik	• Eff. Beleuchtung • Lüftungstechnik: o optimierte Regelung o optimierte Nutzungssteuerung o Überprüfung effiziente Antriebe o Wartung/ Reinigung Filter • Umluftkühlgeräte o optimierte Regelung o optimierte Nutzungssteuerung o Überprüfung effiziente Antriebe	wie Var. 1 + Photovoltaik	wie Var. 2 + Lüftungsanlage mit WRG für alle beheizten Räume (KVS)

Abb. 62: Sanierungsfahrplan – Teil 2

	Variante 1 --> kurzfristige Maßnahmen	Variante 2 --> mittelfristige Maßn.	Variante 3 --> langfristige Maßn.
VE 19 (Baujahr: 1985)			
Gebäudehülle	-	<ul style="list-style-type: none"> • Dachdämmung • Alle Fenster und Türen erneuern (außer Halle) 	wie Var. 2 + WDVS oder Vorhangfassade (außer Halle)
Anlagentechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Eff. Beleuchtung 	wie Var. 1 + Photovoltaik	wie Var. 2
VE 20 (Baujahr: 1979)			
Gebäudehülle	-	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Fenster 	wie Var. 2 + WDVS oder Vorhangfassade + Dachdämmung
Anlagentechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Eff. Beleuchtung 	wie Var. 1 + Wärmepumpe und Batteriespeicher	wie Var. 2
VE 21 (Baujahr: 1990)			
Gebäudehülle	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • WDVS oder Vorhangfassade • Dachdämmung • Fenster
Anlagentechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Eff. Beleuchtung • Lüftungstechnik: <ul style="list-style-type: none"> o optimierte Regelung o optimierte Nutzungssteuerung o Überprüfung effiziente Antriebe o Wartung/ Reinigung Filter 	wie Var. 1 + Photovoltaik	wie Var. 2 + Lüftungsanlage mit WRG für alle beheizten Räume (KVS)

Abb. 63: Sanierungsfahrplan – Teil 3

An dieser Stelle sei insbesondere auf das Förderprogramm „Ausgewählte Maßnahme im Rahmen des Klimaschutzmanagements“ der Kommunalrichtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten²⁵ hingewiesen. Hier können Investitionen für ausgewählte Maßnahmen mit Modellcharakter, die mindestens 70% an CO₂ einsparen mit bis zu 200t € bezuschusst werde. Voraussetzung dafür ist das Einrichten eine Klimaschutzmanagement. Auch dies wird vom Bund mit bis zu 65% bezuschusst und kann sozusagen als Anschubfinanzierung für ein langfristig einzurichtendes Energiemanagement angesehen werden.

²⁵ BMUB (2016). Kommunalrichtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten. https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/page/downloads/151007_krl_text_im_buanz.pdf

Da die Sanierungsvarianten 1-3 in der Gesamtkostenrechnung bezüglich ihrer Energie- und CO₂-Einsparung quantifiziert wurden, kann dies simultan auch für den Sanierungsfahrplan (kurz-, mittel-, langfristige Maßnahmen) erfolgen. In der Gesamtkostenrechnung wurden die Sanierungsvarianten allerdings aufeinander aufbauend bewertet (wie bereits in Kapitel 3.2.1 erwähnt). So wurden alle Maßnahmen, die in Sanierungsvariante 1 empfohlen wurden automatisch auch für die Sanierungsvarianten 2 und 3 übernommen, usw.. Um hier die spezifischen Investitionen und Energie- und CO₂-Einsparungen eindeutig den Zeithorizonten (kurz-, mittel-, und langfristig) zuzuordnen, wird daher vereinfachend Kosten und Einsparungen der Sanierungsvariante 1 von 2, sowie 1 und 2 von 3 abgezogen.

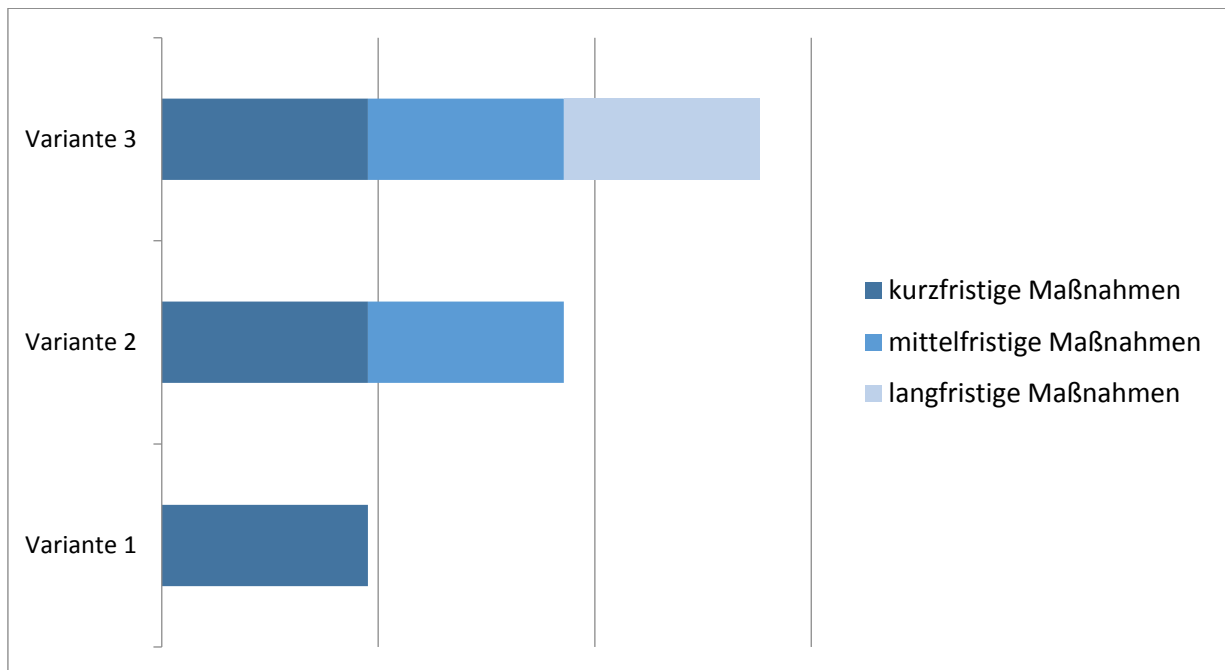


Abb. 64: Zuordnung der Varianten zum Zeithorizont

Zusammenfassend zeigt sich folgendes Ergebnis:

	Kurzfristige Maßnahmen	Mittelfristige Maßnahmen	Langfristige Maßnahmen
Maßnahmen	Sanierungsvariante 1: geringinvestive Maßnahmen; bspw., Kellerdeckendämmung, eff. Beleuchtung, Optimierung Lüftungsanlagen	Sanierungsvariante 2 (abzüglich Effekte Variante 1): verhältnismäßig hohe Investitionen in Gebäudehülle (Fenster, Dachdämmung) und Ausbau Photovoltaik	Sanierungsvariante 3 (abzüglich Effekte Variante 1 und 2): zusätzliche ambitionierte Maßnahmen in Gebäudehülle und Lüftungstechnik
Investition (Vollkosten)	ca. 577.000 €	ca. 1.810.000 €	ca. 2.688.000 €
Einsparung Energiekosten (stat.)	ca. 23.000 €/a	ca. 51.000 €/a	ca. 54.000 €/a
CO₂-Einsparung	ca. 81 t/a (35%)	ca. 149 t/a (64%)	ca. 2 t/a (1%)

Abb. 65: Sanierungsfahrplan – Ergebniszusammenfassung

Damit könnten – wenn die Abschätzungen zur CO₂-Minderung und die Maßnahmenumsetzung so erfolgen würden wie im Konzept unterstellt – langfristig ca. **232 tCO₂** vermieden werden. Bei einer CO₂-Emissionssituation von rd. 580 tCO₂ für den Ausgangszustand, würde dies eine CO₂-Minderung um ca. **40%** bedeuten. Dafür wären insgesamt Investitionen in Höhe von auf rd. **5.075.000€** nötig.

Erwartungsgemäß ist Variante 1 bezüglich der investierten Euro pro eingesparte Energiekosten am kosteneffizientesten. Auffällig ist, dass in Variante 3 trotz der höchsten Investitionskosten nur 2t/a an CO₂-Emissionen eingespart werden. Dies ist darin begründet, dass in Variante 3 nur Maßnahmen zur Verringerung der einzusetzenden Wärmeenergie vorgeschlagen wurden (Gebäudehülle und Nachrüstung von Wärmerückgewinnung bei Lüftungsanlagen). Da die Wärme klimaneutral erzeugt wird, sind hier keine CO₂-Einsparungen zu erwarten.

Unterstellt man, dass aufgrund der Klimaschutz-Ambitionen der Fachhochschule Lübeck und der Einsicht in langfristig energiekostensparendes Bewirtschaften der Liegenschaften, das Geld nicht nur für die Instandhaltung sondern zunehmend für die energetische Gebäude-Modernisierung verausgabt wird, sollte man für die erforderlichen Investitionen ein festes jährliches Budget einstellen.

Der künftige Sanierungsfahrplan sollte jährlich neu aufgestellt und im Energie- und Klimaschutzbericht der eigenen Liegenschaften dokumentiert werden. Dies macht die Vorhaben transparenter, die möglichen Einschränkungen bei Bau/Betrieb planbarer und für die betroffenen Nutzer ist dies ebenfalls frühzeitig bekannt.

4.2. Energie- und CO₂-Bilanzierung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Zusammenfassend sind nachfolgend die die Ergebnisse aus der Bestandsanalyse und die Einsparpotentiale der Varianten 1-3 für die untersuchten VEs im Rahmen der Gesamtkostenrechnung (Baustein 2 und 3) dargestellt.

Bestands-Situation	
Wärmeschutz, Anlagentechnik, Beleuchtung	
Energiekosten (heutige Energiepreise)	337.000 €, brutto
Energiekosten (4% Steigerung, 30a)	545.000 €, brutto
Endenergiebedarf	2.700 MWh/a
CO ₂ -Emissionen	579 t CO ₂ /a

Abb. 66: Übersicht Bestands-Situation

Einsparpotentiale – Variante 1		
Wärmeschutz, Anlagentechnik, Beleuchtung	absolut	in %
Investitionssumme	577.000 €, brutto	
Energieeinsparung	93 MWh/a	3%
Energiekosteneinsparung (heutige Energiepreise)	22.500 €, brutto	7%
Energiekosteneinsparung (4% Steigerung, 30a)	30.500 €, brutto	6%
CO ₂ -Minderung	82 t CO ₂ /a	14%
Investition pro eingesparte Tonne CO ₂	7.000 €/ t CO ₂ /a	

Abb. 67: Übersicht der Einsparungen, Variante 1

Einsparpotentiale – Variante 2		
Wärmeschutz, Anlagentechnik, Beleuchtung	absolut	in %
Investitionssumme	2.386.000 €, brutto	
Energieeinsparung	418 MWh/a	15%
Energiekosteneinsparung (heutige Energiepreise)	74.000 €, brutto	22%
Energiekosteneinsparung (4% Steigerung, 30a)	109.000 €, brutto	20%
CO ₂ -Minderung	230 t CO ₂ /a	40%
Investition pro eingesparte Tonne CO ₂	10.400 €/ t CO ₂ /a	

Abb. 68: Übersicht der Einsparungen, Variante 2

Einsparpotentiale – Variante 3		
Wärmeschutz, Anlagentechnik, Beleuchtung	absolut	in %
Investitionssumme	5.100.000 €, brutto	
Energieeinsparung	1.042 MWh/a	39%
Energiekosteneinsparung (heutige Energiepreise)	128.000 €, brutto	38%
Energiekosteneinsparung (4% Steigerung, 30a)	214.000 €, brutto	39%
CO ₂ -Minderung	232 t CO ₂ /a	40%
Investition pro eingesparte Tonne CO ₂	21.900 €/ t CO ₂ /a	

Abb. 69: Übersicht der Einsparungen, Variante 3

Folgende Abbildungen zeigen die Berechnungen und Ergebnisse je Liegenschaft in tabellarischer und graphischer Form.

Bei den Graphiken werden zunächst die derzeitigen CO₂-Emissionen mit den jeweiligen Energiebedarfen und Energiekosten verglichen (**Bestands-Situation**). In einem zweiten Schritt werden dann je Liegenschaft und Sanierungsvariante, die notwendigen Investitionskosten den eingesparten CO₂-Emissionen gegenübergestellt (**Einsparungspotential**). Die letzten Graphiken zeigen schließlich die Investitionskosten und die statische Amortisation (**Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**).

