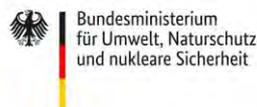


Klimaschutzkonzept für die Philipps-Universität Marburg



Darmstadt, den 31. Mai 2019

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bearbeitungsteam

Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Gräff (IU)
M. Sc. Sandra Michali (IU)
M. Sc. Theo Felber (IU)
Dipl.-Biol. Peter Werner (IWU)
Dr. Thilo Koch (IWU)
Dipl.-Ing. Michael Hörner (IWU)
Dipl.-Ing. Behrooz Bagherian (IWU)
Dipl.-Geogr. Hannah Eberhardt (VmK)
Dipl.-Medienwirt Hannes Wöhrle (VmK)

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINFÜHRUNG	1
1	Hintergrund und Aufgabenstellung	1
2	Ausgangslage und Rahmenbedingungen	2
2.1	Allgemeine Strukturdaten	2
2.2	Entwicklungs- und Ausbauplanungen	3
II.	BESTANDSANALYSE / ENERGIE- UND CO₂-BILANZ	4
3	Bestandsanalyse Gebäude	4
3.1	Analyse der Verbrauchswerte auf Grundlage der baulichen und technischen Merkmale	4
3.1.1	Spezifischer Wärmeverbrauch	5
3.1.2	Spezifischer Stromverbrauch	9
3.2	Gebäude und Flächen nach Nutzungen / Nutzern	11
4	Energie- und CO₂-Bilanz	13
5	Strukturanalyse Energieverbrauch	19
5.1	Übersicht: räumliche Verteilung und Anteile Strom/Wärme	19
5.2	Energieverbrauchsstruktur	21
5.3	Energieverbrauch nach Nutzern	24
6	Energieversorgungsstrukturen	30
6.1	Energiebezug und eigene Erzeugungsanlagen	30
6.2	Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien	31
6.2.1	Photovoltaik	31
6.2.2	Biomasseheizwerk	31
6.3	Kraft-Wärme-Kopplung	32
7	Bestandsanalyse Mobilität	33
7.1	Mobilitätsangebot, Verkehrsinfrastruktur und Erreichbarkeit	35
7.2	Wohnorte der Beschäftigten und Verkehrsmittelwahl	37
7.3	Fuhrpark und Dienstmobilität	39
8	Bestandsaufnahme „Sonstiges“	40
8.1	Beschaffung	40
8.2	Mensa	42

III.	POTENZIALE ZUR SENKUNG DER CO₂-EMISSIONEN – SZENARIEN UND ZIELE	45
10	Sonstige Potenziale zur Senkung der CO₂-Emissionen	68
10.1	Optimierungspotenzial Fernwärme	68
10.1.1	Optimierung der Fernwärmeversorgung Lahntal	68
10.1.2	Optimierung Fernwärmenetz Lahnberge.....	68
10.2	Energiemanagement	71
10.3	Ausbau der Photovoltaik.....	76
10.3.1	Exemplarische Betrachtung Biegenstraße 12.....	76
10.3.2	Übertragung der Ergebnisse auf die Philipps-Universität Marburg	83
10.4	Mittel- und langfristige Perspektiven	84
10.4.1	Erneuerbare Energien zur (Fern-)Wärmeversorgung Lahnberge	84
10.4.2	Teilzentrale, hybride Versorgungssysteme	85
10.4.3	Windkraftanlagen.....	86
11	Reduktionspotenziale Mobilität und Verkehr.....	87
12	Zusammenfassung der Potenzialanalyse	88
14	Energie- und klimapolitische Ziele für die Philipps-Universität Marburg	107
IV.	MAßNAHMEN ZUR SENKUNG DER CO₂-EMISSIONEN	109
15	Maßnahmenkatalog	109
15.1	Methodische Vorbemerkungen	109
15.2	Kurzübersicht des Maßnahmenkatalogs	111
V.	KOMMUNIKATIONSSTRATEGIE / CONTROLLING- UND MONITORINGKONZEPT / VERSTETIGUNGSSTRATEGIE.....	124
16	Kommunikationsstrategie.....	124
16.1	Ziele und Aufgaben.....	124
16.2.	Instrumente und Zielgruppen	125
16.3	Zuständigkeit und Ressourcen	126
17	Controlling- und Monitoringkonzept	127
17.1.	Überwachung, Messung und Analyse.....	128
17.2.	Zielanpassung / Maßnahmenanpassung	130
17.3.	Klimaschutzberichterstattung.....	130
17.4.	Personalbedarf, erforderliche Investitionen.....	131

18	Vorschläge für die Organisation des Umsetzungsprozesses /	
	Verstetigungsstrategie	132
	Quellenverzeichnis	135

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	ausgewählte und begangene Gebäude.....	47
Tabelle 2:	Übersicht: Ergebnisse der Berechnung von Referenzgebäuden	48
Tabelle 3:	Matrix der Gebäudegruppen für die Übertragung der Ergebnisse auf den Gesamtbestand.....	50
Tabelle 4:	Überblick über die Erzeugungsdaten und Netzverluste der Fernwärmeversorgung auf den Lahnbergen seit 2011	69
Tabelle 5:	Einsparpotenziale nicht- und geringinvestiver Maßnahmen.....	73
Tabelle 6:	Beispiel Prämiensystem der FU Berlin: ausgezahlte Einsparprämien und Einsparerfolge.....	75
Tabelle 7	Übersicht über die berücksichtigten Kostenpositionen der Stromerzeugungskosten der PV-Anlage	81
Tabelle 8	Zugrunde gelegte Eingangsparameter der Annuitätenberechnung.....	81
Tabelle 9	Ergebnisse der Ertrags- und Wirtschaftlichkeitsrechnung einer Solaranlage auf dem Dach des Gebäudes Biegenstraße 12	82
Tabelle 10:	Potenzieller Beitrag der PV-Eigenstromerzeugung an der Philipps-Universität Marburg.....	83
Tabelle 11:	Übersicht über die aktuell erkennbaren und bezifferbaren Potenziale für den Klimaschutz an der Philipps-Universität Marburg	88
Tabelle 12:	Beispielhafte Darstellung der für das Trendszenario herangezogenen Annahmen	91
Tabelle 13:	Gesamtergebnisse Trendszenario	99
Tabelle 14:	Gesamtergebnisse Aktiv-Szenario	105
Tabelle 15:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (SE); Maßnahmengruppe: Energietechnisches Portfoliomanagement.....	112
Tabelle 16:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (SE); Maßnahmengruppe: Finanzierung	113
Tabelle 17:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (SE); Maßnahmengruppe: Pläne/Programme	113
Tabelle 18:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (OE); Maßnahmengruppe: Energiemonitoring	114
Tabelle 19:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (OE); Maßnahmengruppe: Betriebsoptimierung	114
Tabelle 20:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (OE); Maßnahmengruppe: Qualitätssicherung/Erfolgskontrolle	115

Tabelle 21:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (OE); Maßnahmengruppe: Beratungsangebote	115
Tabelle 22:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (OE); Maßnahmengruppe: Berichtswesen/Kommunikation.....	115
Tabelle 23:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (EEM); Maßnahmengruppe: Raumwärme- /Kälteversorgung/Klimatisierung/Lüftung	116
Tabelle 24:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (EEM); Maßnahmengruppe: Kühlgeräte.....	117
Tabelle 25:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (EEM); Maßnahmengruppe: Sonstige Stromeinsparungen	117
Tabelle 26:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (EE); Maßnahmengruppe: Wärmeversorgung Lahnberge	118
Tabelle 27:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (EE); Maßnahmengruppe: Erneuerbare Energien	118
Tabelle 28:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (MO); Maßnahmengruppe: Mobilität klimafreundlicher gestalten.....	119
Tabelle 29:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (MO); Maßnahmengruppe: Rad- und Fußverkehr stärken.....	119
Tabelle 30:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (MO); Maßnahmengruppe: Öffentlichen Nahverkehr attraktiver gestalten	120
Tabelle 31:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (MO); Maßnahmengruppe: Pkw-Verkehr reduzieren und effizienter gestalten...	120
Tabelle 32:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (MO); Maßnahmengruppe: Zu klimafreundlicher Mobilität informieren	120
Tabelle 33:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (MO); Maßnahmengruppe: Organisation und Prozesse optimieren.....	120
Tabelle 34:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (ÜM); Maßnahmengruppe: Leitbild und Ziele	121
Tabelle 35:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (ÜM); Maßnahmengruppe: Klimaschutzmanagement	121
Tabelle 36:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (ÜM); Maßnahmengruppe: Flächennutzung.....	121
Tabelle 37:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (ÜM); Maßnahmengruppe: Netzwerke	122
Tabelle 38:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (ÜM); Maßnahmengruppe: Beschaffung	122

Tabelle 39:	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (AB); Maßnahmengruppe: Öffentlichkeitsarbeit / Kommunikation.....	122
Tabelle: 40	Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (AB); Maßnahmengruppe: Lehre.....	123
Tabelle 41	Indikatoren für das Monitoring des Klimaschutzkonzepts	129

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Entwicklung der Studierenden- und Beschäftigtenzahlen (VZÄ) sowie der Nettogrundfläche (2008 – 2016).....	3
Abbildung 2: Witterungsbereinigter Wärmeverbrauch je Nettoraumfläche (Endenergie in 2015), ausdifferenziert nach Baujahr und Denkmalstatus	6
Abbildung 3: Witterungsbereinigter spezifischer Wärmeverbrauch (2015), nach Energiestandard bzw. den bisherigen energetischen Maßnahmen	6
Abbildung 4: Witterungsbereinigter spez. Wärmeverbrauch bezogen auf Nettoraumfläche (Endenergie in 2015) und Standort.....	7
Abbildung 5: Witterungsbereinigter spez. Wärmeverbrauch bezogen auf (Endenergie in 2015) den Grad der Technisierung.....	8
Abbildung 6: Spez. Stromverbrauch (Endenergie in 2015) bezogen auf die Baujahre der Gebäude.....	9
Abbildung 7: Stromverbrauch (Endenergie in 2015) bezogen auf Nettoraumfläche und Standort	10
Abbildung 8: Stromverbrauch (Endenergie in 2015) bezogen auf Nettoraumfläche und dem Grad der Technisierung.....	10
Abbildung 9 Die 10 größten Flächennutzer	11
Abbildung 10 spezifische Fläche je Studierenden nach Fachbereich.....	12
Abbildung 11 Entwicklung des Energieverbrauchs nach Energieträgern und CO ₂ -Emissionen (2008 – 2016).....	14
Abbildung 12 Entwicklung des Energieverbrauchs (2008 – 2016).....	15
Abbildung 13 Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs (2008 – 2016, bezogen auf die Nettogrundfläche)	16
Abbildung 14 Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs (2008 – 2016).....	17
Abbildung 15 Spezifische CO ₂ -Emissionen nach Fläche und Personen (2008 – 2016).....	18
Abbildung 16 Wärme- und Stromverbrauch je Standort	19
Abbildung 17 Spezifischer Strom- und Wärmeverbrauch je Fläche und Standort	20
Abbildung 18: Jahres-Stromverbrauch der Gebäude, sortiert nach den absoluten Verbrauchswerten.	21
Abbildung 19: Witterungsbereinigter Wärmeverbrauch (Endenergie in 2015) der Gebäude, sortiert nach den absoluten Verbrauchswerten.	22
Abbildung 20: Portfolioanalyse der 10 größten Stromverbraucher (Gebäude) mit Darstellung des Wärmeverbrauchs und der Nutzungsfläche	23

