



Projekt:

Erstellung eines ganzheitlichen Energiekonzepts für die Liegenschaften der Hochschulen Weihenstephan
Phase V – Umsetzungs- und Gesamtkonzept



Auftraggeber:

Wissenschaftszentrum Weihenstephan
Umwelt- und Ressourcenmanagement
Alte Akademie 8
85354 Freising

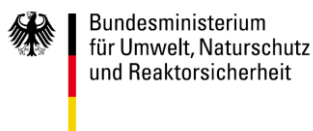
Erstellt:

Team für Technik GmbH
Büro München
Zehentstadelweg 7
81247 München
Tel. 089. 89 14 61-0
Fax 089. 89 14 61-10

Datum:

07. April 2011

Die Maßnahme wird gefördert durch die Bundesrepublik Deutschland,
Zuwendungsgeber ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Kurzfassung

Der vorliegende Teilbericht V zum ganzheitlichen Energiekonzept für die Liegenschaften der Hochschulen Weihenstephan dokumentiert das Umsetzungs- und Gesamtkonzept für das Vorhaben.

Im Teilbericht V werden die Ergebnisse der vorangegangenen Teilberichte I bis IV zusammengefasst und gegebenenfalls aktualisiert. Für jeden Teilbericht wird eine zusammenfassende Empfehlung ausgesprochen. Abschließend wird die Einführung eines liegenschaftsübergreifenden Energiemanagements beschrieben sowie ein Ablauf- und Zeitplan für die Maßnahmen vorgeschlagen.

Im Folgenden werden die aktualisierten Ergebnisse und Empfehlungen der jeweiligen Teilberichte aufgeführt.

Teilbericht I

- Inhalt:** Der aktuelle Energieverbrauch der Hochschulen auf dem Campus Weihenstephan sowie die damit einhergehenden CO₂-Emissionen und Energiekosten werden dargestellt. Ebenso wird die Energieverbrauchserfassung und die Verbrauchsabrechnung analysiert und dokumentiert.
- Ergebnis:** Der aktuelle Energieverbrauch am Campus Weihenstephan liegt bei etwa 38.000 MWh Fernwärme und fast 28.000 MWh Strom und verursacht jährliche CO₂-Emissionen von etwa 25.000 Tonnen. Die Preise für Fernwärme und Erdgas sind überdurchschnittlich hoch. Die Energieverbrauchserfassung ist noch unvollständig und uneinheitlich.
- Empfehlung:** Die Einführung eines Energiemonitoring-Systems zur Vereinheitlichung und Erleichterung der Verbrauchserfassung, -kontrolle und -abrechnung sowie das Führen von Preisverhandlungen mit dem Fernwärme- und dem Erdgasversorger werden empfohlen.

Teilbericht II

- Inhalt:** In Teilbericht II des Projektes wird das praktizierte Energieerfassungs- und Abrechnungssystem untersucht. Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Analyse wird ein einheitliches Energiemonitoring-System für die zukünftige Verbrauchserfassung, Verbrauchskontrolle und Verbrauchsabrechnung konzipiert.
- Ergebnis:** Für die Liegenschaften des WZW und der HSWT besteht noch kein einheitlicher Ansatz für die Erfassung, Auswertung und Analyse der Energieverbrauchswerte.
- Empfehlung:** Die schrittweise Einführung eines Energiemonitoring-Systems, bei der die Investitionen über mehrere Bauabschnitte verteilt, ein kleiner Pool großer Verbraucher aber schon kurzfristig einbezogen werden kann, bietet einen wirtschaftlichen und pragmatischen Einstieg für ein campusweites Energiemonitoring. Im ersten Schritt wird deshalb empfohlen, das Konzept für fünf Gebäude umzusetzen und schrittweise um zusätzliche Gebäude der HSWT und des WZW zu erweitern. Die CO₂-Emissionen können nach der Umsetzung dieser ersten Ausbaustufe voraussichtlich um rund 92 Tonnen pro Jahr reduziert werden. Gemäß der Grobkostenschätzung liegen die einmaligen Investitionen je nach eingesetzter Technik zwischen 30.000 Euro und 47.000 Euro und die Betriebskosten zwischen 6.000 und 9.000 Euro pro Jahr. Das jährliche Einsparpotential wird zu etwa 23.000 Euro abgeschätzt. Dies ergibt eine statische Amortisationsdauer von etwa eineinhalb bis drei Jahren.
- Die Einführung eines Energiemonitoring-Systems für die gesamten 75 untersuchten Gebäude ergäbe eine jährliche Reduzierung der CO₂-Emissionen von etwa 500 Tonnen und eine Einsparung von etwa 125.000 Euro pro Jahr.

Teilbericht III

- Inhalt:** Die 75 innerhalb des Projektes berücksichtigten Gebäude von WZW und HSWT werden hinsichtlich ihres Energieeinsparpotentials untersucht. Dazu werden für jedes Gebäude mehrere Energieeinsparmaßnahmen beschrieben, quantitativ bewertet und gemäß ihrer Effizienz und Wirtschaftlichkeit priorisiert. Darüber hinaus werden liegenschaftsübergreifende Maßnahmen (beispielsweise im Bereich des Nutzerverhaltens) untersucht und beschrieben.

- Ergebnis:** Die Gesamtverbrauchskosten für die 75 untersuchten Gebäude betragen 2008 fast fünf Millionen Euro. Dadurch, dass im Zuge von Preisverhandlungen nach Fertigstellung des Teilberichts III der Fernwärmepreis deutlich gesenkt werden konnte, reduzieren sich die entsprechenden Verbrauchskosten theoretisch auf 4,1 Millionen Euro pro Jahr. Die CO₂-Emissionen lagen im Jahr 2008 etwa bei 16.500 Tonnen.
- Das Kosten-Einsparpotential der Gebäude liegt (unter Berücksichtigung der neuen Fernwärmekonditionen) bei knapp 600.000 Euro pro Jahr bei Umsetzung der entwickelten Maßnahmenliste. Der CO₂-Emissionen reduzieren sich um rund 2.300 Tonnen. Dem Energieeinsparpotential stehen Investitionen von insgesamt etwa 7,7 Millionen Euro gegenüber.
- Das Einsparpotential im Bereich der Kälteerzeugung, -verteilung und -übergabe beträgt zusätzlich rund 300 Tonnen CO₂ und 67.500 Euro.
- Nach konservativer Schätzung können zusätzlich durch Einbindung und Motivation der Nutzer sowie Beeinflussung des Nutzerverhaltens jährlich voraussichtlich etwa 520.000 Euro bzw. fast 2.100 Tonnen CO₂ eingespart werden.
- Auch im Bereich der Druckluft und der Gebäudeleittechnik besteht Energieeinsparpotential, welches im Rahmen dieser Grobanalyse qualitativ aufgezeigt wird.
- Empfehlung:** Die Umsetzung der Energieeinsparmaßnahmen gereiht nach ihren CO₂-Vermeidungskosten bzw. alternativ nach der Amortisationszeit wird empfohlen. Die Energieeinsparmaßnahme mit den geringsten CO₂-Vermeidungskosten ist die wirtschaftlichste. Bei Umsetzung aller Maßnahmen mit negativen CO₂-Vermeidungskosten können mit 20 % der vorgeschlagenen Gesamtinvestitionen etwa 35 % der gesamten durch die berechneten Maßnahmen erzielbaren jährlichen CO₂- und Kosteneinsparungen erreicht werden. Bei Umsetzung der Maßnahmen nach Maßnahmenbündeln in Abhängigkeit von der Amortisationszeit können durch die Maßnahmenbündel 1 und 2 (Maßnahmen mit einer Amortisationszeit unter fünf Jahren) mit dem Einsatz von 2,5 % der vorgeschlagenen Gesamtinvestitionen fast 18 % der gesamten jährlichen CO₂-Einsparungen erzielt werden. Die Maßnahmenbündel 1, 2 und 3 (Maßnahmen mit maximal zehn Jahren Amortisationszeit) beinhalten 14,4 % der Gesamtinvestition, wodurch 38 % der insgesamt durch alle Maßnahmen erzielbaren CO₂- und Kosten-Einsparungen erreicht werden können.
- Ebenso empfohlen wird die Erstellung gewerkebezogener Teilkonzepte zur energieeffizienten Kälte- und Druckluftversorgung.
- Die Beeinflussung und Änderung des Nutzerverhaltens hinsichtlich eines bewussten Umgangs mit Energie und Ressourcen ist eine wesentliche flankierende Maßnahme. Dies beginnt mit der Entwicklung einer Strategie zur Einbindung und Motivation der Nutzer. Kampagnen beginnen sinnvollerweise erst dann, wenn das Energiemonitoring hinreichend weit umgesetzt ist, um den Nutzern quantitative Rückmeldungen zu Ihren Verhaltensänderungen und den resultierenden Einsparungen geben zu können („Feedback-Effekt“).

Teilbericht IV

- Inhalt:** In Teilbericht IV werden verschiedene Varianten zur Energieversorgung der Hochschulen in Weihenstephan hinsichtlich ihrer Umwelteigenschaften und ihrer Wirtschaftlichkeit untersucht und mit der bestehenden Energieversorgung verglichen.
- Ergebnis:** Unter den untersuchten Versorgungsvarianten ist die Umstellung der Wärmeversorgung am Campus Weihenstephan auf ein motorisches Erdgas-Blockheizkraftwerk mit Spitzenlast-Kesseln (Variante 7) die wirtschaftlichste. Für die Beibehaltung der bestehenden Fernwärmeversorgung (neues Fernwärmeangebot, Variante 2) sprechen trotz der etwas höheren Gesamtkosten die Aspekte geringere Energiekostenvolatilität, Mehrwert durch vermiedene Investitionen und Auslagerung organisatorischer Aufgaben.
- Empfehlung:** In Teilbericht IV dieses Projektes wurde vor dem Hintergrund der für den Bericht erarbeiteten Zwischenergebnisse zur Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Versorgungsvarianten empfohlen, die Vertragsverhandlungen zur Fernwärmeversorgung weiterzuführen. Dabei war auf Änderungen insbesondere bezüglich der Mindestabnahme und der Vertragsdauer besonders hinzuwirken. Anschließend sollte mit dem neuen Fernwärmepreis aus den Nachverhandlungen eine Abwägung getroffen werden, ob die Mehrkosten der Fernwärme gegenüber anderen untersuchten Alternativvarianten (insbesondere Variante 7 ‚BHKW‘) durch die Vorteile einer Fernwärmeversorgung (Mehrwert durch vermiedene Investitionen,



Auslagerung von Risiken und organisatorischen Aufgaben, geringere zu erwartende Energiekostenvolatilität) aufgewogen werden.

Ende Dezember 2010 wurde ein Fernwärmeliefervertrag mit der Fernwärmeversorgung Freising GmbH rückwirkend zum 01. Oktober 2010 mit einer Laufzeit von zehn Jahren abgeschlossen. Gegenüber dem alten Fernwärmeversorgungsvertrag konnten durch die Vertragsverhandlungen am gesamten Campus jährlich Wärmekosten in Höhe von etwa einer Million Euro eingespart werden. Die erzielbaren zusätzlichen Einsparungen bei einer Eigenversorgung waren mithin zu gering, um die zusätzlichen Belastungen durch den Aufbau von Personal und die Abwicklung eines großen Bauvorhabens aufzuwiegen.

Damit überschritten sich Umsetzung und Empfehlung zeitlich bereits. Mit Hilfe der Zwischenergebnisse zum Wirtschaftlichkeitsvergleich der untersuchten Varianten konnte der Fernwärmepreis in den Verhandlungen nochmals gesenkt werden.

Teilbericht V - Umsetzungskonzept

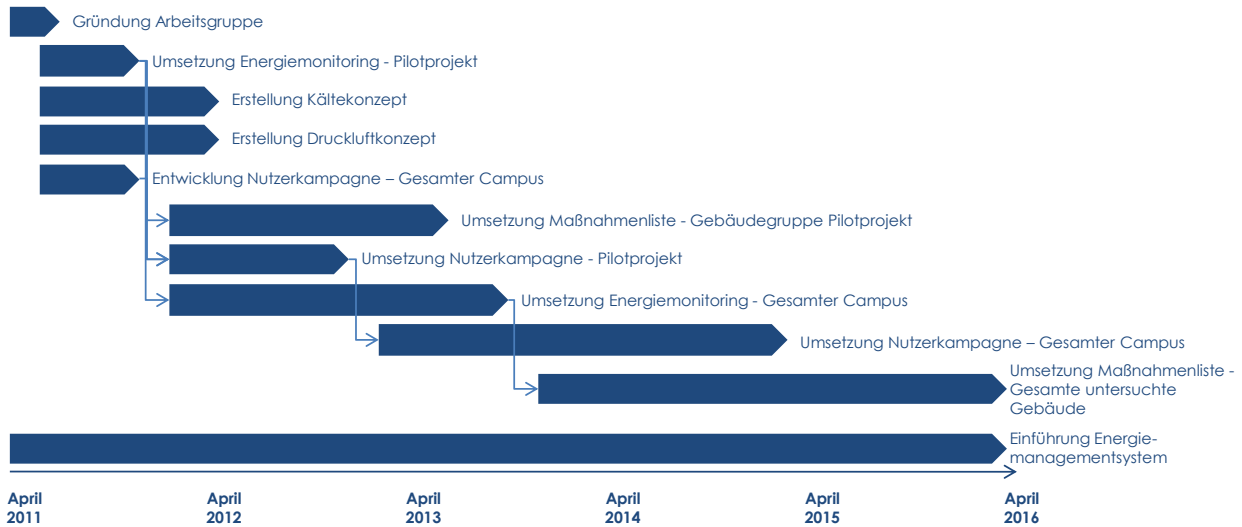
Das Gesamteinsparpotential aller vorgeschlagenen Maßnahmen für die 75 untersuchten Gebäude liegt bei etwa zwei Millionen Euro bzw. 5.200 Tonnen CO₂ pro Jahr. Demzufolge können nach Umsetzung der aufgeführten Maßnahmen fast die Hälfte der derzeitigen Energiekosten und annähernd ein Drittel des aktuellen CO₂-Ausstoßes eingespart werden.

Die Maßnahmen können gemäß dem nachfolgenden Ablauf- und Zeitplan umgesetzt werden.

Ablaufplan:



Zeitplan:



Um ein umfassendes Energiemanagement zu erreichen, soll erst das Energiemonitoring eingeführt und anschließend die Energieeinsparmaßnahmen gemäß der liegenschaftsübergreifenden Maßnahmenliste umgesetzt werden. Dies ermöglicht eine Erfolgskontrolle und erhöht die Nutzermotivation. Zeitgleich kann eine Umsetzungsstrategie für die Beeinflussung des Nutzerverhaltens entwickelt werden.

Die Ergebnisse des ganzheitlichen Energiekonzepts für die Liegenschaften der Hochschulen Weihenstephan wurden am 13. Januar 2011 im Rahmen einer Projekt-Abschlussveranstaltung vorgestellt. Die Teilnehmer dieser Veranstaltung kamen darin überein, institutsübergreifend für alle Gebäude auf dem Campus Weihenstephan ein Energiemonitoring-System zu installieren und die Anstrengungen im Bereich des Energiesparens zu intensivieren. Zur Koordination dieser Initiativen und zur Planung des weiteren Vorgehens wurde eine Arbeitsgruppe gegründet, die – besetzt mit Vertretern aller Einrichtungen am Campus – zukünftig das zentrale Gremium zur Umsetzung von Energiespar-Maßnahmen sein wird.



Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	III
INHALTSVERZEICHNIS	VII
1 EINLEITUNG	1
2 ERGEBNIS TEILBERICHT I: ERFASSUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS	2
2.1 ENTSTEHUNG UND NUTZUNG	2
2.2 LAGE UND GELÄNDEPLAN	2
2.3 DIE ENERGIEVERSORGUNG AM CAMPUS WEIHENSTEPHAN	3
2.3.1 WÄRME	3
2.3.2 STROM	4
2.3.3 WASSER	4
2.3.4 CO ₂ -EMISSIONEN	4
2.4 UNTERSUCHTE GEBÄUDE	6
2.5 ENERGETISCHES BENCHMARKING	6
2.6 EMPFEHLUNG	7
3 ERGEBNIS TEILBERICHT II: KONZEPTION EINES ENERGIEMONITORING-SYSTEMS	8
3.1 NUTZEN EINES ENERGIEMONITORING-SYSTEMS	8
3.2 FESTLEGUNG DER EINFÜHRUNGSVARIANTEN	10
3.3 WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG DER EINFÜHRUNGSVARIANTEN	11
3.3.1 GESAMTVERBRAUCH UND -EINSPARPOTENTIAL	12
3.3.2 KOSTENSCHÄTZUNG	13
3.3.3 WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG	13
3.4 ERGEBNISSE UND EMPFEHLUNG	14
4 ERGEBNIS TEILBERICHT III: ENERGETISCHE GEBÄUDEGROBANALYSE	16
4.1 BESTANDTEILE	17
4.2 ENERGETISCH UND WIRTSCHAFTLICH BILANZIERTER MAßNAHMEN: LIEGENSCHAFTSÜBERGREIFENDE MAßNAHMENLISTE	17
4.2.1 DETAILLIERUNGSEBENE 1: GESAMTEINSPARPOTENTIAL	18
4.2.2 DETAILLIERUNGSEBENE 2: EINSPARPOTENTIAL NACH MAßNAHMENBÜNDELN (GESAMTGELÄNDE)	20
4.2.3 DETAILLIERUNGSEBENE 3: EINSPARPOTENTIAL NACH EINZELMAßNAHMEN (GESAMTGELÄNDE)	22
4.2.4 DETAILLIERUNGSEBENE 4: EINSPARPOTENTIAL NACH EINZELMAßNAHMEN (BEZOGEN AUF EINZELGEBÄUDE)	24
4.2.5 PRIORISIERUNG DER GEBÄUDE NACH KOSTENEINSPARPOTENTIAL	24
4.3 ENERGETISCH BILANZIERTER MAßNAHMEN	25
4.3.1 EINSPARPOTENTIAL DURCH UMSETZUNG EINES GANZHEITLICHES KÄLTEKONZEPTS	25
4.3.2 EINSPARPOTENTIAL DURCH OPTIMIERUNG DER DRUCKLUFTANLAGEN	27
4.4 MAßNAHMEN AN DER GEBÄUDELEITTECHNIK	27
4.5 EINSPARPOTENTIAL DURCH BEEINFLUSSUNG DES NUTZERVERHALTENS	28
4.6 EINSPARPOTENTIAL DURCH SANIERUNG VON GEWÄCHSHÄUSERN	30
4.7 VERBESSERUNGSPOTENTIAL IM BEREICH DER KOMMUNIKATION UND ORGANISATION	30
4.8 EMPFEHLUNG	31
5 ERGEBNIS TEILBERICHT IV: GEGENÜBERSTELLUNG MÖGLICHER ERZEUGUNGSVARIANTEN	33
5.1 AKTUALISIERUNGEN: DATENBASIS UND RAHMENBEDINGUNGEN	33
5.2 FESTLEGUNG DER BEDARFSSZENARIEN	34
5.3 FESTLEGUNG DER ERZEUGUNGSVARIANTEN	35
5.4 KLIMAWIRKUNG DER ERZEUGUNGSVARIANTEN	36
5.5 WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG DER ERZEUGUNGSVARIANTEN	37
5.5.1 INVESTITIONEN	37



5.5.2	JAHRESGESAMTKOSTEN	37
5.5.3	KOSTENDECKENDER WÄRMEPREIS	38
5.6	EXKURS: PHOTOVOLTAIK	39
5.6.1	KLIMAWIRKUNG	39
5.6.2	WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG	39
5.7	EMPFEHLUNG	39
6	PROJEKTBEGLEITUNG UND ERGÄNZENDE BETRACHTUNGEN	41
6.1	ERGÄNZENDE ASPEKTE ZUR ENERGIEVERSORGUNG	41
6.1.1	STROMNETZ	41
6.1.2	MAXIMUMÜBERWACHUNG UND SPITZENLASTABWURF	41
6.1.3	FERNWÄRMENETZ	41
6.1.4	GRUNDWASSERNUTZUNG	42
6.1.5	NEUBAUTEN	42
6.1.6	ENERGIE-ABRECHNUNGEN	43
6.2	AUFTAKTVERANSTALTUNG	43
6.3	ABSCHLUSSVERANSTALTUNG UND WEITERES VORGEHEN	44
7	EINFÜHRUNG EINES ENERGIEMANAGEMENTSYSTEMS	45
7.1	RELEVANZ FÜR DAS PROJEKT UND FÜR DEN CAMPUS WEIHENSTEPHAN	45
7.2	ENERGIEMANAGEMENT	46
7.3	ENERGIEMANAGEMENTSYSTEM	46
7.4	NUTZEN	46
7.5	VORAUSSETZUNG	47
7.6	DIE NORM DIN EN 16001	47
7.7	BESTANDTEILE DES ENERGIEMANAGEMENTS	48
7.7.1	VERANTWORTLICHKEITEN DER FÜHRUNGSEBENE UND ENERGIEPOLITIK	48
7.7.2	PLANEN (PLAN)	49
7.7.3	UMSETZEN (DO)	53
7.7.4	KONTROLLIEREN (CHECK) UND HANDELN (ACT)	53
7.8	ZUSAMMENFASSUNG ENERGIEMANAGEMENTSYSTEM	53
8	ABLAUF- UND ZEITPLAN	55
9	ZUSAMMENFASSUNG	59
9.1	EMPFEHLUNG DER TEILBERICHTE	59
9.2	GESAMTEINSPARUNG	60
9.3	ABLAUF- UND ZEITPLAN	61
ANLAGEN		I

1 Einleitung

Aus den Ergebnissen der vorausgegangenen Teilberichten I bis IV wird im vorliegenden Teilbericht V ein nach wirtschaftlichen, energetischen und ökologischen Kriterien erarbeitetes Umsetzungs- und Gesamtkonzept dokumentiert. Dieses liefert eine Entscheidungsgrundlage für die gezielte Realisierung von Maßnahmen, die mit vertretbarem Kapitaleinsatz den größtmöglichen ökonomischen und ökologischen Nutzen erbringen.

Im Teilbericht V „Umsetzungs- und Gesamtkonzept“ werden die Teilberichte I bis IV zusammenfassend dargestellt. Diese Zusammenfassung für jeden Teilbericht enthält eine thematische Einführung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und abschließende Empfehlung mit Umsetzungsvorschlägen. Im Folgenden sind die Teilberichte I bis IV mit ihren jeweiligen Themenschwerpunkten aufgeführt.

Inhalte Teilbericht I

- Aufstellung Ist-Zustand
- Untersuchung der Energieversorgungsstruktur und -konditionen
- Erstes energetisches Benchmarking

Inhalte Teilbericht II

- Konzept für die Einführung eines Energiemonitoring-Systems

Inhalte Teilbericht III

- Einsparpotential der energetisch und wirtschaftlich bilanzierten Maßnahmen: Liegenschaftsübergreifende Maßnahmenliste mit Priorisierung der Energieeinsparmaßnahmen
- Einsparpotential der energetisch bilanzierten Maßnahmen
- Einsparpotential durch Beeinflussung des Nutzerverhaltens
- Sonstige Optimierungsmöglichkeiten

Inhalte Teilbericht IV

- Darstellung der Energieerzeugungsvarianten unter Berücksichtigung der Ergebnisse der energetischen Gebäudegrobanalyse

Die zusammengefassten Ergebnisse der Teilberichte I bis IV im Teilbericht V basieren auf den Erkenntnissen des gesamten Projektes und beinhalten eine Rückkopplung. Das heißt, die Ergebnisse der bereits erstellten Teilberichte werden gegebenenfalls aktualisiert. Die Aktualisierung beinhaltet weitere Erkenntnisse (z.B. Ergebnisse aus nachfolgenden Teilberichten, neues Datenmaterial oder Bestandsveränderungen), die im Laufe des Projektes entstanden sind.

2 Ergebnis Teilbericht I: Erfassung des Energieverbrauchs

In Teilbericht I wird die Erfassung des Energieverbrauchs sowie der Energieversorgungsstruktur am Campus Weihenstephan dokumentiert. Es werden allgemeine Daten zum Standort zusammengefasst, der Gebäudebestand aufgeführt, die Verbräuche der im Projekt untersuchten Gebäude aufgezeigt sowie ein erstes energetisches Benchmarking durchgeführt.

2.1 Entstehung und Nutzung

Die landwirtschaftliche Lehranstalt in Weihenstephan gehört zu den frühesten Ausbildungsstätten ihrer Art in Deutschland. Seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts wurde hier Wissen in den Bereichen Landwirtschaft und Brauwissenschaft vermittelt.

Heute befinden sich auf dem Campus Weihenstephan verschiedene Forschungs- und Lehrinrichtungen. Diese Einrichtungen sind meist rechtlich selbstständig, werden aber in Teilen gemeinsam verwaltet. Die beiden größten Institutionen auf dem Gelände sind das Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW) der Technischen Universität München und die Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT).

Das WZW ist einer von drei Hauptstandorten der Technischen Universität München (TUM). Der Schwerpunkt von Lehre und Forschung liegt hier bei den „Life Sciences“. Das WZW hat etwa 1.500 Mitarbeiter und ca. 3.000 Studierende.

Die HSWT wurde 1971 gegründet und befasst sich ebenso wie das WZW mit den „grünen Fächern“. Hier sind ca. 500 Mitarbeiter beschäftigt, die Anzahl der Studierenden beträgt ca. 4.000.

Weitere Einrichtungen auf dem Campus sind die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), die Staatliche Fachschule für Blumenkunst und die Bayerische Staatsbrauerei Weihenstephan. Alle Einrichtungen werden gemeinsam mit den Gebäuden von WZW und HSWT energetisch versorgt.

2.2 Lage und Geländeplan

Die Stadt Freising liegt ca. 35 Kilometer nördlich von München. Der Campus Weihenstephan befindet sich im gleichnamigen Stadtteil westlich von Freising entlang der Thalhauser Straße (Staatsstraße 2084) und der Vöttinger Straße (Staatsstraße 2339). Das gesamte Gelände erstreckt sich auf einer Fläche von etwa 285 Hektar.