Auszug Detailanalyse – Bestandsanalyse

Bestand									
VE	Gebäude / Bauabschnitt	EBF	Energiekosten (Strom+Heiz)			Endenergiebedarf		CO2-Emissionen	
			statisch	dynamisch	spezifisch (dyn., incl. Umweltfolgen)	spezifisch	absolut	spezifisch	absolut
		m ²	€/a	€/a	€/m ² *a	kWh/m ² *a	MWh/a	kg/m ² *a	t/a
11	Labor-Physikalische Technik	1.790	39.639	63.142	37	164	294	40	72
13	Angewandte Naturwissenschaften	1.931	90.809	156.218	84	451	871	53	102
16	Gästewohnung	334	3.619	6.618	22	168	56	46	15
17	Laborgebäude AN / MW	2.941	69.145	115.318	41	196	576	33	97
18	Laborgebäude AN	2.941	83.689	125.558	46	180	529	65	191
19	Hochspannungslabor / EMV	194	14.893	22.043	123	467	91	185	36
20	Solarhaus	464	978	2.102	5	53	25	9	4
21	Laborgebäude AN / E / M	1.805	34.170	54.342	32	140	253	34	61
Summen:		12.400	336.942	545.341			2.694		579
Reduzierung um [%] :			100%	100%			100%		100%

Abb. 70: Auszug Detailanalyse (Baustein 2) – Bestandsanalyse

Auszug Detailanalyse – Sanierungsvariante 1

Sanierungsvariante 1									
VE	Gebäude / Bauabschnitt	Energiekosten (Strom+Heiz)	Endenergiebedarf	CO2-Emissionen	Investition	Einsparungen			Amortisation
		dynamisch	absolut	absolut		Energiekosten dynamisch	Energie	CO2	statisch
		€/a	MWh/a	t/a	€	€	MWh/a	t/a	a
11	Labor-Physikalische Technik	56.806	274	54	92.759	6.336	20	18	19
13	Angewandte Naturwissenschaften	145.638	836	79	100.587	10.580	35	23	13
16	Gästewohnung	9.230	53	2	14.368	-2.612	3	14	-11
17	Laborgebäude AN / MW	108.372	550	85	145.223	6.946	26	12	30
18	Laborgebäude AN	119.337	506	182	139.788	6.221	24	9	33
19	Hochspannungslabor / EMV	21.868	90	36	5.106	175	1	0	47
20	Solarhaus	1.797	47	3	11.416	305	-22	1	70
21	Laborgebäude AN / E / M	51.845	245	56	67.341	2.497	7	5	37
Summen:		514.893	2.601	497	576.588	30.448	93	82	30
Reduzierung um [%] :		6%	3%	14,1%		6%	3%	14,1%	

Abb. 71: Auszug Detailanalyse (Baustein 2) – Sanierungsvariante 1

Auszug Detailanalyse – Sanierungsvariante 2

Sanierungsvariante 2									
VE	Gebäude / Bauabschnitt	Energiekosten (Strom+Heiz) Endenergiebedarf		CO2-Emissionen	Investition	Einsparungen			Amortisation
		dynamisch	absolut	absolut		Energiekosten dynamisch	Energie	CO2	statisch
		€/a	MWh/a	t/a	€	€	MWh/a	t/a	a
11	Labor-Physikalische Technik	47.568	240	38	243.906	15.574	54	34	22
13	Angewandte Naturwissenschaften	138.588	819	58	168.417	17.630	52	44	13
16	Gästewohnung	5.275	30	2	108.207	1.343	26	14	147
17	Laborgebäude AN / MW	87.926	474	47	752.093	27.392	103	50	42
18	Laborgebäude AN	94.771	409	144	792.421	30.787	121	47	40
19	Hochspannungslabor / EMV	17.895	78	27	56.172	4.148	13	9	20
20	Solarhaus	1.388	5	1	113.739	714	20	3	303
21	Laborgebäude AN / E / M	43.125	224	32	151.236	11.217	29	29	18
Summen:		436.536	2.277	349	2.386.191	108.805	418	230	76
Reduzierung um [%] :		20%	15%	39,80%		20%	15%	39,80%	

Abb. 72: Auszug Detailanalyse (Baustein 2) – Sanierungsvariante 2

Auszug Detailanalyse – Sanierungsvariante 3

Sanierungsvariante 3									
VE	Gebäude / Bauabschnitt	Energiekosten (Strom+Heiz) Endenergiebedarf		CO2-Emissionen	Investition	Einsparungen			Amortisation
		dynamisch	absolut	absolut		Energiekosten dynamisch	Energie	CO2	statisch
		€/a	MWh/a	t/a	€	€	MWh/a	t/a	a
11	Labor-Physikalische Technik	34.996	166	38	695.850	28.146	127	34	40
13	Angewandte Naturwissenschaften	128.801	755	58	653.259	27.417	116	44	36
16	Gästewohnung	5.275	30	2	108.207	1.343	26	14	147
17	Laborgebäude AN / MW	42.515	206	47	1.307.310	72.803	371	50	31
18	Laborgebäude AN	75.239	291	144	1.287.378	50.319	238	47	43
19	Hochspannungslabor / EMV	17.345	74	27	62.740	4.698	16	9	20
20	Solarhaus	329	2	-1	131.636	1.773	23	5	144
21	Laborgebäude AN / E / M	26.887	128	32	827.708	27.455	125	29	50
Summen:		331.387	1.653	347	5.074.088	213.954	1.042	232	64
Reduzierung um [%] :		39%	39%	40,1%		39%	39%	40,1%	