Abbildung 21	Die 10 größten Strom- und Wärmeverbraucher (Fachbereiche und Einrichtungen).....	24
Abbildung 22	Die spezifischen Wärmeverbräuche der Fachbereiche/Einrichtungen sortiert nach Größe	26
Abbildung 23:	Die spezifischen Stromverbräuche der Fachbereiche/Einrichtungen sortiert nach Größe	28
Abbildung 24	Energieverbrauch je Studierenden und Fachbereich.....	29
Abbildung 25:	Standorte der Universität im Stadtgebiet Marburgs (Quelle: Philipps-Universität Marburg).....	34
Abbildung 26	Übersicht über die Kosten der Beschaffung im Jahr 2017 (zentrale Beschaffung und Fachbereiche) nach Warengruppe.....	41
Abbildung 27:	Flächenmäßige Zuordnung aller Bestandsgebäude der Philipps-Universität Marburg zu den vier definierten Gebäudegruppen.....	50
Abbildung 28:	Zuordnung des Wärmeverbrauchs aller Bestandsgebäude der Philipps-Universität Marburg zu den vier Gebäudegruppen.....	53
Abbildung 29:	Stromverbrauch der Gebäude je Fläche, zugeordnet zu den vier Gebäudegruppen	54
Abbildung 30:	Aus den Bedarfsbetrachtungen abgeleitete Stromeinsparpotenziale bei der Beleuchtung, differenziert nach Gebäudegruppen.....	55
Abbildung 31:	Stromeinsparpotenziale bei der Beleuchtung und Abschätzung der Einsparpotenziale bei sonstigen Stromverbrauchern differenziert nach Gebäudegruppen	57
Abbildung 32:	Ermittelte Wärmeverbräuche der Gebäudegruppen I und II für die vier Sanierungsvarianten und den unsanierten Ausgangszustand	60
Abbildung 33:	Ermittelte prozentuale Einsparungen bei den beiden Gebäudegruppen I und II	60
Abbildung 34:	Ermittelte mittlere flächenspezifische Wärmeverbräuche der beiden Gebäudegruppen I und II für die vier Sanierungsvarianten und den unsanierten Ausgangszustand	61
Abbildung 35:	Ermittelte Wärmeverbräuche der beiden Gebäudegruppen III und IV für die vier Sanierungsvarianten und dem unsanierten Ausgangszustand	63
Abbildung 36:	Ermittelte prozentuale Einsparungen bei den beiden Gebäudegruppen III und IV für die vier Sanierungsvarianten gegenüber dem Ausgangszustand.....	64
Abbildung 37:	Ermittelte flächenspezifische Wärmeverbräuche der beiden Gebäudegruppen III und IV für die vier Sanierungsvarianten und dem unsanierten Ausgangszustand	65

Abbildung 38: Ermittelte Wärmeverbräuche der Gebäudegruppen I bis IV für die vier Sanierungsvarianten und den unsanierten Ausgangszustand	66
Abbildung 39: Ermittelte absolute Einsparungen bei der energetischen Sanierung unterteilt in die Gebäudegruppen I bis IV für die vier Sanierungsvarianten sowie Stromverbrauch für Beleuchtung	67
Abbildung 40 Grundriss des Dachs, Lage und Fläche der PV-Anlage „Biegenstraße 12“	76
Abbildung 41 Analyse des Solarkatasters Hessen	77
Abbildung 42 Sonnenstand in Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeit (Watter 2015).....	78
Abbildung 43 Darstellung der PV-Modellierung in einer Woche im Januar.....	79
Abbildung 44 Darstellung der PV-Modellierung in einer Woche im Juli	79
Abbildung 45 Ergebnisse der PV-Modellierung der Biegenstraße 12 der Universität Marburg	80
Abbildung 46: Detailbetrachtung Fernwärmenetz Lahnberge für das Jahr 2016	84
Abbildung 47: Trendszenario: Entwicklung des Wärmeverbrauchs bis einschließlich 2029.....	95
Abbildung 48: Trendszenario: Prognostizierte jährliche Einsparungen beim Wärmeverbrauch bis einschließlich 2029	96
Abbildung 49: Entwicklung des Stromverbrauchs bis einschließlich 2029.....	97
Abbildung 50: Trendszenario: Prognostizierte jährliche Einsparungen beim Stromverbrauch für die 4 Gebäudegruppen bis einschließlich 2029.....	98
Abbildung 51: Trendszenario: Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen an der Philipps-Universität Marburg (Absolutwerte)	100
Abbildung 52: Trendszenario: Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen an der Philipps-Universität Marburg (indiziert: 2015 = 100%)	100
Abbildung 53: Aktivszenario: Entwicklung des Wärmeverbrauchs bis einschließlich 2029.....	101
Abbildung 54: Aktivszenario: Prognostizierte jährliche Einsparungen beim Wärmeverbrauch bis einschließlich 2029	102
Abbildung 55: Aktivszenario: Entwicklung des Stromverbrauchs bis einschließlich 2029.....	103
Abbildung 56: Aktivszenario: Prognostizierte jährliche Einsparungen beim Stromverbrauch für die 4 Gebäudegruppen bis einschließlich 2029.....	104

Abbildung 57: Aktivszenario: Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen an der Philipps-Universität Marburg (Absolutwerte)	106
Abbildung 58: Aktivszenario: Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen an der Philipps-Universität Marburg (indiziert: 2015 = 100%)	106
Abbildung 59: Struktur des Maßnahmenkatalogs (Handlungsfelder).....	110
Abbildung 60 Kommunikationsstrategie: Instrumente und Zielgruppen	126
Abbildung 61 Grundzüge zum Controlling und zur Evaluierung in Anlehnung an ISO 50001 / 14001 (kontinuierlicher Verbesserungsprozess)	127
Abbildung 62 Empfehlungen aus dem kommunalen Energiemanagement zur erforderlichen Mitarbeiterzahl	134

I. Einführung

1 Hintergrund und Aufgabenstellung

Die Philipps-Universität Marburg verfolgt die Themen Umweltschutz und Energieeffizienz mit großem Ehrgeiz: Im Zuge des Projekts „CO₂-neutrale Philipps-Universität“ setzt sie sich das Zwischenziel, den Ausstoß des klimaschädlichen Gases bis 2020 auf die Hälfte zu reduzieren.

Als Grundlage für weitere Klimaschutz-Aktivitäten ist mit der Erstellung eines umfassenden Klimaschutzkonzeptes ein Handlungsrahmen über das Jahr 2020 hinaus entwickelt worden.

Damit unterstützt die Philipps-Universität die Ziele der Landesinitiative „CO₂-neutrale Landesverwaltung“.

Basis für gezielte und langfristige Maßnahmen zur Senkung der CO₂-Emissionen ist die differenzierte Energie- und Treibhausgasbilanz. Eine Erhebung hat insbesondere den Gebäudebestand der Hochschule mit ihrem Strom-, Wärme- und Kälteverbrauch in den Blick genommen. Hierauf aufbauend wurden Optimierungspotenziale ermittelt und weitere Schritte abgeleitet.

Ein besonderer Fokus wird darüber hinaus auf die Möglichkeiten und Potenziale zur Fortentwicklung des Energiemanagements und auf den Einsatz erneuerbarer Energien gelegt. Mit in die Betrachtung einbezogen wird aber auch der Bereich Mobilität, der einen erheblichen Anteil an den Emissionen aufweist.

Bei der Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes soll auch auf die Kompetenzen der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der Philipps-Universität zurückgegriffen werden, um neue Ideen zu entwickeln und insbesondere um nutzer- und nutzungsbezogene Einsparpotenziale besser erschließen zu können. Letztlich betrifft das Thema aber alle Angehörigen der Philipps-Universität. Auch Angestellte und Studierende sollen zukünftig noch stärker in Klimaschutz-Aktivitäten eingebunden werden. Ziel der Universität ist schließlich nicht nur ein eigener Beitrag zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes, sondern zugleich die Ausübung einer Vorbildfunktion: Studierende sollen Aspekte des Klimaschutzes später auch in die berufliche Praxis übertragen.

2 Ausgangslage und Rahmenbedingungen

2.1 Allgemeine Strukturdaten

Die bereits 1527 gegründete Philipps-Universität Marburg diente als Ausbildungsstätte für hessische Pfarrer und Beamte und gilt heute als weltweit älteste noch bestehende protestantische Universität. Ursprünglich ausschließlich im Marburger Lahntal angesiedelt, wurden ab 1970 für die naturwissenschaftlichen und medizinischen Fächer neue Gebäude auf den Lahnbergen errichtet. Dadurch wurden nicht nur fachliche, sondern auch bautechnische Abgrenzungen vorgenommen. Während im Lahntal viele historische Gebäude, teilweise sogar noch aus dem 13. Jahrhundert, genutzt werden, wurden die Neubauten auf den Lahnbergen mittels eines eigen konzipierten Fertigteilsystems aus Beton, dem Marburger Bausystem, fertiggestellt.

Mit ihrem umfassenden Spektrum an wissenschaftlichen Themen gilt die Philipps-Universität Marburg als Volluniversität. In den 16 Fachbereichen werden unter anderem geisteswissenschaftliche Themen, wie Germanistik oder Rechtswissenschaften, aber auch naturwissenschaftliche Disziplinen abgedeckt. Weitere Forschungsschwerpunkte werden in 13 wissenschaftlichen Zentren untersucht. Zu weiteren 39 Einrichtungen gehören beispielsweise die Universitätsbibliothek, der Botanische Garten sowie diverse Museen und Sammlungen.

Im Laufe ihres Bestehens ist die Anzahl der Studierenden kontinuierlich gewachsen. Waren es bei Gründung der Universität noch 90 Studierende, so ist deren Zahl bis zum Jahr 2016 auf über 25.600 gewachsen (Abbildung 1). Des Weiteren ist die Universität mit rund 3.300 Beschäftigten (Vollzeitäquivalenten) einer der größten Arbeitgeber in Marburg. Der kontinuierliche Anstieg der Studierendenzahlen hat auch zu einem Ausbau der Nettogrundfläche¹ an der Philipps-Universität geführt. Seit 2011 ist diese von 384.000 m² bis 2016 auf 455.000 m² erweitert worden (HIS HE 2018). Neben der Nutzungsfläche, die dem Universitätsbetrieb zur Verfügung steht, beinhaltet dies auch die technische Funktionsfläche, beispielsweise für Aufzüge oder Klimatechnik und die Verkehrsfläche.

Im Jahr 2016 hatte die Universität etwa 134 Gebäude in aktiver Nutzung. Darin eingeschlossen sind auch Teilanmietungen und rechtlich eigenständige Institutionen, die für das Klimaschutzkonzept von hoher Bedeutung sind, wie z.B. das Studentenwerk.

¹ In den Publikationen verwendet das HIS den älteren Begriff *Nettogrundfläche (NGF)*. Aufgrund der nachrichtlichen Übernahme aus der CO₂-Bilanz des HIS wird die Fläche in diesem Kapitel und im Kapitel Energie- und CO₂-Bilanz ebenfalls als Nettogrundfläche angegeben. Ab dem Erhebungsjahr 2017 stellt das HIS die Nomenklatur auf *Nettoraumfläche (NRF)* um, welches äquivalent zur NGF ist. Aus diesem Grund wird im weiteren Verlauf des Klimaschutzkonzeptes der Begriff *Nettoraumfläche* verwendet.