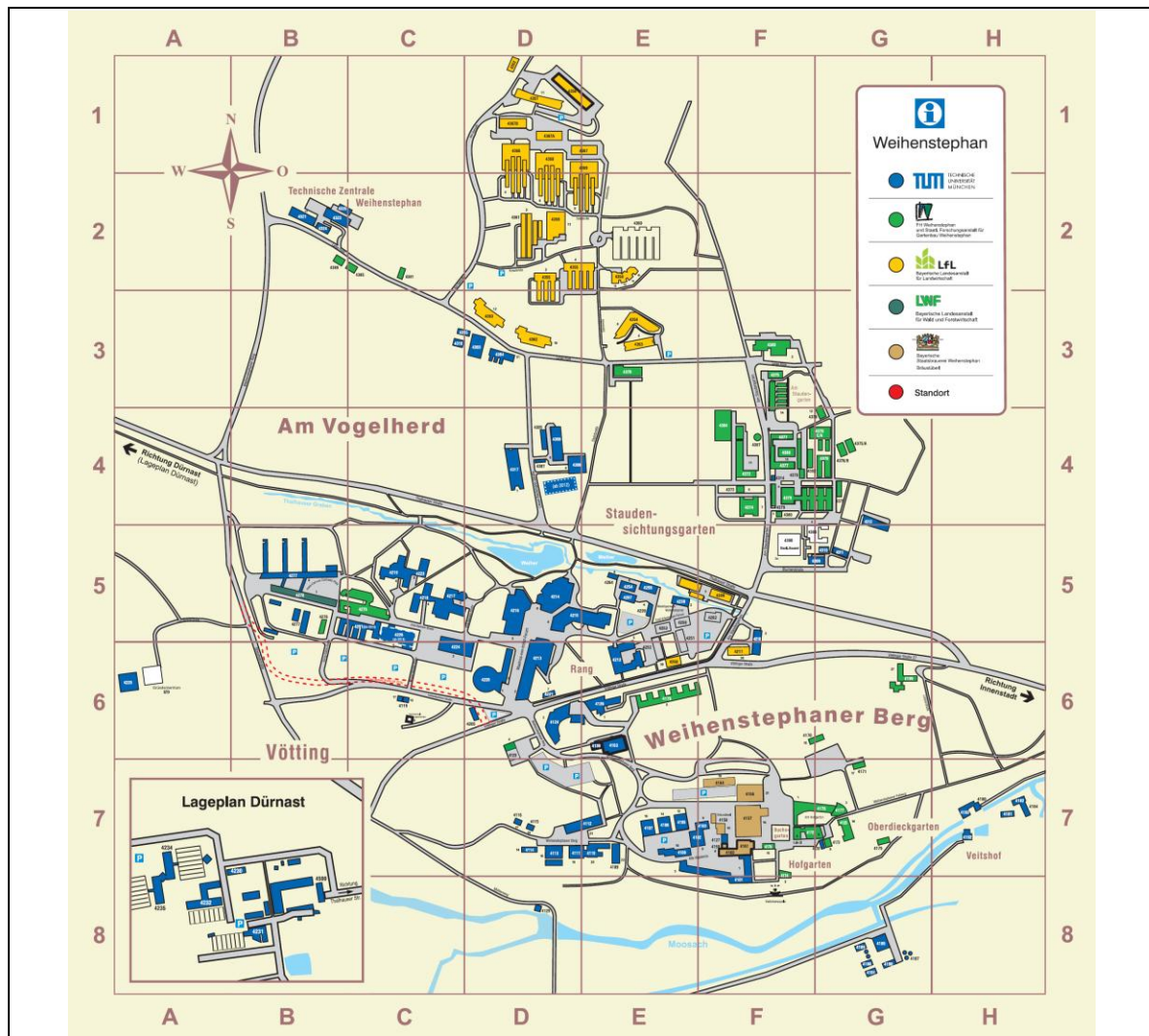


Abbildung 1: Lageplan Campus Weihenstephan

2.3 Die Energieversorgung am Campus Weihenstephan

2.3.1 Wärme

Die Hochschulgebäude am Campus Weihenstephan werden zum überwiegenden Teil mittels Fernwärme durch die Fernwärmeversorgung Freising GmbH (FFG) beheizt. Wenige Gebäude werden dezentral mittels einer Öl- oder Gasheizung beheizt. Außerdem betreibt die HSWT (bzw. die FGW) ein Hackschnitzel-Heizwerk, das die Gebäude der FGW mit Wärme versorgt.

In der Entwicklung des Fernwärmeverbrauchs am Campus über die letzten Jahre ist keine eindeutige Tendenz zu erkennen. Der durchschnittliche Fernwärmeverbrauch der Jahre 2004 bis 2009 lag bei 39.000 MWh/a.

Im Dezember 2010 wurde rückwirkend zum 01. Oktober 2010 ein neuer Fernwärmevertrag mit einer Laufzeit von zehn Jahren abgeschlossen. Der darin vereinbarte Fernwärmepreis bewirkt eine deutliche Reduktion der jährlichen Fernwärmekosten um fast 40 %.

Ebenfalls im Dezember 2010 wurde der spezifische Emissionswert der Fernwärme der FFG neu berechnet. Nach dieser Berechnung der FFG¹ beträgt der spezifische CO₂-Ausstoss der Fernwärme 220 kg/MWh (Für sämtliche vorhergehenden Projektphasen wurde noch der im Oktober 2010 telefonisch angegebene Wert von 160 kg/MWh angenommen, In der vorliegenden Phase V wird mit dem neuen Wert von 220 kg/MWh gerechnet).

2.3.2 Strom

In Abständen von etwa zwei Jahren wird die Stromversorgung der Hochschulen in Weihenstephan durch die Regierung von Oberbayern öffentlich ausgeschrieben. Seit 2010 versorgt die Stadtwerke München Versorgungs GmbH den Standort mit Strom.

In der Entwicklung des Stromverbrauchs und der maximalen Leistungsanforderung am Campus über die letzten Jahre ist eine leicht zunehmende Tendenz zu erkennen. Während die Verbrauchszunahme allerdings pro Jahr im Fünf-Jahres-Trend nur etwa 1,7 % beträgt, stiegen im selben Zeitraum die Ausgaben für Strom am Campus Weihenstephan aufgrund von Strompreiserhöhungen um fast 16 % jährlich.

2.3.3 Wasser

Stadtwerke Freising bzw. die Stadtentwässerung Freising sind zuständig für die Trinkwasserversorgung und die Abwasserbehandlung am Campus. Die Wasser- und Abwasserkosten werden den Einrichtungen am Campus Weihenstephan in Abhängigkeit der tatsächlich für die Bereitstellung des Frischwassers benötigten Aufwendungen in Rechnung gestellt.

In der Entwicklung des Wasserverbrauchs am Campus über die letzten Jahre ist keine eindeutige Tendenz zu erkennen. Auffällig ist, dass in den Jahren 2006 und 2007 der Wasserverbrauch im Vergleich zu den Jahren 2005 und 2008 um fast 12 % erhöht war.

2.3.4 CO₂-Emissionen

Zur Ermittlung der energiebedingten CO₂-Emissionen am Campus Weihenstephan wurde der jährliche Energieverbrauch mit dem jeweiligen systemspezifischen Emissionsfaktor multipliziert. Der CO₂-Emissionsfaktor der Fernwärme wurde Ende des Jahres 2010 vom Versorger FFG neu berechnet, wodurch sich in der Kohlendioxidbilanz Veränderungen gegenüber den in Teilbericht I angegebenen Werten ergeben. Tabelle 1 zeigt die aktualisierten Emissionswerte des Jahres 2008 (vgl. Tabelle 11 in Teilbericht I).

Tabelle 1: CO₂-Emissionen am Campus Weihenstephan (TUM + HSWT + mitversorgte Institutionen) im Jahr 2008 (aktualisierte Tabelle)

Energieträger	CO ₂ -Emissionsfaktor	Energieverbrauch 2008	CO ₂ -Emission 2008
Fernwärme	0,220 kg CO ₂ /kWh	38.182.280 kWh	8.400.102 kg CO ₂
Erdgas	0,226 kg CO ₂ /kWh	3.932.000 kWh	888.632 kg CO ₂
Erdöl	0,298 kg CO ₂ /kWh	2.713.930 kWh	808.751 kg CO ₂
Strom	0,616 kg CO ₂ /kWh	27.514.344 kWh	16.948.836 kg CO ₂
		GESAMT	27.046.321 kg CO ₂

¹ Email von Herrn Alexander Wagner (E.ON Bayern Wärme) vom 21. Januar 2011

Diese Zusammenstellung wird grafisch veranschaulicht in Abbildung 2 und Abbildung 3. Fast zwei Drittel der insgesamt 27.000 Tonnen CO₂ werden durch den Stromverbrauch am Campus verursacht. Etwa ein Drittel der Emissionen entstammen dem Fernwärmeverbrauch (nach alter Berechnung nur etwa ein Viertel). Heizöl und Erdgas tragen jeweils mit nur etwa 3 % zur Gesamt-Emission am Campus bei.

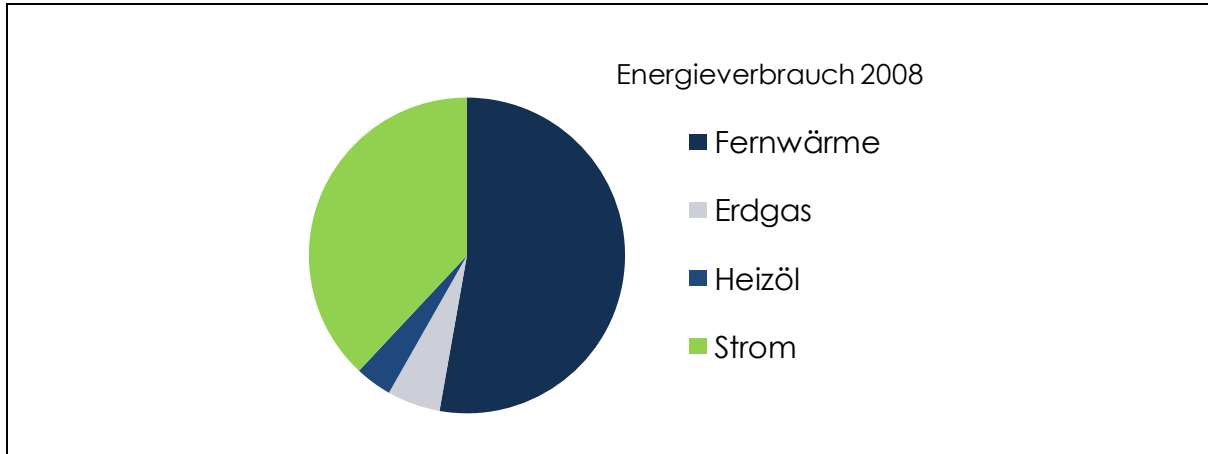


Abbildung 2: Anteile [%] der Energieträger am Gesamt-Energieverbrauch

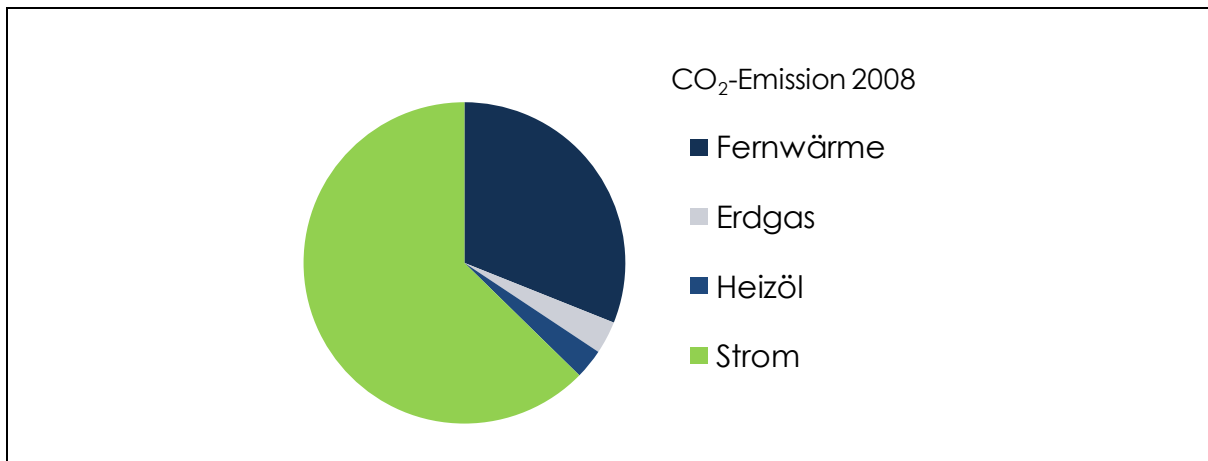


Abbildung 3: Anteile [%] der Energieträger an der Gesamt-CO₂-Emission

2.4 Untersuchte Gebäude

Gegenstand dieser Untersuchung sind insgesamt 75 Gebäude auf dem Campus Weihenstephan. Davon gehören 52 Gebäude zum WZW und 23 Gebäude zur HSWT. Die Bruttogrundfläche dieser Gebäude umfasst in Summe ca. 244.500 Quadratmeter. In Anlage I sind die Gebäudelisten der analysierten Gebäude (aufgeteilt nach Gebäuden des WZW und der HSWT und jeweils sortiert nach Gebäudenummer) beigelegt. Als Besonderheit auf dem Campus Weihenstephan sind die vielen Gewächshäuser zu nennen, welche aus den jeweils benachbarten Gebäuden mit Energie² versorgt werden. Tabelle 2 zeigt, wie sich die Gesamtfläche auf WZW und HSWT bzw. auf Universitätsgebäude und Gewächshäuser verteilt.

Tabelle 2: Übersicht Bruttogrundflächen der untersuchten Gebäude

Institution	Anzahl Gebäude	Bruttogrundfläche Hauptgebäude	Bruttogrundfläche Gewächshäuser
WZW	52	183.613 m ²	2.155 m ²
HSWT	23	48.868 m ²	9.910 m ²
Gesamt	75	232.481 m ²	12.065 m ²

2.5 Energetisches Benchmarking

Das Ziel des energetischen Benchmarking³ ist es, eine Möglichkeit zu schaffen, die untersuchten Gebäude am Campus Weihenstephan hinsichtlich ihres Energieverbrauchs miteinander zu vergleichen. Die Gebäude mit dem höchsten Energieverbrauch beziehungsweise -einsparpotenzial werden anhand der Ergebnisse von Teilbericht I und Teilbericht III identifiziert.

Es werden drei Kennwerte gebildet.

- Kennwert-IST
- Kennwert-EINSPARUNG (Kennwert nach Umsetzung der Maßnahmen)
- Kennwert-SOLL (Energieverbrauchskennwert)

Der Kennwert-SOLL stellt dabei den Energieverbrauchskennwert vergleichbarer Gebäude in Deutschland dar. Für die Ermittlung der Energieverbrauchskennwerte gelten folgende Rahmenbedingungen:

- Die Bezugsfläche ist die Bruttogrundfläche einschließlich Gewächshausfläche (BGF).

- Die Einheit der Energieverbrauchswerte ist $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{BGF}}} \right]$ bzw. $\left[\frac{\text{l}}{\text{m}^2_{\text{BGF}}} \right]$.

- Der Bezugszeitraum ist das Jahr 2008.
- Die Nutzungsstruktur wird einbezogen.

Für jedes Gebäude wird auf Basis der gebäudespezifischen Nutzungsstruktur differenziert in die Nutzungsarten Lehre, Forschung, Verwaltung und Sonstige der Kennwert-SOLL ermittelt.

Die Gebäude, die keinen bzw. keinen eindeutig zugewiesenen Wärme-, Strom- oder Wasserverbrauch haben, können im Rahmen des Benchmarking nicht bewertet werden. In

² Anmerkung: der Begriff Energie enthält neben Wärme und Strom auch Wasser

³ „energetisches Benchmarking“ umfasst hier und im Folgenden vereinfachend auch den Wasserverbrauch

diesem Fall wird die Bezeichnung „k.A.“⁴ verwendet. Anlage II zeigt die ausführlichen Ergebnisse des energetischen Benchmarking. Die untersuchten Gebäude werden hinsichtlich ihres Wärme-, Strom- und Wasserverbrauchs eingeteilt. Es wird für jedes Gebäude ermittelt, wie hoch die Abweichung (absolut und prozentual) zwischen dem Kennwert-IST und dem Kennwert-SOLL ist. Die Gebäude der TUM mit den größten Abweichungen weisen den verhältnismäßig höchsten Wärme-, Strom- oder Wasserverbrauch auf. Gebäude mit einer negativen Abweichung liegen unterhalb des Kennwertes-SOLL. Tabelle 3 fasst die Ergebnisse des energetischen Benchmarking der untersuchten Gebäude zusammen.

Tabelle 3: Zusammenfassung energetisches Benchmarking

	Oberhalb Vergleichswert		Unterhalb Vergleichswert	
	Anzahl Gebäude	Maximale Abweichung	Anzahl Gebäude	Maximale Abweichung
Wärmeverbrauch	16	+162 %	48	-95 %
Stromverbrauch	22	+502 %	49	-81 %
Wasserverbrauch	55	+1.774 %	13	-97 %

2.6 Empfehlung

Für den Teilbericht I ergeben sich folgende Empfehlungen:

- Einführung eines umfassenden Energiemanagements mit Festlegung konkreter, realistischer Ziele durch die Hochschulleitungen

Ein solches umfassendes Energiemanagement beinhaltet mindestens die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen:

- Erstellung und Umsetzung eines Energiemonitoringkonzepts für ein wirksames Energiekostenmanagement
- Festlegung von Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten innerhalb der Hochschulen, aber auch zwischen den Einrichtungen
- Einführung eines betrieblichen Vorschlagwesens
- Führung von Vertrags- und Preisverhandlungen insbesondere im Bereich der Fernwärme und des Erdgases
- Einbeziehung der Nutzer in den Prozess des Energiesparens
- Untersuchung der Unklarheiten in der Energieverbrauchsmessung, wie beispielsweise die Differenz in der Wasserverbrauchsmessung zwischen Wasserversorger und TUM
- Analyse des vorgenommenen energetischen Benchmarkings der untersuchten Gebäude (warum sind die Verbräuche dieser Gebäude so hoch?)

⁴ k.A. = keine Angabe

3 Ergebnis Teilbericht II: Konzeption eines Energiemonitoring-Systems

Im Rahmen der Erstellung des Energiekonzeptes für die Hochschulen am Campus Weihenstephan dokumentiert der Teilbericht II die Bestandserfassung der Zähler- und Verbrauchsstruktur sowie die Untersuchung der Einführung eines Energiemonitoring-Systems.

Für den Campus Weihenstephan besteht noch **kein einheitlicher Ansatz für Erfassung, Auswertung und Analyse des Energieverbrauchs**. Eine eindeutige Zuordnung der jeweiligen Verbrauchswerte zu den Gebäuden ist aufgrund der gewachsenen Zählerstruktur teilweise nicht möglich. Die Verbrauchswerte werden keiner Plausibilitätsprüfung unterzogen und nicht auf Schwachstellen hin analysiert. Die Verbrauchserfassung wird derzeit manuell durchgeführt. Die Zählerstände werden vierteljährlich beziehungsweise jährlich durch einen Mitarbeiter des technischen Betriebs abgelesen.

Eine mögliche Maßnahme zur Behebung dieser Defizite in der Verbrauchserfassung ist die Einführung eines einheitlichen Energiemonitoring-Systems. Vorrangige Ziele eines solchen Systems sind die Schaffung der erforderlichen Datengrundlage für die Verbrauchserfassung, Verbrauchskontrolle und Verbrauchsabrechnung. Daraus resultiert die Aufdeckung von Mängeln und Energieeinsparpotentialen sowie die Möglichkeit zur Durchführung von Erfolgskontrollen nach Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen.

Die Einführung eines Energiemonitorings wurde für 52 Gebäude des WZW, 23 Gebäude der HSWT sowie für eine erste Gebäudegruppe bestehend aus fünf Gebäuden untersucht.

3.1 Nutzen eines Energiemonitoring-Systems

Das Energiemonitoring stellt die Basis für Energieverbrauchserfassung und darauf aufbauend die Verbrauchskontrolle und die Verbrauchsabrechnung dar. Ein umfassendes Energiemonitoring-System ist die Voraussetzung für die Aufdeckung von Energieeinsparpotentialen sowie die Möglichkeit der Durchführung einer Erfolgskontrolle nach Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen.

Der Nutzen des Energiemonitoring-Systems liegt in folgenden Aspekten:

- Die Einführung eines Energiemonitoring-Systems kann erfahrungsgemäß zu einer jährlichen Energieeinsparung von bis zu 5 % der gesamten Energieverbräuche und somit zur Reduzierung von CO₂-Emissionen und zu einer Kostenersparnis und führen.
 - ➔ Abbildung 4 veranschaulicht den Nutzen und die Erschließung von Energie-Einsparpotential durch die Einführung eines Energiemonitoringsystems beispielhaft. In der Lastkurve eines Gebäudes wird ein „Ausreißer“ festgestellt. Die Ursachen für solche Ausreißer können in der Regel schnell behoben werden (z.B. falsche Geräteeinstellung eines großen Verbrauchers; vergessenes Abschalten eines Gerätes über Nacht etc.) und dadurch dauerhaft der Energieverbrauch gesenkt werden.

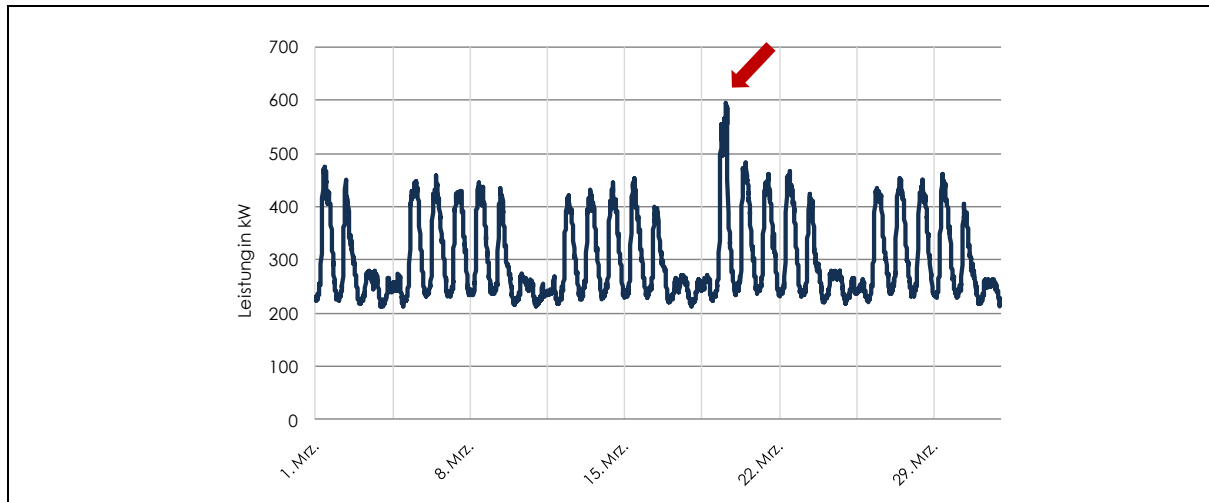


Abbildung 4: Beispiel für „Ausreißer“ im Strom-Lastprofil, die durch Energiemonitoring erkannt und behoben werden können

- Die Überarbeitung der Zählerstruktur, die Erneuerung defekter Zähler sowie die Nachrüstung fehlender Zähler führen zu einer Erhöhung der Datentransparenz. Dadurch werden die technischen Voraussetzungen für das Energiemonitoring gelegt.
- Durch die Nachrüstung von fehlenden Zählern kann jedem Gebäude der genaue Wärme-, Strom- und Wasserverbrauch zugeordnet werden.
- Auf Basis der gebäudespezifischen Verbrauchswerte kann ein energetisches Benchmarking erstellt werden, welches den spezifischen Verbrauch jedes Gebäudes aufzeigt und einen Vergleich der Energieeffizienz zulässt.
- Die Datenbasis stellt eine wichtige Grundlage für die Erstellung der nach EnEV geforderten Energieausweise für Nichtwohngebäude dar. Die Verbrauchswerte sind für den verbrauchsbasierten Energieausweis notwendig.
- Die automatisierte Zählerablesung kann die manuelle Ablesung (bis auf ergänzende Rundgänge zur Kontrolle der automatisiert erfassten Verbrauchswerte und der Anlagen) ersetzen. Dadurch werden zum einen Ressourcen gespart und zum anderen „visuelle“ Ablesefehler ausgeschlossen.
- Die automatisierte Zählerablesung ermöglicht die Erstellung gebäudespezifischer Lastprofile.
- Die gebäudespezifischen Lastprofile ermöglichen es dem Betreiber, Rückschlüsse über die Art der Nutzung und den Betrieb von Anlagen zu ziehen, damit die Anlagen bedarfsgerecht eingestellt und gesteuert werden können.
- Aufgrund der vorhandenen Datenbasis kann eine Auswertung der Verbrauchsdaten vorgenommen werden. Es können Plausibilitätsprüfungen durchgeführt sowie Grenzwertüberschreitungen identifiziert, überwacht und ihnen entgegengewirkt werden.
- Die Plausibilitätsprüfung ermöglicht die Aufdeckung von Unstimmigkeiten in der Zählerstruktur, zum Beispiel durch Mehrfachzählungen oder defekte Zähler. Diese Prüfung ist sinnvoll, wenn die Ursache für einen Mehrverbrauch unklar oder nicht nachvollziehbar ist.
- Die Überwachung der Grenzwertüberschreitung dient der Früherkennung von Problemen etwa Defekten oder Leckagen. Beispielsweise kann dadurch ein Wasserrohrbruch erkannt und lokalisiert werden.

- Abschließend kann anhand des Energiemonitorings eine Erfolgskontrolle der umgesetzten Energieeinsparmaßnahmen erstellt werden. Diese macht deutlich, wie viel Wärme, Strom oder Wasser durch die jeweiligen Maßnahmen eingespart wurde und welche Kostenersparnisse daraus resultieren.
- Das Energiemonitoring kann eine Einbindung der Nutzer erleichtern. Durch die eindeutige Zuordnung von Verbrauchswerten und der Durchführung einer Erfolgskontrolle können Energieeinsparungen den verschiedenen Nutzergruppen, wie zum Beispiel Fakultäten oder Instituten, zugeordnet werden. Die Nutzergruppen können an Kostenersparnissen durch Energieeinsparmaßnahmen beteiligt und zum energiebewussten Handeln motiviert werden.
- Das Energiemonitoring bietet die Datengrundlage für die Einführung eines internen Vorschlagswesens in Kombination mit einem Prämienmodell zur Arbeitnehmermotivation.
- Die Erfolge des Energiemonitorings sowie der Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen können veröffentlicht werden und der Öffentlichkeitsarbeit der Hochschulen in Weihenstephan dienen.