Abb. 73: Auszug Detailanalyse (Baustein 2) – Sanierungsvariante 3

Bestands-Situation Liegenschaften FH Lübeck

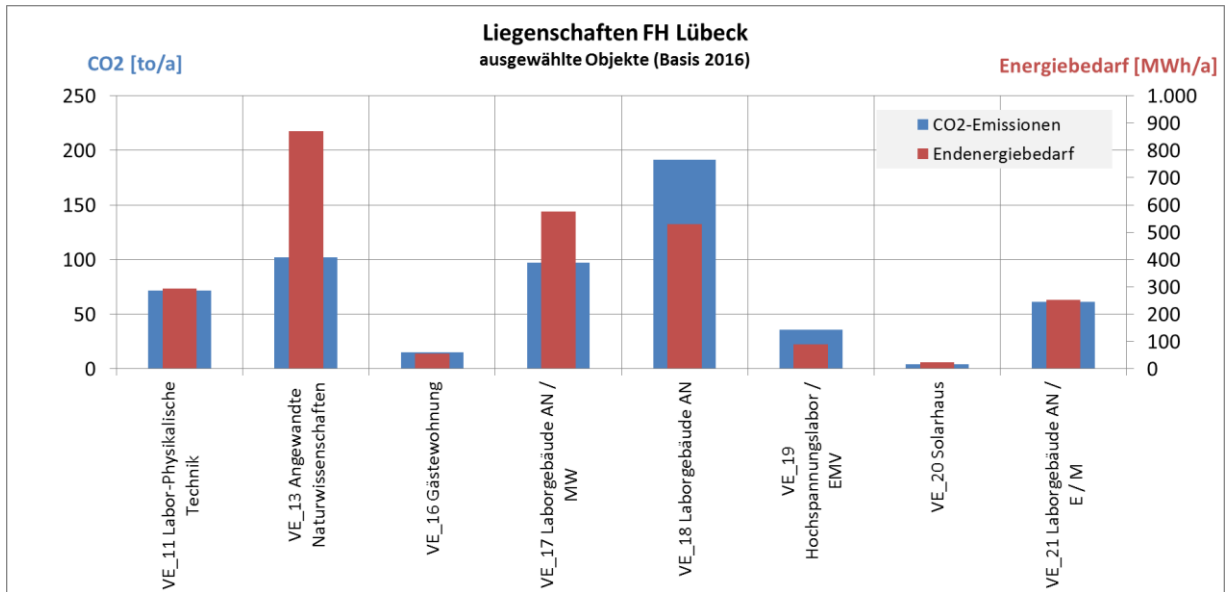


Abb. 74 Energie- und CO₂-Emissionssituation im Bestand

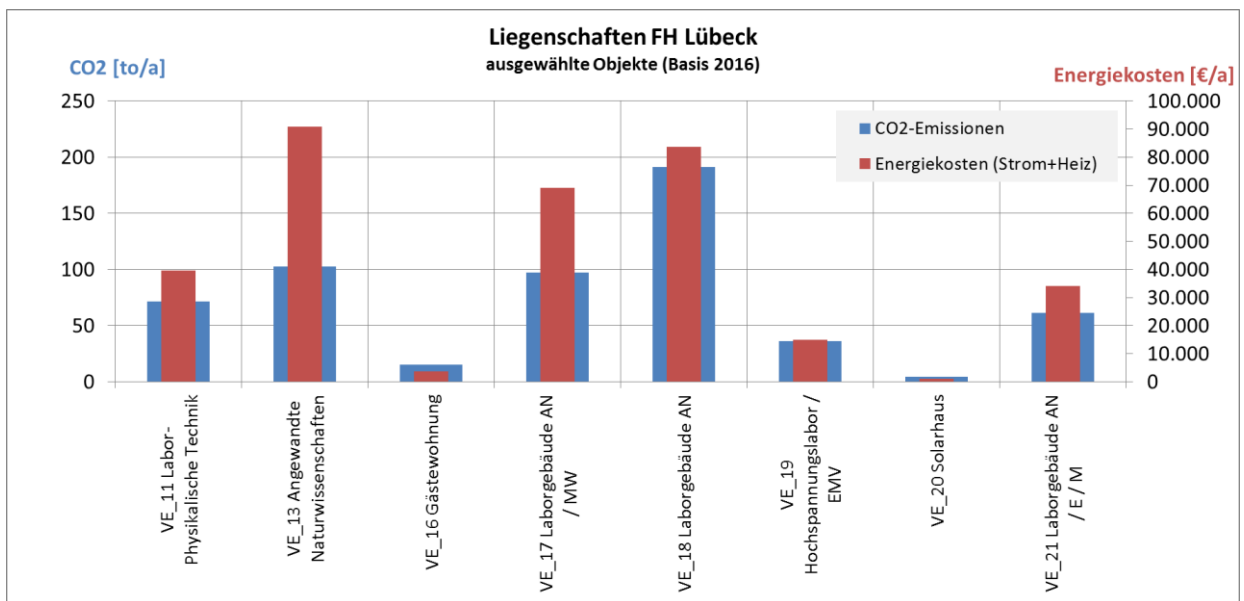


Abb. 75: Energiekosten- und CO₂-Emissionssituation im Bestand

Einsparungspotential Liegenschaften FH Lübeck, Variante 1

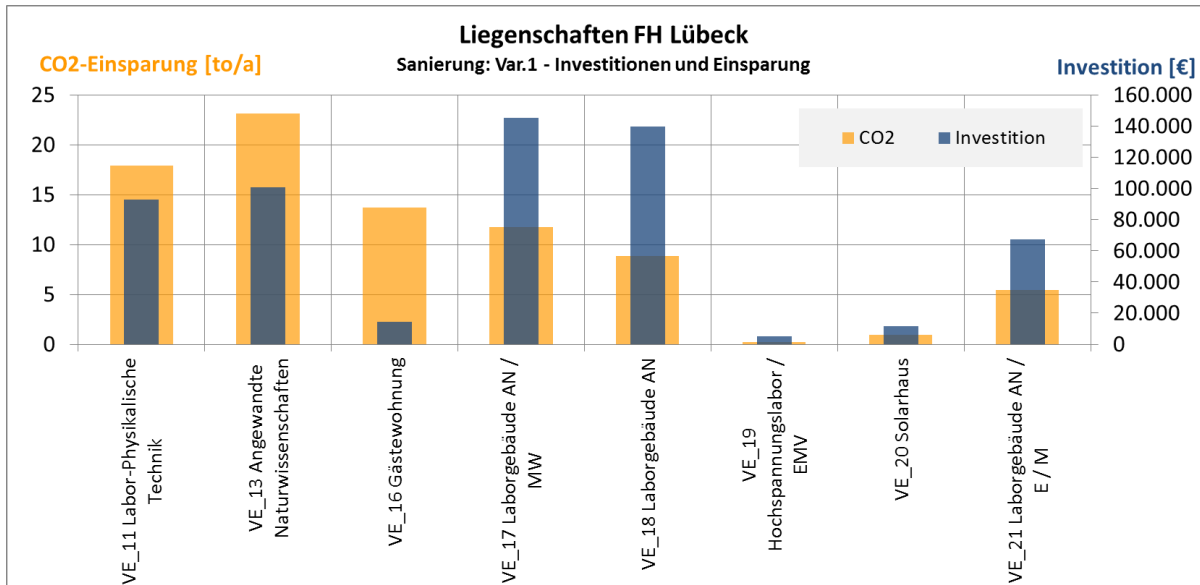


Abb. 76: Ergebnisse der Gesamtkostenrechnungen, Variante 1

Einsparungspotential Liegenschaften FH Lübeck, Variante 2

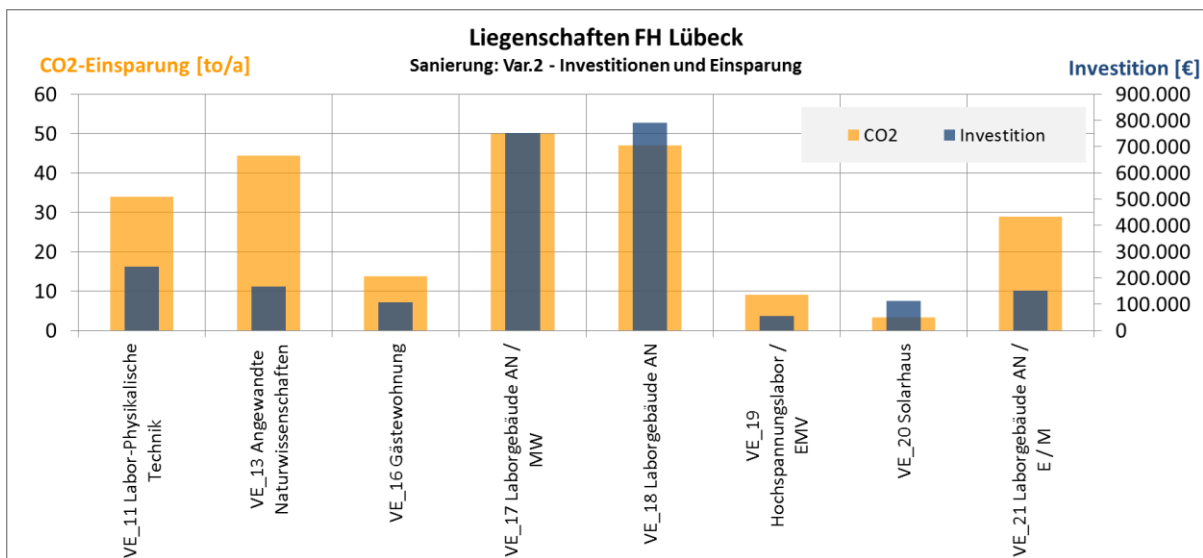


Abb. 77: Ergebnisse der Gesamtkostenrechnungen, Variante 2

Einsparungspotential Liegenschaften FH Lübeck, Variante 3

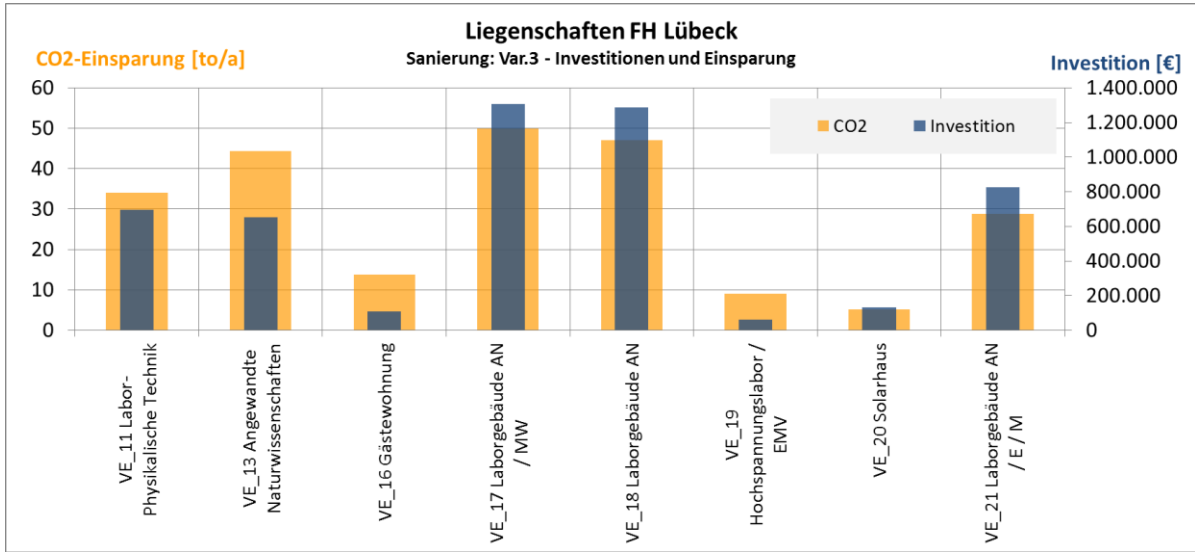


Abb. 78: Ergebnisse der Gesamtkostenrechnungen, Variante 3

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Liegenschaften FH Lübeck, Variante 1

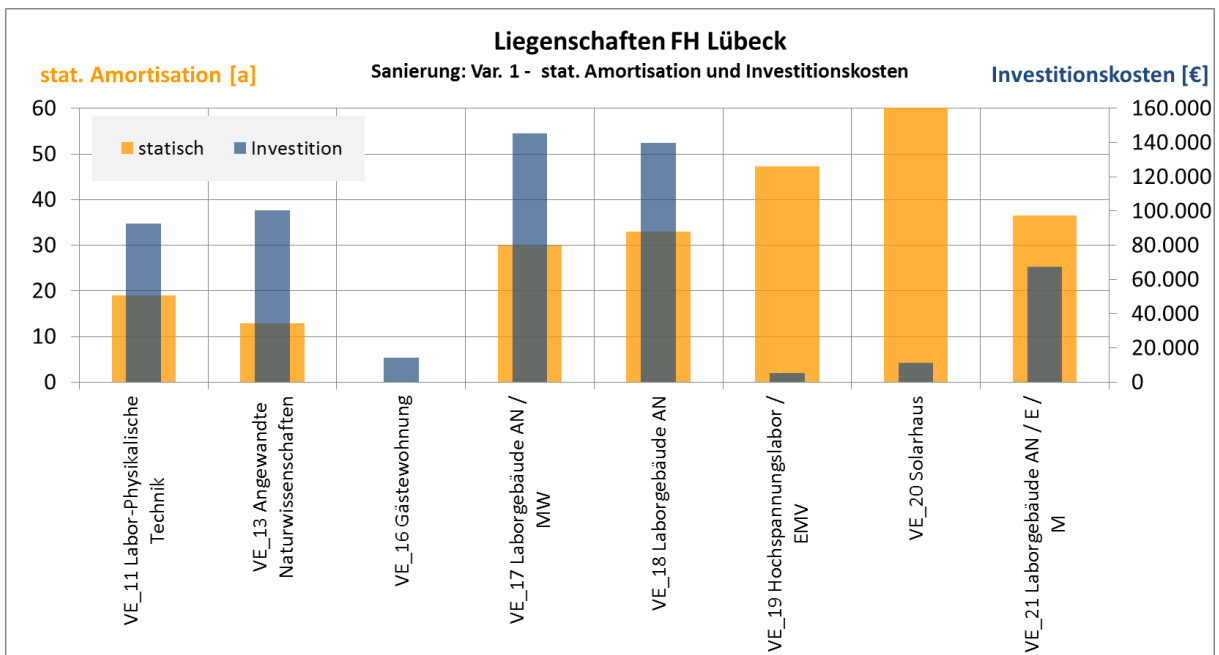


Abb. 79: Statische Amortisation und Investitionskosten, Variante 1

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Liegenschaften FH Lübeck, Variante 2

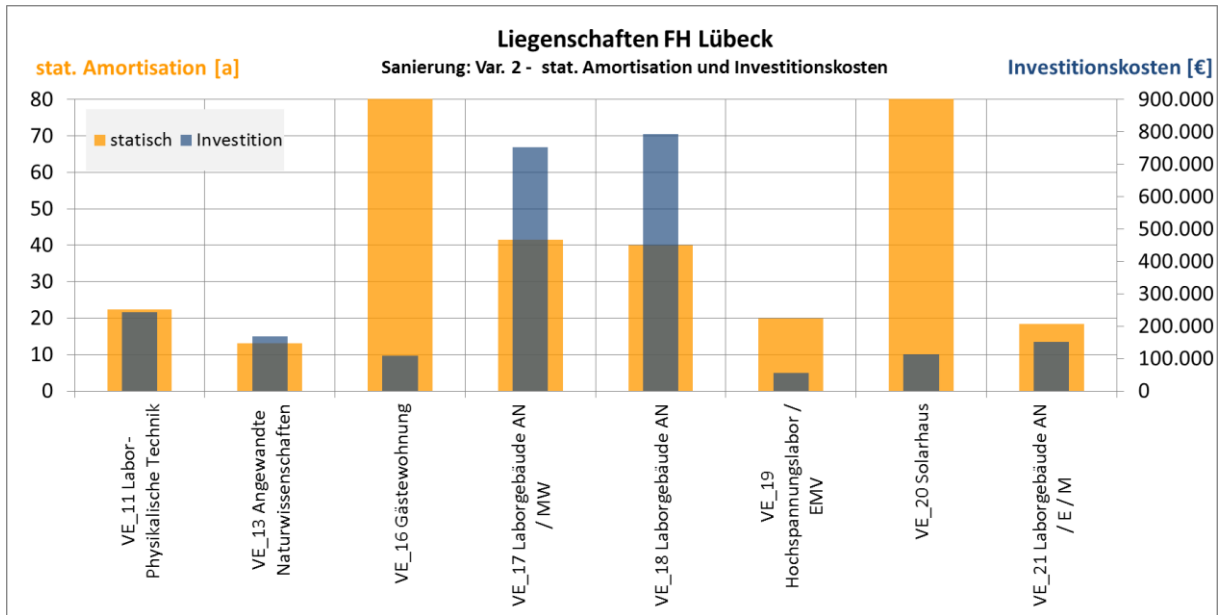


Abb. 80: Statische Amortisation und Investitionskosten, Variante 2

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Liegenschaften FH Lübeck, Variante 3

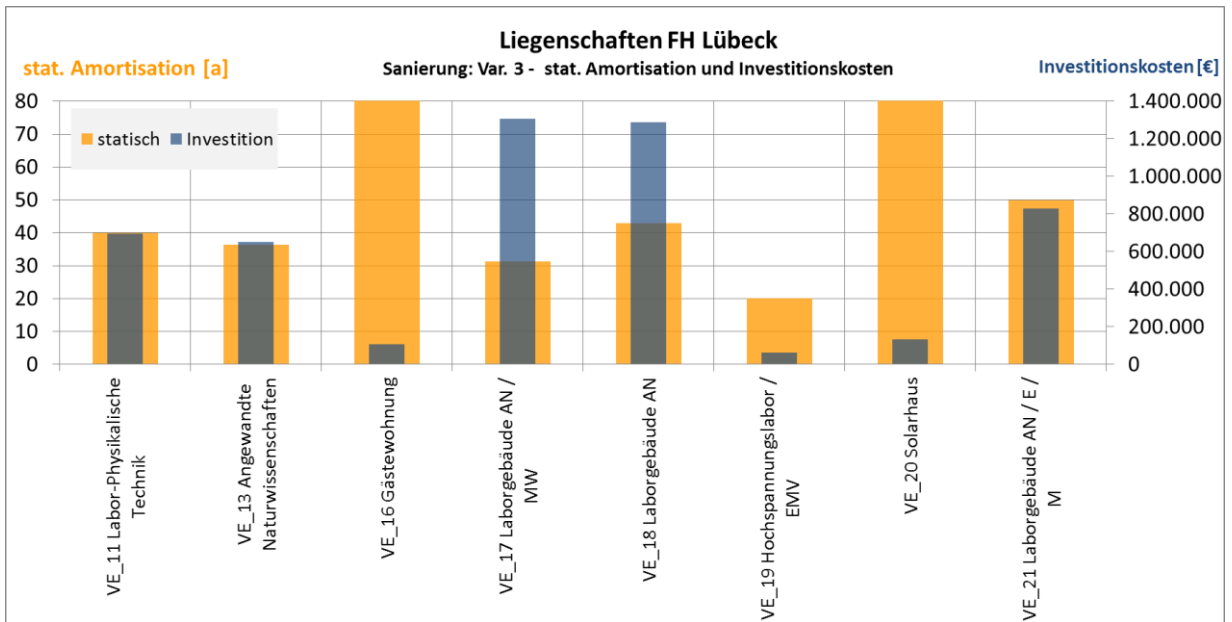


Abb. 81: Statische Amortisation und Investitionskosten, Variante 3

5. Controlling-Konzept

Das Controlling ist die Basis des Energiemanagements und dient als wichtiger Hintergrund für Entscheidungen für energetische Verbesserungen und Optimierungen. Die Ziele und Aufgaben von Energiecontrolling und Energiemanagement werden im Folgenden dargestellt und es wird ein Blick auf die Aktivitäten der Fachhochschule Lübeck geschildert und Anregungen für ein zukünftiges Energiecontrolling gegeben.