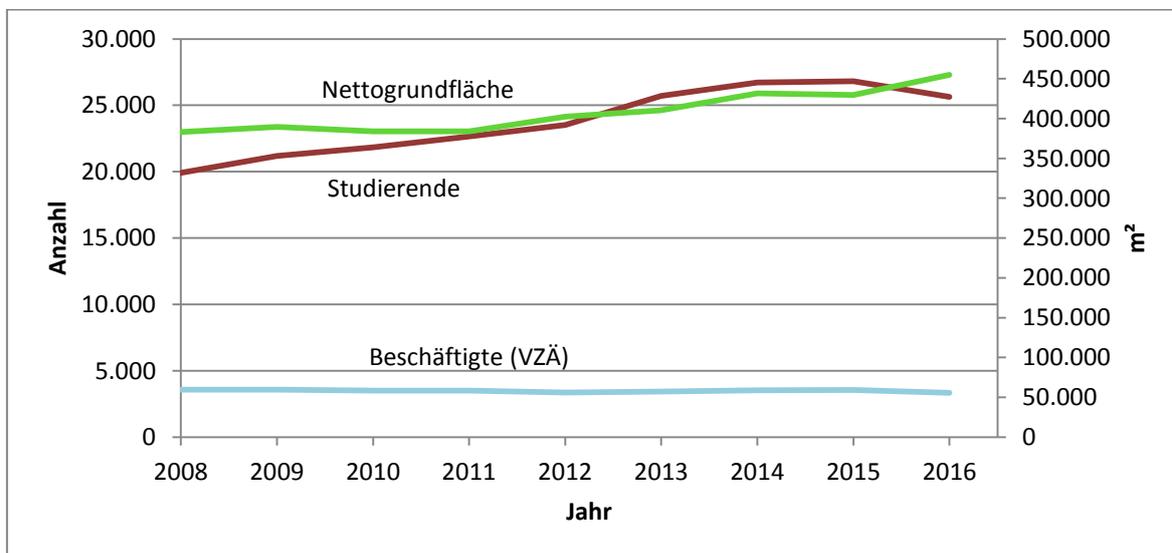


Abbildung 1: Entwicklung der Studierenden- und Beschäftigtenzahlen (VZÄ) sowie der Nettogrundfläche (2008 – 2016)

Quelle: HIS HE 2018, eigene Darstellung IU

2.2 Entwicklungs- und Ausbauplanungen

Im Rahmen des Ausbauprogramms der Universität werden derzeit neue Standortstrukturen geschaffen, die eine größere räumliche Abgrenzung der Forschungsschwerpunkte ermöglichen. So entsteht im Lahntal ein neuer Campus, der vor allem geistes- und gesellschaftswissenschaftliche Institute, in oftmals denkmalgeschützten Gebäuden, konzentrieren soll. Gleichzeitig werden verstreute Gebäude aufgegeben. Auf den Lahnbergen werden auf Grundlage des *Masterplan Campus Lahnberge* neue Forschungsbauten mit Fokus auf natur- und lebenswissenschaftliche Forschungsfelder errichtet sowie Infrastruktur- und Mobilitätsmaßnahmen umgesetzt.

II. Bestandsanalyse / Energie- und CO₂-Bilanz

3 Bestandsanalyse Gebäude

3.1 Analyse der Verbrauchswerte auf Grundlage der baulichen und technischen Merkmale

Folgende Parameter wurden für die Analyse des Gebäudebestandes herangezogen:

Verbrauchswerte Wärme- und Strom:

Für einige Gebäude war der Strom- oder Wärmeverbrauch nicht gebäudescharf bekannt und es lag nur ein Verbrauchswert für mehrere Gebäude vor. Es wurde hier ein mittlerer Verbrauchswert bestimmt, der über die Flächenanteile der jeweiligen Gebäude berechnet wurde

Darüber hinaus konnte der bekannte Gesamtverbrauch der Gebäude abgebildet werden.

Art der Wärmeversorgung:

Hier wird unterschieden, ob ein Gebäude mit Erdgas, über die Fernwärmezentrale auf den Lahnbergen oder über das städtische Fernwärmenetz im Lahntal versorgt wird.

Baujahr:

Altersangaben zu den Gebäuden lagen vor. In den Listen war immer das Ursprungsbaujahr angegeben. Auch nach größeren Sanierungsmaßnahmen wurde dieses Baujahr nicht durch ein fiktives, neueres Baujahr ersetzt

BWZ-Nummer:

Jedem Gebäude wurde nach dem Bauwerkszuordnungskatalog universitätsseitig eine 4-stellige BWZ-Nummer zugeordnet. Insgesamt ergab sich bei den betrachteten Gebäuden eine Zuordnung zu 46 verschiedenen Bauwerksnummern, die verschiedene Bauwerksnutzungen repräsentieren (z.B. Institutsgebäude für Erziehungswissenschaften, Kunst und Design oder Hörsaal ohne Zusatznutzung). Zur späteren leichteren grafischen Darstellung wurden diesen unterschiedlichen Gebäuden die Nummern 1 bis 46 zugewiesen. In einer gröberen Zuordnung erfolgte eine Zuweisung zu 19 Gruppen.

Denkmalstatus:

Für Gebäude unter Denkmalschutz lagen Angaben vor, ob es sich um ein Einzeldenkmal (57 Gebäude, 52 berücksichtigt) oder um Ensembleschutz (23 Gebäude, berücksichtigt 22) handelt. Bei allen anderen Gebäuden, zu denen keine Angaben vorlagen, wird davon ausgegangen, dass kein Denkmalschutz vorliegt.

Gebäudefläche -> Nettoraumfläche (NRF)

Verschiedene Flächenangaben standen zur Verfügung, wie Bruttogeschoßfläche (BRF), Nettoraumfläche (NRF) und Nutzfläche (NUF). Für die Auswertung der Gebäudedaten wurde die Nettoraumfläche herangezogen, da hier davon ausgegangen werden kann, dass sie der beheizten Fläche am nächsten kommt.

Installationsgrad der Gebäude:

Als Grundlage dient die universitätsseitige Zuordnung der Gebäude in 4 verschiedene Kategorien von Installationsgraden, die von gering bis sehr hoch reichen.

Energetischer Zustand der Gebäudehülle

Hierbei wird unterschieden, ob die Gebäudehülle ungedämmt ist, eine Dämmung aus den 80er Jahren aufweist, es sich um einen Neubau handelt oder zumindest eine Dämmung entsprechend der EnEV 2009 vorliegt. Die Daten stammen aus einer universitätsseitigen Erfassung.

Der Gebäudebestand der Philipps-Universität in Marburg unterscheidet sich bezüglich der energetischen Qualität, Größe, Alter, Sanierungsbeschränkungen, Nutzungs- und Verbrauchssituation erheblich. Eine vergleichende Betrachtung hilft für ein besseres Verständnis der Verbrauchsstruktur und der vorhandenen Einsparpotenziale. Aufbauend auf der oben beschriebenen Datengrundlage erfolgt eine Betrachtung des Wärme- und Stromverbrauchs (Endenergie).

3.1.1 Spezifischer Wärmeverbrauch

In den folgenden Abbildungen ist der spezifischen Wärmeverbrauch der Gebäude dargestellt, ausdifferenziert nach Baujahr und Denkmalstatus (Abbildung 2) bzw. nach Energiestandard bzw. den bisherigen energetischen Maßnahmen (Abbildung 3).

Abbildung 2 zeigt, dass die Bandbreite des flächenspezifischen Wärmeverbrauchs sehr groß ist und dass der Denkmalstatus keinen wesentlichen Einfluss darauf hat. Die Verbrauchswerte der Gebäude aus dem Mittelalter, die alle dem Denkmalschutz unterliegen, liegen im erwarteten Verbrauchsbereich zwischen ca. 100 und 200 kWh/m²a. Es zeigt sich, unabhängig vom Baujahr, ein recht weites Spektrum des Wärmeverbrauchs je Fläche. Es fällt auf, dass selbst bei den neueren Gebäuden um das Jahr 2010 die Verbrauchsspanne sehr groß ist und aufgrund der recht unterschiedlichen Einflussfaktoren kein Zusammenhang mit dem Baujahr erkennbar ist. .

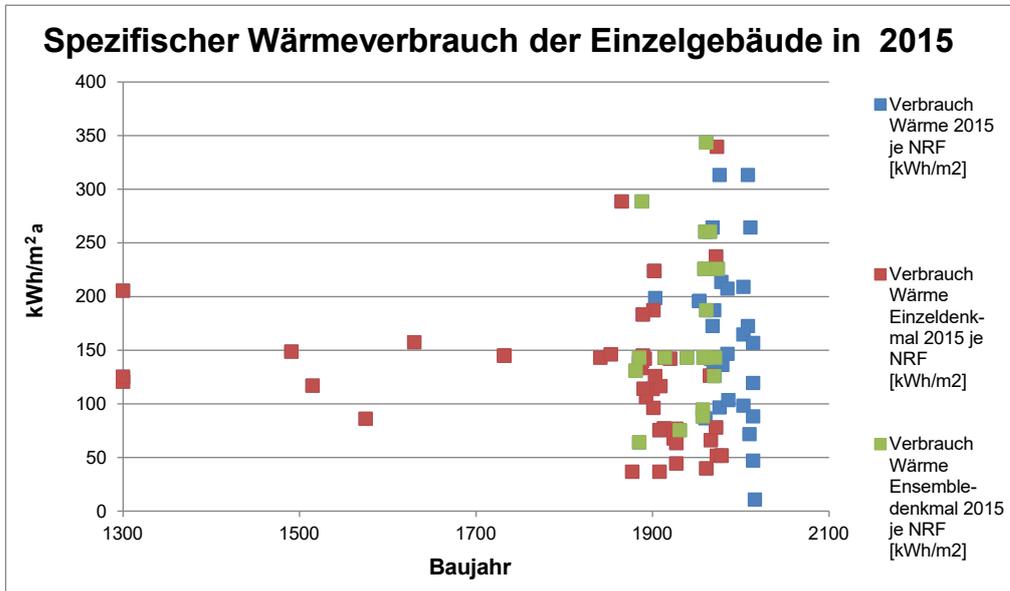


Abbildung 2: Witterungsbereinigter Wärmeverbrauch je Nettoraumfläche (Endenergie in 2015), ausdifferenziert nach Baujahr und Denkmalstatus

Werden nun die bisher im Bestand durchgeführten energetischen Maßnahmen berücksichtigt (siehe Abbildung 3), so sind hier die Effekte der energetischen Maßnahmen gut erkennbar.

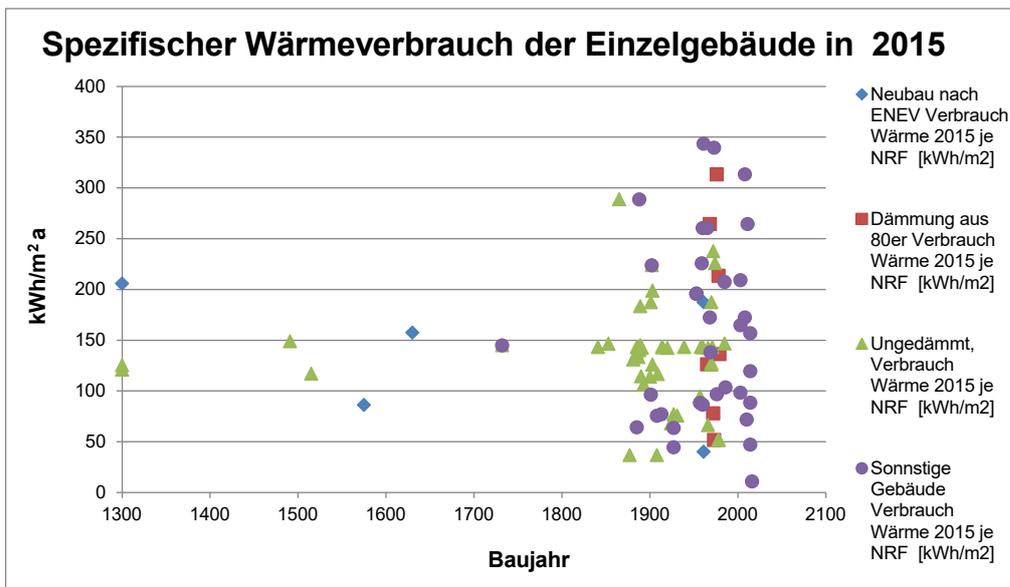


Abbildung 3: Witterungsbereinigter spezifischer Wärmeverbrauch (2015), nach Energiestandard bzw. den bisherigen energetischen Maßnahmen

Eines der beiden nachträglich gedämmten Gebäude aus den 1960er Jahren weist einen sehr niedrigen Verbrauchswert auf, das andere befindet sich eher im mittleren bis gehobe-

nen Verbrauchsbereich. Gebäude mit Wärmedämmung aus den 1980er Jahren bzw. Errichtung in diesen Jahren, zeigen ein breites Spektrum an Wärmeverbrauchswerten. Der ausschlaggebende Faktor bei den Gebäuden im oberen Verbrauchsbereich ist nicht die Gebäudehülle, sondern der technische Installationsgrad. Deswegen schneiden hier die ungedämmten Gebäude (grün) auch nicht sichtbar schlechter ab als die der anderen Kategorien.