3.2 Festlegung der Einführungsvarianten

Die Erfassungshäufigkeit oder Datendichte spielt eine zentrale Rolle für das Energiemonitoring. Mit einer manuellen Erfassung durch den Technischen Betrieb ist mit angemessenem Aufwand, bestenfalls eine vierteljährliche Ablesehäufigkeit dauerhaft zu organisieren. Durch eine automatische Erfassung hingegen sind nach dem einmaligen Installationsaufwand Daten in fast beliebig kurzen Zeitabständen abrufbar.

Im Rahmen des vorliegenden Teilberichtes II werden vier mögliche Einführungsvarianten der automatisierten Verbrauchserfassung dargestellt und wirtschaftlich bewertet.

- Variante 1: Einbindung in die GLT mit herstellerbezogener Hardware- und Software
- Variante 2: Eigenständiges System mit lokalem Server und webbasierter Software
- Variante 3: Eigenständiges System mit externem Server und webbasierter Software
- Variante 4: Eigenständiges System mit externem Server, webbasierter Software und externer Dienstleistungen (Out-Sourcing)

In Abbildung 5 sind die vier Varianten und die zugehörigen Entscheidungswege (mit ja und nein) dargestellt, die seitens des WZW beziehungsweise der HSWT für das jeweilige Gesamtgelände getroffen werden müssen.

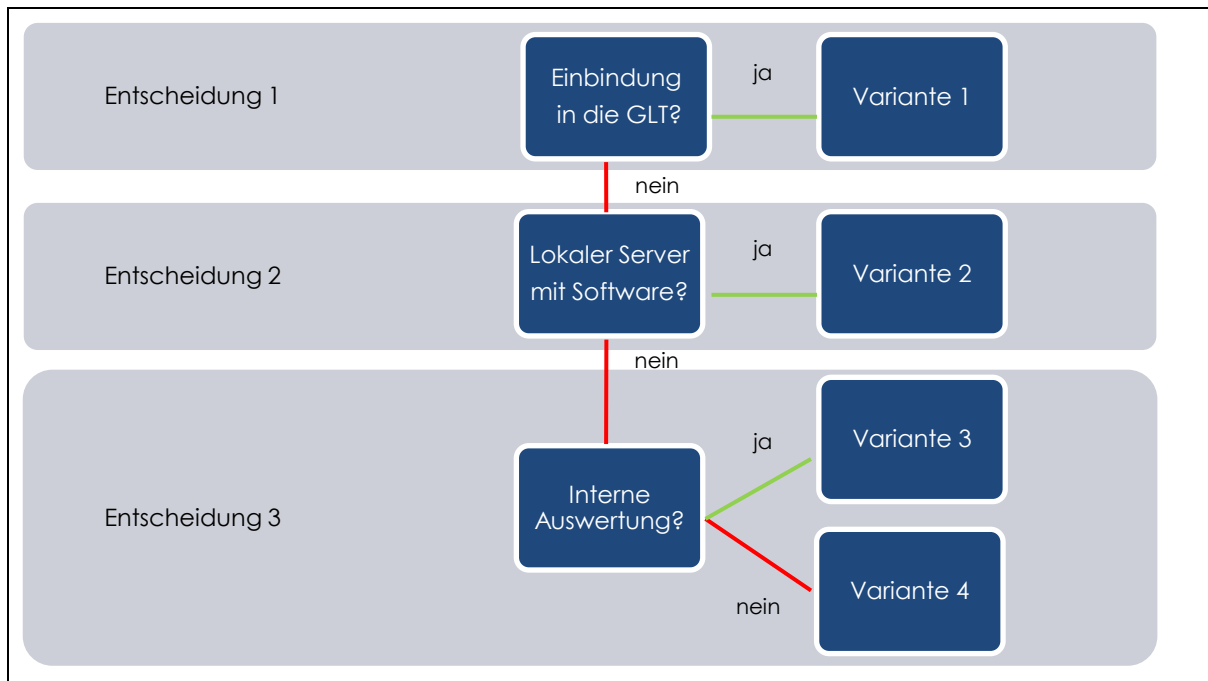


Abbildung 5: Die vier untersuchten Einführungsvarianten eines Energiemonitoring-Systems

3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Einführungsvarianten

Die vier aufgezeigten Einführungsvarianten wurden im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung untersucht. Diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde zunächst für die untersuchten Gebäude des WZW und der HSWT jeweils gesondert vorgenommen und anschließend für den Fall, dass beide Hochschulen das Energiemonitoring gemeinsam einführen. Zudem wurde die schrittweise Einführung eines Energiemonitorings für eine erste Gebäudegruppe bestehend aus fünf Gebäuden des WZW untersucht. Dieses Ausbauszenario wird im Folgenden als „Pilotprojekt“ bezeichnet und umfasst die Gebäude 4213, 4214, 4215, 4216 und 4220.

Es werden die mögliche Reduktion der CO₂-Emissionen, die Investitionen sowie das Einsparpotential ermittelt.

Die mögliche Reduktion der CO₂-Emissionen wird bei allen Varianten mit 3 %⁵ der gesamten aktualisierten CO₂-Emissionen⁶ für die unter Teilbericht II Abschnitt 3.1 aufgezeigten Gebäude angesetzt.

Die Investitionen setzen sich aus den Komponenten Hardware, Infrastruktur, Software, Installation und gegebenenfalls externe Dienstleistung zusammen. Die angesetzten Kosten sind bis auf die Kostenschätzung für Variante 1 nicht herstellerbezogen, sondern stellen die derzeit marktüblichen Preise dar.

Das Kosteneinsparpotential wird bei allen Varianten mit 3 %⁷ der gesamten aktualisierten Verbrauchskosten⁸ für die unter Abschnitt 3.1 aufgezeigten Gebäude angesetzt.

⁵ Die Einsparung wird konservativ zu 3 % angesetzt

⁶ Die CO₂-Emissionen 2010 ergeben sich aus dem Energieverbrauch 2008 und den aktualisierten CO₂-Emissionsfaktoren (siehe Abschnitt 2.3.4).

⁷ Die Einsparung wird konservativ zu 3 % angesetzt.

⁸ Die Verbrauchskosten ergeben sich aus dem Verbrauch 2008 und den aktualisierten spezifischen Verbrauchskosten 2008. Dazu wurden die Fernwärmekosten 2008 um die durch die Preisverhandlungen herbeigeführte Preisreduktion von ca. 37 % reduziert.

3.3.1 Gesamtverbrauch und -einsparpotential

Die gesamten CO₂-Emissionen, der Gesamtverbrauch sowie die Gesamtverbrauchskosten der 52 untersuchten Gebäude des WZW, der 23 untersuchten Gebäude der HSWT, der beiden Hochschulen gemeinsam und des Pilotprojektes⁹ zur schrittweisen Einführung ist in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4: CO₂-Emissionen, Gesamtverbrauch und –verbrauchskosten 2008

Institution	Wärme- verbrauch 2008 [kWh/a]	Strom- verbrauch 2008 [kWh/a]	Trinkwasser- verbrauch 2008 [m ³ /a]	CO ₂ - Emissionen aktualisiert ¹⁰ [kg/a]	Gesamtver- brauchskosten aktualisiert ¹¹ [€/a]
WZW	22.700.000	15.400.000	70.000	14.500.000	3.600.000
HSWT	6.500.000	1.600.000	15.000	2.100.000	600.000
Gesamt	29.300.000	17.000.000	85.000	16.600.000	4.200.000
Pilotprojekt	4.600.000	3.400.000	19.000	3.100.000	760.000

Bei einer Einsparung von 3 % der gesamten CO₂-Emissionen bzw. der Gesamtverbrauchskosten liegt die jährliche Gesamteinsparung durch die Einführung eines Energiemonitoring-Systems für beide Hochschulen gemeinsam bei etwa 500 Tonnen CO₂ pro Jahr bzw. 150.000 Euro pro Jahr. In Tabelle 5 ist das Gesamteinsparpotential des WZW, der HSWT, gemeinsam für beide Hochschulen und für das Pilotprojekt aufgeführt.

Tabelle 5: Gesamteinsparpotential

Institution	Gesamte CO ₂ - Einsparungen [kgCO ₂ /a]	Gesamtkosteneinsparung [€/a]
WZW	435.000	107.000
HSWT	62.000	18.000
Gesamt	497.000	125.000
Pilotprojekt	92.000	23.000

Anmerkung zum Gesamteinsparpotential

Das Gesamteinsparpotential kann nicht alleine durch die Einführung eines Energiemonitoring-Systems erschlossen werden. Das Energiemonitoring bietet zunächst die Datengrundlage, auf deren Basis Energieeinsparpotentiale sichtbar werden. Diese Energieeinsparpotentiale können ohne ein Energiemonitoring-System, welches die Verbrauchsdaten zeitnah automatisiert erfasst und darstellt, häufig nicht erkannt und deshalb nicht erschlossen werden. Die Erschließung dieser Energieeinsparpotentiale, beispielsweise durch Abschaltung überflüssiger Lasten, die Früherkennung von Leckagen, die Anpassung von Nutzungszeiten, etc. ergibt in der Summe die angestrebten Einsparungen (in Abschnitt 3.3 zu 3 % geschätzt).

⁹ Das Pilotprojekt umfasst die fünf Gebäude 4213, 4214, 4215, 4216 und 4220.

¹⁰ Die CO₂-Emissionswerte wurde anhand des neu berechneten Emissionsfaktors der Fernwärme von 220 kg/MWh berechnet

¹¹ Die Gesamtverbrauchskosten beziehen sich auf den Energieverbrauch des Jahres 2008, entsprechen allerdings nicht den tatsächlichen Energieausgaben in diesem Jahr, sondern den theoretischen Kosten auf der Basis der neu verhandelten Fernwärmekosten.

3.3.2 Kostenschätzung

Für die gemeinsame Einführung eines Energiemonitoring-Systems für die beiden Hochschulen WZW und HSWT sowie für die schrittweise Einführung durch das Pilotprojekt wurden für die vier Umsetzungsvarianten Grobkosten geschätzt.

Gemeinsames System für beide Hochschulen

Gemäß der Grobkostenschätzung liegen die einmaligen Investitionen in ein gemeinsames Energiemonitoring-System je nach Variante zwischen 315.000 und 372.000 Euro und die Betriebskosten zwischen 64.000 und 84.000 Euro.

Pilotprojekt

Gemäß der Grobkostenschätzung liegen die einmaligen Investitionen in ein Energiemonitoring-System zunächst nur für etwa fünf Gebäude am Campus je nach Variante zwischen 30.000 Euro und 47.000 Euro die Betriebskosten zwischen 6.000 und 9.000 Euro.

3.3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden unter anderem die gemeinsame und die schrittweise Einführung eines Energiemonitoring-Systems untersucht.

Gemeinsames System für beide Hochschulen

Die gesamten Kosteneinsparungen vom WZW und der HSWT betragen jährlich rund 125.000 Euro. Die Kosteneinsparung für das WZW liegt voraussichtlich bei 107.000 Euro und die für die HSWT bei etwa 18.000 Euro. Die Einführung eines gemeinsamen Monitoring-Systems für WZW und HSWT bringt für beide Hochschulen finanzielle und organisatorische Vorteile. Aufgrund der geringeren durchschnittlichen Gebäudegröße der HSWT-Gebäude (und damit einhergehend einem geringeren Energieverbrauch) ergibt sich für die HSWT-Gebäude keine rechnerische Amortisationsdauer, da die jährlichen Kosten höher wären als die jährlichen Einsparungen. Für alle untersuchten WZW-Gebäude ergibt sich eine statische Amortisationsdauer von etwa dreieinhalb Jahren. Diese Amortisation kann an der HSWT ebenfalls erreicht werden, wenn nur die größten Gebäude (d.h. die größten Energieverbraucher mit gleichzeitig größtem Einsparpotential) in das Gesamt-Monitoring-System eingebunden werden.

Pilotprojekt

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ergibt für die Einführung eines Energiemonitoring-Systems in der Gebäudegruppe des Pilotprojekts eine statische Amortisationsdauer von etwa eineinhalb bis drei Jahren. In Abbildung 6 sind die einzelnen Varianten mit ihren jeweiligen Amortisationszeiten dargestellt.

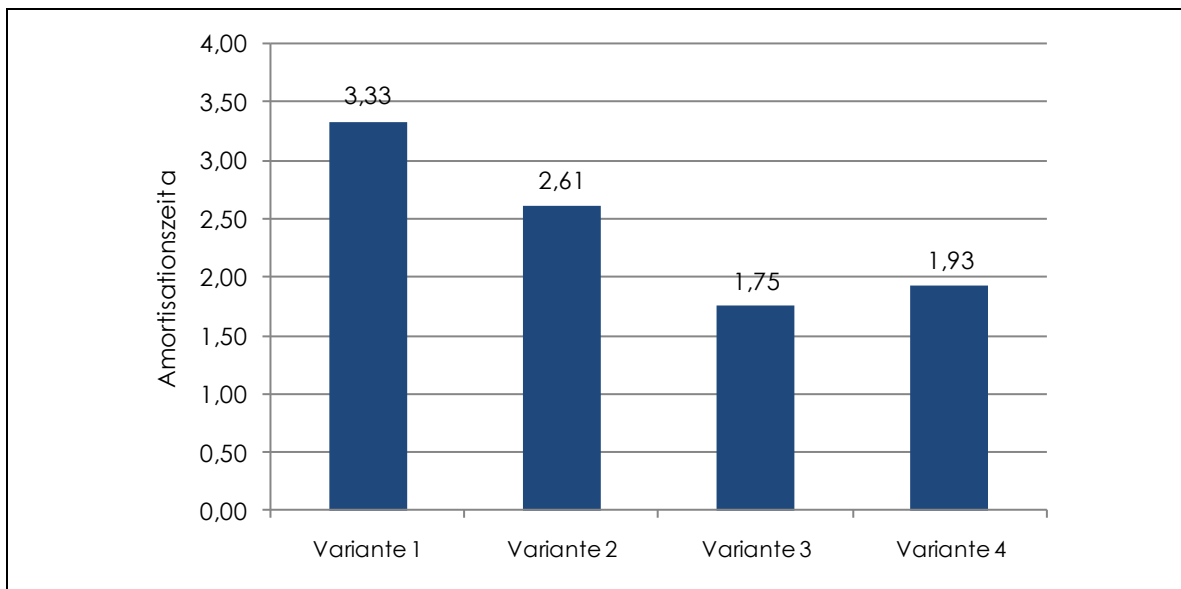


Abbildung 6: Amortisationszeiten der vier Varianten – Pilotprojekt

3.4 Ergebnisse und Empfehlung

Für das WZW und die HSWT wird empfohlen, das Energiemonitoring umzusetzen, da es die Grundlage für das weitere Vorgehen (Energieverbrauchserfassung, -kontrolle und -abrechnung, Energetisches Benchmarking, Erfolgskontrolle der Umsetzung der Maßnahmen aus der Grobanalyse, Nutzermotivation, Prämienmodell, Energieplanung und Energiemanagement) darstellt und sich dabei schnell amortisiert. Das Energiemonitoring-System ist zur Ermöglichung der Erfolgskontrolle sinnvollerweise vor der Umsetzung der in Teilbericht III zusammengestellten Energieeinsparmaßnahmen einzuführen.

Auf Basis der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung empfehlen die Verfasser die Umsetzung entweder nach Variante 2 „Eigenständiges System mit lokalem Server und webbasierter Software“ oder alternativ nach Variante 3 „Eigenständiges System mit externem Server und webbasierter Software“.

Ergebnisse für die Einführung eines gemeinsamen Systems für die beiden Hochschulen

Die CO₂-Emissionen reduzieren sich voraussichtlich um rund 495 Tonnen pro Jahr. Gemäß der Grobkostenschätzung liegen die einmaligen Investitionen für die gemeinsame Einführung je nach Variante zwischen 315.000 und 372.000 Euro und die Betriebskosten zwischen 64.000 und 84.000 Euro. Das jährliche Einsparpotential wird zu etwa 125.000 Euro abgeschätzt.

Eine gemeinsame Einführung für WZW und HSWT wird aus wirtschaftlichen und organisatorischen Gründen empfohlen. Für das WZW besteht darüber hinaus die Möglichkeit, das Energiemonitoring-System gemeinsam mit anderen Standorten der TUM (Innenstadt und Garching) einzuführen. Dies würde weitere Synergien erschließen.

Ergebnisse bei Einführung eines Pilotprojekts

Zur schrittweisen Einführung des Systems, zur Verteilung der Investitionen über mehrere Bauabschnitte, zur schnellen Erfassung weniger Großverbraucher und zur Erprobung anhand eines kleinen Gebäudepools wurde als erster Schritt die Einführung in einem Pilotprojekt für fünf Gebäude am WZW untersucht.

Die CO₂-Emissionen reduzieren sich voraussichtlich um rund 92 Tonnen pro Jahr. Gemäß der Grobkostenschätzung liegen die einmaligen Investitionen für die Pilotphase je nach Variante zwischen 30.000 Euro und 47.000 Euro. Die Betriebskosten betragen zwischen 6.000 und 9.000 Euro.



Euro pro Jahr. Das jährliche Einsparpotential wird zu etwa 23.000 Euro abgeschätzt. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ergibt für die Gebäudegruppe eine statische Amortisationsdauer für die Einführung eines Energiemonitoring-Systems von etwa eineinhalb bis drei Jahren.

Das Energiemonitoring soll in einem ersten Schritt gemäß der „Detaillierungsebene 1: Erfassung des Energieverbrauchs nach Gebäude“ für eine kleine Gebäudegruppe am WZW umgesetzt werden. Dieses „Pilotprojekt“ kann auf geeignete Gebäude der HSWT (z.B. „Neues Lehrgebäude“ und „Forstwirtschaft und EDV“) erweitert werden.

Das Energiemonitoring ist dabei so zu konzipieren, dass es sukzessive auf weitere Gebäude am Standort erweitert werden kann. Weitere Ausbaumöglichkeiten, die bereits zu Beginn vorzusehen sind, sind zunächst die Realisierung der „Detaillierungsebene 2“ (Erfassung des Energieverbrauchs nach Kostenstellen) und anschließend optional die Realisierung der „Detaillierungsebene 3“ (Erfassung des Energieverbrauchs auf Anlagenebene).

4 Ergebnis Teilbericht III: Energetische Gebäudegrobanalyse

Im Rahmen der Erstellung des Energiekonzeptes für die Liegenschaften der Hochschulen Weihenstephan dokumentiert der Teilbericht III die energetische Gebäudegrobanalyse.

Das Ziel der energetischen Gebäudegrobanalyse ist die Identifizierung von Potentialen zur Senkung der energiebedingten Kosten der Gebäude sowie die Erweiterung und Spezifizierung des energetischen Benchmarking.

Die für die untersuchten Gebäude definierten Energieeinsparmaßnahmen untergliedern sich in drei Kategorien.

In die erste Kategorie fallen die energetisch und wirtschaftlich bilanzierten Maßnahmen. Diese sind Bestandteil der gebäudespezifischen Maßnahmenliste. Die Einsparpotentiale sowie die Investitionen dieser Maßnahmen können anhand technischer Daten sowie standardisierter Kennwerte und Annahmen im Rahmen einer Grobanalyse für alle Gebäude gleichermaßen ermittelt werden. Die Aufnahme der Daten kann in dem für die Gebäudebegehung festgelegten Zeitrahmen erfolgen. Die Energieeinsparmaßnahmen werden im jeweiligen Gebäudebericht beschrieben, quantitativ bewertet und gemäß ihrer Effizienz und Wirtschaftlichkeit priorisiert. Eine Ausnahme sind die Maßnahmen „Einbau eines Wärmerückgewinnungssystems“ und „Einbau von Frequenzumrichtern“. Die Ergänzung der bestehenden Lüftungsanlage mit einem Wärmerückgewinnungssystem, Frequenzumrichtern und Luftqualitätsfühlern bedarf im Gegensatz zu den anderen Maßnahmen der Erstellung einer Einzelanalyse, in der die technische Durchführbarkeit untersucht und die möglichen Zusatzkosten bestimmt werden.

Die liegenschaftsübergreifenden Einsparpotentiale der energetisch und wirtschaftlich bilanzierten Maßnahmen beschreibt Abschnitt 4.2 (liegenschaftsübergreifende Maßnahmenliste).

In die zweite Kategorie fallen die energetisch bilanzierten Maßnahmen. Diese sind nicht Bestandteil der gebäudespezifischen Maßnahmenliste sondern werden liegenschaftsübergreifend beschrieben und bewertet. Die Kostenstruktur dieser Maßnahmen ist in der Regel komplex und stark einzelfallabhängig. Die Zusatzkosten lassen sich im Rahmen der Grobanalyse nicht eindeutig erfassen. Auch die Einsparungen sind teilweise stärker einzelfallabhängig als in der ersten Kategorie, so dass keine allgemeinen Ansätze für die Wirtschaftlichkeitsrechnungen angesetzt werden können. Deshalb sind für diese Maßnahmen, mit Ausnahme von Beispielen zur Veranschaulichung, Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsabschätzung im Rahmen der Grobanalyse noch nicht sinnvoll. Anhaltswerte für das Energieeinsparpotential werden genannt. Diese Energieeinsparmaßnahmen können zunächst im Rahmen einer Detailkonzepts näher untersucht, wirtschaftlich bewertet und nach den üblichen Planungsschritten ggf. umgesetzt werden.

Die Zusammenfassung des Einsparpotentials der energetisch bilanzierten Maßnahmen enthält Abschnitt 4.3.

In die dritte Kategorie fallen Maßnahmen, die das Nutzverhalten betreffen und auf Nutzer-ebene umgesetzt werden können. Für die Ermittlung der Einsparungen und Investitionen dieser Maßnahmen ist eine detaillierte und umfassende Datenerhebung notwendig, die nicht mehr zu einer Grobanalyse gehören. Deshalb werden diese Maßnahmen nicht wirtschaftlich bilanziert. Die Maßnahmen werden allgemein beschrieben und die Energieeinsparpotentiale werden entweder prozentual oder als tatsächliche Einsparungen angegeben. Nach Entwicklung einer Umsetzungsstrategie zur Einbindung und Motivation der Nutzer können die beschriebenen Maßnahmen umgesetzt werden.

Die Zusammenfassung des Einsparpotentials durch Beeinflussung des Nutzerverhaltens enthält Abschnitt 4.5.

Da der CO₂-Emissionsfaktor der Fernwärme Ende des Jahres 2010 von der FFG neu berechnet wurde (siehe auch Abschnitt 2.3.1), verändert sich die Kohlendioxidbilanz und auch die in Teilbericht III berechneten CO₂-Einsparpotentiale. Im Folgenden werden alle CO₂-Werte basierend auf dem neuen Fernwärme-Emissionswert angegeben.

Ebenfalls geändert hat sich aufgrund von Preisverhandlungen der Fernwärmepreis (siehe auch Abschnitt 2.3.1). Für die aktualisierte Berechnung der Energiesparmaßnahmen und deren Kosteneinsparpotentiale wurde der letzte bekannte Fernwärme-Weiterverrechnungspreis (2008) um die verhandelte Fernwärmepreisreduktion von etwa 37 % reduziert.

4.1 Bestandteile

Die Bestandteile der „Phase III – Energetische Gebäudegrobanalyse“ sind die im Folgenden aufgeführten.

Benchmarking

Für jedes Gebäude wird in Abhängigkeit der jeweiligen Nutzungsstruktur ein Vergleichswert („Kennwert-SOLL“) ermittelt, der mit dem derzeitigen Kennwert-IST verglichen wird. Darauf aufbauend werden die Gebäude entsprechend ihres energetischen Kennwertes-IST in Verbraucher mit hohem oder niedrigem Energieverbrauch eingeteilt (siehe Teilbericht I, Abschnitt 2.5).

Gebäudebestandsaufnahme

Zur Gebäudebestandsaufnahme wird jedes Gebäude begangen. Im Rahmen der Gebäudebegehung werden die Anlagentechnik und die Bauphysik des Gebäudes untersucht sowie das Nutzerverhalten bewertet.

Energieeinsparmaßnahmen

Für die ermittelten Schwachstellen werden Maßnahmenvorschläge generiert, die entweder in einer gebäudespezifischen Maßnahmenliste zusammengefasst oder durch eine liegenschaftsübergreifende Empfehlung aufgeführt werden. Die Maßnahmen der gebäudespezifischen Maßnahmenliste werden auf die erzielbaren CO₂-Emissionen hin untersucht. Sie werden einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen, bei der Energiebeziehungsweise Kostenersparnis durch die Umsetzung der Maßnahme den Investitionen dieser Einsparung gegenüberstehen. Die Maßnahmen sind nach ihrer Amortisationszeit priorisiert.

Es wird pro Gebäude eine gebäudespezifische Maßnahmenliste und für die Gebäude des WZW und der HSWT je eine liegenschaftsübergreifende Maßnahmenliste erstellt. Erstere ist Bestandteil des jeweiligen Gebäudeberichts. Letztere wird im Teilbericht V „Phase V – Umsetzungs- und Gesamtkonzept“ aufgeführt.

Gebäudebericht

Der Gebäudebericht wird für jedes Gebäude erstellt und fasst die Ergebnisse des Benchmarking sowie der Gebäudegrobanalyse zusammen. Er enthält eine Übersicht, eine grafische Darstellung des Benchmarking, eine Beschreibung der Schwachstellen mit Fotodokumentation, die gebäudespezifische Maßnahmenliste sowie eine Zusammenstellung der angesetzten Kennzahlen und Annahmen.

4.2 Energetisch und wirtschaftlich bilanzierte Maßnahmen: Liegenschaftsübergreifende Maßnahmenliste

Aus den Daten der gebäudespezifischen Maßnahmenlisten ergibt sich die liegenschaftsübergreifende Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die liegenschaftsübergreifende Maßnahmenliste wird anhand der vier Detaillierungsebenen

- Detaillierungsebene 1: Gesamteinsparpotential
- Detaillierungsebene 2: Einsparpotential nach Maßnahmenbündel (Gesamtgelände; nach Amortisationszeit sowie nach CO₂-Vermeidungskosten)
- Detaillierungsebene 3: Einsparpotential nach Einzelmaßnahmen (Gesamtgelände; nach Amortisationszeit sowie nach CO₂-Vermeidungskosten)
- Detaillierungsebene 4: Einsparpotential nach Einzelmaßnahmen mit Gebäudebezug (nach Amortisationszeit)

mit zunehmender Ausführlichkeit dargestellt.