5.1. Aufgaben Energiecontrolling, weiterführende Informationen

Als Einstieg für die nachfolgende konkrete Analyse der Vor-Ort-Situation sollen zentrale Elemente des Energiecontrollings und –managements kurz beleuchtet werden.

Der Deutsche Städtetag²⁶, als ein kommunales Beispiel der öffentlichen Verwaltung, definiert Sinn und Zweck des Energiecontrollings folgendermaßen:

Energieverbrauchscontrolling ist ein geeignetes Instrument um Energiesparpotentiale in Gebäuden zu identifizieren. Die Energieverbrauchskennwerte geben Auskunft über die energetische Qualität von Gebäuden. Durch die umfangreichen Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnologie stehen gute und wirtschaftliche Instrumente zur Verfügung, um das Energiemanagement beim Energieverbrauchscontrolling zu unterstützen. Die Umsetzung der Energiesparmaßnahmen führt zu erheblichen Verbrauchs- und Kosteneinsparungen, die Ressourcen werden geschont und die Umwelt von Schadstoffen entlastet.

Zusammenfassend lassen sich folgende Vorteile des Energiemanagements feststellen:

- Einsparung von Bewirtschaftungskosten
- Erhöhung Versorgungssicherheit
- CO₂-Einsparung
- Imagegewinn und Vorbildfunktion
- Zunehmend auch eine öffentlich rechtliche Anforderung (z.B. Aushangpflicht Energieausweis, wirtschaftliche Haushaltsführung)

Voraussetzung für ein professionelles Energiecontrolling sind jedoch verschiedene, teils arbeitsintensive Aufgaben im operativen Geschäft auf der Verwaltungsebene:

- Genaue Übersicht über die eigenen Liegenschaften:
 - Gebäude, Gebäudeteile mit Angabe BGF, NGF (wenn nicht: Aufnahme, am besten differenziert nach unbeheizt, beheizt), und jeweiliges Alter der Bauerrichtung, Erweiterung, Sanierung/Modernisierung

²⁶ Deutscher Städtetag (2008). Hinweise zum öffentlichen Energiemanagement.
http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/kommunales_energiemanagement_2_1.pdf.

- Differenzierung der Gebäude- / teile nach Bauabschnitten, Nutzungen, Heizwärmeversorgung, Strom- und Wasserversorgung
- Aufnahme der Verbrauchsdaten der installierten Zähler
- Installation neuer Messeinrichtungen, wenn Unterzähler fehlen
- Mindestens mtl. Erfassung der Verbrauchsdaten, Eingabe in die EDV (web-basiert, Intranet)
- Witterungsbereinigung der Daten, Bildung von Kennwerten
- Dokumentation der korrigierten Verbrauchsdaten und Bewertung
- Identifizieren und Planen von Maßnahmen (energetische Sanierung, Nutzerverhalten, Effizienz, Wechsel Energieträger, etc.)
- Umsetzen der Maßnahmen und Kontrolle der Resultate

Wichtig: Ohne genaue Kenntnis der Gebäudesituation, der Anlagentechnik und vor allem der monatlichen Energieverbräuche lassen sich keine Kennzahlen ermitteln und damit keine Hinweise auf Spar- und Effizienzpotenziale. Außerdem lassen sich keine Sanierungsmaßnahmen sinnvoll ableiten oder vorplanen. Somit ist die sinnvolle, nachvollziehbare und kontinuierliche Verbrauchserfassung und Dokumentation die wichtigste Basis für das Energie- und ein langfristig angelegtes Liegenschaftsmanagement.

Mittelfristig ist eine EDV-basierte Erfassung der Gebäudedaten empfehlenswert. Dies ermöglicht zum einen eine klar strukturierte, effiziente und kontinuierliche Datenerfassung. Darüber hinaus bietet ein professionelles Software-Tool umfassende Möglichkeiten der Darstellung und Analyse der Daten. Für den Arbeitsalltag und Einarbeitung neuen Personals ist die von großem Vorteil. Weiterhin geht der Trend folgerichtig immer stärker auf online-basierte Anwendungen für größte Flexibilität und Komfort.

Zusammenfassend lassen sich folgende Aufgaben des öffentlichen Energiemanagements festhalten²⁷:

²⁷ Deutscher Städtetag: http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/kommunales_energiemanagement_1_1.pdf

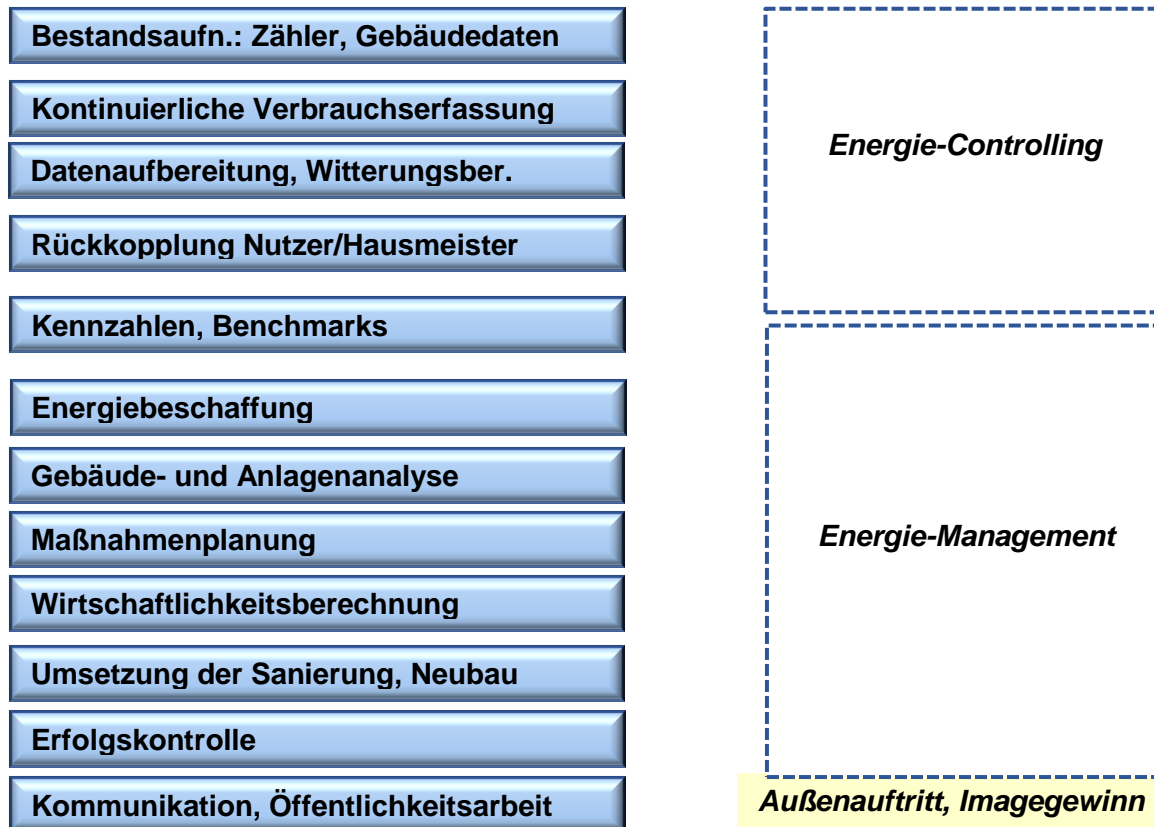


Abb. 82: Arbeitsschritte und Aufgaben des öffentlichen Energiemanagements

Weiterführende Informationen

Es gibt zahlreiche Beispiele aus der öffentlichen Verwaltung für ein funktionierendes Energiemanagement. Als Beispiel aus der Praxis auch unter dem Blickwinkel der Qualifizierung und Motivation des Verwaltungspersonals ist es sehr hilfreich auf „eigene“ Quellen zurückzugreifen. Ein Beispiel aus der kommunalen Verwaltung ist der Arbeitskreis Energieeinsparung des Deutschen Städtetages²⁸. Dieser veröffentlicht seit mehr als zwei Jahrzehnten (!) praktikable Hinweise zu eben diesem Thema: Kommunales Energiemanagement²⁹. Bisher sind mehr als 10 Einzelthemen in dieser Reihe behandelt.



Hinweise zum kommunalen Energiemanagement

2.0 Energiecontrolling, Berichtswesen und Öffentlichkeitsarbeit
Ausgabe 2.1 (alte Ausgabe 20) September 2008

Einsparung durch Energieverbrauchscontrolling im kommunalen Gebäudebestand

Abb. 83: Information: Hinweise kommunales Energiemanagement, Dtsch. Städtetag

²⁸ Deutscher Städtetag; <http://www.staedtetag.de/fachinformationen/energie/061541/index.html>

²⁹ Deutscher Städtetag http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/kommunales_energiemanagement_2_1.pdf

5.2. Bisherige Aktivitäten der Fachhochschule Lübeck

Datenerhebung

Die Verwaltung sammelt und hinterlegt die Erfassungen der Hausmeister von den monatlichen Zählerprotokollen und pflegt diese in einer Tabellenkalkulation. Eine kontinuierliche und alle Liegenschaften umfassende monatliche Verbrauchserfassung ist damit sichergestellt.

Zusätzlich liegen Daten zu charakteristischen Merkmalen (BGF, Baualter, TGA-Ausstattung, Sanierungsmaßnahmen) vor. Plandaten liegen entweder bei der Verwaltung der FH Lübeck oder bei der GMSH vor.

Dokumentation (Energiemanagement-Software)

Die Dokumentation der Verbräuche wird in einer EXCEL-Kalkulation vorgenommen. Zukünftig sollen eine Gebäude- und Energiemanagement-Software eingesetzt werden.

Eine systematische, umfassende Erfassung und Auswertung existiert so noch nicht. Hier kann zukünftig insbesondere mit der künftigen Gebäudeleittechnik (kurz: GLT), fernauslesbaren Zählern, einer Energiemanagement-Software und Integration der relevanten Energieeffizienzmaßnahmen angesetzt werden und eine weitere Professionalisierung erfolgen.

Controlling/ Auswertung

Derzeit erfolgt kein softwaregestütztes, umfassendes Aufbereiten von Energiedaten und entsprechendes Energiecontrolling. Kennwerte werden gebildet, Ziel ist es aber, objekt- und nutzungsspezifische Benchmarks automatisiert zu erstellen und Einspar- und Effizienzpotentiale damit schneller ableiten zu können.

Die Ergebnisse der internen Energiedatendokumentation fließen in die Umweltberichte

Bisher werden nur selten Sanierungsfahrpläne für die energetische Gebäudesanierung von Liegenschaften unter Zuhilfenahme geeigneter Software erarbeitet. Hier besteht Potential bei der Verbrauchserfassung zur Umsetzung zielgerichteter Maßnahmen zum Energiesparen und zur Energieeffizienz.

Organisations- und Öffentlichkeitskonzept

Eine Integration des zukünftigen Klimaschutz-Managements würde gerade dort Sinn machen, wo Expertise im Energie- und Gebäudebereich sowie im Bereich der technischen Anlagen vorhanden ist: bei der Abt. VI, Technische Dienste, wie nachfolgende Abbildung darstellt.