Die Darstellung der Gebäude differenziert nach spez. Verbrauch im Bezug zur Gesamtfläche (Abbildung 4) zeigt, dass kleinere Gebäude tendenziell einen höheren spezifischen Verbrauch aufweisen. Diese Gebäude befinden sich überwiegend im Lahntal. Die großen Gebäude mit über 25.000 m² NRF liegen auf den Lahnbergen. Bei diesen Gebäuden würde man aufgrund der Größe und dem damit verbundenen A/V-Verhältnis eher geringere spez. Verbrauchswerte erwarten. Aber auch bei den mittelgroßen Gebäuden mit Standort Lahnberge zeigt sich ein höherer Verbrauch, als bei vergleichbaren Gebäuden im Lahntal.

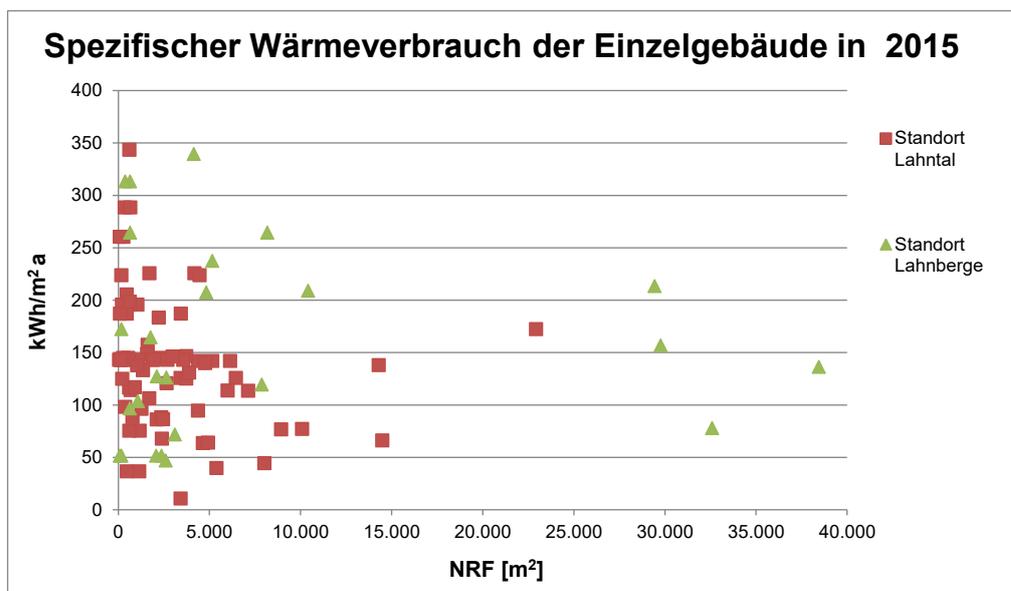


Abbildung 4: Witterungsbereinigter spez. Wärmeverbrauch bezogen auf Nettoraumfläche (Endenergie in 2015) und Standort

Der Grad der Technisierung der Gebäude hat einen deutlichen Einfluss auf die Ergebnisse. In Abbildung 5 ist gut erkennbar, dass der Grad der Technisierung im Mittel den spezifischen Wärmeverbrauch eines Gebäudes erhöht (auch wenn eine höhere Technisierung tendenziell eher in neueren Gebäuden zu erwarten ist).

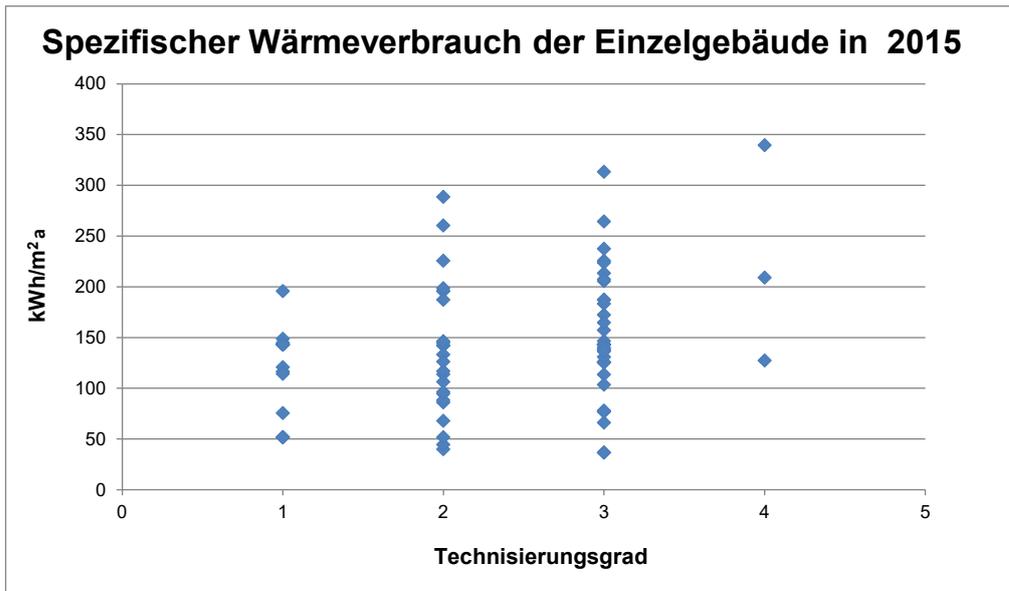


Abbildung 5: Witterungsbereinigter spez. Wärmeverbrauch bezogen auf (Endenergie in 2015) den Grad der Technisierung

3.1.2 Spezifischer Stromverbrauch

In Abbildung 6 ist der spezifische Stromverbrauch differenziert nach dem Baujahr der Gebäude dargestellt. Zu erkennen ist, dass sich die Verbrauchswerte der Gebäude aus der Zeit vor 1800 durchweg in einem sehr niedrigen Verbrauchsbereich unterhalb ca. 50 kWh/m²a befinden. Ab dem Jahr 1970 variieren die Verbräuche überwiegend zwischen ca. 50 - 350 kWh/m²a, während sie in den Jahren davor die 140 kWh/m²a nicht überschreiten.

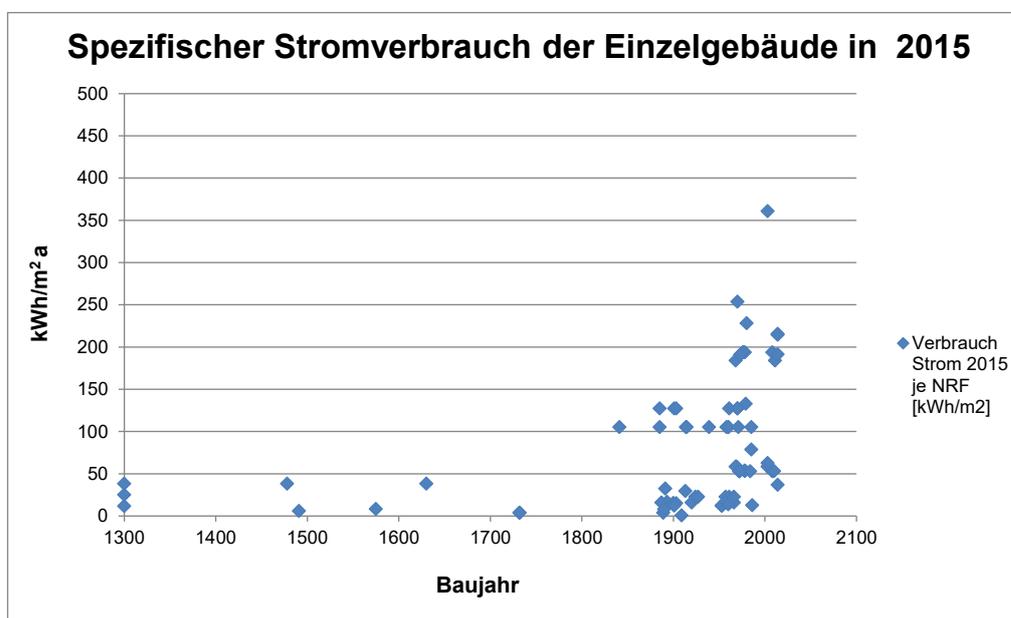


Abbildung 6: Spez. Stromverbrauch (Endenergie in 2015) bezogen auf die Baujahre der Gebäude

Eine standortabhängige Differenzierung des spezifischen Stromverbrauchs ist in Abbildung 7 erkennbar. Die höchsten spezifischen Verbräuche verzeichnen Gebäude auf den Lahnbergen. Ein Zusammenhang zwischen Gebäudegröße und spezifischem Verbrauch ist hier nicht erkennbar.

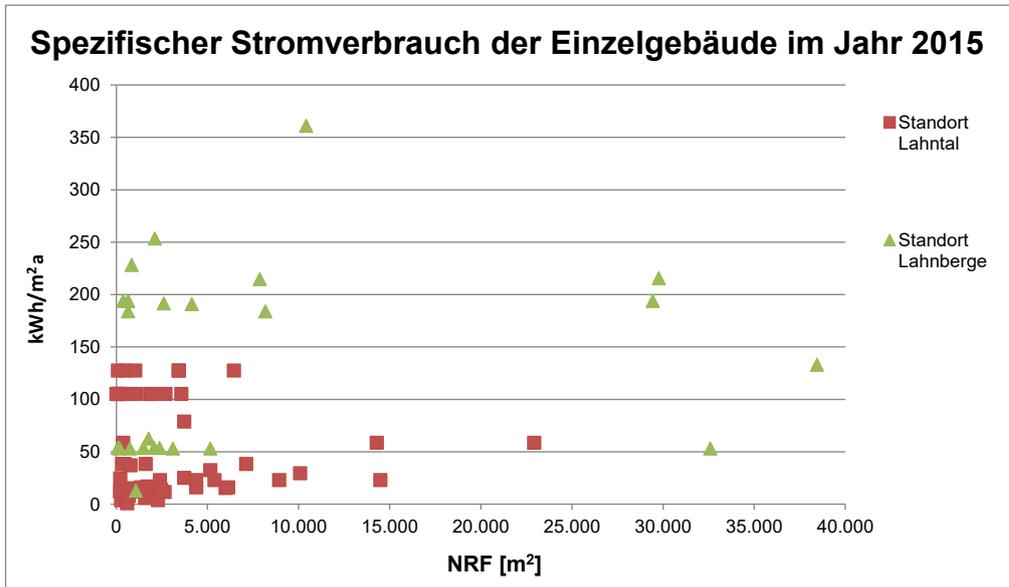


Abbildung 7: Stromverbrauch (Endenergie in 2015) bezogen auf Nettoraumfläche und Standort