Abschließend werden die Gebäude hinsichtlich ihres CO₂- und Kosteneinsparpotentials bewertet und priorisiert.

4.2.1 Detaillierungsebene 1: Gesamteinsparpotential

Detaillierungsebene 1 beinhaltet die Betrachtung des Gesamteinsparpotentials. Tabelle 6 zeigt das ermittelte Gesamteinsparpotential sowie die dafür notwendigen Investitionen zunächst für alle 75 untersuchten Gebäude und dann unterteilt nach WZW und HSWT.

Tabelle 6: Gesamteinsparpotential, -investitionen und -amortisation

Gesamteinsparpotential	untersuchte Gebäude GESAMT	untersuchte Gebäude WZW	untersuchte Gebäude HSWT
Wärmeeinsparpotential	4.300.000 $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{a}}\right]$	3.200.000 $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{a}}\right]$	1.100.000 $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{a}}\right]$
Stromeinsparpotential	2.300.000 $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{a}}\right]$	2.000.000 $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{a}}\right]$	300.000 $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{a}}\right]$
Trinkwassereinsparpotential	2.900 $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}}\right]$	2.600 $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}}\right]$	300 $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{a}}\right]$
CO ₂ -Einsparpotential	2.300.000 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{a}}\right]$	2.000.000 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{a}}\right]$	400.000 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{a}}\right]$
Kosteneinsparpotential	570.000 $\left[\frac{\text{€}}{\text{a}}\right]$	470.000 $\left[\frac{\text{€}}{\text{a}}\right]$	100.000 $\left[\frac{\text{€}}{\text{a}}\right]$
Investitionen	7.700.000 [€]	6.100.000 [€]	1.600.000 [€]
mittlere Amortisationszeit	13 [a]	13 [a]	14 [a]

Mit rund acht Millionen Euro Investition können jährlich fast 600.000 Euro eingespart werden. Die mittlere Amortisationszeit beträgt etwa 13 Jahre.

Folgende fünf Abbildungen zeigen grafisch das Wärme-, Strom-, Wasser-, CO₂- und Kosteneinsparpotential der untersuchten Gebäude (gesamt) im Verhältnis zu den Verbrauchsdaten 2008.

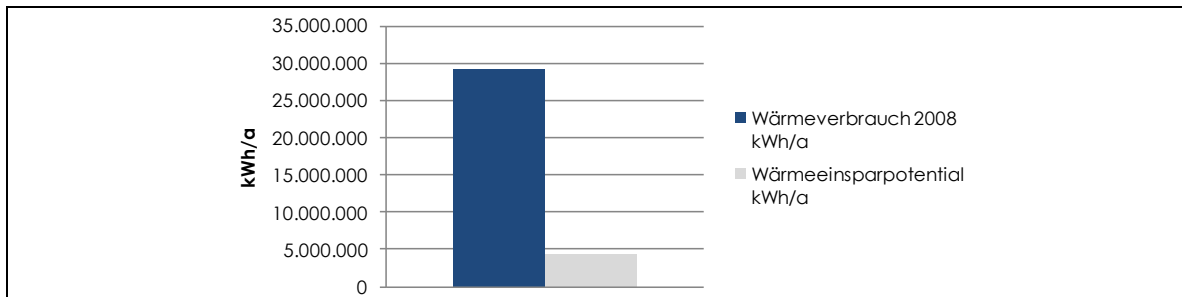


Abbildung 7: Wärmeverbrauch 2008 zu Wärmeeinsparpotential

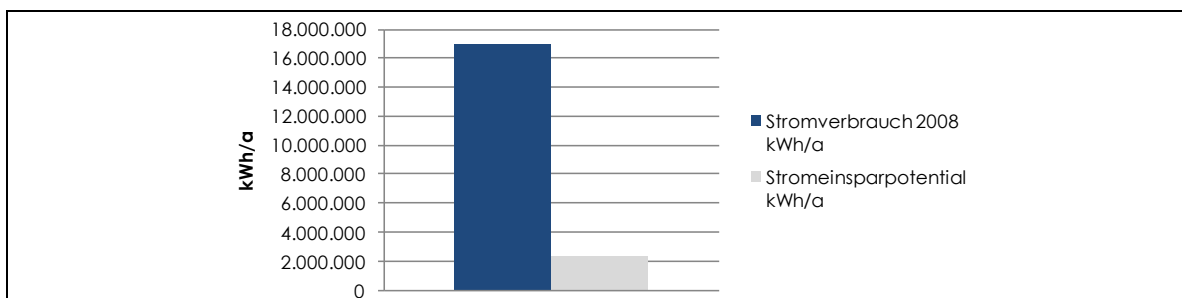


Abbildung 8: Stromverbrauch 2008 zu Stromeinsparpotential

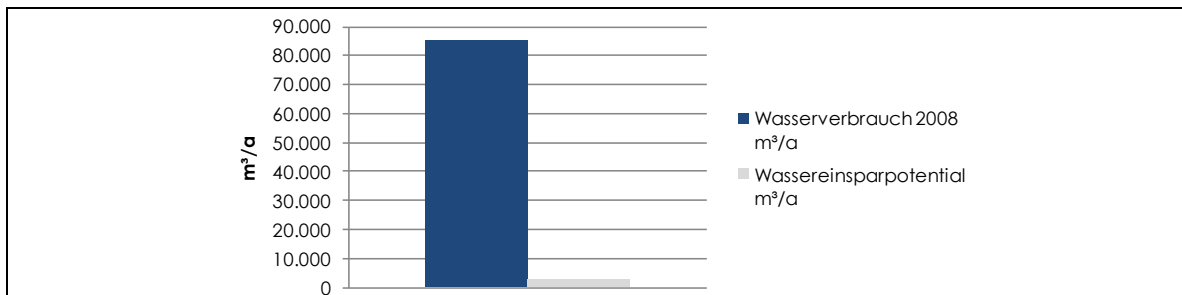


Abbildung 9: Wasserverbrauch 2008 zu Wassereinsparpotential

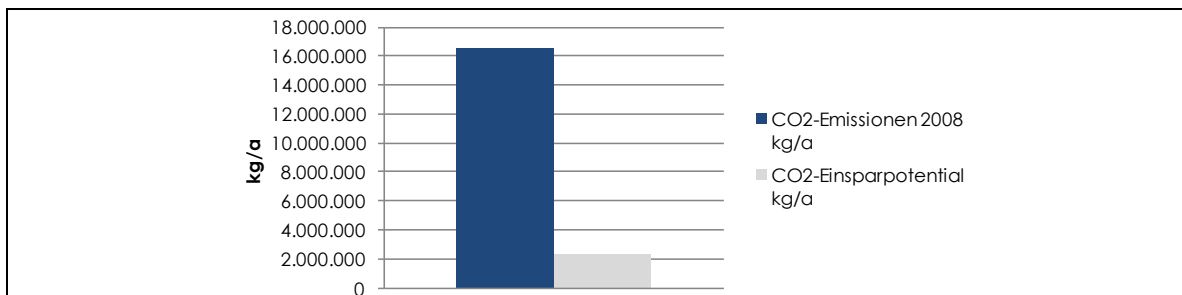


Abbildung 10: CO2-Emissionen 2008 zu CO2-Einsparpotential

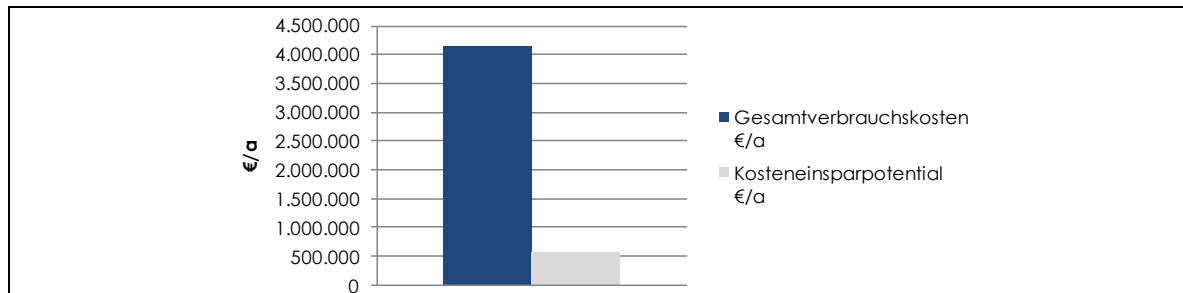


Abbildung 11: Gesamtverbrauchskosten 2008 zu Kosteneinsparpotential

4.2.2 Detaillierungsebene 2: Einsparpotential nach Maßnahmenbündeln (Gesamtgelände)

Maßnahmenbündel nach Amortisationszeit

Detaillierungsebene 2 beinhaltet die Betrachtung des Einsparpotentials nach Maßnahmenbündeln. Die Maßnahmen werden zunächst hinsichtlich ihrer Amortisationszeit jeweils einem von fünf Maßnahmenbündeln zugeordnet (Tabelle 7).

Tabelle 7: Definition Maßnahmenbündel nach Amortisationszeit

Maßnahmenbündel	Amortisationszeitraum [Jahre]
M1	0-2
M2	2-5
M3	5-10
M4	10-20
M5	20-30

Abbildung 12 zeigt die CO₂-Einsparpotentiale sowie die entsprechenden Investitionen der einzelnen Maßnahmenbündel pro vermiedener Tonne CO₂. Anlage V enthält das Gesamteinsparpotential priorisiert nach der Amortisationszeit der Maßnahmenbündel.

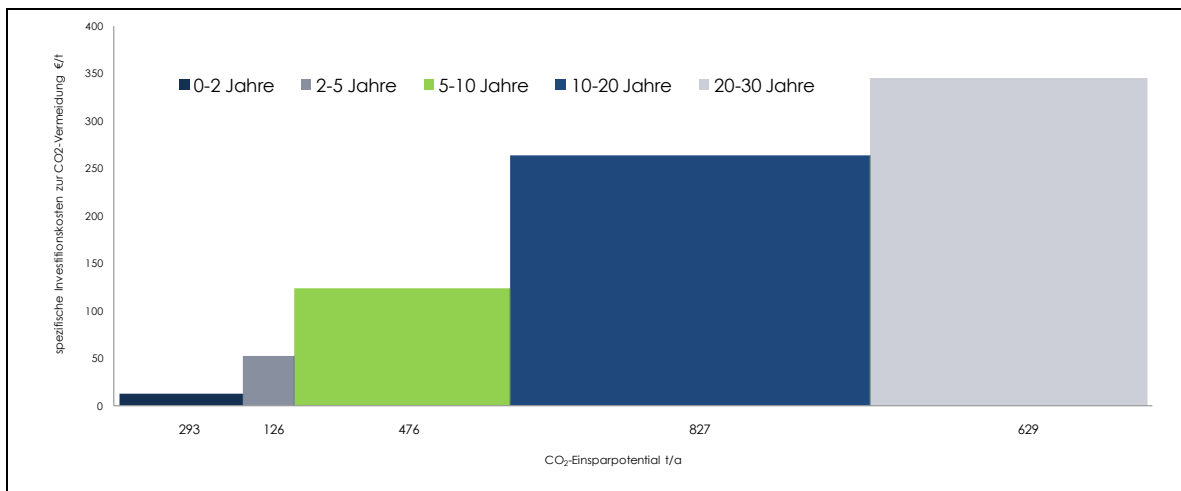


Abbildung 12: Investitionen und CO₂-Vermeidungspotential in Abhängigkeit der Amortisationszeit der Maßnahmenbündel

Die Breite der Rechtecke in Abbildung 12 zeigt den Anteil des jeweiligen Maßnahmenbündels am gesamten CO₂-Einsparpotential aller vorgeschlagenen Maßnahmen. Die Höhe zeigt die notwendigen Investition der Maßnahmenbündel zur Vermeidung einer Tonne Kohlendioxid. Die Umsetzung der Maßnahmenbündel 1 und 2 bewirkt, dass mit dem Einsatz von 2,5 % der betrachteten Gesamtinvestitionen fast 18 % der gesamten jährlichen CO₂-Einsparungen erzielt werden können. Die Maßnahmenbündel 1, 2 und 3 beinhalten 14,4 % der Gesamtinvestition, wodurch 38 % der insgesamt durch alle Maßnahmen erzielbaren Einsparungen an CO₂-Emissionen und Energiebezugskosten erreicht werden können.

Alternativ: Maßnahmenbündel nach CO₂-Vermeidungskosten

Alternativ kann die Bewertung und Reihung der Maßnahmen auch durch Berechnung der CO₂-Vermeidungskosten durchgeführt werden. Dazu werden aus den Investitionen der Einzelmaßnahmen mithilfe eines Kalkulationszinses (Ansatz: 6,5 %) und der Nutzungszeit die jährlichen Kapitalkosten ermittelt. Diese werden den jährlich eingesparten Energiebezugskosten gegenübergestellt. Ist die Einsparung der Energiebezugskosten größer als die Kapitalkosten, ergeben sich negative CO₂-Vermeidungskosten. Die einzelnen Maßnahmen werden dann anhand ihrer CO₂-Vermeidungskosten zu Maßnahmenbündeln (Einteilung siehe Tabelle 8) zusammengefasst. Diese Betrachtungsweise enthält keine Aussage über die Amortisationszeiten.

Tabelle 8: Definition Maßnahmenbündel nach CO₂-Vermeidungskosten

Maßnahmenbündel	Spanne der CO ₂ -Vermeidungskosten [€/tCO ₂] je Maßnahme
M0	Keine CO ₂ -Einsparung
M1	< -200 €/tCO ₂
M2	-200 bis 0 €/tCO ₂
M3	0 bis 200 €/tCO ₂
M4	< 200 bis 350 €/tCO ₂
M5	> 350 €/tCO ₂

Abbildung 13 zeigt die CO₂-Einsparpotentiale sowie die entsprechenden Vermeidungskosten der einzelnen Maßnahmenbündel pro vermiedener Tonne CO₂. Anlage V enthält das Gesamteinsparpotential, priorisiert nach den CO₂-Vermeidungskosten der Maßnahmenbündel tabellarisch.

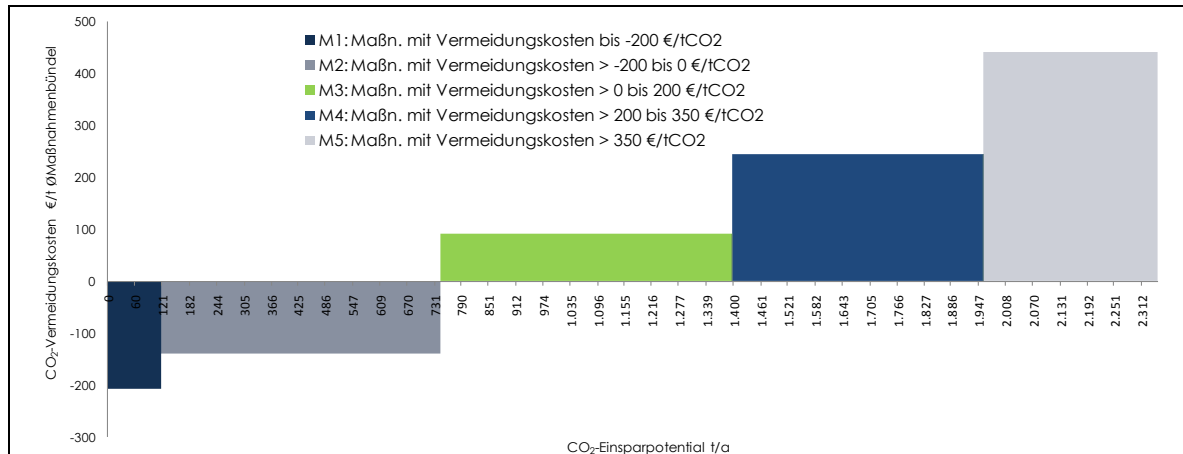


Abbildung 13: CO₂-Vermeidungskosten und CO₂-Einsparpotential nach Maßnahmenbündel

Die Auswertung ergibt, dass etwa ein Drittel des gesamten betrachteten CO₂-Einsparpotentials negative CO₂-Vermeidungskosten aufweisen. Dies bedeutet, die Kapitalkosten dieser Maßnahmen sind geringer als die bei Umsetzung der Maßnahmen jeweils jährlich erzielbaren Einsparungen. Maßnahmen mit Wasser-Einsparungen sind nicht berücksichtigt, da sie keine signifikanten CO₂-Einsparungen bewirken.

4.2.3 Detaillierungsebene 3: Einsparpotential nach Einzelmaßnahmen (Gesamtgelände)

Einzelmaßnahmen nach Amortisationszeit

Detaillierungsebene 3 beinhaltet die Betrachtung des Einsparpotentials nach Einzelmaßnahmen summiert über alle Gebäude, gereiht nach den CO₂-Vermeidungskosten der einzelnen Maßnahmen. Die Ergebnisse sind in Anlage VI tabellarisch und in Abbildung 14 grafisch aufgeführt.

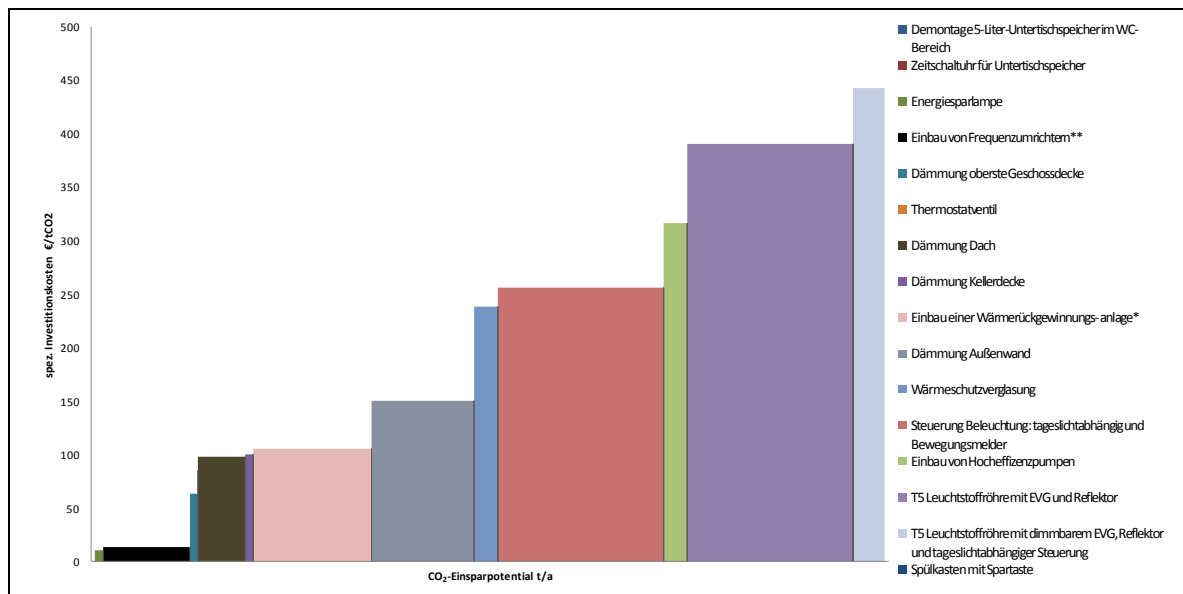


Abbildung 14: Spezifische Investitionen und CO₂-Vermeidungspotential der Einzelmaßnahmen

In Abbildung 14 sind die spezifischen Investitionen (Investitionen pro eingesparter Tonne CO₂) der sechzehn untersuchten Maßnahmen aufgetragen gegenüber dem jeweiligen CO₂-Einsparpotential. Je breiter der Balken, desto größer der prozentuale Anteil der jeweiligen Maßnahme am gesamten CO₂-Einsparpotential aller vorgeschlagenen Maßnahmen. Die Höhe der Balken zeigt an, wie hoch die notwendige Investition der Maßnahme zur Vermeidung einer Tonne Kohlendioxid ist.

Die Auswertung zeigt, dass bei Umsetzung aller Maßnahmen mit spezifischen Investitionen von unter 100 Euro pro Tonne CO₂ mit 9 % der vorgeschlagenen Gesamtinvestitionen etwa 19 % der gesamten jährlichen CO₂-Emissionen bzw. der jährlichen Energiebezugskosten eingespart werden können. Bei Umsetzung aller Maßnahmen mit spezifischen Investitionen bis ca. 150 Euro pro Tonne CO₂ werden mit etwa 43 % der vorgeschlagenen Investitionen 48 % der CO₂-Einsparungen und 52 % der Energiebezugskosten-Einsparungen erreicht.

Alternativ: Einzelmaßnahmen nach CO₂-Vermeidungskosten

Analog zu den Maßnahmenbündeln können auch die Einzelmaßnahmen hinsichtlich ihrer CO₂-Vermeidungskosten bewertet und gereiht werden (siehe Abbildung 15 und Anlage VI).

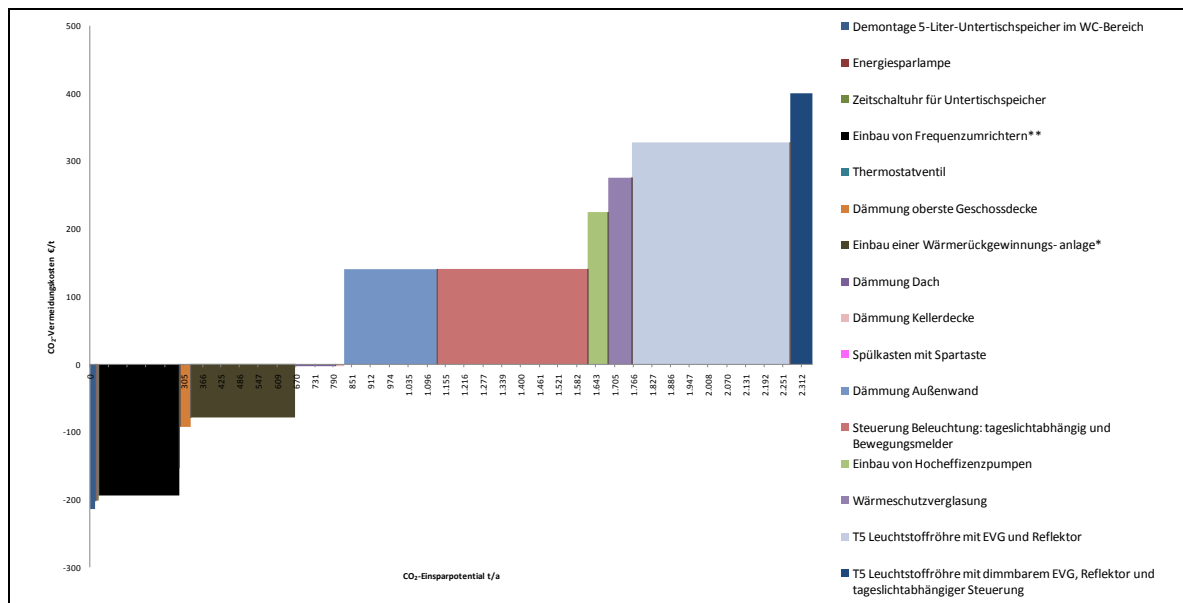


Abbildung 15: CO₂-Vermeidungskosten und CO₂-Vermeidungspotential der Einzelmaßnahmen

Die Auswertung ergibt, dass sich bei Umsetzung der Einzelmaßnahmen mit negativen CO₂-Vermeidungskosten 35 % der gesamten erzielbaren CO₂-Einsparungen realisieren lassen. Dazu sind etwa 20 % der Gesamtinvestitionen nötig.

4.2.4 Detaillierungsebene 4: Einsparpotential nach Einzelmaßnahmen (bezogen auf Einzelgebäude)

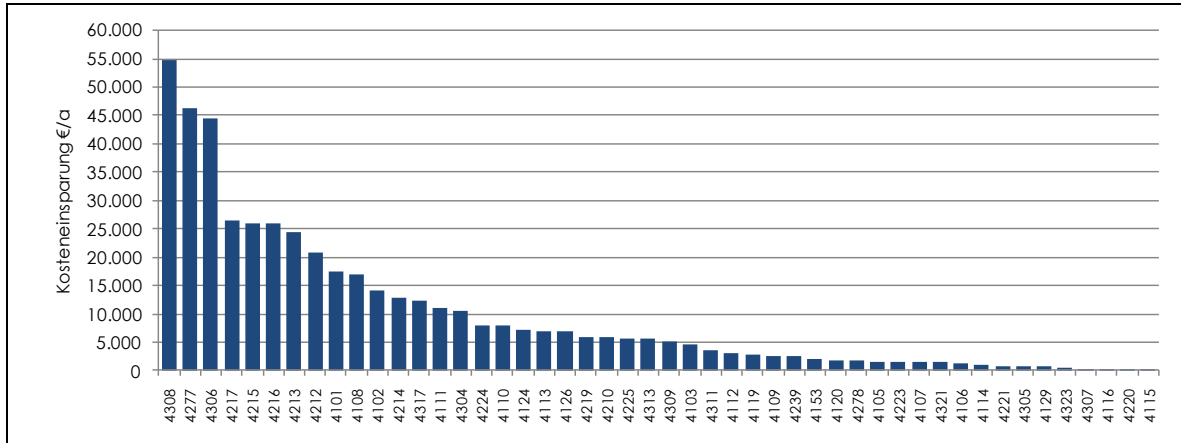
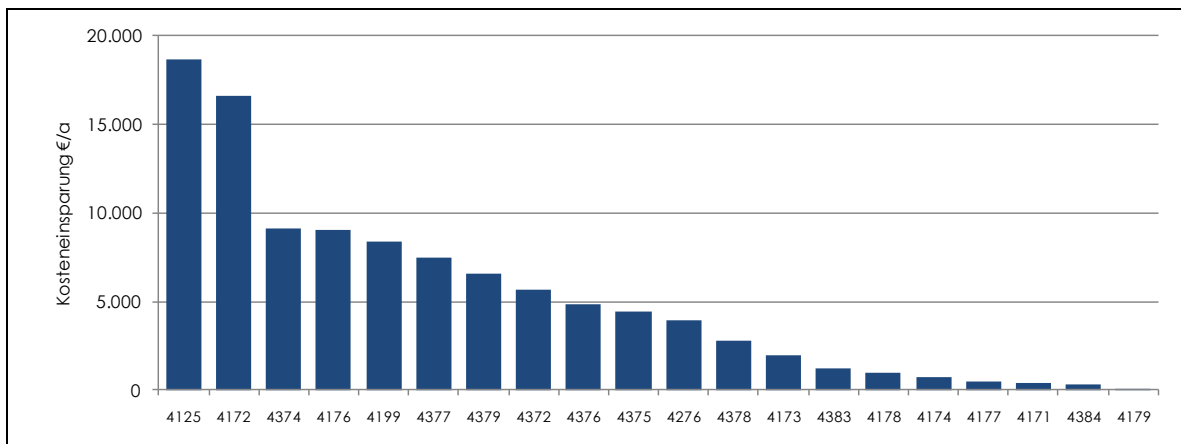
Detaillierungsebene 4 beinhaltet die Betrachtung des Einsparpotentials nach Einzelmaßnahmen je Einzelgebäude Gebäuden. Es wird dargelegt, welche Maßnahme in welchem Gebäude die geringste Amortisationszeit hat. Diese liegenschaftsübergreifende Maßnahmenliste wird in Anlage VII zunächst für alle 75 untersuchten Gebäude dargestellt. Sie wurde jedoch auch separat für jede der beiden Hochschulen erstellt. Die liegenschaftsübergreifende Maßnahmenliste für das WZW enthält Anlage VIII, die Maßnahmenliste für die HSWT enthält Anlage IX. Anhand dieser Maßnahmenliste kann ein sinnvoller Mitteleinsatz zur Verringerung des Energieverbrauchs am Campus koordiniert werden, falls Finanzmittel in mehreren kleinen Schritten zur Verfügung gestellt werden.