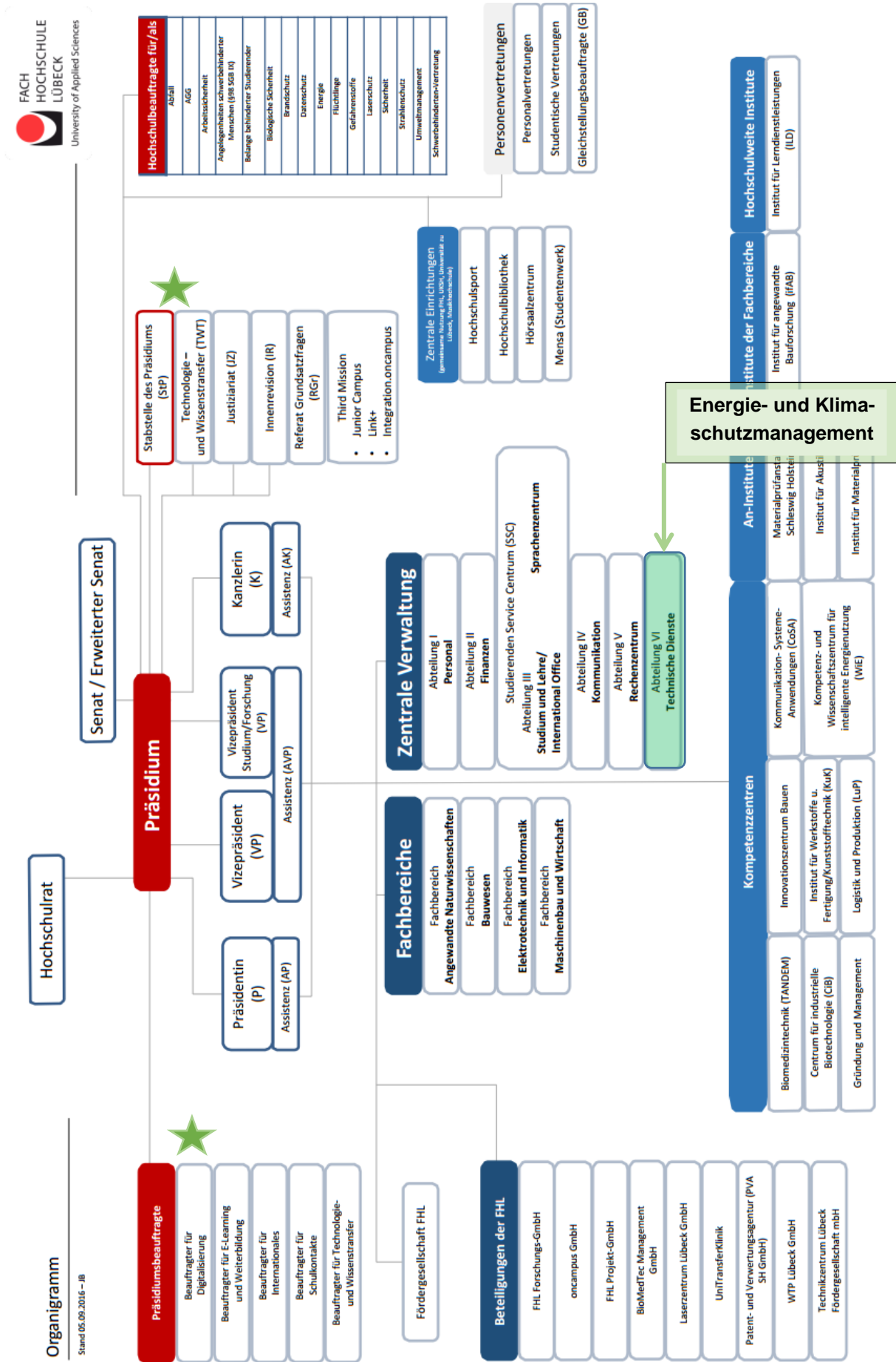


Abb. 84: Organigramm der FH-Lübeck

Aufgrund der Wichtigkeit der Aufgabe wird empfohlen, diese neue Ausrichtung zum Klimaschutz der eigenen Liegenschaften als Stabsstelle an das Präsidium eng anzukoppeln. Dies könnte durch eine organisatorische Zugehörigkeit zur Fachabteilung VI, technische Dienste erfolgen bei gleichzeitiger Berichtspflicht direkt an das Präsidium.

5.3. Empfehlung zum zukünftigen Energiecontrolling

Datenerfassung

Es besteht zwar bereits eine Datenerfassung; diese basiert jedoch lediglich auf manuell aufgenommenen Werten, die in einer Excel-Liste zusammengefasst werden. Dies ist ein erster guter Schritt, jedoch lässt sich dies heutzutage wesentlich effektiver und weniger fehleranfällig über eine softwarebasierte Lösung umsetzen.

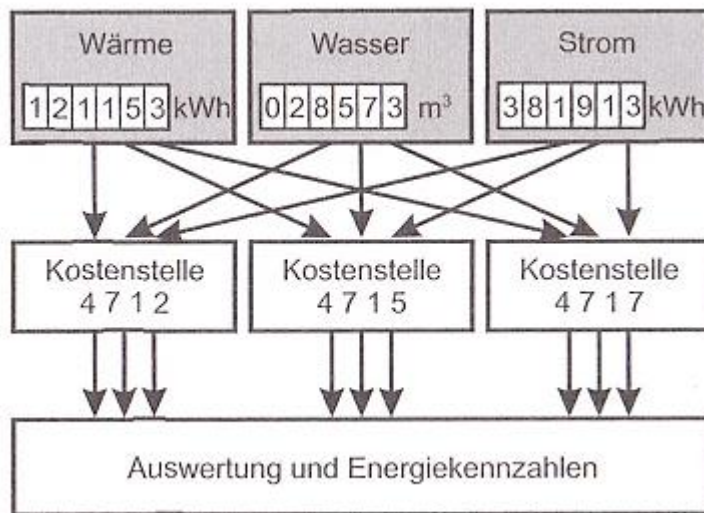
Um dies umsetzen zu können, sollte bei der bevorstehenden bzw. schon laufenden Erneuerung der Gebäudeleittechnik (kurz: GLT) darauf geachtet werden, eine zukünftige Energiemanagement- und –controlling-Software sowie eine adäquate Zählerstruktur mit einzuplanen. Dies sorgt dafür, dass Synergien genutzt werden können und die Systeme abgestimmt aufeinander sehr viel effektiver und genauer arbeiten können.³⁰

Die Verbindung zwischen den Zählern und der GLT würden eine einfache, digitale und kontinuierliche Verbrauchsdatenerfassung ermöglichen und somit auch den nächsten Schritt zu einer Energiemanagement-Software ermöglichen.

Für ein Energiecontrolling ist zunächst eine sinnvolle und umfassende Zählerinfrastruktur notwendig. Diese sollte folgende Messmedien erfassen:

- Strom
- Wärme
- Wasser/Abwasser
- Kälte
- Druckluft/techn. Gase
- Ggf. feste/flüssige Brennstoffe (z.B. Holzpellets, Öl. usw.)

³⁰ Aschendorf, Bernd: Energiemanagement durch Gebäudeautomation; Springer Vieweg, 2014

Abb. 85: Energiecontrolling (Energiemanagementfunktion).³¹

Die Zählerstruktur sollte so aufgebaut werden, dass jeder Gebäudekomplex einzeln erfasst wird; Nutzungsarten die stark voneinander abweichen, müssen gesondert erfasst werden. Um eine höhere Aussagefähigkeit der Daten zu erlangen, sollten energieverbrauchsstarke Anlagen/Geräte separat erfasst werden; wie z.B. Kühlaggregate, Serverräume, Lüftungsgeräte, etc. Weiterhin ist es sinnvoll, den Stromverbrauch der Beleuchtung, der Versorgungstechnik und spezieller Einrichtungen wie Röntgenlabor, Digestorien oder Mensa separat zu erfassen. Die Einbringung der Stromzähler ist deutlich einfacher und kostengünstiger als Wärmeverbräuche zu erfassen und zu messen.

Trotzdem müssen auch gebäudeweise die Wärmeverbräuche separat erfasst werden. Innerhalb der Gebäude macht es Sinn, hier wieder Großverbraucher separat zu erfassen. An den Heizkreisverteiltern ist dies möglich. Eine effektive Kontrollmöglichkeit, ob Heizstränge wirklich so gefahren werden, wie die Regelungseinstellung es beabsichtigt, ist nur über die Erfassung des Wärmetransportes mit den Vor- und Rücklauftemperaturen möglich. Dabei schließt sich der Kreis von Energiecontrolling und sinnvoller, abgestimmter Gebäudeautomation und -Leittechnik. Für das Energiecontrolling ist es sinnvoll, vorhandene GLT mit einzubeziehen. Zum einen kann man sie als Übergangslösung für fehlende Zähler nutzen. Hierbei kann über die erfasste Laufzeit und Leistung der angesteuerten Technik deren Verbrauch ermittelt werden. Weiterhin können über das Gebäudeautomationsnetz die Daten entweder an den Leitrechner der GLT oder an einen extra Energiecontrolling-Server geleitet werden. Außerdem kann das GLT dem Energiemanagementsystem wichtige Daten wie Temperatur und Betriebszustandsgrößen liefern.³²

Dokumentation und Auswertung (Energiemanagement-Software)

³¹ Merz, Hansemann, Hübner: Gebäudeautomation, Kommunikationssysteme mit EIB/KNX, LON und BACnet; Hanser, 2016

³² Informationen aus „Energiemanagement in Hochschulen“, Liers, Person, HIS: Forum Hochschule 13|2012

Auf Basis der zuvor benannten Erneuerung der GLT und die damit verbundene Möglichkeit der digitalen Datenerfassung sollte über die Anschaffung einer Energiemanagement-Software nachgedacht werden. Diese sollte nicht nur die Daten der Zähler archivieren und auswerten, sondern sollte auch direkt auf die Daten der GLT zugreifen können. Dadurch wird auch eine Auswertung der einzelnen Verbraucher wie z.B. der Lüftung ermöglicht.

Da die bisherige Leittechnik über das BACnet³³ kommuniziert und auch die neue GLT dieses Protokoll erfüllt, sollte auch die Software auf dieser Basis funktionieren.

Weiterhin sollte die Software dazu fähig sein, ein Energiemanagement nach DIN EN ISO 50001 durchführen zu können. Dazu sollte folgende Strategie verfolgt werden:

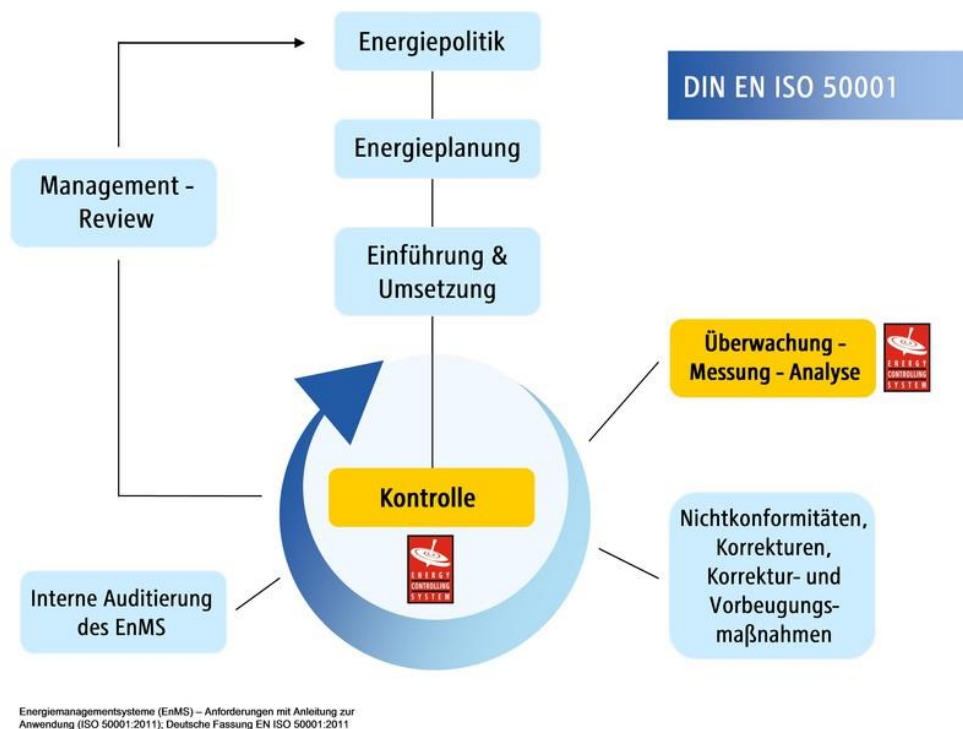


Abb. 86: Energiecontrolling (Energiemanagementfunktion).³⁴

Um also ein reibungsloses Zusammenspiel der Software und der GLT zu ermöglichen, sollten demnach folgende Punkte erfüllt sein:

- Verbrauchsdatenerfassung über GLT
- Komptabilität mit vorhandener Regel- und Steuertechnik (Kieback + Peter, Siemens) und der geplanten, neuen GLT
- Anforderungen nach DIN EN ISO 50001 erfüllend
- Kommunikationsmöglichkeit auch über BACnet gemäß dem Wunsch der FH-Lübeck

³³ Building Automation Network, standardisiertes Kommunikationsprotokoll für die Gebäudeautomation

³⁴ Merz, Hansemann, Hübner: Gebäudeautomation, Kommunikationssysteme mit EIB/KNX, LON und BACnet; Hanser, 2016

Hier setzt auch die „Vision“ eines zukünftigen Energiemanagements an: Die Energiedaten der öffentlichen Liegenschaften werden beim Liegenschaftsmanagement über die GLT im handshake-Verfahren an eine Management-Software übergeben. Es fließen die baulichen Daten der Liegenschaften und Vergleichswerte zu einem Benchmark zusammen. Weitere Dienstleistungen (Reporting, Abweichungswarnungen, Einpflege von Sanierungsmaßnahmen, etc.) können ergänzt werden. Außerdem können neben den Energiedaten auch noch weitere Daten z.B. der Lüftung oder des Wetters über das GLT an das Tool übertragen werden. Dies ist hilfreich, um eine genauere, systembezogene Auswertung zu ermöglichen.