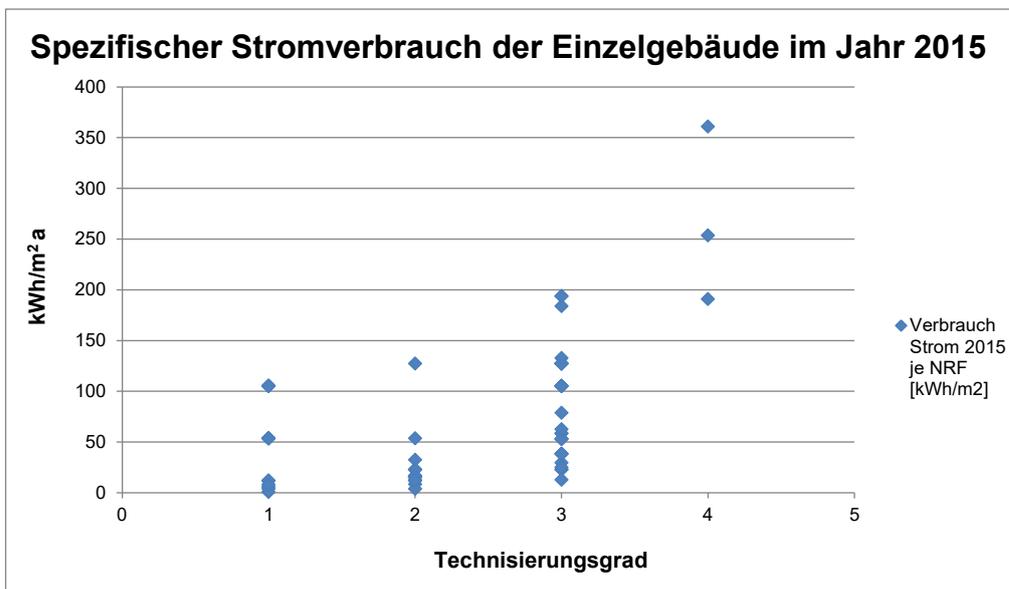


Abbildung 8: Stromverbrauch (Endenergie in 2015) bezogen auf Nettoraumfläche und dem Grad der Technisierung

Der Einfluss des Technisierungsgrads auf den Stromverbrauch wird in Abbildung 8 noch deutlicher, als dessen Einfluss auf den Wärmeverbrauch.

3.2 Gebäude und Flächen nach Nutzungen / Nutzern

Die gesamte Nutzungsfläche² in den Gebäuden der Philipps-Universität Marburg betrug 2016 etwa 454.900 m²³. Dies beinhaltet neben den Flächen für Lehre und Forschung auch Räume für Bürotätigkeiten, Aufenthalt (NUF 1 – 6) und auch Flächen für „sonstige Nutzungen“ wie Abstellräume, technische Anlagen und Sanitärräume (NUF 7). Die gesamte bewirtschaftete Hauptnutzungsfläche (NUF 1-6) betrug 2016 ca. 251.500 m² und damit ca. 55% der gesamten Nutzungsfläche (NRF).

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung der Nutzungsflächen auf die 10 größten Flächennutzer an der Philipps-Universität Marburg.

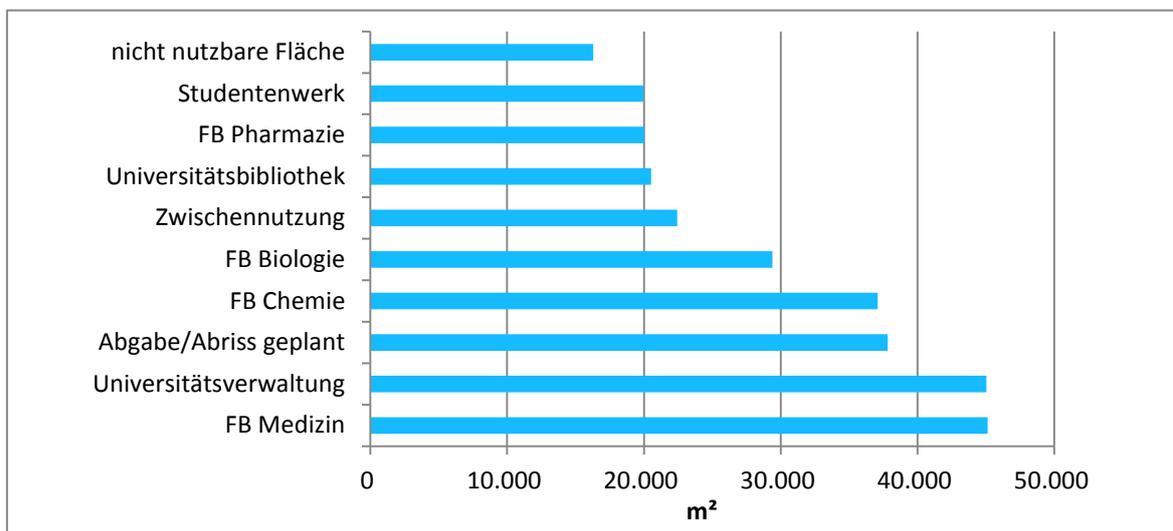


Abbildung 9 Die 10 größten Flächennutzer

Am meisten Fläche wird dabei durch den Fachbereich Medizin und die Universitätsverwaltung mit je 45.000 m² beansprucht (Abbildung 9). Hierbei ist anzumerken, dass alle Flächen, die nicht einem einzigen Fachbereich oder zur Verfügung stehen (z.B. allgemeine Hörsäle, Aufenthaltsbereiche etc.), ebenfalls der Universitätsverwaltung zugerechnet werden. Der originäre Flächenbedarf der Verwaltung ist deutlich geringer.

Weitere große Nutzer sind die Fachbereiche Chemie (37.000 m²) und Biologie (29.000 m²). Im Zuge der Entwicklung an den Standorten Lahntal und Lahnberge findet derzeit eine strukturelle Neuausrichtung der Gebäudenutzungen statt. Gebäude, deren Status als „Abgabe/Abriss geplant“ oder als „Zwischennutzung“ gekennzeichnet sind, werden temporär

² NRF gemäß DIN 277-1, Ausgabe Januar 2016

³ Dezernat IV Universität Marburg

noch belegt, können aber keiner Einrichtung oder einem Fachbereich zugeordnet werden. Die „nicht nutzbare Fläche“ hingegen steht aufgrund von Bau- oder Umbaumaßnahmen oder Arbeitsschutzgründen dem Universitätsbetrieb nicht zur Verfügung.

Aus Abbildung 10 wird deutlich, dass der spezifische Flächenbedarf ($m^2/\text{Studierende}$) in den technischen Fachbereichen deutlich größer ist, als in den geisteswissenschaftlichen Fachbereichen. Dies ist insbesondere durch Labore, Versuchsanlagen und die für die Tierhaltung erforderlichen Flächen begründet. Der Fachbereich Chemie hat mit $40 m^2/\text{Stud.}$. Den größten spezifischen Flächenbedarf, wohingegen der flächenmäßig größte Fachbereich Medizin mit $13 m^2/\text{Stud.}$ einen deutlich geringeren spezifischen Flächenbedarf aufweist. Geistes- und kulturwissenschaftliche Fachbereiche haben demgegenüber mit ca. 2 bis $5 m^2/\text{Stud.}$ einen deutlich kleineren spezifischen Flächenbedarf.

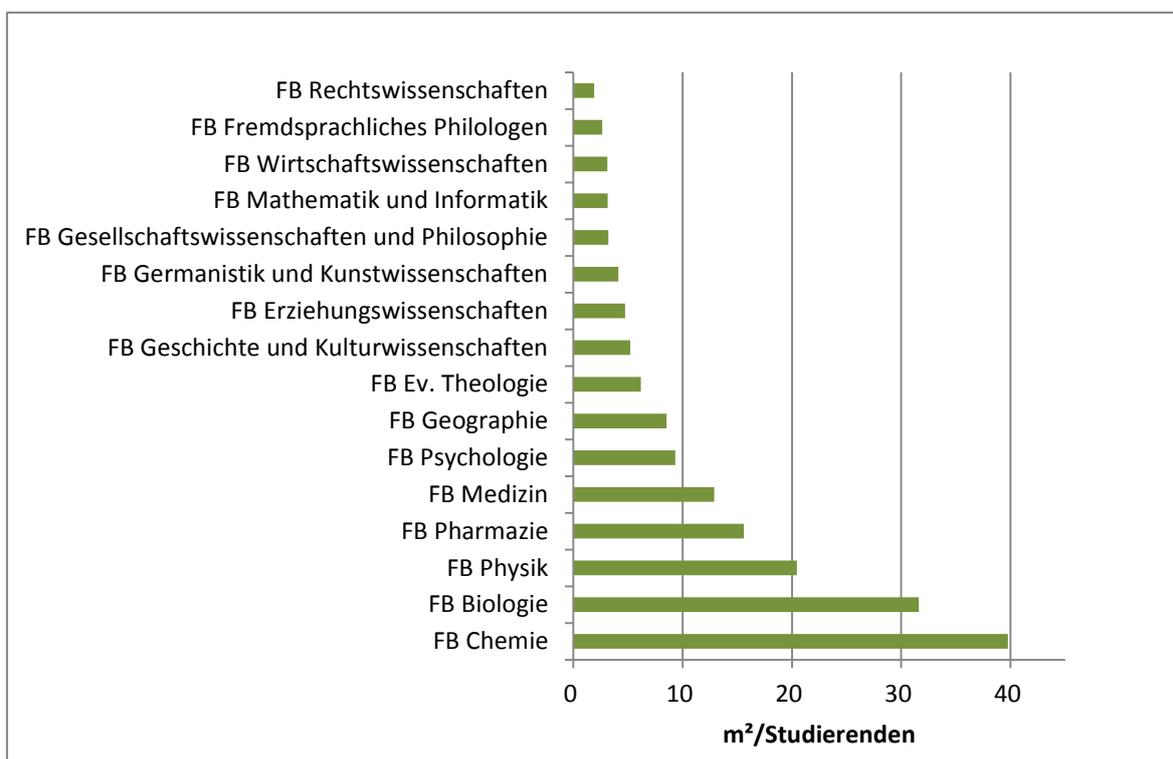


Abbildung 10 spezifische Fläche je Studierenden nach Fachbereich

4 Energie- und CO₂-Bilanz

Im Rahmen des Projektes „CO₂ neutrale Landesverwaltung“ werden seit 2008 jährlich die Energie und CO₂-Bilanzen der hessischen Hochschulen durch das HIS-Institut für Hochschulentwicklung erarbeitet.

Dazu werden von der Philipps-Universität Marburg unter anderem folgende Daten für die Berichtserstellung erhoben bzw. ermittelt:

- Grundflächen der Universitätsliegenschaften nach DIN 277-1
- fremdbezogene Energieträger
- Energienutzung⁴
- Kraftstoffverbrauch des Fuhrparks
- CO₂-Emissionen

Die bereitgestellten Daten unterliegen dabei keiner Witterungsbereinigung. Bei der Bilanzierung werden die Bereiche Energie und Fuhrpark inklusive der Vorketten betrachtet. Trotz der durchgehenden Bezeichnung CO₂ werden alle Treibhausgase als CO₂-Äquivalente erfasst. Dienstreisen werden in der Gesamt-CO₂-Bilanz für das Land Hessen berücksichtigt. Die Energieverbräuche und CO₂-Emissionen, die durch die „Arbeitsplatz-Mobilität“ der Beschäftigten und Studierenden entstehen, werden in den Bilanzen, aufgrund des bei der Bilanz angewendeten „Werkstorprinzips“, nicht erfasst.

Neben den direkt vor Ort freigesetzten Emissionen werden auch die Emissionen berücksichtigt, die bei Energieumwandlungen bei Dritten (Strom, Wärme) entstehen. Indirekte Emissionen, beispielsweise durch Wasser- und Papierverbrauch oder Abfalldponierung, werden aufgrund des hohen Erfassungsaufwandes nicht berücksichtigt. Die detaillierte Methodik kann in der Verfahrensbeschreibung der Bilanz für die CO₂ neutrale Landesverwaltung eingesehen werden (HIS HE 2018).