4.2.5 Priorisierung der Gebäude nach Kosteneinsparpotential

Im Folgenden sind die Gebäude hinsichtlich ihres Kosteneinsparpotentials priorisiert. Abbildung 16 und Abbildung 17 zeigen die möglichen Kosteneinsparungen der Gebäude getrennt nach WZW und HSWT im Verhältnis zueinander auf. Aufgrund der Bandbreite der Kosteneinsparungen von etwa 30 und fast 55.000 Euro im Jahr sind im Balkendiagramm die Balken der Gebäude mit geringen Kosteneinsparungen kaum darstellbar. In Anlage X werden die möglichen Kosteneinsparungen sowie die entsprechenden Investitionen für alle untersuchten Gebäude dargestellt.

Die Gebäude 4308 (Tierernährung Institutsgebäude), 4277 (Forst), 4306 (Tierernährung Hauptgebäude), 4217 (Pflanze I), 4215 (Praktika) und 4216 (Mensa) weisen das größte Einsparpotential auf.

Die vollständigen tabellarischen Auswertungen enthalten Anlage VII (Gesamtgelände), Anlage VIII WZW und Anlage IX (HSWT).


Abbildung 16: Kosteneinsparpotential Gebäude WZW

Abbildung 17: Kosteneinsparpotential – Gebäude HSWT

4.3 Energetisch bilanzierte Maßnahmen

4.3.1 Einsparpotential durch Umsetzung eines ganzheitliches Kältekonzepts

Auf dem Campus in Weihenstephan werden derzeit vom WZW etwa 24 Kompressionskälteanlagen, 55 Klima-Split-Geräte sowie 100 Kälteaggregate und von der HSWT etwa acht Kompressionskälteanlagen, fünf Klima-Split-Geräte sowie 21 Kälteaggregate betrieben. Die gesamte installierte Kälteleistung beträgt etwa vier Megawatt¹². Die Kälteleistung der Kälteanlagen mit einer Leistung über 100 Kilowatt beträgt am WZW rund zwei Megawatt und an der HSWT rund 250 Kilowatt.

Die angesetzten Energieeinsparmaßnahmen sind im Folgenden aufgeführt:

- Erhöhung des EER (Energy Efficiency Ratio)

¹² Aufgrund fehlender oder unkenntlicher Typenschilder fehlen teilweise die Technischen Daten zu den Kälteanlagen. Es ist davon auszugehen, dass die gesamte installierte Kälteleistung tendenziell höher ist als in diesem Teilbericht angegeben.

- Erhöhung der Kaltwassertemperaturen auf 12/18 Grad Celsius
- Erhöhung der Raumtemperaturen
- Erweiterung der Kälteanlage durch eine indirekte freie Kühlung
- Einsatz drehzahl geregelter Pumpen

Das Kosteneinsparpotential im Bereich der Kälteerzeugung und -verteilung wird anhand der Erfahrungswerte aus den Energiekonzepten der TUM an den Standorten Innenstadt und Garching ermittelt. Das spezifische Kosteneinsparpotential im Bereich der Kälte beträgt am Standort Innenstadt 38 Euro pro Kilowatt und Garching 27 Euro pro Kilowatt. Für den Standort der TUM und der HSWT in Weihenstephan wird von einem spezifischen Kosteneinsparpotential von 30 Euro pro Kilowatt ausgegangen. Das entspricht etwa 136 Kilogramm CO₂ pro Kilowatt.

Die Umsetzung eines ganzheitlichen Kältekonzeptes mit den aufgeführten Maßnahmen in den benannten Gebäuden führt voraussichtlich zu einer CO₂-Einsparung von etwa 306 Tonnen im Jahr und zu einer Kostenersparnis von insgesamt voraussichtlich 67.500 Euro. Die CO₂-Ersparnis des WZW beträgt rund 272 Tonnen im Jahr und die Kostenersparnis rund 60.000 Euro im Jahr. Die CO₂-Ersparnis der HSWT beträgt rund 34 Tonnen im Jahr und die Kostenersparnis etwa 7.500 Euro im Jahr.

Im Folgenden sind die Ergebnisse des Kältekonzeptes sowie Hinweise für die Installation zukünftiger Kälteanlagen zusammengefasst.

- Durch die Umsetzung der Energieeinsparmaßnahmen an den Kälteanlagen mit einer Kälteleistung ab 100 Kilowatt kann insgesamt jährlich voraussichtlich eine CO₂-Einsparung von etwa 306 Tonnen im Jahr und eine Kostenersparnis von etwa 67.500 Euro im Jahr erzielt werden.
- Im Winter ab einer Außentemperatur von weniger als sieben Grad Celsius soll die Kälteanlage außer Betrieb genommen werden und es soll mit indirekter freier Kühlung über einen Wärmetauscher gekühlt werden.
- Der Erzeugerkreislauf soll durch einen Pufferspeicher zum Verteilerkreislauf hydraulisch entkoppelt sein.
- Die Sekundärkreisumpen im Verteilerkreislauf sollen drehzahl geregelt sein.
- Die sekundärseitigen Kaltwassertemperaturen sollen im Winter wie im Sommer zwölf Grad Celsius Vorlauftemperatur und 18 Grad Celsius Rücklauftemperatur betragen, falls die Kälte zum Kühlen benötigt wird.
- Die sekundärseitigen Kaltwassertemperaturen sollen im Winter wie im Sommer sechs Grad Celsius Vorlauftemperatur und zwölf Grad Celsius Rücklauftemperatur betragen, falls die Kälte zum Entfeuchten benötigt wird.
- Die vorhandenen freien Kapazitäten der bestehenden zentralen Kälteanlagen sollen sinnvoll genutzt und dezentrale Klima-Split-Geräte vermieden werden.
- Statt der Neuinstallation eines Klima-Split-Gerätes soll geprüft werden, ob der Anschluss des Verbrauchers an eine bestehende zentrale Kälteanlage wirtschaftlich und technisch möglich ist.
- Die eigenständige Nachrüstung durch den Nutzer mit dezentralen mobilen Klima-Split-Geräten, die mit geöffnetem oder gekipptem Fenster betrieben werden, soll vermieden werden.
- Die Bestandsdokumentation soll vollständig vorliegen. Bei Ergänzungen von bestehenden Systemen sind die Änderungen in die Bestandsdokumentation einzupflegen.

- Vor der Nachrüstung weiterer Kälteanlagen soll der derzeitige und falls notwendig auch der zukünftige Kältebedarf eines Gebäudes ermittelt werden.

Im Rahmen eines Kälte-Detailkonzepts können das diagnostizierte Einsparpotential sowie die Investitionen der Energieeinsparmaßnahmen im Bereich der Kälte ermittelt und in einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dargestellt werden. Anschließend können die Energieeinsparmaßnahmen umgesetzt werden.

4.3.2 Einsparpotential durch Optimierung der Druckluftanlagen

Auf dem Campus Weihenstephan befinden sich 24 Gebäude des WZW und der HSWT, die mit Druckluftanlagen unterschiedlicher Größe ausgestattet sind. Die Nennleistung aller Druckluftanlagen beträgt insgesamt rund 260 Kilowatt.

Im Bereich der Druckluftherzeugung, -verteilung und -übergabe wurden laut Aussagen des Technischen Betriebs bislang keine Einsparmaßnahmen ermittelt oder umgesetzt.

Das Gesamtpotential der technisch und wirtschaftlich umsetzbaren Maßnahmen zur Energieeinsparung im Bereich der Druckluft liegt bei vergleichbaren Anlagen bei etwa 30 %.

Die möglichen Energieeinsparmaßnahmen sind im Folgenden aufgeführt:

- Leckageverluste reduzieren
- Anpassung des Druckniveaus
- Entfernung von engen Zuleitungen
- Anpassung der Verbraucherstruktur
- Anpassung der Betriebszeiten
- Regelmäßige Wartung und Instandhaltung

Falls zukünftig neue Druckluftanlagen angeschafft und installiert werden, sollen folgende Aspekte berücksichtigt werden, damit die Druckluftherzeugung effizient ist:

- Einsatz moderner Antriebstechnik
- Dimensionierung der Anlage
- Geeigneter Aufstellungsort (Raumtemperatur, Luftfeuchte...)
- Einsatz von Wärmerückgewinnung

Im Rahmen eines Druckluft-Detailkonzepts können das Einsparpotential sowie die Investitionen der Energieeinsparmaßnahmen im Bereich der Druckluft ermittelt und in einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dargestellt werden. Anschließend können die Energieeinsparmaßnahmen umgesetzt werden.

4.4 Maßnahmen an der Gebäudeleittechnik

WZW

Die WZW verfügt bereits über zwei gebäudeübergreifende Gebäudeleittechnik-Systeme von unterschiedlichen Herstellern, die sich in der GLT-Zentrale im Gebäude 4321 befinden. Die Gebäudeleittechnik-Systeme werden derzeit nur als Störmeldesysteme genutzt. Einen zentralen Server, der dem heutigen Stand der Technik entspricht und die notwendigen Kapazitäten aufweist, gibt es nicht. Die Steuerung der einzelnen Gebäude übernehmen die einzelnen Gebäudeleittechnik-Systeme, die sich in den jeweiligen Gebäuden befinden. Derzeit sind insgesamt etwa sechs unterschiedliche Gebäudeleittechnik-Systeme installiert. Die unterschiedlichen Gebäudeleittechnik-Systeme weisen keinen gemeinsamen und einheitlichen Standard auf.

Nach Angaben des technischen Betriebs der TUM in Weihenstephan strebt das WZW die Installation eines einheitlichen gebäudeübergreifenden Gebäudeleittechnik-Systems an, das zentral über die Leitwarte die einzelnen Gebäude regeln kann. Durch den Einsatz eines zentralen gebäudeübergreifenden Gebäudeleittechnik-Systems werden der Energieverbrauch gesenkt, Ausfallzeiten minimiert, Störfälle früher erkannt, Steuerungsorgane zentralisiert und Kosten reduziert.

Ein zentrales gebäudeübergreifendes Gebäudeleittechnik-System setzt voraus, dass die in den einzelnen Gebäuden installierten Gebäudeleittechnik-Systeme kompatibel, das heißt in das Gesamtsystem integrierbar sind und über dieselben Schnittstellen und Protokolle (wie zum Beispiel BACnet) verfügen. Für solch ein System ist auch die Neuanschaffung eines Servers (eventuell auch eines Webservers) notwendig. Für die Betreuung und Implementierung eines zentralen gebäudeübergreifenden Gebäudeleittechnik-Systems ist eine Ausweitung der personellen Kapazität erforderlich.

HSWT

Die HSWT verfügt derzeit über kein gebäudeübergreifendes Gebäudeleittechnik-System. Es gibt kein zentrales Störmeldesystem. Um Störmeldungen zu erkennen und gegebenenfalls zu beheben wird jeden Tag ein Rundgang durch alle Gebäude gemacht. Dies ist zum einen zeitaufwendig und Störmeldungen können nicht zeitnah erfasst werden. Die einzelnen Gebäude sind mit unterschiedlichen Gebäudeleittechnik-Systemen von insgesamt drei unterschiedlichen Herstellern ausgestattet. Einige Gebäude verfügen über gar kein Regelungssystem. Die bestehenden Gebäudeleittechnik-Systeme sind teilweise veraltet und entsprechen nicht mehr dem heutigen Stand der Technik.

Die HSWT strebt ebenso wie das WZW die Installation eines einheitlichen gebäudeübergreifenden Gebäudeleittechnik-Systems an, das zentral über die Leitwarte die einzelnen Gebäude regeln kann. Durch den Einsatz eines zentralen gebäudeübergreifenden Gebäudeleittechnik-Systems werden der Energieverbrauch gesenkt, Ausfallzeiten minimiert, Störfälle früher erkannt, Steuerungsorgane zentralisiert und Kosten reduziert. Für die Betreuung und Implementierung eines zentralen gebäudeübergreifenden Gebäudeleittechnik-Systems ist eine Ausweitung der personellen Kapazität erforderlich.

4.5 Einsparpotential durch Beeinflussung des Nutzerverhaltens

Derzeit gibt es am Standort keine koordinierten Ansätze um das Nutzerverhalten hinsichtlich eines bewussten Umgangs mit Energie und Ressourcen aktiv zu beeinflussen.

Das Gesamteinsparpotential durch die Verbesserung des Nutzerverhaltens und der Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen auf Nutzerebene beträgt bei vergleichbaren Liegenschaften etwa 20 %. Nach konservativer Schätzung (d.h. bei Annahme von 15 % Einsparpotential) können durch Einbindung und Motivation der Nutzer sowie Beeinflussung des Nutzerverhaltens jährlich insgesamt voraussichtlich über 520.000 Euro¹³ sowie etwa 2.100 Tonnen CO₂ eingespart werden. Die jährliche Einsparung des WZW entspricht voraussichtlich bis zu 450.000 Euro¹⁴ (CO₂: bis zu 1.840 Tonnen) und die der HSWT bis zu 70.000 Euro¹⁵ (CO₂: bis zu 250 Tonnen).

¹³ Nach konservativer Schätzung des Energieeinsparpotentials auf 15 % der Gesamtverbrauchskosten der gesamten untersuchten Gebäude und unter der Annahme, dass die Beeinflussung des Nutzerverhaltens gemäß der nachfolgenden Abschnitte, nach Umsetzung der im Teilbericht V aufgeführten Umsetzungs- und Ablaufplan erfolgt. Berechnung: $(4.145.000€ - 570.000€ - 67.500€) * 0,15 = 526.125€/a$. Analog erhält man die berechnete CO₂-Reduktion von 2.083 t/a

¹⁴ Nach konservativer Schätzung des Energieeinsparpotentials auf 15 % der Gesamtverbrauchskosten des WZW und unter der Annahme, dass die Beeinflussung des Nutzerverhaltens gemäß der nachfolgenden Abschnitte, nach Umsetzung der im Teilbericht V aufgeführten Umsetzungs- und Ablaufplan erfolgt. Berechnung: $(3.559.000€ - 466.000€ - 60.000€) * 0,15 = 454.950€/a$. Analog erhält man die berechnete CO₂-Reduktion von 1.837 t/a

¹⁵ Nach konservativer Schätzung des Energieeinsparpotentials auf 15 % der Gesamtverbrauchskosten der HSWT und unter der Annahme, dass die Beeinflussung des Nutzerverhaltens gemäß der nachfolgenden Abschnitte, nach Umsetzung der im Teilbericht V aufgeführten Umsetzungs- und Ablaufplan erfolgt. Berechnung: $(586.000€ - 104.000€ - 7.500€) * 0,15 = 71.175€/a$. Analog erhält man die berechnete CO₂-Reduktion von 246 t/a

Im Rahmen der Gebäudebegehungen wurde das typische Fehlverhalten von Nutzern dokumentiert:

- Fenster dauerhaft gekippt (insbesondere in Sanitäranlagen)
- Gleichzeitiger Betrieb von Heizung und Kühlung
- Betrieb des Heizkörpers bei gleichzeitig geöffnetem Fenster
- Betrieb der Kühlung bei gleichzeitig geöffnetem Fenster
- Betrieb der Lüftung bei gleichzeitig geöffnetem Fenster
- Offenstehende Türen bei klimatisierten und beheizten Räumen
- Bedeckte und zugestellte Heizkörper
- Beleuchtung in unbenutzten Räumen in Betrieb (insbesondere Sanitäranlagen, Seminarräume, Hörsäle)
- Laufender Wasserhahn in Sanitäranlage
- Heizkörper auf Stufe fünf → entspricht Raumtemperatur von circa 26 Grad Celsius
- Heizkörper in Gängen und Fluren in Betrieb

Die Energieeinsparmaßnahmen, die auf Nutzerebene umgesetzt werden können, sind im Folgenden aufgeführt:

- Stand-By- und Schein-Aus-Verbrauch reduzieren
- Stromsparmodes des PCs nutzen
- Grafisch aufwändige Bildschirmschoner ausstellen
- Stromsparmodes von Bürogeräten nutzen
- Bei längerem Verlassen (mehr als fünf Minuten) des Raumes Licht ausschalten
- Bei ausreichendem Tageslicht Beleuchtung ausschalten oder reduzieren
- Nicht mehr benötigte Raumverdunkelungen öffnen
- Raumbeleuchtung nur bei Bedarf einschalten
- Licht aus, wenn man als letzter einen Raum verlässt (gilt insbesondere auch für Toiletten und Seminarräume)
- In Schreibtischlampen Energiesparlampen verwenden
- Schreibtischlampe nur verwenden, wenn Deckenbeleuchtung nicht an ist
- Stoßlüften statt dauerhaft gekipptes Fenster
- Die Heizkörper nicht verstellen
- Im Sommer Nachtlüftung durch ein gekipptes Fenster (falls möglich)
- Im Sommer Überhitzung durch das Schließen von Verschattungssystemen verhindern
- Klimaanlage erst bei Innenraumtemperaturen von über 26 Grad Celsius in Betrieb nehmen
- Auf den Aufzug verzichten – statt dessen Treppe benutzen
- Auf Warmhalteplatten verzichten – Kaffee in der Thermoskanne warmhalten
- Alle nicht benötigten elektrischen Geräte ausschalten beziehungsweise ausstecken
- Kühlschranktemperatur auf sieben Grad Celsius einstellen

- Keine heißen Lebensmittel in den Kühlschrank stellen
- Wasser am besten im Wasserkocher erhitzen und immer nur so viel Wasser erhitzen, wie gerade benötigt wird
- Geschirrspüler nicht halbvoll betreiben

Die Umsetzung der genannten Energieeinsparmaßnahmen setzt die Einbindung und Motivation der Nutzer voraus.

Die Einbindung kann durch die Bildung von Arbeitsgruppen, die standortübergreifend zusammenarbeiten, erfolgen. Die Arbeitsgruppen können die Nutzer durch Informationsveranstaltungen, Nutzerschulungen, Informationsmails mit Checklisten, Flyern, Plakaten sowie Hinweisschildern und Aufklebern auf energiesparendes Verhalten aufmerksam machen. Des Weiteren können sie die Umsetzung der Maßnahmen einleiten, koordinieren, überwachen und abschließend im Rahmen einer Erfolgskontrolle bewerten und kommunizieren.

Die Nutzermotivation kann durch die Einführung eines Prämiensystems wie zum Beispiel des „50:50-Modells“ erhöht werden. Dieses sieht vor, dass 50 % der erzielten Kosteneinsparungen der Hochschule und 50 % zum Beispiel der Fakultät, die die Einsparung erzielt hat, zur Verfügung stehen. Das erwirtschaftete Kapital wird dann für weitere Energieeinsparmaßnahmen oder für Forschungsprojekte genutzt.

Nach der Entwicklung und Festlegung einer Umsetzungsstrategie (beispielsweise durch eine zentrale Arbeitsgruppe auf dem Campus) zur Einbindung und Motivation der Nutzer können die beschriebenen Einsparmaßnahmen im Bereich des Nutzerverhaltens umgesetzt werden.

4.6 Einsparpotential durch Sanierung von Gewächshäusern

Als Besonderheit auf dem Campus Weihenstephan sind die Gewächshäuser zu nennen, die aus den jeweils benachbarten Gebäuden mit Energie versorgt werden. Von den 75 untersuchten Gebäuden versorgen derzeit zehn Gebäude umliegende Gewächshäuser mit Energie. Diese Gewächshäuser haben in Summe eine Grundfläche von etwa 16.100 Quadratmetern.

Der Energieverbrauch von Gewächshäusern kann mit einfachen Maßnahmen deutlich reduziert werden. Nachfolgend aufgezeigte Maßnahmen können zu einer merklichen Reduktion des Energieverbrauchs führen.

- Gewächshäuser abdichten (Abdichtung von Türen, Scheiben/Folien, Traufen, Lüftungselementen und Energieschirmen)
- Solare Wärme ausnutzen (Reduzierung der Verschattung des Gewächshauses und Reinigung der Scheiben)
- Wärmedurchgang verringern (Dämmung der Fundamente und Sockeln mit Styropor oder ähnlichen Stoffen, Stehwandisolierung, Vermeidung von Wärmebrücken, Umrüstung von Einfachglas auf aufblasbare Doppelfolien im Dachbereich, Nutzung der Energieschirme)
- Optimierung von Steuerung und Regelung (Kontrolle der Soll- und Ist-Werte sowie Überprüfung der Messfühler auf Funktionstüchtigkeit)
- Optimierung der Heizung (Durchführung einer regelmäßigen Kessel- und Brennerreinigung, Überprüfung der Einstellung des Brenners und Isolierung der Warmwasserleitungen)

4.7 Verbesserungspotential im Bereich der Kommunikation und Organisation

Die Weihenstephaner Hochschulen bilden die allgemeingültigen Strukturen des staatlichen Hochschulbaus und -betriebs ab. Das Staatliche Bauamt Freising ist für Baumaßnahmen zuständig, während der Betrieb von Gebäuden und Anlagen bei der TUM bzw. der HSWT angesiedelt ist. Aus vielen Projekten ist bekannt, dass eine sorgfältige Abstimmung zwischen den Akteuren

des Baus und denen des Betriebs erforderlich ist. Dies ist in den gegebenen Strukturen allerdings häufig nur schwer realisierbar bzw. erfordert außergewöhnliches Engagement der Beteiligten. In der Praxis kommt es, etwa bei Umbauten oder Anlagenänderungen auf Bearbeiterebene mitunter zu Unklarheiten über die Zuständigkeit. Dabei handelt es sich um eine strukturell bedingte Situation und nicht um eine Freisinger Besonderheit.

Im Rahmen der Erstellung des Energiekonzeptes sind die im Folgenden aufgeführten Aspekte im Bereich der Kommunikation und Organisation aufgefallen:

- Die Zuständigkeiten zwischen dem Bauamt Freising und der TUM beziehungsweise der HSWT sind teilweise nicht ausreichend definiert. Auf Grund dessen kommt es zum Beispiel zu Unstimmigkeiten bezüglich der Ergänzung der Bestandsunterlagen beim Umbau technischer Gebäudeausrüstung.
- Die Bestandsdokumentation, insbesondere nach Umbauten oder Sanierungen ist lückenhaft. Teilweise wurden die Änderungen weder vom Bauamt Freising noch von der TUM beziehungsweise der HSWT in die Bestandspläne eingepflegt.
- Es besteht teilweise keine ganzheitliche Herangehensweise im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung. Oft werden aus Kostengründen nur Einzelmaßnahmen anstatt ganzheitlicher Maßnahmen umgesetzt. Die Folgekosten (Energiekosten, Wartung und Instandhaltung, Ersatzteile) werden teilweise nicht berücksichtigt. In einigen Fällen (z.B. Löwentorgebäude 4125 oder Forstgebäude 4277) wurden immer wieder die vorhandenen Mängel beseitigt, aber die Ursache für die Mängel wurde nicht ermittelt und behoben.
- Bestehende Bestrebungen Standardisierungen einzuführen, wie z.B. durch das Pflichtenheft der Gebäudeleittechnik, werden nicht ausreichend genutzt. Das Pflichtenheft zur Gebäudeleittechnik wird derzeit nicht regelmäßig in Planungsprozesse mit einbezogen.
- Bei Nutzungsänderungen durch den Wechsel von Lehrstühlen werden teilweise die Regelparameter der Heizung, Kälte, Lüftung, etc. nicht bedarfsgerecht angepasst.
- Die eigenständige Nachrüstung von Klima-Split-Geräten und die Schaffung von Durchbrüchen in der Außenwand (in der Regel für Abluftschläuche von Laborgeräten) durch den Nutzer sind im Rahmen der Gebäudebegehungen des Öfteren erfasst worden. Dies kann unter anderem zu versicherungstechnischen Schwierigkeiten im Schadensfall (z.B. durch das Gerät ausgelöster Brand) kommen.

Für Umbauten, Renovierungen und Anschaffungen soll ein einheitliches und transparentes Vorgehen an den Hochschulen definiert werden. Darin soll festgelegt sein, welche Investitionsentscheidungen durch welche Einrichtung getroffen werden und welche Einrichtung für die Umsetzung verantwortlich ist. Unabdingbar dabei ist eine Abstimmung mit den Nutzern, um den Bedarf realistisch einschätzen zu können und in Zusammenhang mit der Investition stehende Probleme aufdecken zu können. Bei der Umsetzung sollen standardmäßig sämtliche Regelparameter überprüft und gegebenenfalls auf die neue Situation hin angepasst werden. Anschaffungen ohne Wissen des Technischen Betriebs sollen allein schon aus versicherungstechnischen Gründen möglichst unterbunden werden. Hier empfiehlt es sich die Nutzer auf diese Problematik aufmerksam zu machen.

4.8 Empfehlung

Auf Grundlage der Ergebnisse der energetischen Gebäudegrobanalyse werden die im Folgenden aufgeführten Empfehlungen ausgesprochen.