In der Praxis wird dieses Verfahren auf Bundesebene derzeit eingesetzt; in Schleswig-Holstein führt die Landeshauptstadt Kiel es durch. Nachstehende Grafik soll die Dienstleistung für die Automatisierung der Verbrauchserfassung und Liegenschaftsdokumentation am Bsp. des Softwareprodukts Interwatt³⁵ veranschaulichen.

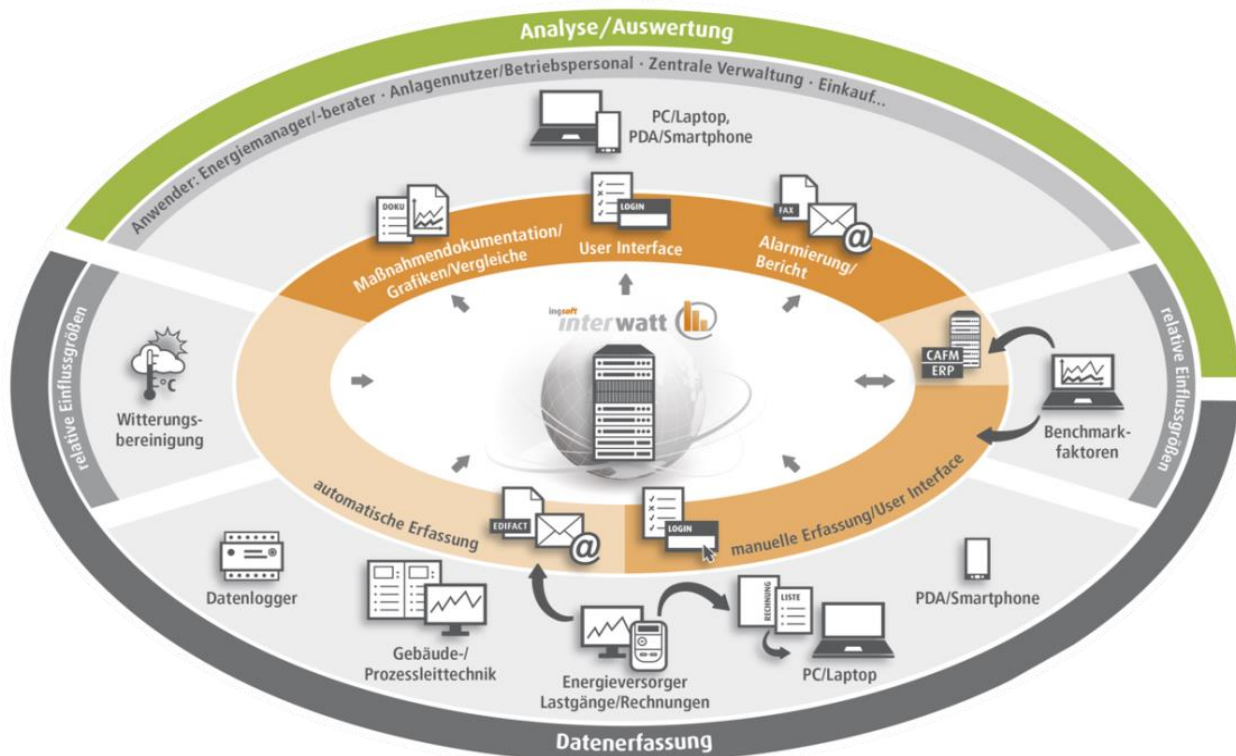
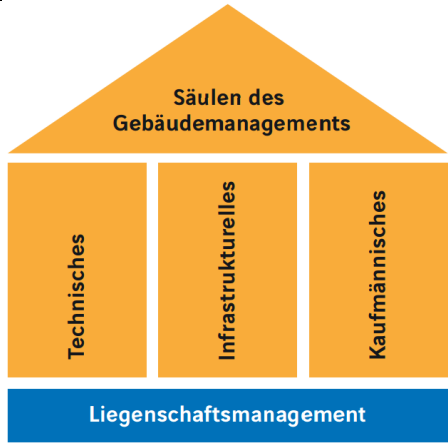
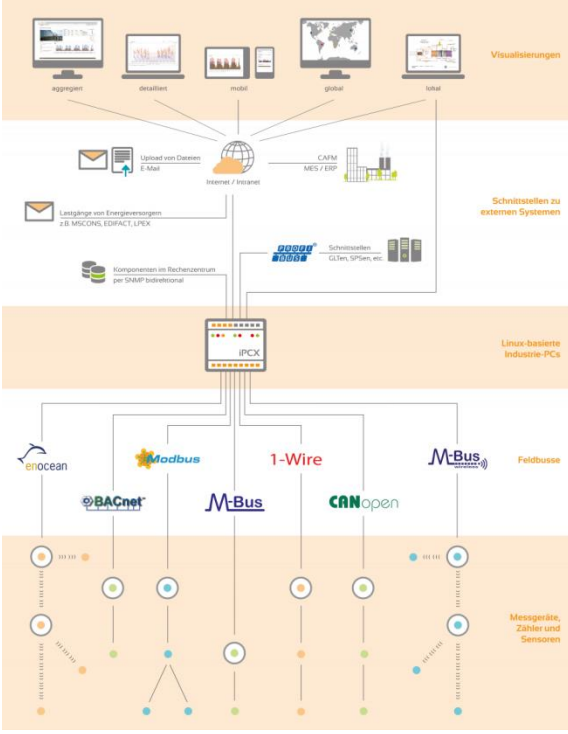


Abb. 87: Automatisierte Datenerfassung Energiemanagement, Bsp. Interwatt

In diesem Marktsegment existieren spezielle Ausführungen von Energiemanagement-Tools für öffentliche Liegenschaften. Eine begrenzte und willkürlich zusammengestellte Auswahl, die keinen Anspruch auf Repräsentativität hegt, zeigt die nachstehende Abbildung. Ein Schwerpunkt dieser Softwares muss auf der Verarbeitung der Daten liegen. Weiterhin sollten sie eine kontinuierliche Überprüfung der Verbräuche und Daten gewährleisten und vereinfachen.

³⁵ IngSoft (2016). Interwatt – Unsere Software für Ihr Energiemanagement. http://www.ingsoft.de/Energiemanagementsystem_IngSoft_InterWatt.ingsoft.

Tabelle 1: Energiecontrolling- und management-Software für öffentliche Liegenschaften

Produkt / Hersteller / Link	Grafik, Screen-shot vom Produkt
<p>Infoma Axians Infoma GmbH</p> <p>www.axians-in-foma.de/loesungen/liegenschafts-und-gebaeudemanagement/</p>	 <p>Für alle Aufgaben des kommunalen Liegenschafts- und Gebäudemanagements stehen Ihnen umfassende prozessorientierte Lösungen zur Verfügung</p>
<p>deZemSpecial deZem GmbH</p> <p>www.dezem.de/de/energiemanagementsystem/analysesoftware</p>	

Produkt / Hersteller / Link	Grafik, Screen-shot vom Produkt
<p>EKOMM 4.6 Ages GmbH www.ages-gmbh.de</p>	
<p>Ennovatis Controlling Software Ennovatis Schweiz AG www.ennovatis.com/prprodukte/controlling-software/</p>	
<p>InterWatt IngSoft GmbH www.ingsoft.de/Energiemanagementsystem_IngSoft_InterWatt.ingsoft?ActiveID=1744</p>	

Die Softwaremodule wurden – soweit möglich – auf ihre Fähigkeiten hin überprüft und die o.g. Anforderungen wurden hierbei berücksichtigt. Nicht alle schienen 100% geeignet, deshalb muss unter Beachtung der zuvor genannten Anforderungen eine Gewichtung erfolgen und darauf basierend abgewogen werden.

Basis für ein Profi-Tool zum Energie-Controlling ist jedoch die Vorstrukturierung und klare systematische Aufbereitung der Daten. Erst dann können damit sinnvolle Ergebnisse für ein Energie- oder Klimaschutzmanagement generiert werden. Einhergehend ist die Frage der Mitarbeiterschulung, Einweisung und Verantwortlichkeit der Pflege dieses Instruments festzulegen. Wir empfehlen in diesem Zusammenhang:

- Durchsicht Messkonzept und Erarbeitung einer Controlling-Strategie im Liegenschaftsteam,
- Erstellen von Aktivitätslisten und Aufgabenbeschreibungen zur Durchführung,
- Schulung für relevante Teammitglieder zum Umgang der anzuschaffenden Software.

Instrumente für die Bewertung/Vorplanung von energetischen Sanierungen

Weiterhin ist festzulegen, welche Instrumente und Bewertungsansätze z.B. für eine Entscheidungsfindung zur energetischen Sanierung/Modernisierung oder nur der Instandsetzung vom Energiemanagement-Team zu nutzen sind. Hier haben einige Verwaltungen und auch der Städte- und Gemeindetag hilfreiche Arbeit geleistet. Es stehen erprobte und praktikable Handreichungen zur Verfügung.

Auch vor diesem Hintergrund haben die Autoren für die Bewertung der Gebäude auf erprobte Methoden zurückgegriffen. Mit dem Tool „Gesamtkostenrechnung.xls“ lassen sich Sanierungs- und Neuvorhaben kommunaler Gebäude unter folgenden Aspekten bewerten (siehe Kapitel 3.1.3):

- Energie (End-, Primärenergiebedarf)
- Klimaschutz (CO₂-Emissionen, Einbeziehung von CO₂-Kosten und Umweltkosten)
- Wirtschaftlichkeit (Einbeziehung von Preissteigerungsfaktoren, Gesamtbetrachtung der Bewirtschaftungskosten, Fördermöglichkeiten)
- 4 verschiedene Varianten können rechnerisch und grafisch dargestellt werden.



Abb. 88: Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen 2014

Auch für den Bereich energieoptimierter und nachhaltiger Neubau stellt die Stadt Frankfurt³⁶ mit seinem „Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen“ gutes kommunales Planwerkzeug in aktueller Fassung zur Verfügung.

³⁶ Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen 2017, Frankfurt/Main; <http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Investive-Massnahmen/Leitlinien-wirtschaftliches-Bauen/Leitlinien-wirtschaftliches-Bauen-2017-Entwurf.pdf>

Erfahrungen anderer Hochschulen zum Thema Energie-Controlling / -Management

Die erwähnten HIS-Energie und Umwelt Dokumentationen sowie das HIW-Netzwerk bieten Einblicke in durchgeführte Projekte zu diesem Thema und Publikation aus Hochschulsicht. Zu nennen ist hier z.B. das „Handbuch³⁷ zur Unterstützung bei der Einführung eines Energiemanagements in Hochschulen“.

Die für die Anweisungen zum Betrieb öffentlichen Liegenschaften sehr hilfreiche AMEV sieht in dem Energiecontrolling-/Management eine sinnvolle und - ab ca. 100T€/a Energiebewirtschaftungskosten – wirtschaftliche Investition im Rahmen der Gebäudebetreuung:

AMEV, Energie 2010, Hinweise zum Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden³⁸:

Nutzen und Kosten des Energiemanagements

Allein durch konsequentes Energiecontrolling und Betriebsüberwachung – ohne größere Investitionen – wurden in vielen Verwaltungen 10% bis 30 % Einsparung an Energiekosten erreicht. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, ca. 10 % der Energiekosten explizit für ein kontinuierliches Energiemanagement zur Verfügung zu stellen. Bei typischen Energiekosten zwischen 10 und 20 €/m²*a kann daraus ein Personalbedarf von einer Vollzeitstelle auf eine betreute Gebäudefläche von 50.000 bis 100.000 m², je nach Energieintensität und technischer Ausstattung des Bestands abgeleitet werden.

Darüber hinaus sind größere investive Energiesparmaßnahmen finanzieren, um zusätzliche Energiesparpotenziale zu erreichen.