⁴ Unter dem Begriff Energienutzung (bzw. „genutzte Energie“) wird laut HIS HE 2018 im Wesentlichen Endenergie in Form von Strom und Wärme, bzw. Kälte, verstanden.

Absolutwerte: fremdbezogene und genutzte Energie sowie CO₂-Emissionen

In Abbildung 11 ist der Verlauf des nicht witterungsbereinigten Energieverbrauchs (Fremdbezogene Energie) der Philipps-Universität Marburg im Zeitraum von 2008 bis 2016 nach Energieträgern dargestellt. Von 2008 bis 2010 blieb der Energieverbrauch bei rund 160.000 MWh konstant und sank im folgenden Jahr auf 116.000 MWh ab. Bis 2013 stieg der Energiekonsum wieder auf 147.000 MWh und pendelte sich in der Folge auf 134.000 MWh (2016) ein. Gegenüber 2008 hat im Jahr 2016 der Einsatz fremdbezogener Energie von 162.000 MWh auf 134.000 MWh, also um 17 %, abgenommen. Witterungs-bereinigt hat sich der Trend zur Abnahme der Verbräuche auch 2016 fortgesetzt.

Der Energieträger Strom weist im betrachteten Zeitraum einen geringen Anstieg um etwa 13 % auf 44.000 MWh/a auf. Der Fremd-Bezug von Fernwärme ist über die Jahre verhältnismäßig konstant (ca. 26.000 MWh/a). Demgegenüber sind die Mengen von Heizöl und Erdgas (überwiegend für die Wärmeversorgung Lahnberge über ein eigenes Heizwerk) deutlich stärker schwankend und mit der Umstellung des Heizwerks von Heizöl auf Erdgas sank die Heizölmenge von 89.000 MWh/a im Jahr 2010 auf marginale 2 MWh/a in 2016. Entsprechend stieg die Menge des bezogenen Erdgases von ca. 6,5 MWh/a (2010) auf ca. 63.000 MWh/a (2016).

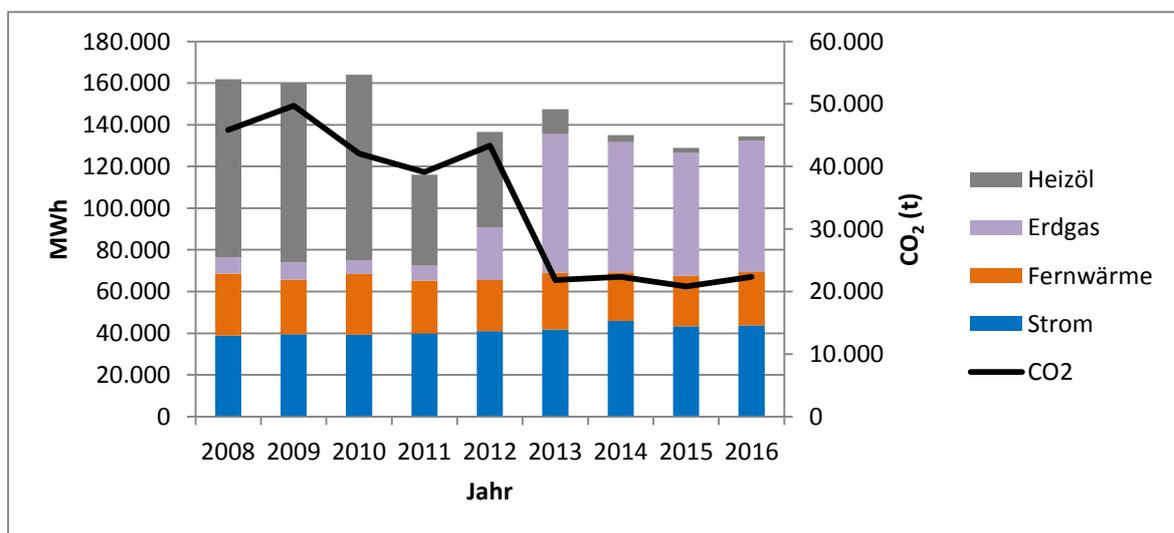


Abbildung 11 Entwicklung des Energieverbrauchs nach Energieträgern und CO₂-Emissionen (2008 – 2016)

Quelle: HIS HE 2018, eigene Darstellung IU

Eine detaillierte Beschreibung der Energieversorgungsstruktur im Lahntal und auf den Lahnbergen wird in Kapitel 5.36 vorgenommen.

Bei der Betrachtung der Entwicklung der jeweiligen Energienutzung wird ersichtlich, dass der nicht witterungsbereinigte Wärmeverbrauch über die Jahre großen Schwankungen unterliegt (Abbildung 12). Im Trend zeigt sich jedoch ein Anstieg seit dem Jahr 2011, analog zum Anstieg der Studierendenzahlen und der Nutzungsflächen (siehe Kapitel 2.1). Eine leichte Erhöhung verzeichnet auch der Stromverbrauch von 39.000 MWh in 2008 auf 44.000 MWh in 2016. Eine weitere Ursache für den Anstieg des Stromverbrauchs liegt in der fortschreitenden Technisierung und zunehmend größerer elektrischer Anlagenleistung sowie steigender Anzahl von Neugeräten. Dadurch werden Effizienzgewinne überkompensiert.

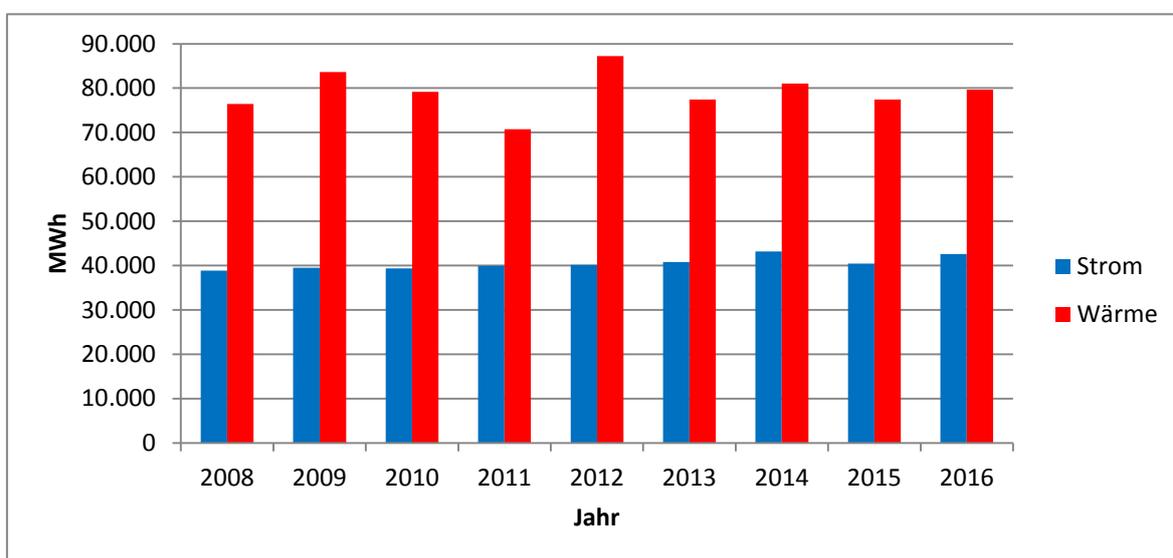


Abbildung 12 Entwicklung des Energieverbrauchs (2008 – 2016)

Quelle: HIS HE 2018, eigene Darstellung IU

Spezifische Werte: fremdbezogene und genutzte Energie sowie CO₂-Emissionen

Im Gegensatz zu den absoluten Verbräuchen in Abbildung 12 zeigen die spezifischen Energieverbräuche, die auf die Nettogrundfläche⁵ bezogen sind, dass die Nutzenergien im Verhältnis sogar geringer werden (Abbildung 13). So reduziert sich der spezifische Stromverbrauch um 7% von 101 kWh/m²a (2008) auf 94 kWh/m²a (2016). Auch der spezifische Wärmeverbrauch verringerte sich im selben Zeitraum um 12,5% von 200 kWh/m²a (2008) auf 175 kWh/m²a (2016).

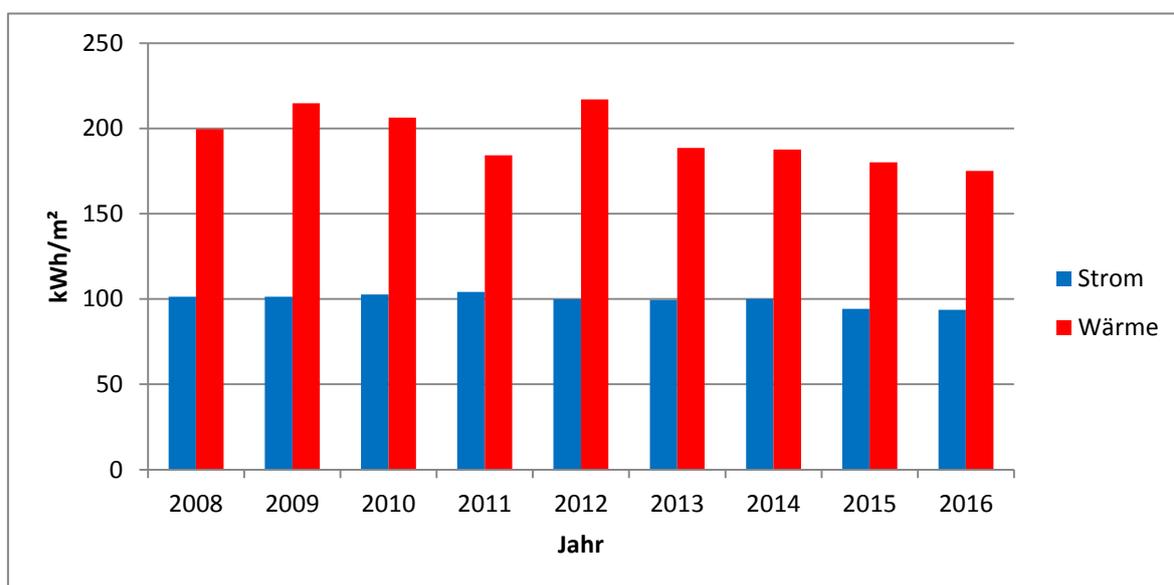


Abbildung 13 Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs (2008 – 2016, bezogen auf die Nettogrundfläche)

Quelle: HIS HE 2018, eigene Darstellung IU

⁵ s. Fußnote 1 zur Verwendung der Begriffe

Kraftstoffverbrauch des Universitätsfuhrparks

Der Kraftstoffverbrauch des Universitätsfuhrparks wurde ebenfalls für die CO₂-Bilanz der hessischen Hochschulen erfasst (HIS HE 2018). Im Zeitraum zwischen 2008 und 2016 unterlag der Kraftstoffverbrauch jährlichen Schwankungen um einen Mittelwert von 54.000 Litern. Dabei wurde vor allem Diesel mit durchschnittlich 40.000 Litern getankt (Abbildung 14). Der Benzinverbrauch hat in diesem Zeitraum kontinuierlich abgenommen. Wurden 2008 noch 15.000 Liter getankt, sank der Verbrauch 2016 auf 10.000 Liter. Eine umgekehrte Entwicklung haben die emissionsärmeren sonstigen Kraftstoffe genommen, welche von der HIS vereinfacht als Erdgas angenommen wurden. Deren Einsatz stieg ab 2012 bis zum Jahr 2016 auf über 6.000 Liter an.