- Umsetzung der Energieeinsparmaßnahmen nach ihren CO₂-Vermeidungskosten. Die Energieeinsparmaßnahme mit den geringsten Kosten pro eingesparter Tonne CO₂ ist die wirtschaftlichste.

- Umsetzung der Energieeinsparmaßnahmen nach ihrer Amortisationszeit: Bei Umsetzung der Maßnahmenbündel 1 und 2 beziehungsweise der Energieeinsparmaßnahmen mit einer Amortisationszeit von bis zu fünf Jahren können mit dem Einsatz von 2,5 % der vorgeschlagenen Gesamtinvestition fast 18 % der gesamten jährlichen CO₂-Einsparungen erzielt werden. Die Maßnahmenbündel 1, 2 und 3 (Maßnahmen mit maximal zehn Jahren Amortisationszeit) beinhalten 14,4 % der Gesamtinvestition, wodurch 38 % der insgesamt durch alle Maßnahmen erzielbaren CO₂- und Kosten-Einsparungen erreicht werden können.
- Priorisierte Umsetzung der Maßnahmen „Demontage 5-Liter-Untertischspeicher im WC-Bereich“, „Energiesparlampe“, „Zeitschaltuhr für Untertischspeicher“, „Einbau von Frequenzumrichtern“, „Thermostatventil“, „Dämmung oberste Geschossdecke“, „Einbau einer Wärmerückgewinnungsanlage“, „Dämmung Dach“, „Dämmung Kellerdecke“ und „Spülkasten mit Spartaste“. Durch die Umsetzung dieser Maßnahmen können etwa 38 % der gesamten jährlichen Energiebezugskosten und ca. 35 % der gesamten CO₂-Einsparungen mit dem Einsatz von etwa 20 % der Gesamtinvestitionen erzielt werden.
- Erstellung eines Kälte-Detailkonzepts für die Gebäude 4124, 4126, 4213, 4216, 4277, 4217, 4218 und 4379, um das tatsächliche Energieeinsparpotential zu ermitteln und Investitionen für eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ansetzen zu können.
- Erstellung eines Druckluft-Detailkonzepts, um das mögliche Energieeinsparpotential von etwa 30 % generieren, verifizieren und wirtschaftlich bewerten zu können.
- Vereinheitlichung der unterschiedlichen Gebäudeleittechnik-Systeme, so dass die technischen Anlagen der Gebäude nur durch ein Gebäudeleittechnik-System von einem Hersteller geregelt und gesteuert werden sowie Installation eines zentralen Webservers.
- Beeinflussung und Änderung des Nutzverhaltens hinsichtlich eines bewussten Umgangs mit Energie und Ressourcen, um das Kosteneinsparpotential von etwa 520.000 Euro pro Jahr zu erreichen. Die Einbindung und Motivation der Nutzer kann durch die Bildung von Arbeitsgruppen und der Einführung eines Prämiensystems zur Beteiligung der Nutzer an Kosteneinsparungen erfolgen. Nach der Entwicklung einer Umsetzungsstrategie zur Einbindung und Motivation der Nutzer können die beschriebenen Maßnahmen umgesetzt werden.

5 Ergebnis Teilbericht IV: Gegenüberstellung möglicher Erzeugungsvarianten

Innerhalb der Projektphase IV werden verschiedene Varianten zur Energieversorgung der Hochschulen in Weihenstephan hinsichtlich ihrer Umwelteigenschaften und ihrer Wirtschaftlichkeit untersucht und mit der bestehenden Energieversorgung verglichen. Die wirtschaftliche Bewertung berücksichtigt zwei mögliche Bedarfsszenarien. Im Folgenden werden die Aktualisierungen beschrieben, die sich seit Fertigstellung des Teilberichts IV ergeben haben. Die Bedarfsszenarien und die Erzeugungsvarianten werden erläutert sowie die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit den aktualisierten Daten angepasst. Den Abschluss bildet die Empfehlung.

5.1 Aktualisierungen: Datenbasis und Rahmenbedingungen

Gegenüber Teilbericht I und IV bestehen im Teilbericht V Aktualisierungen bezüglich der Datenbasis sowie der Rahmenbedingungen. Es fließen die im Folgenden aufgeführten Aktualisierungen in die Umwelt- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ein:

- Neu berechnete spezifische Emissionswerte der Fernwärme der FFG: laut FFG¹⁶ wurde der spezifische CO₂-Emissionswert der an die Kunden der FFG gelieferten Fernwärme neu berechnet und beträgt 220 kg/MWh (für sämtliche vorhergehenden Projektphasen wurde noch der im Oktober 2010 telefonisch angegebene Wert von 160 kg/MWh angenommen, in der vorliegenden Phase V wird mit dem neuen Wert von 220 kg/MWh gerechnet).
- Aktueller Fernwärmepreis:
 - Ein neuer Fernwärmevertrag mit einer Laufzeit von zehn Jahren wurde im Dezember 2010 rückwirkend zum 01. Oktober 2010 abgeschlossen
 - die Konditionen veränderten sich aufgrund von Nachverhandlungen auf der Basis der in Teilbericht IV dargestellten Ergebnisse gegenüber dem in Teilbericht IV untersuchten Fernwärmeangebot (Variante 2)
 - Zum Vergleich mit dem alten Fernwärmepreis sowie zur Darstellung der Ergebnisse der Nachverhandlung wird in der vorliegenden Aktualisierung der Berechnungen eine zusätzliche Variante eingeführt. Es wird der Preisstand vom 01. Oktober 2010 nach dem alten Fernwärmevertrag (in Variante 1) verglichen mit dem Preisstand vom 01. Oktober 2010 nach dem ersten Fernwärmeangebot (in Variante 2a) sowie dem im Dezember abgeschlossenen neuen Fernwärmevertrag (Variante 2b)
- Konkretisierter Wärmebedarf des Hans-Eisenmann-Zentrums: Nach Fertigstellung des Teilberichts IV wurde durch das beauftragte Planungsbüro der zukünftige Wärmebedarf des geplanten Hans-Eisenmann-Zentrums konkretisiert
- Aktualisierung der möglichen Einsparungen: Aufgrund von Korrekturen bei der Fertigstellung von Teilbericht III dieses Projektes gab es geringfügige Änderungen im Wärmeeinsparpotential der untersuchten Gebäude. Der Endstand des Einsparpotentials wurde in das Effizienz-Szenario eingearbeitet (geänderter zukünftiger Wärmebedarf)
- Stromsteuer: in der Variante 8 (BHKW > 2 MW) wurde zusätzlich berücksichtigt, dass bei Eigennutzung des erzeugten Stromes keine Mehrwertsteuer auf die zu entrichtende Stromsteuer gezahlt werden muss.

¹⁶ Email von Herrn Alexander Wagner (E.ON Bayern Wärme) vom 21. Januar 2011

5.2 Festlegung der Bedarfsszenarien

Es werden zwei Szenarien definiert. Das Trend-Szenario untersucht den zukünftigen Strom- und Wärmebedarf am Campus Weihenstephan unter Berücksichtigung von Zubauten und Abrissen in nächster Zeit ohne Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen. Das Effizienz-Szenario geht davon aus, dass das in Teilbericht III dieses Projektes ermittelte Strom- und Wärmeeinsparpotential (umgerechnet von den untersuchten Gebäuden auf den gesamten Campus Weihenstephan) ausgeschöpft wird.

Trend-Szenario

Tabelle 9: zukünftiger Wärmebedarf (Trend-Szenario)

Komponente der Bedarfsabschätzung	Bedarf der Komponente
Durchschnittlicher Fernwärmeverbrauch der Jahre 2004 bis 2008 (ohne Wärmeverluste)	33.370 MWh
Zukünftig durch FGW-Heizwerk versorgte Gebäude	-580 MWh
Gebäude, die bis spätestens 2015 abgerissen werden sollen	-2.760 MWh
Zubauten bis spätestens 2015 (Verbrauch abgeschätzt anhand ähnlicher bestehender Gebäude bzw. nach Angabe der Gebäudeplaner)	+2.700 MWh
Zukünftiger Bedarf	32.730 MWh
Netzverluste (14 %)	5.330 MWh
Gesamtbedarf Wärme Trend-Szenario	38.060 MWh

Tabelle 10: zukünftiger Strombedarf (Trend-Szenario)

Komponente der Bedarfsabschätzung	Bedarf der Komponente
Durchschnittlicher Stromverbrauch der Jahre 2005 bis 2009	27.270 MWh
Gebäude, die bis spätestens 2015 abgerissen werden sollen	-620 MWh
Zubauten bis spätestens 2015 (Verbrauch abgeschätzt anhand ähnlicher bestehender Gebäude bzw. nach Angabe der Gebäudeplaner)	+830 MWh
Gesamtbedarf Strom Trend-Szenario	27.480 MWh

Effizienz-Szenario

Tabelle 11: zukünftiger Wärmebedarf (Effizienz-Szenario)

Komponente der Bedarfsabschätzung	Bedarf der Komponente
Zukünftiger Wärmebedarf (unter Berücksichtigung von Zubauten und Abrissen)	32.730 MWh
Wärmeeinsparpotential (Teilbericht III: 18,4 %)	-6.020 MWh
Netzverluste (14 %)	+4.340 MWh
Gesamtbedarf Wärme Effizienz-Szenario	31.050 MWh

Tabelle 12: zukünftiger Strombedarf (Effizienz-Szenario)

Komponente der Bedarfsabschätzung	Bedarf der Komponente
Zukünftiger Strombedarf (unter Berücksichtigung von Zubauten und Abrissen)	27.480 MWh
Wärmeeinsparpotential (Teilbericht III: 13,7 %)	-3.760 MWh
Gesamtbedarf Wärme Effizienz-Szenario	23.720 MWh

5.3 Festlegung der Erzeugungsvarianten

In der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung werden folgende Varianten betrachtet:

- Variante 1: alter Fernwärmeversorgungsvertrag (bis Herbst 2010)
- Variante 2a: Fernwärmeangebot (vom Sommer 2010)
- Variante 2b: neuer Fernwärmeversorgungsvertrag (ab Winter 2010/2011)
- Variante 3: Gas-Heizkessel (Bestandsanlage, abgeschrieben)
- Variante 4: neue Gas-Heizkessel
- Variante 5: Holz-Hackschnitzel-Heizwerk (2+4 MW) mit Gas-Spitzenlastkessel
- Variante 6: Holz-Hackschnitzel-Heizwerk (4+5 MW) mit Gas-Spitzenlastkessel
- Variante 7: Gas-BHKW (2 MW_{el}) mit Gas-Heizkessel
- Variante 8: Gas-BHKW (1,5+1,2 MW_{el}) mit Gas-Heizkessel
- Variante 9: Gas-BHKW (2 MW_{el}) und Fernwärme (neu)

5.4 Klimawirkung der Erzeugungsvarianten

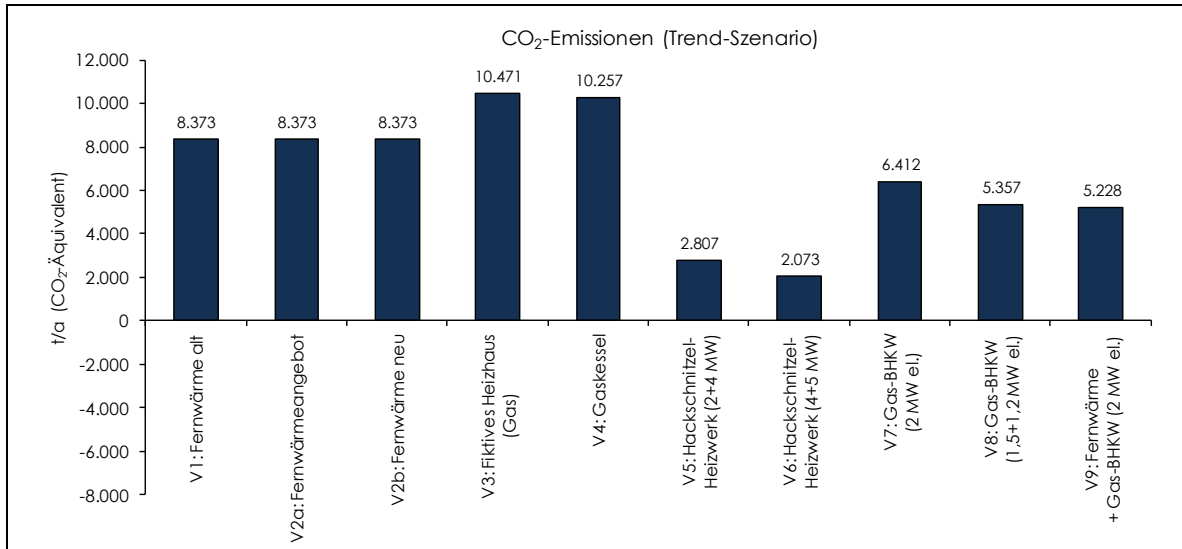


Abbildung 18: Klimawirkung der Erzeugungsvarianten (Trend-Szenario)

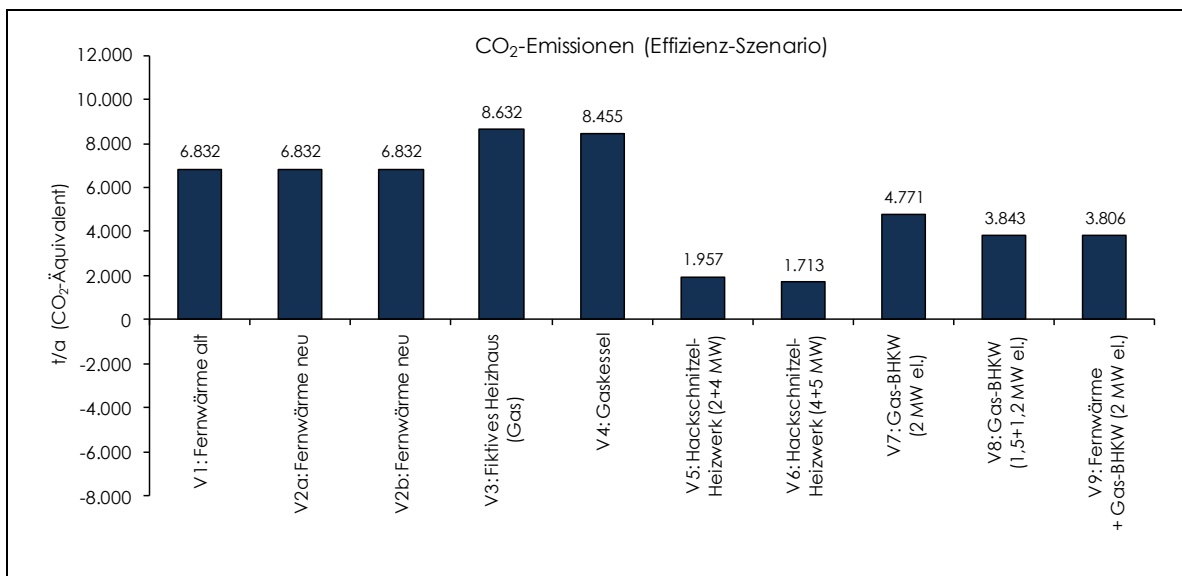


Abbildung 19: Klimawirkung der Erzeugungsvarianten (Effizienz-Szenario)

Der Vergleich der CO₂-Emissionen der untersuchten Energieerzeugungsvarianten für den Campus Weihenstephan (Abbildung 18 und Abbildung 19) zeigt, dass die derzeitige Fernwärmeversorgung gegenüber einer Wärmeversorgung mittels fossiler Brennstoffe (hier Gas, Variante 3 und 4) deutlich weniger CO₂-Emissionen verursacht. Die mit Abstand geringsten klimarelevanten Emissionen aller untersuchten Varianten verursacht dagegen die Wärmeproduktion mittels Holz-Hackschnitzeln. Die Emissionen dieser beiden Varianten mit erneuerbaren Brennstoffen liegen bei weniger als einem Drittel gegenüber dem aktuellen CO₂-Ausstoß.



Beim der Untersuchung der Klimawirkung der Wärmebereitstellung mithilfe eines BHKW ist ein starker Zusammenhang zwischen dem Anteil der Wärme aus dem BHKW an der gesamten benötigten Wärmemenge und den Kohlendioxid-Emissionen zu erkennen. Da der neu berechnete spezifische Emissionswerte der Fernwärmeversorgung gegenüber dem in Teilbericht IV angegebenen Emissionswert um ca. 38 % höher liegt, schneiden alle BHKW-Varianten gegenüber der derzeitigen Fernwärmeversorgung hinsichtlich ihrer Umweltbilanz deutlich besser ab. Außerdem weist ebenfalls aus diesem Grund die Variante 9 (BHKW + Fernwärme) hinsichtlich des CO₂-Ausstoßes nur noch minimale Vorteile gegenüber den anderen beiden BHKW-Varianten (Variante 7 und 8) auf.

5.5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Erzeugungsvarianten

Die Tabelle zur aktualisierten Wirtschaftlichkeitsberechnung des Trend-Szenarios enthält Anlage III, die Wirtschaftlichkeitsberechnung des Effizienz-Szenarios enthält Anlage IV.

5.5.1 Investitionen

Die Investitionen fallen für die flächenintensiven und anlagentechnisch aufwändigen Varianten Hackschnitzel-Heizwerk und Gas-BHKW am größten aus. Je größer dabei der Anteil der Wärme ist, die nicht durch Gas-Kessel bereitgestellt wird, desto größer sind tendenziell die Investitionen. Für das fiktive Heizhaus in Variante 1 wurde keine Investition angesetzt, da davon ausgegangen wird, dass das bestehende Heizhaus ohne größere Instandsetzungsarbeiten weiter betrieben werden kann. In der Variante 9 entfällt gegenüber der Variante 7 die Investition in Gaskessel zur Deckung des über die Grundlast hinausgehenden Wärmebedarfs.

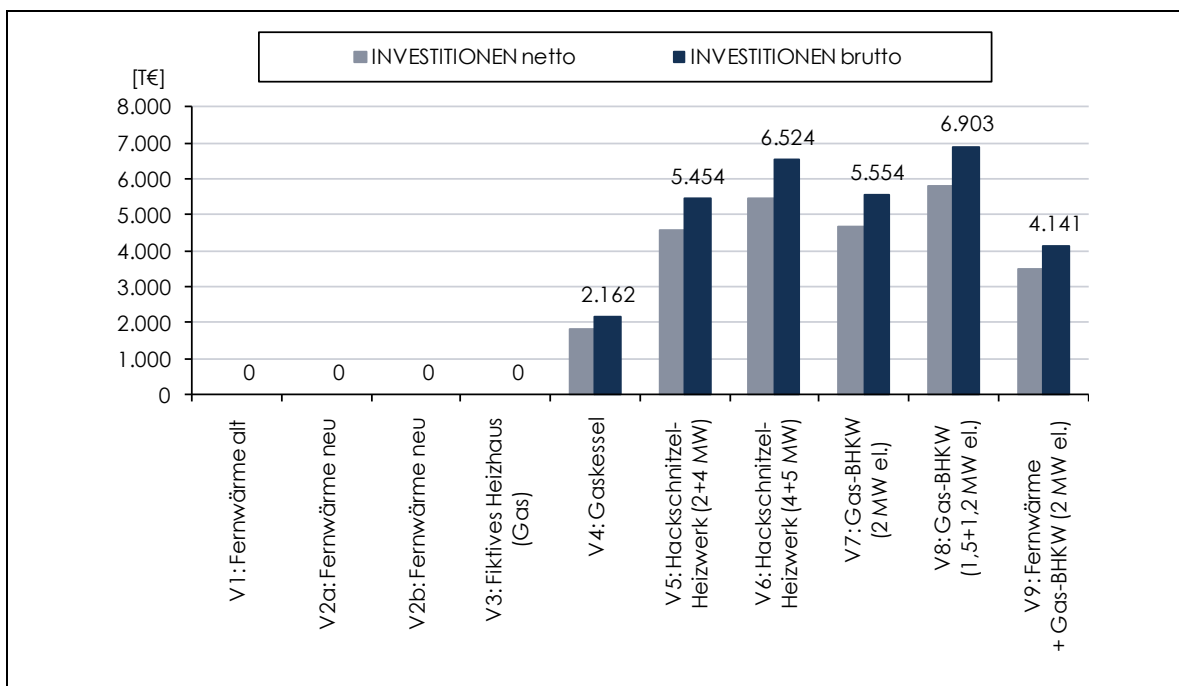


Abbildung 20: Investitionen

5.5.2 Jahresgesamtkosten

Die Jahresgesamtkosten ergeben sich als Summe der kapitalgebundenen, betriebsgebundenen und verbrauchsgebundenen Kosten der einzelnen Varianten. Subtrahiert werden gegebenenfalls Einnahmen aus Wärmeverkauf oder Stromgutschrift (Substitution von eingekauftem Strom). Die erhöhten Jahresgesamtkosten in den verschiedenen Varianten des Trend-Szenarios



gegenüber den Varianten des Effizienz-Szenarios sind durch den höheren Brennstoffbedarf (aufgrund des höheren Wärmeverbrauchs) zu begründen.

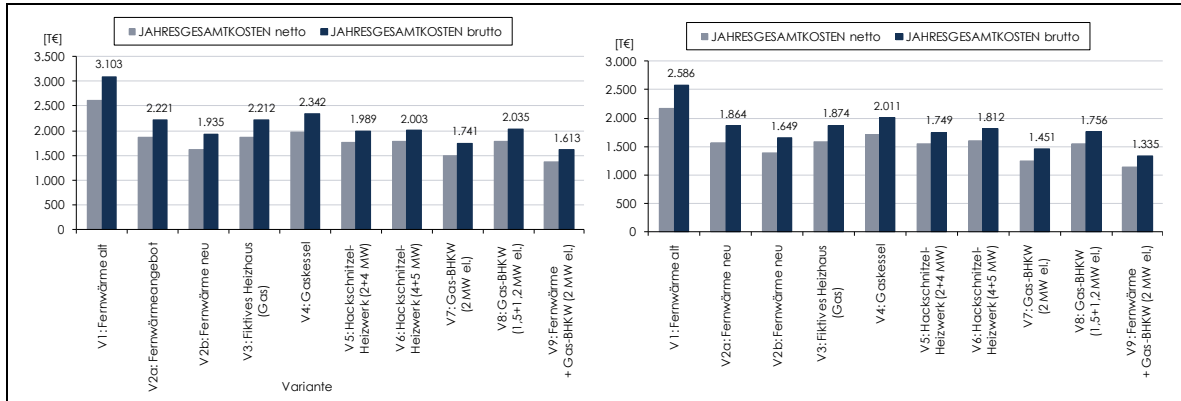


Abbildung 21: Jahresgesamtkosten – links Trend-Szenario, rechts Effizienz-Szenario

5.5.3 Kostendeckender Wärmepreis

Für die Variante 9 (Fernwärme plus Gas-BHKW) ergibt sich der günstigste Wärmepreis. Dies liegt daran, dass die Investition in zusätzliche Gas-Kessel zur vollständigen Deckung des gesamten Wärmebedarfs am Campus nicht notwendig ist, sondern weiterhin Fernwärme von der FFG bezogen wird. Allerdings werden diese zusätzlich erforderlichen Investitionen durch die geringeren Betriebs- und Verbrauchskosten zum Teil kompensiert, sodass die Variante 7 (Gas-BHKW mit Gas-Kessel) die zweitgünstigste Variante darstellt. Ein ähnlicher Wärmepreis ergibt sich bei den Varianten 2 (neue Fernwärme) und 5 (Hackschnitzel 2+4 MW), wobei hier deutlich ersichtlich ist, dass das Hackschnitzel-Heizwerk aufgrund der hohen Investition bei abnehmender Wärmeabnahme gegenüber der Variante 2 eine immer geringere Wirtschaftlichkeit aufweist.

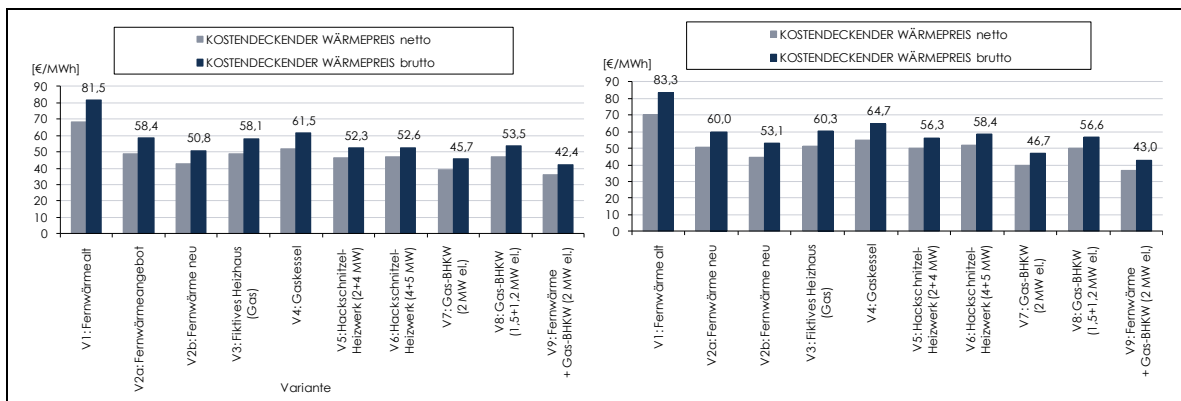


Abbildung 22: Kostendeckender Wärmepreis – links Trend-Szenario, rechts Effizienz-Szenario

5.6 Exkurs: Photovoltaik

Die grundsätzliche Eignung der 75 betrachteten Gebäude wurde anhand der folgenden Kriterien untersucht:

- Dachausrichtung (Dächer nach Süden berücksichtigt, Dächer mit Ost-West-Ausrichtung nicht betrachtet)
- Verschattung
- Zugänglichkeit
- Statik (grobe Einschätzung anhand erster Gebäudebegehung)

Insgesamt 35 Gebäude erfüllten die geforderten Kriterien, bei drei weiteren Gebäuden wurde eine Nutzung nicht vollständig ausgeschlossen. Somit wurden insgesamt 38 Gebäude in die weitere Untersuchung aufgenommen.

Der jährliche Stromverbrauch der 75 untersuchten Gebäude betrug im Jahr 2008 etwa 16.990 MWh. Auf den geeigneten Dachflächen kann rechnerisch knapp 12 % des jährlichen Stromverbrauchs mithilfe von Photovoltaik-Anlagen erzeugt werden.