³⁷ Energiemanagement in Hochschulen, Handbuch zur Unterstützung bei der Einführung eines Energiemanagements in Hochschulen; Joachim Liers, Ralf-Dieter Person; HIS, 13 | 2012 www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201213.pdf

³⁸ AMEV, Energie 2010, Broschüre 105; www.amev-online.de/AMEVInhalt/Betriebsfuehrung/Energie%20und%20Medien/Energie%202010/energie2010.pdf

Energieausweise

Laut EnEV 2014 besteht für Energieausweise eine Aushangpflicht bei öffentlichen Gebäuden mit viel Publikumsverkehr größer 500 m² Nutzfläche (ab dem 8. Juli 2015 mehr als 250 m²) und im Vermietungsfall. Die bisherige Praxis der Abschätzung der Verbrauchswerte (statt realer Erfassung!) nach der Fläche (BGF) ist dabei nicht zulässig. In der Liegenschaftsdatenbank wurde die Aushangpflicht von Energieausweisen für jede Liegenschaft überprüft (anhand der Fläche und des Publikumsverkehrs). Die Angaben sind ggf. vom Bauamt durch genaue Flächenerhebung und das Aufkommen des Publikumsverkehrs noch zu verifizieren.

VE/ Geb.-	Gebäudebezeichnung	Aushangpflicht Energieausweise			
		Faktor A _N /NGF	Nutzfläche A _N	hoher Publikums- verkehr	Energie- ausweis ja/nein
1	Atrium	1,50	2.352	ja	ja
2	Hörsaal / FB Elektro. und Maschinenbau	1,50	1.198	ja	ja
3	Materialprüfanstalt (MPA) (alt)	1,50	509	nein	nein
03b	Materialprüfanstalt (MPA) (neu)	1,50	289	nein	nein
4	Elektrotechnik-Werkstoffprüfung	1,50	1.135	nein	nein
5	Maschinenhalle	1,50	890	nein	nein
6	Kesselhaus / Strömungslehre	1,16	136	nein	nein
9	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt	1,50	417	ja	ja
10	Vorlesungsräume: Maschinenbau-Klassentrakt	1,50	415	ja	ja
11	Labor-Physikalische Technik	1,50	1.193	ja	ja
13	Angewandte Naturwissenschaften	1,50	1.287	ja	ja
13 b	Centrum Industrielle Biotechnologie	1,50	922	ja	ja
14	FB Bauwesen	1,50	3.501	ja	ja
15	Labor Bauwesen	1,50	755	ja	ja
16	Gästewohnung	1,35	247	nein	nein
17	Laborgebäude AN / MW	1,50	1.961	ja	ja
18	Laborgebäude AN	1,50	1.961	ja	ja
19	Hochspannungslabor / EMV	1,16	167	ja	nein
19a	Verteilstation	1,16	216	nein	nein
20	Solarhaus	1,35	344	nein	nein
21	Laborgebäude AN / E / M	1,50	1.203	ja	ja
36	Zentrale Verwaltung, Präsidium	1,40	1.890	ja	ja

Abb. 89: Aushangpflicht Energieausweise

Demnach besteht für 14 der 28 untersuchten Liegenschaften eine Aushangpflicht.

6. Organisations- und Öffentlichkeitskonzept

Organisationskonzept

Typischerweise wird das Energie- und /oder Klimaschutzmanagement bei der technischen oder baulichen Linie der Verwaltung angesetzt. Bei Ansiedlung der Stelle innerhalb der bisherigen Verwaltungsstruktur sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass eine Anbindung an die Hauspitze in Form z.B. einer Stabsstelle, für die Umsetzung von Energie- und Klimaschutzmaßnahmen sehr förderlich ist. Denn über die Stabsstellenfunktion kann eine abteilungs- und bereichsübergreifende Abstimmung und Koordinierung von Energie- und Klimaschutzbelangen schnell und effektiv kommuniziert werden.

Die AMEV gibt hierzu folgendes Beispiel einer möglichen Organisationsform

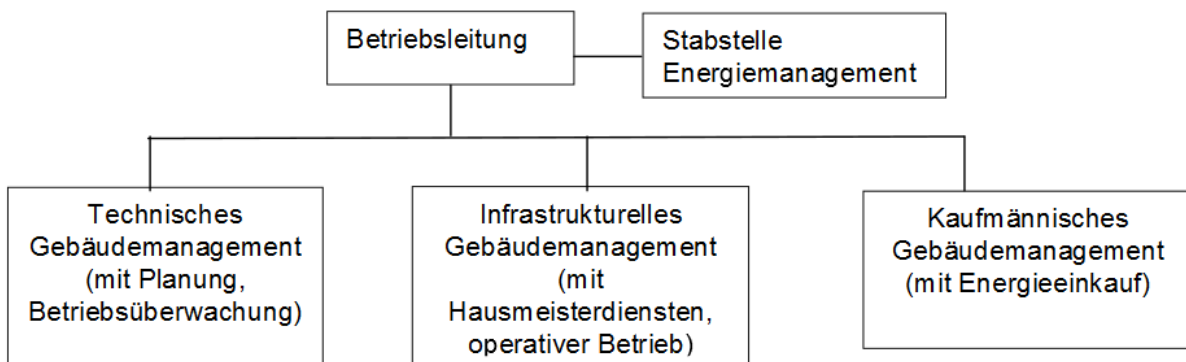


Abb. 90: AMEV: Organisationsbeispiel Energiemanagement als Stabsstelle

Entscheidend ist jedoch, dass dem Klimaschutz- bzw. Energiemanagement die gebührende wichtige Bedeutung, nicht nur in der Organisations-Form zuteilwird, sondern auch als Querschnittsaufgabe in der alltäglichen Verwaltungspraxis gelebt wird. Hierzu bedarf es insbesondere der Rückkopplung und des Austausches mit der GMSH, die federführend und als Landesstelle die investiven Maßnahmen vorbereitet, plant und bei der Umsetzung betreut.

Ob das Klimaschutzmanagement in der Verwaltung oder an anderer Stelle angesiedelt ist, ist dabei weniger entscheidend, als ein funktionierender zielführender Prozess und eine Kooperation der Entscheidungsträger, wenn es um die Bewirtschaftung und um Investitionsvorhaben der Liegenschaften geht.

Informations- und Rückkopplungsprozesse z.B. bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen oder der Auswertung der Energieverbrauchsdaten müssen gepflegt und kontinuierlich durchgeführt werden. Denn erst dies ermöglicht eine professionelle Erfolgskontrolle und zeigt die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen.

Wir empfehlen daher, die Hausmeister stärker in diesen Prozess einzubinden.

Weiterbildung, Qualifizierung

Dieser Prozess sollte von kontinuierlichen Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen für motivierte und interessierte Hausmeister mit mind. einmal jährlicher Qualifikation begleitet werden.

Parallel dazu muss auch dem Personal des Klimaschutz- und Liegenschaftsmanagements regelmäßig die Möglichkeit für Weiterbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen gegeben werden; dies insbesondere vor dem Hintergrund der sich ständig weiter entwickelnden Technik und der Veränderung der gesetzlichen, ordnungsrechtlichen Vorgaben.

Es gibt zahlreiche Angebote für Weiterbildung und Qualifizierung in diesem immer wichtiger werdenden Segment. Neben der Verbesserung des Know-Hows bedeuten diese Qualifizierungsmaßnahmen auch immer eine wichtige Qualitätssicherung der Dienstleistung der Klimaschutzstelle für die eigenen Liegenschaften. Daher kommt der Weiterbildung in Zukunft eine noch höhere Bedeutung als bisher zu.

Folgende Qualifizierungs-Maßnahmen erscheinen zielführend:

- CAD/Technisches Zeichnen; 2D, 3D - Erfassen der Bauunterlagen für die bestehenden Liegenschaften. Hier kann eine enge Verzahnung mit dem FB Bauwesen sehr viel Arbeit abnehmen, wenn die Kooperation zwischen Verwaltung und Professorenschaft gedeihlich wächst.
- Energiecontrolling / -management; halbtags als In-House-Veranstaltung; Vertiefung für verantwortliche Mitarbeiter.
- Technische Bedienung, Handhabung von Versorgungseinrichtungen (Heizung, Warmwasser, Lüftung) für Hausmeister, dem Team des Liegenschafts-/Klimaschutzmanagements. Auch hier kann in Kooperation mit dem Bereich Energie- und Gebäudeingenieurwesen sowie den Bereichen, die die Weiterbildungen für die „Gebäudeenergieberater“ durchführen, begonnen und dann sukzessive ausgebaut werden.
- Auswertung der Verbrauchsdaten und Erarbeiten von Benchmarks für die Liegenschaften. Auch hier sind sinnvolle Kooperationen mit dem Lehrkörper bzw. den Professoren denkbar im Bereich Angewandte Naturwissenschaften u.a. zur automatisierten Erfassung und Weiterverarbeitung der Energiedaten.

Eine kleine Übersicht entsprechender für das Thema Energiemanagement/Bauphysik qualifizierter Weiterbildungseinrichtungen zeigt nachstehende Aufstellung.






Internetseite	Screen-shot
http://www.oekozentrum-nrw.de/	
www.e-u-z.eu	
www.eza-allgaeu.de	
http://www.energieagentur.nrw.de	
http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/	

Abb. 91: Übersicht (Auszug) Weiterbildungseinrichtungen „Energie“

Zur adäquaten Verwendung des in diesem Klimaschutzkonzept genutzten Tools „Gesamtkostenrechnung“ empfehlen die Autoren die Inanspruchnahme angebotener Schulungen³⁹:

Schwerpunkte des Seminars sind die Vermittlung von Grundlagen zum Energie- und Wasserverbrauch sowie der zugehörigen Kostenstrukturen, die nutzerbedingten Sparpotentiale sowie die Umsetzung einfacher technischer Maßnahmen. Die Seminarteilnehmer erhalten umfangreiche Seminarunterlagen Externe können für 100 € pro Tag ebenfalls am Seminar teilnehmen ... Um die Energiebeauftragten bei ihrer Aufgabe maximal zu unterstützen, hat die Abteilung Energiemanagement im Hochbauamt das Seminarprogramm für die Energiebeauftragten aufgelegt. Ziel war, eine professionelle Aufbereitung und Darstellung des Themas Energie- und Wasserkostensenkung in öffentlichen Gebäuden mit entsprechender didaktischer Aufbereitung. Von Spezialisten aus den Bereichen Energiekostenberatung, Planung technischer Gebäudeausrüstung sowie der Erwachsenenbildung im Energie- und Umweltbereich wurde dazu eine viertägige Seminarreihe konzipiert.

³⁹ Stadt Frankfurt am Main, Hochbauamt, Energiemanagement :Seminarprogramm für Energiebeauftragte:
<http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Betriebsoptimierung/Seminarprogramm/Seminarprogramm.htm>

Öffentlichkeitskonzept

Die FH-Lübeck hat mit der Zertifizierung nach EMAS – Standard ihre umweltfreundliche und umfassende Arbeitsweise als Hochschule mit der immerhin 14. Umwelterklärung in 2016 deutlich unter Beweis gestellt. Als erste Hochschule in Schleswig-Holstein und als eine der ganz wenigen in Deutschland hat die FH Lübeck erfolgreich das Umweltmanagementsystem nach EMAS (Eco Management and Audit Scheme) bereits 2003 eingeführt.



Abb. 92: Deckseite Umwelterklärung 2016 FH Lübeck

In 2017 wird mittlerweile das dritte Mal der sogenannte EnergieEffizienzPreis⁴⁰ der Sp0arkassenstiftung zu Lübeck und der FH-Lübeck mit einem gesamten Preisgeld von 8.000€ vergeben.

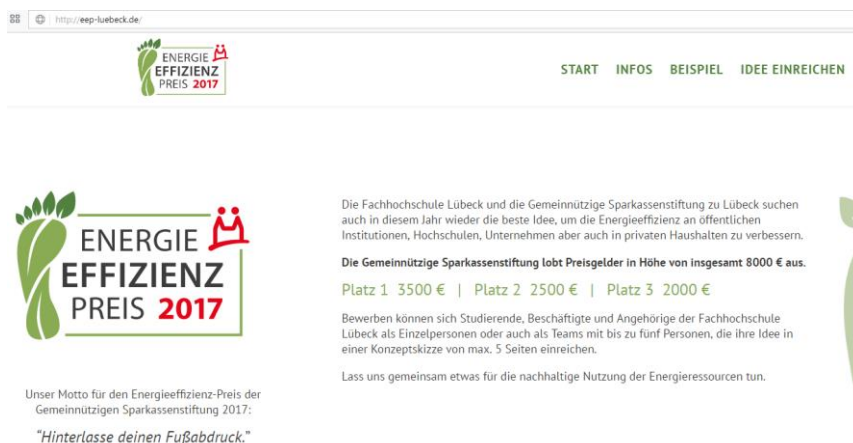


Abb. 93: Internetseite: FH Lübeck, EnergieEffizienzPreis

⁴⁰ <http://eep-luebeck.de/>

Diese beiden sehr öffentlichkeitswirksamen Aktivitäten stehen stellvertretend für viele kleine weitere Elemente, die im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der FH Lübeck erarbeitet werden.