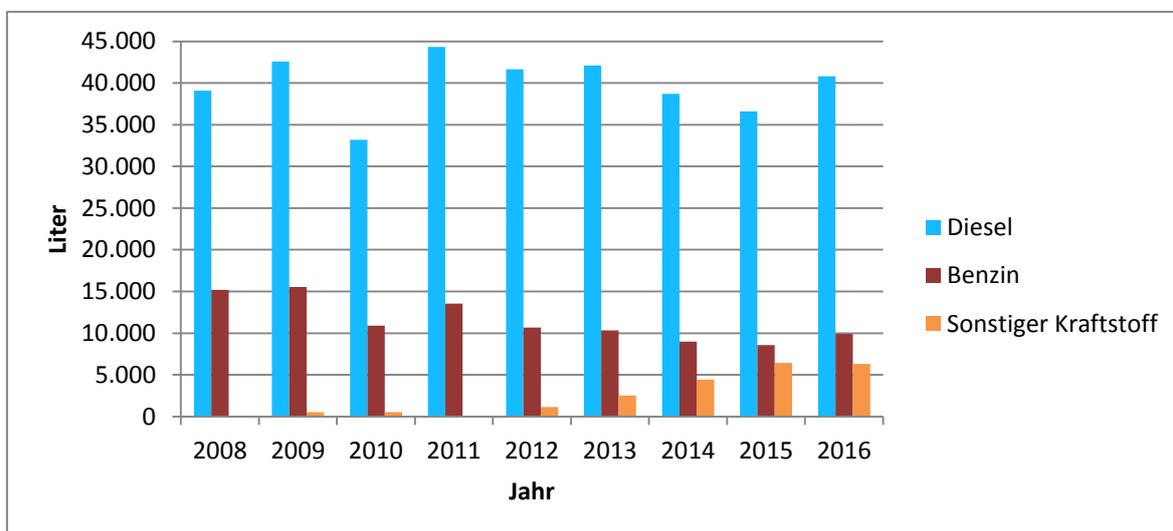


Abbildung 14 Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs (2008 – 2016)

Quelle: HIS HE 2018, eigene Darstellung IU

Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen

Die bereits in Abbildung 11 dargestellte Entwicklung der absoluten CO₂-Emissionen der Philipps-Universität Marburg zeigt eine deutliche Verminderung der Emissionen zwischen den Jahren 2008 und 2016. In diesem Zeitraum verringerte sich die Menge an CO₂ von 46.000 Tonnen auf etwa 22.000 Tonnen.

Auffällig ist dabei vor allem der erhebliche Rückgang zwischen 2012 und 2013, wo sich die Menge an emittiertem CO₂ mehr als halbierte. Dies ist vor allem auf die für 2013 durchgeführte CO₂-Kompensation für den Strombezug am Standort Lahnberge zurückzuführen.

führen. Ab 2014 wird auch dort Ökostrom bezogen, dessen Emissionsfaktor fast das 15fache unter dem von konventionell bezogenem Strom liegt⁶.

Die schrittweise Umstellung des Brennstoffes Heizöl auf Erdgas hat demgegenüber nur zu einer vergleichsweise geringfügigen Abnahme der emittierten CO₂-Menge geführt, da im gleichen Zeitraum der Brennstoffverbrauch (überwiegend zur Wärmeerzeugung im Heizwerk) zugenommen hat.

Durch die Senkung der absoluten CO₂-Emissionen reduzierten sich auch die spezifischen CO₂-Emissionen bei stetigem Ausbau der Nettogrundfläche und kontinuierlichem Wachstum der Studierendenzahlen. In Abbildung 15 wird ersichtlich, dass im Jahr 2009 noch 128 kg CO₂ je m² und 2.000 kg CO₂ je Person ausgestoßen wurden. Diese Werte verringerten sich bis 2016 auf 50 kg CO₂ je m² und 770 kg CO₂ je Person.

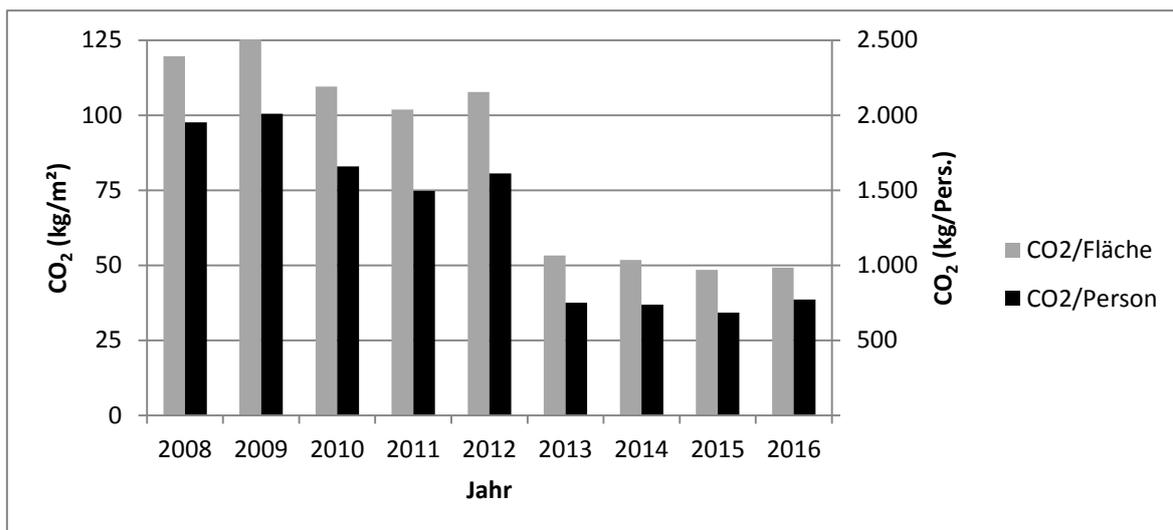


Abbildung 15 Spezifische CO₂-Emissionen nach Fläche und Personen (2008 – 2016)

Quelle: HIS HE 2018, eigene Darstellung IU

⁶ Hinweis: Mit dem Ansatz eines geringen Emissionsfaktors für „Ökostrom“ weicht die Methodik des Landes Hessen von der üblicherweise in Klimaschutzkonzepten angewendeten Methodik (Ansatz Deutschland-Mix) ab.

5 Strukturanalyse Energieverbrauch

5.1 Übersicht: räumliche Verteilung und Anteile Strom/Wärme

Das Energiemanagement der Philipps-Universität trägt die jährlich an den Strom- und Wärmezählern gemessenen Verbrauchswerte der Gebäude zusammen. Insgesamt beträgt der gemessene Wärmeverbrauch im Abrechnungsjahr 2016 etwa 63.000 MWh. Davon wurde in den Gebäuden auf den Lahnbergen mit 34.000 MWh etwas mehr Wärme als im Lahntal 29.000 MWh verbraucht (Abbildung 16). Im Wärmeverbrauch auf den Lahnbergen ist auch der Anteil der Wärme für Kälteerzeugung mit abgebildet. 2016 wurden hierfür ca. 5.000 MWh Fernwärme (aus eigener Erzeugung) eingesetzt.

Einen deutlichen Unterschied zwischen den Standorten ergibt sich beim Stromverbrauch, der auf den Lahnbergen mit 29.000 MWh deutlich über dem Stromverbrauch im Lahntal mit 11.000 MWh liegt. Dies ist vor allem auf die in Kapitel 3.1 erläuterten unterschiedlichen Technisierungsgrade und Gebäudenutzungen zurückzuführen. So prägen auf den Lahnbergen besonders die technisch hochinstallierten Forschungseinrichtungen und Tierhaltungen den höheren Energieverbrauch, wohingegen die geisteswissenschaftlich genutzten Gebäude im Lahntal weniger Strom benötigen.

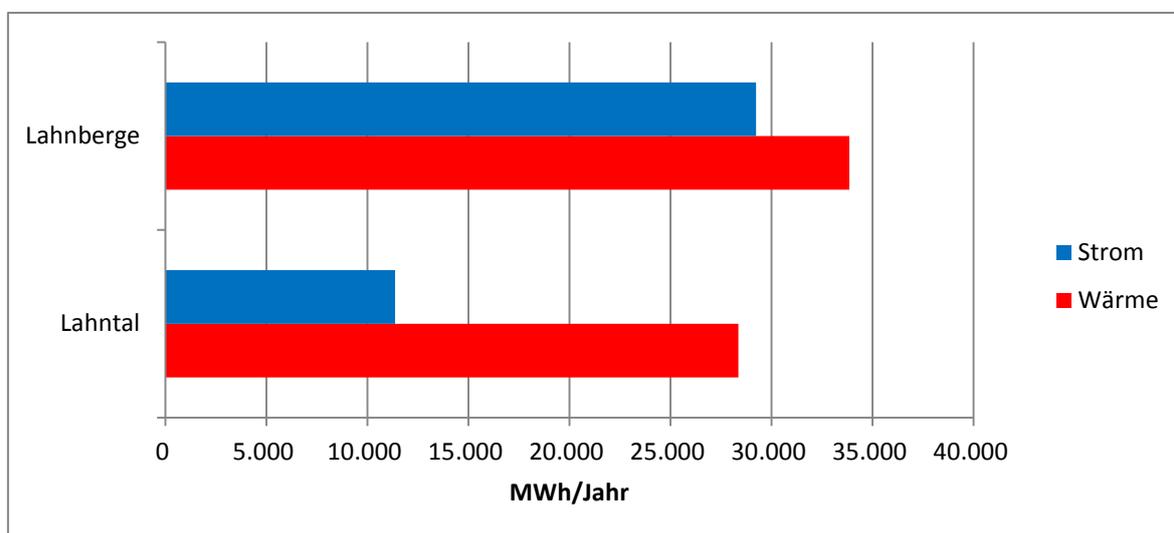


Abbildung 16 Wärme- und Stromverbrauch je Standort

Der höhere Energieverbrauch in den hochtechnisierten Gebäuden auf den Lahnbergen wird zudem durch die geringere Nutzungsfläche (1-7) von 207.000 m² im Vergleich zu den 246.000 m² im Lahntal unterstrichen. So ergeben sich die im Folgenden abgebildeten spezifischen Kennwerte.

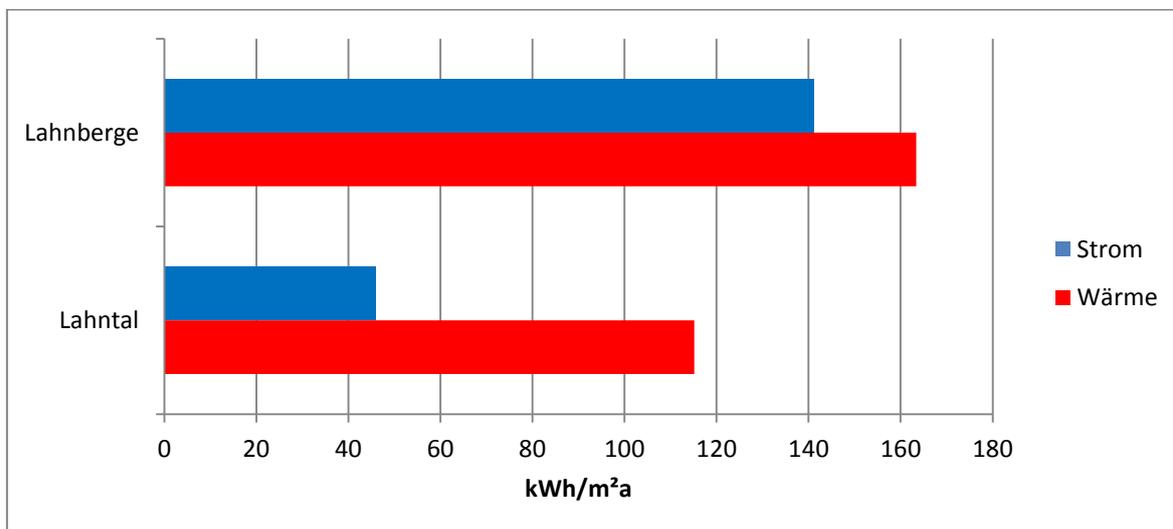


Abbildung 17 Spezifischer Strom- und Wärmeverbrauch je Fläche und Standort

Der auf die Nutzungsfläche bezogene spez. Stromverbrauch auf den Lahnbergen ist mit 141 kWh/m²a um mehr als 300 % größer als im Lahntal mit 46 kWh/m² (Abbildung 17). Auch der spezifische Wärmeverbrauch auf den Lahnbergen liegt mit 163 kWh/m²a deutlich über dem im Lahntal 115 kWh/m².