5.6.1 Klimawirkung

Der Kohlendioxid ausstoß der Stromproduktion mittels Photovoltaik beträgt etwa 108 kg pro Megawattstunde erzeugtem Strom. Im Vergleich zum deutschen Strommix (616 kg/MWh) wird also die CO₂-Emission um 82,5 % reduziert.

5.6.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt, dass sich die Investition bis zu einer Verzinsung von 4,5 % über 20 Jahre lohnt. Zinsen über 4,5 % können mit der Investition in Photovoltaik-Module nicht erzielt werden. Die von der TU München geforderte Verzinsung von 6,5 % kann im Falle der Photovoltaik nur dann erreicht werden, wenn die spezifischen Kosten für die Photovoltaik-Module einschließlich Montage bei maximal 2.600 €/kWp liegen.

Bei allen Überlegungen zur Installation von Photovoltaikanlagen ist zu beachten, dass gegenwärtig im politischen Raum und in der Politikberatung die Diskussion über die Höhe der Vergütung für Solarstrom lebhaft geführt wird, und weitere erhebliche Absenkungen der Vergütung oder Deckelungen der jährlich möglichen Zubaumenge kurzfristig umgesetzt werden können.

Ebenfalls beachtet werden muss, dass die ermittelten Gebäude nur anhand einer ersten Grobeinschätzung als geeignet eingestuft wurden. In einer früheren Untersuchung wurden für den gesamten Campus eine erheblich geringere Zahl von Gebäuden (etwa 11 Gebäude) als geeignet eingeschätzt. Die Auswahl wurde allerdings zusätzlich anhand des aktuellen Forschungsbedarfs getroffen und sämtliche Gebäude mit Flachdach aus prinzipiellen Überlegungen ausgeschlossen. Das tatsächliche Flächenpotential für Photovoltaik-Anlagen ist also stark von den getroffenen Ansätzen und den aktuellen Modulpreisen abhängig.

5.7 Empfehlung

In Teilbericht IV dieses Projektes wurde empfohlen, die Vertragsverhandlungen zur Fernwärmeversorgung weiterzuführen und dabei auf Änderungen insbesondere bezüglich der Mindestabnahme und der Vertragsdauer besonders hinzuwirken. Anschließend sollte mit dem neuen Fernwärmepreis aus den Nachverhandlungen eine Abwägung getroffen werden, ob die Mehrkosten der Fernwärme gegenüber anderen untersuchten Alternativvarianten (insbesondere Variante 7 „BHKW“) durch die Vorteile einer Fernwärmeversorgung (Mehrwert durch vermiedene Investitionen, Auslagerung von Risiken und organisatorischen Aufgaben, geringere zu erwartende Energiekostenvolatilität) aufgewogen werden.



Ende Dezember 2010 wurde ein Fernwärmeliefervertrag mit der Fernwärmeversorgung Freising GmbH rückwirkend zum 01. Oktober 2010 mit einer Laufzeit von zehn Jahren abgeschlossen. Dies zeigt, dass die Abwägung der Hochschulen in Weihenstephan trotz der Mehrkosten gegenüber einer Eigenversorgung mittels BHKW zugunsten der Fernwärme ausgefallen ist.

6 Projektbegleitung und ergänzende Betrachtungen

6.1 Ergänzende Aspekte zur Energieversorgung

6.1.1 Stromnetz

Im Stromnetz am Campus Weihenstephan und im übergeordneten Stromnetz der Stadtwerke Freising gibt es Probleme, die zu häufigeren Stromausfällen auch am Campus Weihenstephan führen. Das Stromnetz am Campus muss aus Sicht des Bauamts Freising dringend modernisiert werden, weshalb finanzielle Mittel dafür beantragt wurden. Bisher scheint eine Umsetzung erster Maßnahmen vor 2013 allerdings nicht sehr wahrscheinlich, da erst dann die benötigten Finanzmittel im Haushalt vorgesehen sind.

Die häufigen Stromausfälle am Campus führen zu erheblichen Problemen und auch finanziellen Belastungen, da viele Anlagen nach Unterbrechung der Stromzufuhr nicht mehr selbstständig anfahren. So müssen beispielsweise Pumpen wieder angefahren und Sicherheitstemperaturbegrenzer per Hand entriegelt werden. Diese Wiederinbetriebsetzungs-Maßnahmen nach Stromausfällen verursachen für zwei Mitarbeiter des technischen Betriebs bis zu 24 Stunden zusätzliche Arbeit.

Zusätzlich sind viele zum Teil teure Laborgeräte durch die Stromausfälle gefährdet. Die plötzlichen Abschaltungen können Anlagen beschädigen. Ebenfalls schwerwiegende Folgen für die Hochschulen kann der Stromausfall bei Versuchsreihen haben, wenn Daten verloren gehen.

Aus diesem Grund soll einerseits die Dringlichkeit der Stromnetz-Sanierung auf dem Campus bei Budget-Gesprächen nochmals in den Vordergrund gestellt werden. Andererseits muss darauf gedrängt werden, dass die Probleme im Stromnetz außerhalb des Campus dringend behoben werden müssen.

6.1.2 Maximumüberwachung und Spitzenlastabwurf

Da am Campus Weihenstephan (anders als an den TUM-Standorten Garching und Innenstadt) der Strompreis eine Arbeits- und eine Leistungspreiskomponente enthält, besteht die Möglichkeit zur Kostenreduktion mithilfe der Einführung eines Lastmanagements. Ziel eines solchen Lastmanagements ist es, die Lastverteilung durch gezielte Ansteuerung von Anlagen gleichmäßiger zu verteilen um Lastspitzen zu reduzieren. In der Abschlussveranstaltung dieses Projektes wurde angemerkt, dass aufgrund der Aufschaltung mehrerer Gebäude auf das zentrale Leitsystem in Weihenstephan ein Spitzenlastabwurf grundsätzlich bereits jetzt möglich ist. Genutzt wird das System bisher nur von der LfL, die aufgrund eines umfassenden Flächenmanagements den Leistungsbedarf der einzelnen Gebäude kennt und damit auch gezielt steuern kann. Im Bereich der Hochschulen ist der zeitliche Verlauf des Leistungsbedarfs der Gebäude nicht hinreichend bekannt, sodass durch Abschaltung einzelner Anlagen zu Spitzenlastzeiten der Forschungsbetrieb deutlich gestört würde.

Mit Hilfe eines standortweiten Energiemonitoring-Systems (wie vorgeschlagen in Teilbericht II dieses Projektes) kann auch ein campusweites Lastmanagement eingeführt und sinnvoll betrieben werden. Durch Anwendung eines solchen Lastmanagements in allen Gebäuden am Campus ergibt sich dann auch eine deutliche Kostenreduktion für alle Verbraucher.

6.1.3 Fernwärmenetz

Das auf dem Campus vorhandene Wärmeleitungsnetz hat eine Länge von etwa elf Kilometern und besteht aus Stahl- und Kunststoffmantelrohren. Das Netz wird durch den technischen Betrieb der TUM in Weihenstephan gewartet und instandgehalten. Zusätzlich wird derzeit das

Netz in Investitionsschritten von jeweils zwei Millionen Euro saniert. Die dringendsten Schwachstellen im Netz wurden dabei bereits beseitigt.

Aktuell wird durch ein Ingenieurbüro eine hydraulische Untersuchung des Wärmenetzes durchgeführt. In dieser Analyse soll geklärt werden, wie stark das Komplettnetz ausgelastet ist bzw. ob und wo im Netz Engpässe bestehen. Ebenso soll geklärt werden, ob aufgrund der Netzstruktur Anpassungen im Heizhaus notwendig sind. Die Ergebnisse und Empfehlungen dieser Untersuchung können dann im nächsten Investitionspaket umgesetzt werden.

Die Wärmeübergabe in die einzelnen Gebäude findet indirekt über Wärmetauscher statt. Häufig befindet sich nach diesen Wärmetauschern ein weiteres kleines Verteilnetz zur Weitergabe der Wärme an umliegende Gebäude. Dies ist vor allem bei externen Abnehmern, wie beispielsweise der HSWT oder der LfL der Fall. Diese Unterverteilungen befinden sich in der Regel im Eigentum der wärmeabnehmenden Institution und werden von dieser eigenständig gewartet und instand gehalten. In seltenen Fällen findet im Unterverteilnetz zusätzlich eine weitere indirekte Wärmeübergabe statt. In der Regel handelt es sich bei den nachgeschalteten Wärmetauschern um Wärmetauscher für Niedrig-Temperatur-Systeme wie beispielsweise Fußbodenheizungen (z.B. Gebäude 4220 oder 4172). Eine Ausnahme innerhalb der untersuchten Gebäude stellt das Verwaltungsgebäude der TUM in Weihenstephan dar. Dieses Gebäude besteht aus zwei Gebäudeteilen. Die indirekte Wärmeübergabe aus dem übergeordneten Wärmenetz befindet sich im benachbarten Dekanatsgebäude (4102). Hinter dieser Übergabestation befindet sich ein Unternetz, über welches die Gebäude 4101, 4103, 4105, 4106, 4107 und 4108 mit Wärme versorgt werden. Die Wärme wird in allen Gebäuden mit Ausnahme des Verwaltungsgebäudes (4101) direkt, ohne Wärmetauscher, übergeben. Im Verwaltungsgebäude befindet sich in jedem der beiden Gebäudeteile jeweils ein weiterer Wärmetauscher. Diese Wärmetauscher sind Baujahr 1963, weshalb teilweise die im Gebäude ankommende Temperatur für die Raumbeheizung nicht ausreichend ist (weitere Informationen und Empfehlungen siehe Gebäudebericht 4101). Diese Problematik ist dem technischen Betrieb der TUM bekannt und wird derzeit in der laufenden hydraulischen Untersuchung analysiert.

6.1.4 Grundwassernutzung

Ein eigener Trinkwasserbrunnen wird derzeit nach Auskunft des technischen Betriebs der TUM in Weihenstephan lediglich in der Fischzucht an der Moosach (Gebäude 4129) genutzt. Derzeit untersucht wird die Möglichkeit zur Grundwassernutzung im Rahmen des Bauvorhabens „getränkewissenschaftliches Zentrum“ (ehem. Gebäude 4201). Dazu wurde eine Probebohrung durchgeführt. Nach Auskunft des Wasserwirtschaftsamtes München kann am Campus Weihenstephan rund um die Mensa (mit Ausnahme der höheren Lagen am Weihenstephaner Berg) Grundwasser in einer Tiefe von etwa 30 Metern erschlossen werden. Aus Sicht des Wasserwirtschaftsamtes gibt es für die Grundwassernutzung keinerlei Restriktionen, solange kein tertiäres Grundwasser angebohrt und nur freie Grundwasserleiter genutzt werden. Das Potential der Grundwassernutzung am Campus beispielsweise zu Zwecken der Kühlung war nicht Gegenstand des vorliegenden Konzepts, sollte allerdings beispielsweise im Rahmen der Erstellung von Kühlkonzepten für einzelne Gebäude oder Gebäudeverbände in die Überlegungen einbezogen werden.

6.1.5 Neubauten

Bau- bzw. Umbaumaßnahmen am Campus Weihenstephan werden derzeit hinsichtlich des energetischen Standards und der Gebäudetechnik noch nicht einheitlich organisiert und koordiniert. Zwar wurde vom technischen Betrieb der TUM in Weihenstephan beispielsweise ein Pflichtenheft für die Gebäudeleittechnik entwickelt, dieses kommt allerdings noch nicht konsequent zum Einsatz. Einheitliche energetische und technische Standards für alle Gebäude und insbesondere auch die Sicherstellung der Einbindbarkeit neuer Komponenten in ein übergeordnetes System gewährleisten funktionierende und kosteneffiziente Betriebsabläufe. Aus diesem Grund sollte der am TUM-Standort München erstellte sogenannte Standardkatalog

kontinuierlich erweitert (z.B. Einarbeitung des Pflichtenhefts GLT) und aktualisiert werden auch für den Standort Freising als verbindlich vorgeschrieben werden.

6.1.6 Energie-Abrechnungen

Die Abrechnung der Energiekosten mit den externen Abnehmern am Campus (z.B. HSWT oder LfL) erfolgt teilweise erst mit großer zeitlicher Verzögerung. Dies liegt einerseits daran, dass die Ermittlung der einzelnen Preiskomponenten (z.B. für den Weiterverrechnungspreis Fernwärme) einige Zeit in Anspruch nimmt. Andererseits führen die vielfältigen Aufgaben der Mitarbeiter des technischen Betriebs oft dazu, dass die Kostenabrechnung als geringere Priorität eingestuft und deshalb zeitlich nach hinten verschoben wird. Unterschiedliche Systeme für die Abrechnung der verschiedenen Energieträger erschweren die Abrechnung zusätzlich.

Die späte Rechnungsstellung führt bei externen Abnehmern mit eigenem Haushalt (z.B. ZIEL, LfL) zu erheblichen Problemen bei der Buchung der Energiekosten. Die Wasser-Endabrechnung des Jahres 2006 an die Bioanalytik des ZIEL war beispielsweise auf den 22. April 2009 datiert. Zu diesem Zeitpunkt musste der Posten ‚Wasserkosten‘ im Abbuchungssystem im Jahr 2009 verbucht werden, da alle anderen vorhergehenden Abrechnungsjahre bereits abgeschlossen waren.

Mit Hilfe eines standortweiten Energiemonitoring-Systems (wie empfohlen in Teilbericht II dieses Projektes) kann einerseits die automatisierte Verbrauchserfassung den derzeit bestehenden Aufwand zur manuellen Zählerablesung deutlich reduzieren. Andererseits beinhalten die Monitoring-Systeme auch Software für die einheitliche und zeitnahe Verbrauchsabrechnung.

6.2 Auftaktveranstaltung

Die Auftaktveranstaltung zum Projekt „Ganzheitliches Energiekonzept für die Liegenschaften der Hochschulen Weihenstephan“ fand am 11. Februar 2010 im Dekanatssaal des Wissenschaftszentrums Weihenstephan statt. Im Rahmen dieser Veranstaltung wurden die Ziele, Inhalte und der Ablauf des Projektes vorgestellt. Die Teilnehmer formulierten ihre Erwartungen an das Projekt und erste Aufgaben und Zuständigkeiten wurden festgelegt.



Abbildung 23: Fotos Auftaktveranstaltung

Das Protokoll der Auftaktveranstaltung enthält Anlage XI.

6.3 Abschlussveranstaltung und weiteres Vorgehen

Am 13. Januar 2011 fand am Campus Weihenstephan eine Abschlussveranstaltung des Projektes „Erstellung eines ganzheitlichen Energiekonzeptes für die Liegenschaften der Hochschulen Weihenstephan“ statt. Dabei wurden von dem mit der Projekterstellung beauftragten Ingenieurbüro Team für Technik die Projektinhalte vorgestellt und die wichtigsten Projektergebnisse erläutert. Eingeladen waren sämtliche Projektbeteiligte der beiden Hochschulen in Weihenstephan, Vertreter der übrigen Institutionen am Campus sowie weitere Interessierte. Im Anschluss an die Präsentation wurden die Projektergebnisse mit allen Teilnehmern der Abschlussveranstaltung diskutiert sowie weitere wichtige Themen, die Energieversorgung am Campus betreffend, angesprochen (siehe auch Abschnitt 6.1).



Abbildung 24: Foto Abschlussveranstaltung

Wichtiger Diskussionspunkt war das weitere Vorgehen zur Umsetzung von Ergebnissen aus dem Energie- und Klimaschutz-Konzept. Wichtig für alle Beteiligten war die campusweite Zusammenarbeit. Zur Festlegung der Ziele und Koordination der Umsetzung wurde beschlossen, eine Arbeitsgruppe (Arbeitsgruppe Umwelt, Ressourcenmanagement und Energieleistungseffizienz, kurz: URMEL) zu bilden und diese instituts- und abteilungsübergreifend zu besetzen. Aus allen beteiligten Einrichtungen wurde mindestens ein Gruppenmitglied verbindlich festgelegt. Das erste Treffen dieser Gruppe findet voraussichtlich im März 2011 statt. Zur Anleitung und Unterstützung der Arbeitsgruppe ist angedacht, externe Berater hinzuzuziehen.

Das Protokoll der Abschlussveranstaltung enthält Anlage XII.

7 Einführung eines Energiemanagementsystems

7.1 Relevanz für das Projekt und für den Campus Weihenstephan

Der folgende Abschnitt skizziert die Chancen und Voraussetzungen der Einführung eines liegenschaftsübergreifenden Energiemanagements für die Hochschulen in Weihenstephan.

Die Einführung eines Energiemanagementsystems ist zunächst nicht Teil des Projekts „Erstellung eines ganzheitlichen Energiekonzepts für die Liegenschaften der Hochschulen Weihenstephan“. Allerdings wurden im Zuge der Projektbearbeitung neben technischen und baulichen Verbesserungspotentialen verschiedene **energieverbrauchsrelevante und energie-kostenrelevante grundlegende organisatorische Fragen am Campus Weihenstephan** aufgeworfen (siehe etwa Abschnitte 3 und 4.2). Mit ähnlichen Problemen sind auch andere Organisationen und Unternehmen mit hohem Energieverbrauch konfrontiert. Zum dauerhaften, strukturierten Umgang damit wurden aus Erfahrungen in der betrieblichen Praxis und aufbauend auf etablierten Elementen von Umweltmanagementsystemen Grundlagen und Vorgehensweisen für Energiemanagementsysteme entwickelt¹⁷. Aus diesem Grund wird die mögliche Bedeutung eines Energiemanagementsystems für den Standort sowie einige Aspekte, an denen ein solches System steuernd eingreifen könnte, skizziert.

Beispiele für derartige Aspekte sind:

- Aufgaben der obersten Führungsebene, unter Anderem
 - Vorgabe der „Energiepolitik“
 - Definition von Zuständigkeiten, u. A. Benennung des Managementbeauftragten (siehe Abbildung 25)
 - Freigabe und Verantwortung des Energieprogramms mit Zielen, Maßnahmen und Zeitplänen
 - jährliches „Management-Review“ des Energiemanagementsystems und seiner Ergebnisse
 - Bereitstellen von Ressourcen
- Gewährleistung einer dauerhaften Verankerung, Institutionalisierung und sachgerechten Handhabung der „Neuen Aspekte“ der Energieversorgung (Energieversorgung ist nicht mehr „nur“ eine technische Aufgabe, sondern wesentlich auch eine betriebswirtschaftliche und ökologische)
- Ermittlung und Förderung von Bewusstsein und Kenntnissen bei Mitarbeitern mit wesentlichem Einfluss auf den Energieverbrauch und der Führungsebene
- Entwicklung, Umsetzung und Pflege der Energiedatenerfassung

Die erfolgreiche Einführung und Pflege eines Energiemanagementsystems muss also in der Organisationsstruktur abgebildet werden. In der Praxis schlägt sich das auf unterschiedliche Weisen in den Organigrammen von Organisationen nieder.

¹⁷ Die in den folgenden Kapiteln aufgeführten Informationen zum Energiemanagement entstammen, soweit nicht anders angegeben der DIN EN 16001 „Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung; Deutsche Fassung EN 16001:2009“ sowie dem dazu vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) herausgegebenen Leitfadens „DIN EN 16001: Energiemanagementsysteme in der Praxis – Ein Leitfaden für Unternehmen und Organisationen“. Insbesondere Letzterer sei auch als weiterführende Literatur zum Einstieg in ein Energiemanagement empfohlen.

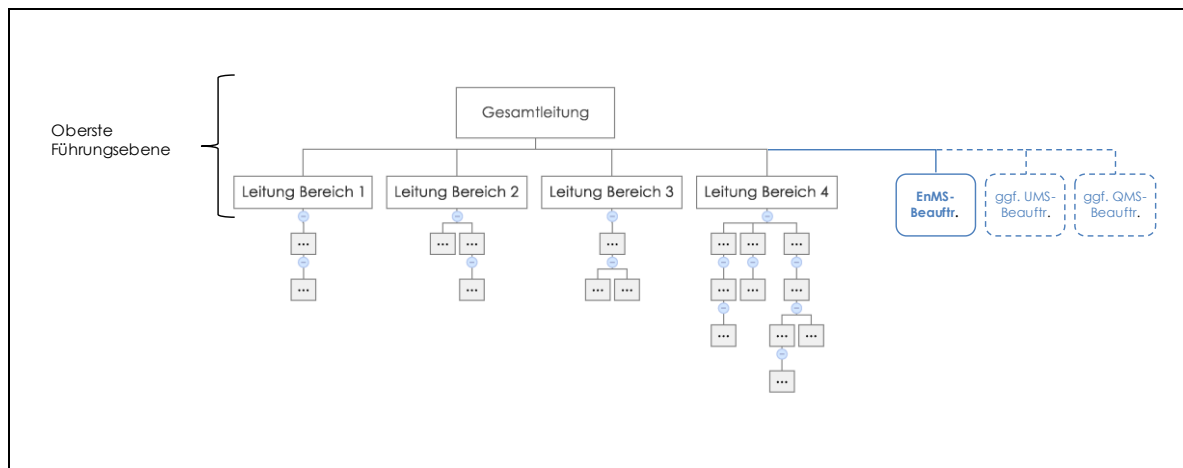


Abbildung 25: Mögliche Implementierung eines Energiemanagementsystems in einem Organigramm. Für Weihenstephan könnte die „oberste Führungsebene“ für die Zwecke der Implementierung z.B. Dekanat und Verwaltungsstellenleitung sein.

Entscheidend für eine erfolgreiche Einführung (und entsprechende kontinuierliche Verbesserungen bei Energieverbrauch, Energiekosten und CO₂-Emissionen) ist Glaubwürdigkeit bei der Einführung, Pflege und Fortschreibung des Systems durch die oberste Führungsebene. Die oberste Führungsebene muss den Mitgliedern der Organisation durch aktive Beteiligung und die Setzung von Vorgaben glaubwürdig vermitteln, dass das System nicht „wieder ein Konzept für die Schublade“ ist. Die Beteiligung von und die Akzeptanz bei allen Mitgliedern der Organisation, insbesondere denjenigen mit wesentlichem Einfluss auf Energieverbrauch und Energiekosten, kann sonst nicht erreicht werden.

7.2 Energiemanagement

Das Energiemanagement ist die vorausschauende und systematische Koordinierung der Beschaffung, Umwandlung, Verteilung und Nutzung von Energie innerhalb einer Organisation. Es umfasst alle Maßnahmen, die geplant und durchgeführt werden, um bei geforderter Leistung einen minimalen Energieeinsatz sicherzustellen. Energiemanagement nimmt Einfluss auf **organisatorische und technische Abläufe sowie Verhaltensweisen**, um unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten den betrieblichen Gesamtenergieverbrauch (also auch die für die Produktion erforderliche Energie) und den Verbrauch von Grund- und Zusatzstoffen zu senken und kontinuierlich die Energieeffizienz im Unternehmen zu verbessern.

7.3 Energiemanagementsystem

Ein Energiemanagementsystem umfasst die zur Verwirklichung des Energiemanagements erforderlichen Organisations- und Informationsstrukturen einschließlich der hierzu benötigten Hilfsmittel. Durch ein Energiemanagementsystem werden die Energiepolitik, die Planung, Einführung und das Betreiben, das Überwachen und Messen, die Kontrolle und Korrektur, interne Audits sowie eine regelmäßige Überprüfung durch das Management gestaltet und ausgeführt.

7.4 Nutzen

Es gibt für Organisationen wie Hochschulen mehrere gute Gründe für die Einführung eines Energiemanagementsystems. Der zentrale Nutzen liegt dabei in der Bündelung und Koordination von Bemühungen und Aktionen im Bereich des rationellen Umgangs mit Energie, welche durch den umfassenden Ansatz eines Energiemanagementsystems erreicht wird. Die wesentlichen Gründe für die Einführung eines Energiemanagementsystems sind, dass dadurch

- Kosten reduziert,
- die Umwelt geschützt (Emissionen reduziert),
- ein nachhaltiges Wirtschaften erreicht sowie
- die Außendarstellung verbessert

werden können. Insbesondere der letzte Punkt spielt bei den beiden Hochschulen in Weihenstephan eine besondere Rolle, da durch die Einführung eines umfassenden Energiemanagementsystems auf dem gesamten Campus Weihenstephan das Image des „grünen“ Campus auch auf den Bereich der Energienutzung ausgeweitet und vertieft werden kann.

7.5 Voraussetzung

Die Voraussetzung für ein Energiemanagement ist, dass es langfristig angelegt und ein fester Bestandteil der betrieblichen Abläufe ist. Es kann nicht einmalig oder fallweise erfolgen.

Zur Umsetzung eines Energiemanagements sind Organisations- und Informationsstrukturen erforderlich, die von leitenden Führungsorganen festgelegt werden sollen. Beim Energiemanagement fallen strategische, planerische, operative sowie steuernde Aufgaben an.

7.6 Die Norm DIN EN 16001

Am 1. Juli 2009 hat das Europäische Komitee für Normung (CEN) die Norm für Energiemanagementsysteme „DIN EN 16001 Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung“ veröffentlicht.

Die Norm beschreibt die Anforderungen an ein Energiemanagementsystem, das Organisationen in die Lage versetzen soll, den Energieverbrauch systematisch zu bewerten, um die Energieeffizienz kontinuierlich zu verbessern und Kosten zu senken.

Das Ziel der europäischen Norm ist die Unterstützung von Organisationen beim Aufbau von Systemen und Prozessen zur Verbesserung ihrer Energieeffizienz.

Die Norm DIN EN 16001 für das Energiemanagementsystem weist Überschneidungen mit den Normen für das Umwelt- (EMAS¹⁸, DIN EN ISO 14001) und Qualitätsmanagementsystem (DIN EN ISO 9001) auf.

Die Managementsysteme beruhen alle auf der Methode „Plan-Do-Check-Act“ (PDCA-Zyklus, siehe Abbildung 26). Der PDCA-Kreislauf bietet den Rahmen für kontinuierliche Verbesserungen von Prozessen oder Systemen. Er ist ein dynamisches Modell, was bedeutet, dass die Ergebnisse eines Durchlaufs die Grundlage für den nächsten Durchlauf bildet. Diese Struktur ermöglicht eine fortwährende Bewertung und Optimierung des Energieverbrauchs sowie eine schrittweise Senkung der Energiekosten.