Eine Fokussierung auf die Energie- und Klimaschutzbelange der eigenen Liegenschaften wäre sinnvoll und bietet die Möglichkeit, die eingesparten Energie- bzw. Bewirtschaftungskosten zu dokumentieren und auf die Erfolge der energetischen Spar- und Effizienzmaßnahmen hinzuweisen.

Beispielhaft ist dies der Stadt Stuttgart mit einer einfachen Grafik zum Thema: Aufwand und Nutzen für die Stadt gelungen. Stuttgart hat in ihrer langen Tradition zum öffentlichen Energiemanagement seit 1976 konsequent Aufwand und Nutzen der Abteilung transparent gemacht. Die wirtschaftliche Sinnhaftigkeit des Energie- und Klimaschutzmanagements steht damit außerhalb jeglicher Kritik.

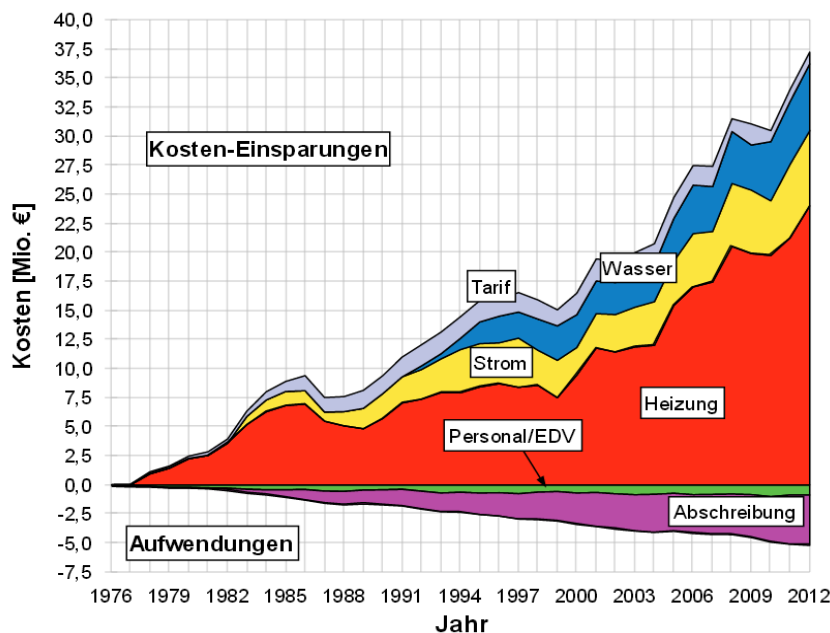


Abb. 94: Illustration monetärer Nutzen Energiemanagement (Bsp. Stuttgart)

Die Öffentlichkeitsarbeit sollte nicht nur die Kommunikation nach außen sondern auch die interne Kommunikation berücksichtigen. Wie erwähnt, unterstützen die Aktivitäten zu Weiterbildung, Schulung und zum gemeinsamen Erfahrungsaustausch nicht nur die Serviceaufgaben des Energie- und Liegenschaftsmanagements, sie dienen auch zur Mitarbeitermotivation und bilden eine Wertschätzung der Mitarbeiterschaft. Verantwortungsbewusste und engagierte Teamarbeit, Kreativität und Fachkompetenz sind schlecht per Arbeitsanweisung zu verordnen. Dazu bedarf es einer entsprechenden Mitarbeiterführung, die im Prozess stetig weiter entwickelt werden muss.

Die nach außen gerichtete Öffentlichkeit des öffentlichen Energiemanagements besteht in erster Linie darin, die Tätigkeiten und Maßnahmen bei der Gebäudebewirtschaftung / dem Klima-

schutzmanagement zu präsentieren. Regelmäßig – meist einjährig – muss der Bericht zum Klimaschutzreport der öffentlichen Liegenschaften von der Verwaltung vorgelegt werden.

Eine Anleitung mit zahlreichen öffentlichen Beispielen und eine erster Entwurf eines solchen Klimaschutzberichts für die eigenen Liegenschaften befindet sich in der Anlage G.

Die nachfolgenden Stichpunkte umreißen die wichtigsten Elemente für ein Öffentlichkeitskonzept:

- Kommunikation nach innen (!) und nach außen,
- Transparenz der Aktivitäten des zukünftigen Energie- und Klimaschutzmanagements der eigenen Liegenschaften,
- Dokumentation der aufbereiteten Energieverbrauchsdaten und Kurzvorstellung der Tätigkeiten und der Umsetzung von Projekten im eigenen Klimabericht Liegenschaften,
- Erste kleine Erfolge beim Klimaschutz über die Hausspitze kommunizieren, Pressemitteilungen erstellen, Kurzinfos auf der eigenen Homepage,
- Mit innovativen, zukunftsfähigen – auch kleinen – Projekten kann die Verwaltung ein positives Image kommunizieren,
- Wahrnehmen der Vorbildfunktion durch fachlich abgesicherte, innovative Sanierungsplanung,
- Inanspruchnahme von Fördermitteln bei der Sanierung und aktive Kommunikation der Haushaltsentlastung durch Energieeinsparung und Einwerben von Zuschüssen.

Bei der Bewerksstellung dieser Aufgabe sollte die Verwaltung immer auch den Kontakt zu anderen Verwaltungen suchen, da es eine Vielzahl erfolgreicher Projekte und Vorhaben im Verwaltungsapparat gibt: Das Rad braucht man nicht neu erfinden.

Eine kleine Übersicht an relevanten Informationen - hauptsächlich für den kommunalen Bereich - gibt nachstehende Zusammenstellung.

Beispiele Kommunales Energiemanagement

Wuppertal

http://www.wuppertal.de/microsite/gmw/energie_manage/index.php

Aachen

http://www.aachen.de/de/stadt_buerger/planen_bauen/gebaeudemanagement/ABTEILUNGEN/index.html

Frankfurt/Main

<http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/>

Stuttgart

<http://www.stuttgart.de/energie>

Hinweise zum öffentlichen Energiemanagement (Auszug) des Deutschen Städtetages

1.1 Das Energiemanagement im Rahmen der öffentlichen Gebäudewirtschaft (Juni 2010), [Download \(215 kB\)](#)

2.1 Einsparung durch Energieverbrauchscontrolling im öffentlichen Gebäudebestand (September 2008), [Download \(102 kB\)](#)

2.2 Energieverbrauchsausweise für öffentliche Gebäude (Dezember 2008), [Download \(711 kB\)](#)

2.3 Energieberichte für kommunale Liegenschaften (Juli 2002), [Download \(73 kB\)](#)

3.1 Energieleitlinien – Planungsanweisungen (Juni 2010), [Download \(234 kB\)](#)

3.4 Energieeffiziente und hygienische Warmwasserbereitung (August 2006), [Download \(77 kB\)](#)

3.5 Stromeinsparung in öffentlichen Gebäude (August 2009), [Download \(224 kB\)](#)

3.8 Energiekonzepte für öffentliche Gebäude, [Download \(810 kB\)](#)

4.1 Energieleitlinien – Betriebsanweisungen (August 2003), [Download \(169 kB\)](#)

4.2 Raumtemperaturen und Innenraumbeleuchtung im Gebäudebestand (Juli 2002), [Download \(105 kB\)](#)

4.3 Energie- und Wassereinsparung durch Beeinflussung des Nutzerverhaltens (Februar 2009), [Download \(206 kB\)](#)

AMEV Broschüre 105: Energie 2010, [Hinweise zum Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden](#)

Abb. 95: Infos zum öffentlichen Energiemanagement

7. Förderprogramme

Es stehen einige Förderprogramme für die Liegenschaften der Fachhochschule als Landesinstitution zur Verfügung; viele jedoch wegen dieser Trägerschaft aber auch nicht, z.B. KfW. Wesentliches Förderprogramm ist hierbei die Nationale Klimaschutzinitiative des BMU:

Errichtung verkehrsmittelübergreifender Mobilitätsstationen (wie u.a. Radabstellanlagen in Verbindung mit ÖPNV-Haltestellen) sowie Wegweisungssysteme, Verbesserung der Radverkehrsinfrastruktur, Radabstellanlagen, Neuerrichtung von LED-Beleuchtung auf Radverkehrsanlagen

Zuwendungsfähig: Sach- und Personalausgaben sowie Ingenieursdienstleistungen
Förderhöhe: bis 50 %, 10.000€ Mindestzuwendung, max. Zuschuss von 350.00 €
Institution: BMUB
Quelle: <https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/investive-massnahmen>

Klimaschutz bei der **LED-Außen-und-Straßenbeleuchtung** (Mindesteinsparung von 70/80 %)

Zuwendungsfähig: Einbau hocheffizienter LED-Beleuchtungstechnik
Förderhöhe: bis 20/25 %, 5.000€ Mindestzuwendung
Institution: BMUB
Quelle: <https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/investive-massnahmen>

Klimaschutz bei **LED-Lichtsignalanlagen**

Zuwendungsfähig: Einbau hocheffizienter LED-Beleuchtungstechnik
Förderhöhe: bis 30 %, 5.000 € Mindestzuwendung
Institution: BMUB
Quelle: <https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/investive-massnahmen>

Klimaschutz bei der **LED-Innen-und-Hallenbeleuchtung**

Zuwendungsfähig: Einbau hocheffizienter LED-Beleuchtungstechnik
Förderhöhe: bis 30 %, 5.000 € Mindestzuwendung
Institution: BMUB
Quelle: <https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/investive-massnahmen>

Klimaschutz bei **raumluftechnischen Anlagen**

Zuwendungsfähig: Gefördert werden die Sanierung sowie der Austausch raumluftechnischer Geräte unter Berücksichtigung hoher Effizienzanforderungen
Förderhöhe: bis 25 %, 5.000 € Mindestzuwendung
Institution: BMUB
Quelle: <https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/investive-massnahmen>

Klimaschutz bei Rechenzentren

Zuwendungsfähig: Gefördert werden Investitionen und Optimierungsdienstleistungen, die die Energie- und Ressourceneffizienz eines Rechenzentrums erhöhen. Es sind die Kriterien des Umweltzeichens Blauer Engel für energieeffiziente Rechenzentrumsbetriebe richtungsweisend.

Förderhöhe: bis 40 %, 5.000 € Mindestzuwendung

Institution: BMUB

Quelle: <https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/investive-massnahmen>

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2017

Zuwendungsfähig: festgelegte Vergütungssätze für 20 Jahre für Photovoltaik, Wasserkraft, Klärgas, Biomasse, Geothermie, Windkraft

Quelle: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/erneuerbareenergien-node.html

Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz - KWK-Anlagen

Zuwendungsfähig: Zuschläge für selbst genutzten und ins Stromnetz eingespeisten Strom aus hocheffizienten KWK-Anlagen

Förderhöhe: nach Vorlage von Ausschreibungsunterlagen gemäß Änderungsgesetz mit Wirkung 1.1.2017

Institution: BAFA

Quelle: http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kraft_Waerme_Kopplung/Stromverquetung/stromverquetung_node.html

Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz - Wärme- und Kältenetze

Zuwendungsfähig: bei mehr als 50% Wärmeeinspeisung aus KWK in öffentliche Netze

Förderhöhe: DN < 100 mm: 100€/m bis max. 40 % der Investitionskosten, bei DN > 100: 30 % der Investitionskosten

Institution: BAFA

Quelle: http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kraft_Waerme_Kopplung/Waerme_Kaeltenetze/waerme_kaeltenetze_node.html

Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz - Wärme- und Kältespeicher

Zuwendungsfähig: Neu- und Ausbau von Wärme- und Kältespeichern mit Wärme aus KWK-Anlagen

Förderhöhe: 250€/m³, max. 30% der Investitionskosten

Institution: BAFA

Quelle: http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kraft_Waerme_Kopplung/Waerme_Kaeltespeicher/waerme_kaeltespeicher_node.html

8. Anlagen

- A) Steckbriefe Benchmarking**
- B) Kennwerte, Potentiale (Benchmark, Gebäudeenergieverbrauch)**
- C) Objekt- Fotodokumentation**
- D) Ermittlung der Bruttogrundflächen (BGF) und wärmeübertragenden Umfassungsflächen**
- E) Energiebilanzierung, Varianten (Gesamtkostenrechnungen)**
- F) Darstellung typischer Sanierungsmaßnahmen Gebäudebestand (TUM)**
- G) Informationen Kommunales Energiecontrolling/-management**
- H) Musterenergiebericht**
- I) Hinweise Datenträger**