¹⁸ Eco-Management and Audit Scheme

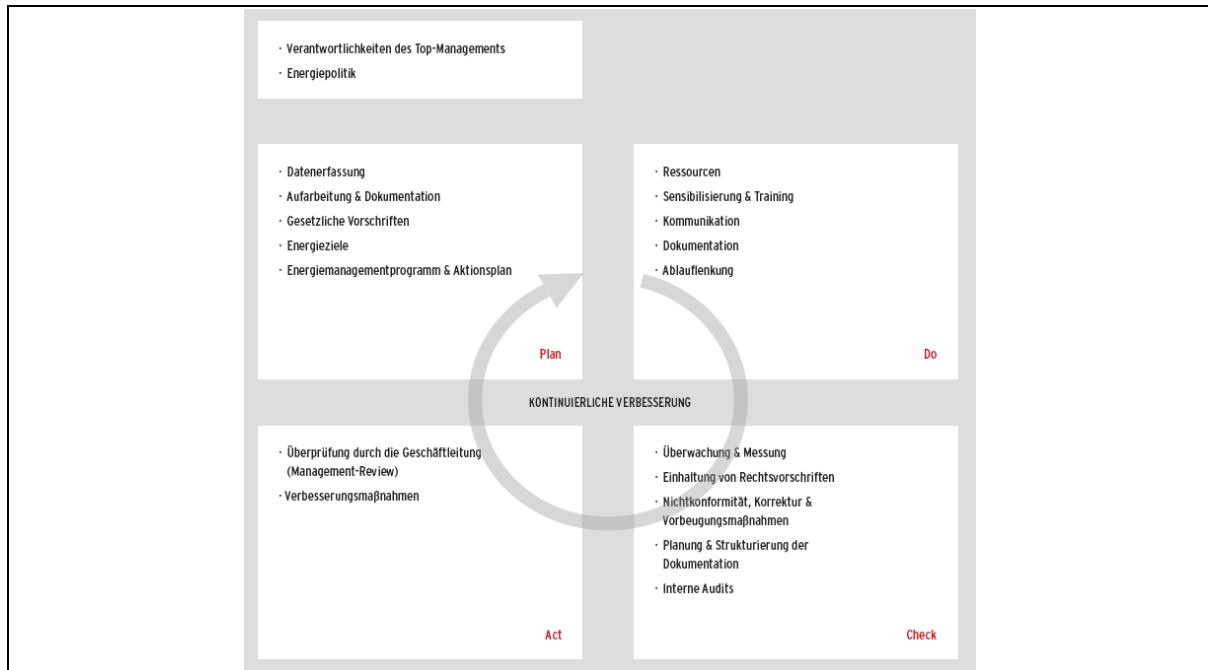


Abbildung 26: PDCA-Zyklus im Energiemanagement; Quelle: BMU

Die Einführung eines Energiemanagements ist für öffentliche Einrichtungen nicht verpflichtend. Das Energiemanagement kann entweder gemäß den Vorgaben der aufgeführten Norm umgesetzt und zertifiziert werden oder nur in Anlehnung an die Norm ohne eine Zertifizierung eingeführt werden.

7.7 Bestandteile des Energiemanagements

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte zur Einführung eines Energiemanagements aufgeführt, die sich an dem Energiemanagement-Modell nach DIN EN 16001 orientieren und auf die Strukturen und Interessen der Hochschulen in Weihenstephan angepasst sind.

7.7.1 Verantwortlichkeiten der Führungsebene und Energiepolitik

Für den langfristigen Erfolg eines Energiemanagementsystems sind die Motivation der Mitarbeiter und die Verbindlichkeit der Entscheidung für ein Energiemanagementsystem maßgeblich. Dies umfasst alle Ebenen und Funktionen einer Organisation und beginnt bei der obersten Leitungsebene. Die Führungsebene hat dabei innerhalb des Energiemanagements folgende Aufgaben:

- Festlegen, Einführen und Aufrechterhalten einer Energiepolitik für die Organisation
- Sicherstellen der Verfügbarkeit der benötigten Ressourcen für die Einführung, Verwirklichung, Aufrechterhaltung und Verbesserung des Energiemanagementsystems
- Benennen eines Management-Vertreters mit festgelegten Verantwortlichkeiten und Befugnissen für die Verwirklichung des Energiemanagementsystems („Energiemanager“)
- Treffen von Entscheidungen über weitere strategische Maßnahmen auf der Basis der Ergebnisse interner Audits
- Regelmäßiges Überprüfen des Energiemanagements auf seine Ergebnisse

Die Entscheidung für die Einführung eines Energiemanagements obliegt also der obersten Führungsebene, die gleichzeitig als Initiator fungiert. Diese legt die grundlegende und

richtungsweisende Energiepolitik für die Hochschulen am Campus Weihenstephan fest, führt diese ein und sorgt für deren Aufrechterhaltung. Die Energiepolitik soll das Leitbild sowie die grundlegenden Rahmenbedingungen für ein zukünftiges energiebewusstes Handeln darlegen.

Die Formulierung der Energiepolitik ist Ausgangspunkt für ein funktionierendes Energiemanagementsystem. Die schriftlich zu dokumentierende und der Öffentlichkeit zugänglich zu machende Energiepolitik ist eine Erklärung, in der die Führungsebene der Organisation die Ziele bezüglich eines effektiven Energiemanagements zum Ausdruck bringt. Die Energiepolitik legt die energiebezogenen Leitlinien, Handlungsgrundsätze und langfristigen Gesamtziele fest. An ihr wird die Wirksamkeit des Energiemanagements gemessen.

Die Energiepolitik soll folgende Punkte enthalten:

- Verpflichtung zur ständigen Verbesserung der Energieeffizienz und zum sorgsamem Umgang mit Energie
- Festlegung des Anwendungsbereichs und der Grenzen des Energiemanagementsystems
- Verpflichtung der Geschäftsleitung zur Bereitstellung von Informationen und Ressourcen, die für die Realisierung der strategischen und operativen Ziele erforderlich sind
- Verpflichtung zur Befolgung aller gesetzlichen Anforderungen

7.7.2 Planen (Plan)

Identifizierung von Verantwortlichkeiten

Als erster Planungsschritt wird von den Hochschulleitungen ein „Energiemanager“ für die Verwirklichung des Energiemanagementsystems ernannt. Seine Aufgaben und Befugnisse müssen dokumentiert sowie den anderen Mitarbeitern kommuniziert werden. Um seine Aufgaben wahrnehmen zu können, braucht er die nötige Kompetenz, Motivation und die Unterstützung der Führungsebene. Der Energiemanager übernimmt die Bildung und Koordination eines Energieeffizienzteams. Weil Energieeffizienz fast alle Bereiche der Hochschulen berührt, ist es notwendig, dass der Energiemanager mit den Verantwortlichen aus allen betroffenen Einrichtungen und Abteilungen zusammenarbeitet.

Für die Hochschulen in Weihenstephan ist es aufgrund der gegebenen Strukturen sinnvoll, dass das im WZW bereits vorhandene Umwelt- und Ressourcenmanagement federführend die Umsetzung des Energiemanagementsystems übernimmt. Im Energieeffizienzteam sollten – wie auch bei der Abschlussveranstaltung zum Energiekonzept beschlossen – Vertreter aller Einrichtungen am Campus eingebunden werden.

Mit den Mitgliedern des Energieeffizienzteams teilt der Energiemanager Verantwortung und Aufgaben. Zwecks Koordination sollten regelmäßig Treffen stattfinden. Die Häufigkeit der Treffen orientiert sich am Bedarf, sollte aber mindestens einmal pro Quartal erfolgen. Mindestens jährlich sollte die Führungsebene der Hochschulen mit einbezogen werden. Die Aufgabe des Energieeffizienzteams besteht im Aufbau und der Pflege eines Energiemanagementsystems. Dies umfasst:

- Erarbeitung von wirksamen Organisationsstrukturen zur Einbindung des Energiemanagementsystems in die betriebliche Organisation
- Aufbau und Pflege eines Energieinformationssystems für die interne und externe Kommunikation
- Entwicklung eines Energiemanagementprogramms durch eine umfassende Datenerhebung und –auswertung sowie die Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung
- Kauf und Verkauf von Energie, Beratung beim Kauf von neuem Inventar
- Schulung und Bewusstseinsbildung bei Mitarbeitern

- Anlaufstelle für Mitarbeiter und die Öffentlichkeit für Fragen bezüglich Energie

Um die Handlungsfähigkeit des Energieeffizienzteams zu erhalten, sollte es über ein eigenes Budget verfügen sowie einen festen Teil der Einsparungen für weitere Aktionen nutzen können.

Bei der Festlegung der Organisationsstruktur sollen unter anderem die im Folgenden aufgeführten Fragen beantwortet werden:

- Wer ist für die Betreuung und Umsetzung des Energiemanagements verantwortlich?
- Wird eine neue Abteilung, die für das Energiemanagement zuständig ist, eingeführt?
- Welche personellen Ressourcen werden hierfür bereitgestellt?
- Welche Weisungsbefugnis besitzt die Abteilung für das Energiemanagement gegenüber anderen Abteilungen?
- Wie wird die Vertretung des Energiemanagementsystems konkret durch die Führungsebene gewährleistet?
- Welche Kommunikationsstruktur besteht und wie ist diese aufgebaut?
- Sollen alle Aufgaben intern oder sollen einzelne Aufgabenbereiche durch externe Einrichtungen bearbeitet werden?
- Welche Aufgaben können an externe Einrichtungen übergeben werden? (Make-or-Buy-Entscheidung)

Die wichtigste organisatorische Entscheidung besteht in der Festlegung, ob Aufgaben des Energiemanagements und die damit einhergehenden Koordinationsaufgaben einer bestehenden Abteilung zugeordnet werden, oder ob sie auf eine neu einzurichtende Stabstelle übertragen werden.

Beispielsweise kann eine übergeordnete Stabstelle eingerichtet werden, die die drei Standorte der TUM (Innenstadt, Garching, Freising) betreut. Die Vorteile hierbei sind zum Beispiel, dass Energielieferverträge aufgrund höherer Abnahmen kostengünstiger ausgehandelt werden können oder dass für zukünftige Bauvorhaben einheitliche Standards definiert werden, etc.

Die Einführung eines Energiemanagements bedarf zusätzlicher Personalressourcen. Je nach Zuständigkeitsumfang (z.B. Betreuung aller Standorte der TUM wie Garching, Innenstadt und Freising, oder nur einzelner Standorte) und Aufgabenverteilung liegt die notwendige Personalkapazität zwischen etwa einer bis zu drei Vollzeitstellen. Das eingesetzte Personal soll über die notwendigen Qualifikationen, wie zum Beispiel eine akademische Ausbildung im technischen und wirtschaftlichen Bereich sowie über Organisations-, Kommunikations- und Führungsfähigkeiten verfügen.

Alternativ können auch bestimmte Aufgabenbereiche an externe Dienstleister vergeben werden. Die Vorteile sind das spezialisierte Know-how und die Flexibilität der externen Dienstleister sowie die Stärkung der Kernkompetenzen durch Unterstützung des internen Personals. Die Nachteile sind der intern entstehende Know-how-Verlust, aufwändige Vertragsverhandlungen, Erhöhung des Kommunikations-, Abstimmungs- und Organisationsaufwands sowie eine mögliche Verschlechterung des Betriebsklimas aufgrund von Arbeitsplatzverlusten.

Erfassung von Verbrauch, Kosten und Produktion von Energie

Die Erfassung von Verbrauch und Kosten ist die Grundlage für das weitere Energiemanagement. Die umfassende Erfassung des IST-Zustandes des Energiesystems am Campus Weihenstephan wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes (insbesondere in Projektphase I) bereits vorgenommen. Diese Daten bedürfen einer ständigen Aktualisierung im Rahmen des Energiemanagementsystems. Das in Projektphase II beschriebene und für den Campus Weihenstephan empfohlene Energiemonitoring-System erleichtert die fortwährende

Energieverbrauchserfassung, -kontrolle und -abrechnung und schafft so die für das Energiemanagement nötige Datentransparenz.

Aufarbeitung und Dokumentation der gesammelten Daten

Um Einsparpotenziale aufzudecken und Veränderungen festzustellen, muss der gesamte Energiefluss der Organisation erfasst und dokumentiert werden. Dies wurde – soweit mit den vorhandenen Daten möglich - bereits im Rahmen des vorliegenden Projektes durchgeführt. Mit der Einführung des vorgeschlagenen Energiemonitoring-Systems kann das erstellte grobe Benchmarking (siehe Teilbericht I und Teilbericht III) verfeinert und ein aussagekräftiger Vergleich der Energieeffizienz vorgenommen werden.

Bei einem Energiemanagementsystem spielt die Dokumentation eine zentrale Rolle. Bei der Einführung der Dokumentation ist es daher besonders wichtig, von Anfang an eine übersichtliche und nachvollziehbare Struktur aufzubauen. Insgesamt ist es wichtig, dass immer aktuelle Zahlen (Verbräuche, Kosten) im Verwaltungssystem (SAP) der Hochschulen hinterlegt sind.

Einbeziehung gesetzlicher Vorschriften

Bei der Umsetzung der DIN EN 16001 sind die aktuell gültigen und relevanten Gesetze, Vorschriften und Verordnungen einzuhalten. Besonders wird hier hingewiesen auf:

- Energieeinsparverordnung (EnEV)
- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)
- Entwurf für ein Energieeffizienzgesetz (EnEfG)
- Energieeinsparungsgesetz (EnEG)
- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchV)
- Gesetz über die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte (Energiebetriebene-Produkte-Gesetz EBPG)
- BVT-Merkblatt Energieeffizienz

Damit bestimmte Vorgaben nicht vergessen werden, sollte ein Rechtsregister gepflegt werden. In diesem sind alle für die Einrichtung relevanten Gesetze und Verordnungen hinterlegt. Eine Dokumentation des Prozesses zur Identifizierung und Umsetzung von Rechtsvorschriften ist wichtig für die abschließende Zertifizierung.

Definition von Energiezielen und Handlungsgrundsätzen

Nach der Bestandsaufnahme können im Einklang mit der Energiepolitik globale, langfristige (strategische) Ziele entwickelt werden, die dann mit kürzer angelegten (operativen) Zielen nach dem PDCA-Prinzip verwirklicht werden. Die operativen Ziele müssen für alle beeinflussbaren Parameter, die sich entscheidend auf den Energieverbrauch auswirken, gesetzt werden. Bei der Auswahl ist darauf zu achten, dass die jeweiligen Parameter messbar sind. Auf der einen Seite sollen die Ziele ehrgeizig genug, auf der anderen aber so realistisch sein, dass sie in der vorgegebenen Zeit umgesetzt werden können.

Die Formulierung der Ziele dient der Integration der Gesamtstrategie in die betrieblichen Abläufe, der Ableitung konkreter Entscheidungskriterien sowie der Beurteilung der erreichten Ziele.

Die motivierende Wirkung der Ziele ist dabei umso stärker, je konkreter sie formuliert werden. Beispiele für eine Systematisierung der Ziele mit entsprechender Zielkonkretisierung enthält Abbildung 27.

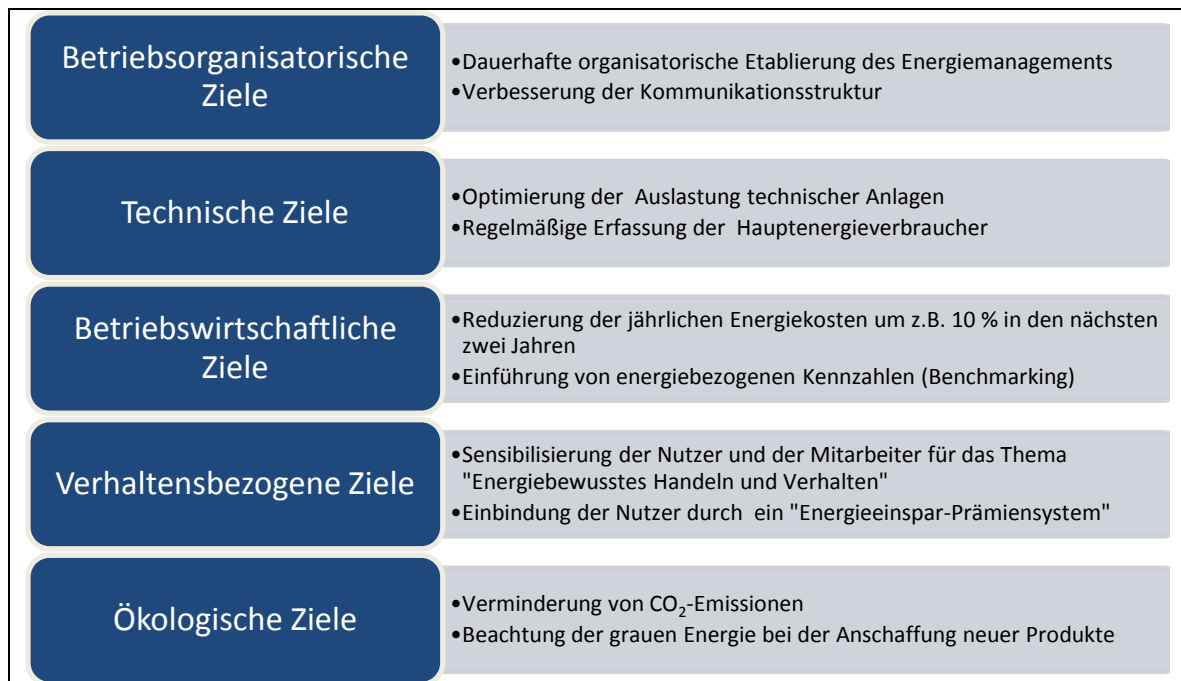


Abbildung 27: Beispielhaftes Zielsystem für das Energiemanagement; Quelle: in Anlehnung an Baedeker, Meyer-Renschhausen „Energiemanagement für kleine und mittlere Kommunen“

Folgende Punkte sollten bei der Formulierung der Energieziele eingebunden werden:

- Der Energieaspekt, auf den sich das Ziel bezieht (z.B. Pumpen, Beleuchtung...)
- Das quantitative Reduktionsziel: Verwendung relativer Kennzahlen sinnvoll
- Der Zeitpunkt, zu dem das Ziel erreicht sein soll
- Der finanzielle und ökologische Wert (Amortisationszeiten, CO₂-Äquivalente)
- Die Maßnahmen und Verantwortlichen, die zur Umsetzung benötigt werden
- Der geschätzte Aufwand und die voraussichtlichen Kosten (Investitionen, Produktionsausfälle, Personalkosten...)

Eine wichtige Grundlage dieser konkreten Zieldefinitionen wird durch das vorliegende Energiekonzept und dabei insbesondere die Projektphase III dieses Projektes bereitgestellt. Die darin vorgenommene Grobanalyse der Gebäude umfasst eine erste Bestandsaufnahme und Bewertung unter energetischen Gesichtspunkten sowie die Formulierung von ersten Energieeinsparmaßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsabschätzung. Diese Grobanalyse wurde für 75 Gebäude des WZW und der HSWT im Rahmen der Projektphase III dieses Energiekonzepts vorgenommen (Ergebnisse siehe Teilbericht III). Aus der Grobanalyse ergibt sich für mehrere Teilbereiche am Campus Weihenstephan ein weiterer Untersuchungsbedarf, um bestimmte Maßnahmen zu konkretisieren und ihre Umsetzung vorzubereiten.

Ausarbeitung eines Energiemanagementprogramms und Aktionsplans

Damit die Umsetzung garantiert und die interne und externe Kontrolle des Energiemanagementsystems ermöglicht wird, sollten alle bisher beschriebenen Schritte in einem Energiemanagementprogramm gebündelt und regelmäßig aktualisiert werden. Im Energiemanagementprogramm werden die gesetzten operativen Ziele, die geplanten Maßnahmen, Zuständigkeiten und Zeitrahmen priorisiert und zusammengefasst.

7.7.3 Umsetzen (Do)

Um größtmögliche Einsparpotentiale zu erzielen, müssen die im Aktionsplan festgelegten Maßnahmen priorisiert und in einen detaillierten Arbeitsplan übersetzt werden. Der Arbeitsplan sollte neben den Verantwortlichen und dem Zeitrahmen für die verschiedenen Aktivitäten auch immer die notwendigen Ressourcen enthalten. Nur wenn ausreichende finanzielle und technische Mittel zur Umsetzung des Aktionsplans zur Verfügung stehen, können die festgesetzten Energieziele erreicht werden. Außerdem sollte der Energiemanager die Erfolge der Maßnahmen und Aktivitäten systematisch festhalten, um die Erreichung der Energieziele sowie Kosten-Nutzen-Analysen der durchgeführten Maßnahmen zu erleichtern. Erfolgsindikatoren sind sowohl Kosteneinsparungen und eine Verringerung der Umweltbelastung als auch positive Bewertungen durch die Presse oder positive Rückmeldungen der Mitarbeiter.

Während der Implementierungsphase werden die Aktivitäten, die im Energiemanagementprogramm und im Aktionsplan festgelegt wurden, umgesetzt. Um eine effektive Umsetzung zu gewährleisten, müssen die folgenden Schritte beachtet werden:

- Sicherstellung der benötigten Ressourcen zur Implementierung des Energiemanagementsystems und Umsetzung des Aktionsplans
- Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung
- Training der Mitarbeiter
- Kommunikation des Energiemanagementsystems
- Dokumentation des Energiemanagementsystems und Kontrolle der Dokumentation
- Ablaufenkung aller relevanten Prozesse, inklusive der Beschaffung und Wartung.

7.7.4 Kontrollieren (Check) und Handeln (Act)

Ein wichtiger Aspekt des Energiemanagements nach DIN EN 16001 ist der Prozess der kontinuierlichen Verbesserung. Um dies zu gewährleisten, muss regelmäßig überprüft werden, ob alle strategischen und operativen Ziele erreicht wurden und ob das Energiemanagementsystem optimal funktioniert. Gegebenenfalls müssen entsprechende Korrekturmaßnahmen vorgenommen werden.

Durch den häufigen, regelmäßigen Vergleich von erwartetem und tatsächlichem Energieverbrauch ist es möglich, ineffiziente Energienutzung schnell aufzudecken. Außerdem bietet es die Möglichkeit, den Energieverbrauch zu analysieren und die Zielerreichung der operativen und strategischen Ziele zu messen. Essentielle Grundlage für die kontinuierliche und automatische Verbrauchsüberwachung bildet das in Teilbericht II dieses Konzeptes vorgeschlagene Energiemonitoring-System.

Bei der regelmäßigen Überprüfung im Rahmen des Energiemanagementsystems sollten folgende Aspekte unbedingt berücksichtigt werden:

- Überwachung und Messung
- Bewertung der Einhaltung von Rechtsvorschriften
- Nichtkonformität, Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen
- Planung und Strukturierung der Dokumentation
- Interne Audits
- Überprüfung durch die Führungsebene

7.8 Zusammenfassung Energiemanagementsystem

Die Systematik für ein prozessorientiertes Energiemanagement kann in jedem öffentlichen, kommunalen oder betrieblich genutzten Gebäude angewandt werden.



Der Nutzen der Einführung eines ganzheitlichen Energiemanagements liegt u.a. in folgenden beispielhaften Aspekten begründet:

- Das Energiemanagements schafft Transparenz, u.a. durch die Einführung eines Energiemonitoring-Systems.
- Die erhöhte Datentransparenz ermöglicht ein aussagekräftiges Benchmarking, welches den spezifischen Verbrauch der Gebäude aufzeigt und einen Vergleich der Energieeffizienz zulässt.
- Es wird die Möglichkeit zur verursachergerechten Zuordnung und Abrechnung der Energiekosten geschaffen.
- Anhand der durchgeführten Grobanalyse kann den Ergebnissen des Benchmarking nachgegangen werden und die Schwachstellen der Gebäude können aufgedeckt werden. Die Grobanalyse ermöglicht eine erste Aussage über möglich Energieeffizienzsteigerungen und deren Wirtschaftlichkeit.
- Im Rahmen der Feinanalyse können die identifizierten Schwachstellen sowie die daraus resultierenden Maßnahmen detaillierter untersucht und verifiziert werden.
- Aufgrund der entstandenen Daten- und Informationsbasis können die Maßnahmen hinsichtlich ihrer Priorität liegenschaftsübergreifend eingeordnet und anschließend ausgewählte Maßnahmen umgesetzt werden.
- Die Erfolgskontrolle ermöglicht eine abschließende Bewertung des Energiemanagements durch die Zusammenfassung der tatsächlichen Energieeinsparung, Kosteneinsparung sowie entstandenen Investitionen.
- Die Mitarbeiter werden bezüglich Energieeffizienz und Klimaschutz sensibilisiert.
- Die CO₂-Emissionen und das Umweltrisiko werden reduziert.



8 Ablauf- und Zeitplan

Aus den Empfehlungen der Teilberichte I bis IV ergibt sich der Maßnahmenkatalog. Dieser besteht aus den in Tabelle 13 aufgeführten Maßnahmengruppen, die wiederum in einzelne Maßnahmenpakete untergliedert sind.

Tabelle 13: Bestandteile Maßnahmenkatalog

Maßnahmengruppe	Maßnahmenpaket
Arbeitsgruppe	Gründung Arbeitsgruppe
Energiemonitoring	Umsetzung Energiemonitoring - Pilotprojekt
	Umsetzung Energiemonitoring - Gesamter Campus
Energieeinsparmaßnahmen nach Maßnahmenliste	Umsetzung Maßnahmenliste - Gebäudegruppe Pilotprojekt
	Umsetzung Maßnahmenliste - Gesamte untersuchte Gebäude
Detailkonzepte	Erstellung Kältekonzept
	Erstellung Druckluftkonzept
Nutzerverhalten	Entwicklung Nutzerkampagne – Gesamter Campus
	Umsetzung Nutzerkampagne - Pilotprojekt
	Umsetzung Nutzerkampagne – Gesamter Campus
Energiemanagement	Einführung Energiemanagement

Die Maßnahmengruppen werden im Ablauf- und Zeitplan dargestellt. Der Ablaufplan enthält die Übersicht der einzelnen Maßnahmengruppen geordnet nach ihrer Umsetzung und eine Beschreibung der jeweiligen Inhalte. Im Zeitplan werden die Maßnahmengruppen in Maßnahmenpakete untergliedert. Die einzelnen Maßnahmenpakete werden an einem Zeitstrahl gemäß der zeitlichen Umsetzung aufgeführt und beschrieben. Anlage XIII enthält den Zeitplan und den Ablaufplan in großer Ausführung.

Ablaufplan

Der Ablaufplan (Abbildung 28) zeigt eine sinnvolle Umsetzung der Maßnahmengruppen.