5.2 Energieverbrauchsstruktur

Bei der Analyse aller Gebäude zeigt sich, dass vier Gebäude (vertikale rote Abgrenzung) mehr als die Hälfte des gesamten Stromverbrauchs der Universität ausmachen (Abbildung 18). Dies sind die Institutsgebäude 3220, 3050 und 3060 sowie das Biomedizinische Forschungszentrum 3075, welche sich alle auf den Lahnbergen befinden. Lediglich 9 Gebäude sind für 75% des Gesamtverbrauches verantwortlich (vertikale blaue Abgrenzung). Entsprechend konzentriert sich bei der elektrischen Energie ein großer Teil des vorhandenen Einsparpotenzials auf eine relativ kleine Anzahl von Gebäuden.

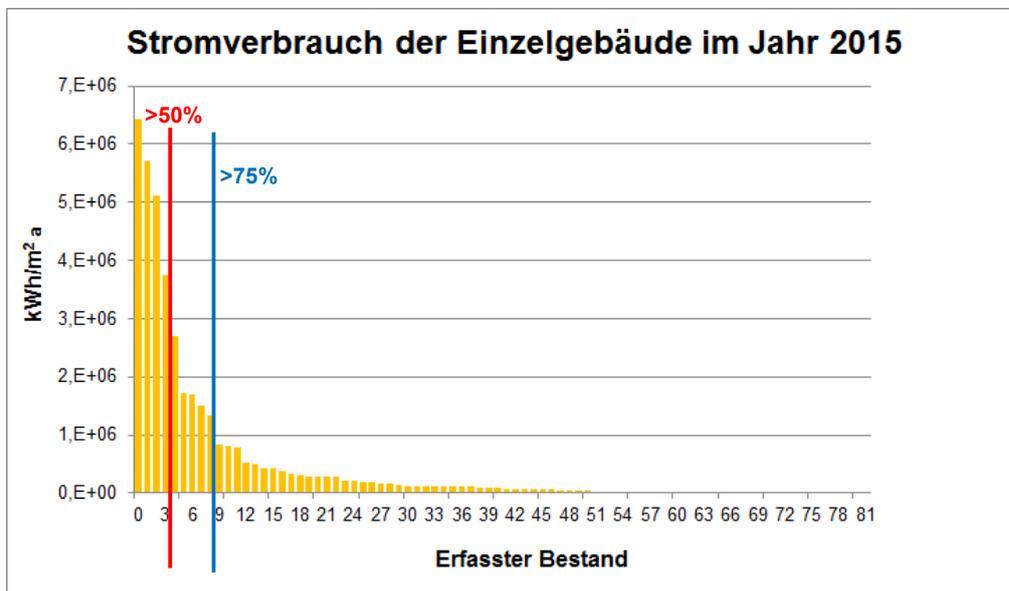


Abbildung 18: Jahres-Stromverbrauch der Gebäude, sortiert nach den absoluten Verbrauchswerten.

Eine ähnliche Verbrauchsstruktur zeigt sich auch im Wärmebereich. Die Institutsgebäude 3050, 3060 und 3220, der Altbau Chemie 3070 sowie das BSL4-Hochsicherheitslabor 3076 benötigten alleine mehr als ein Drittel der gesamten Wärmeenergie. Abbildung 19 zeigt die Verteilung des Wärmeverbrauchs (witterungsbereinigt) für das Jahr 2015. Die vertikale rote, bzw. blaue Abgrenzung zeigt, dass alleine 9 Gebäude (ca. 8,5%) für 50%, bzw. 26 Gebäude (ca. 24,5%) für 75% des Gesamtverbrauchs verantwortlich sind. Ein großer Teil des vorhandenen Einsparpotenzials konzentriert sich somit auch hier auf eine begrenzte Anzahl von Gebäuden.

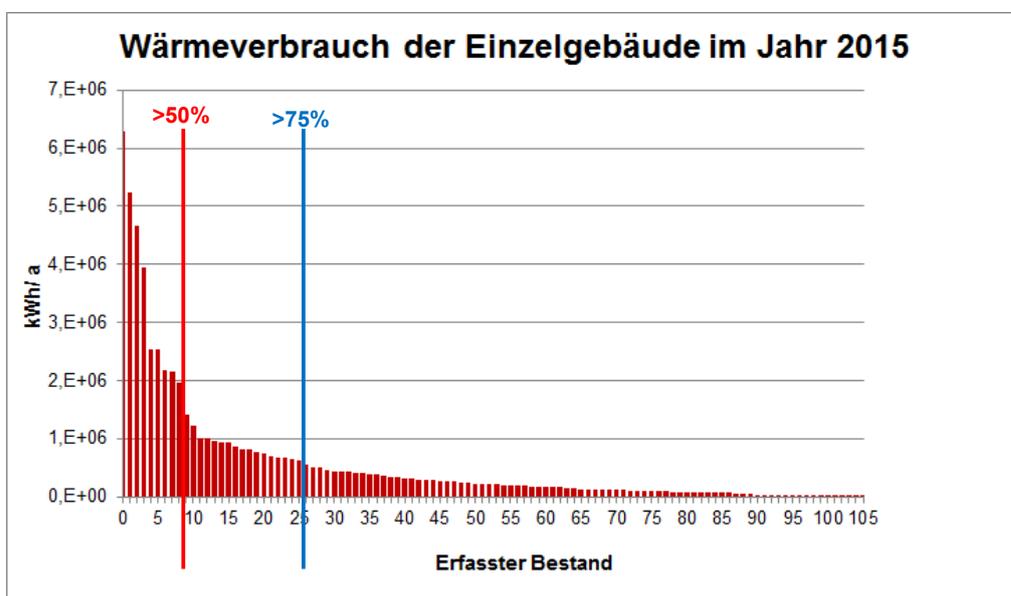


Abbildung 19: Witterungsbereinigter Wärmeverbrauch (Endenergie in 2015) der Gebäude, sortiert nach den absoluten Verbrauchswerten.

In Abbildung 20 wird für die zehn Gebäude mit dem größten Stromverbrauch der Wärmeverbrauch dargestellt. Daraus wird deutlich, dass ein hoher Stromverbrauch auch häufig mit einem hohen Wärmeverbrauch in den Gebäuden einhergeht. Zusätzlich gibt die Kreisgröße die Nutzungsfläche (1-7) im Verhältnis wieder. Ersichtlich ist, dass die Institutsgebäude 3050, 3060 und 3220 neben den höchsten Strom- und Wärmeverbräuchen auch eine verhältnismäßig große Nutzungsfläche belegen. Dies zeigt auch, dass besonders auf den Lahnbergen große und energieintensive Gebäudekomplexe errichtet wurden.

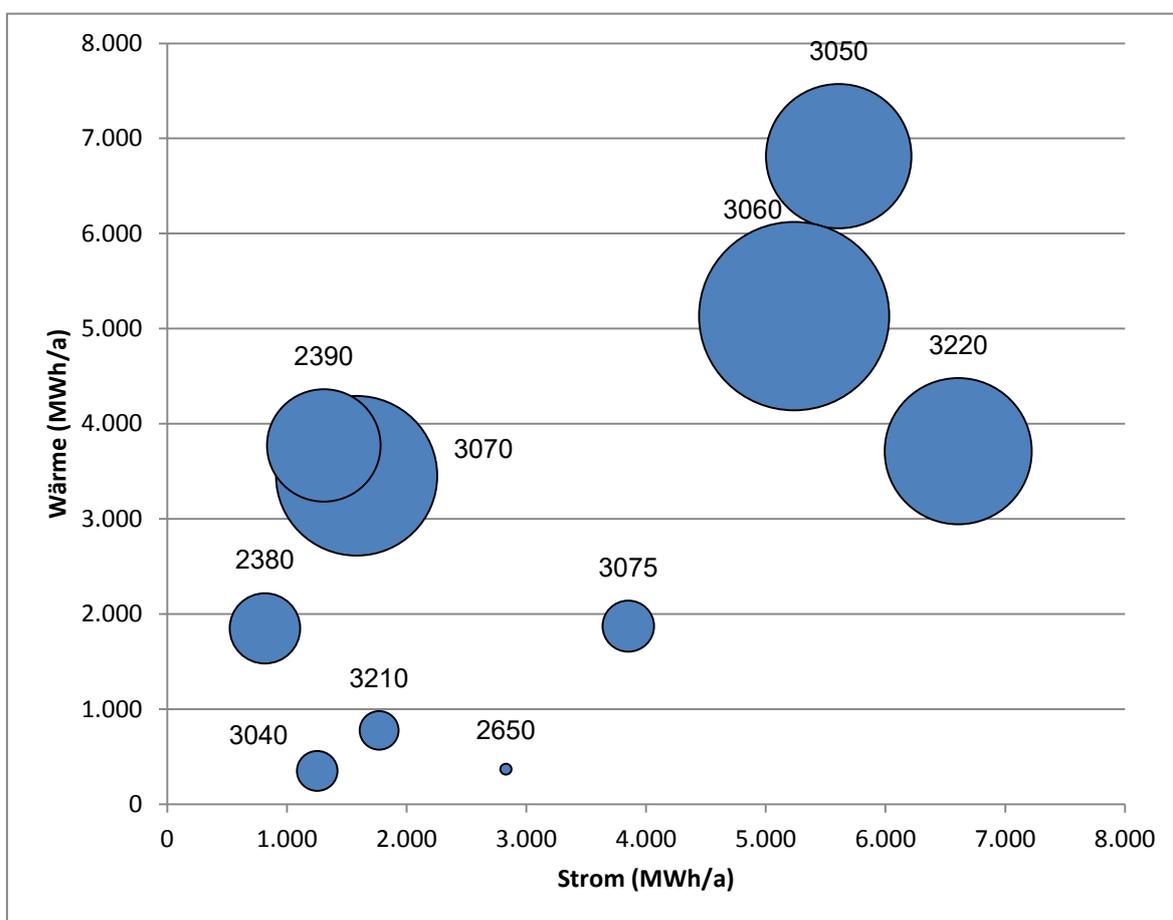


Abbildung 20: Portfolioanalyse der 10 größten Stromverbraucher (Gebäude) mit Darstellung des Wärmeverbrauchs und der Nutzungsfläche

5.3 Energieverbrauch nach Nutzern

Aktuell lässt die Zählerstruktur der Philipps-Universität Marburg noch keine durchgehende Zuordnung der Strom- und Wärmeverbräuche nach Nutzern zu. Hilfsweise wurden daher die Strom- und Wärmeverbräuche den Nutzern entsprechend ihres jeweiligen Flächenanteils (NUF 1-6 gemäß Raumbuch) zugeordnet. In Abbildung 21 sind die zehn Nutzer mit dem größten Strom und Wärmeverbrauch dargestellt. Gebäude, deren Abriss oder Abgabe geplant oder die zwischengenutzt werden, sowie die nach Raumbuch als nicht nutzbar definierten Flächen, werden hier nicht dargestellt.

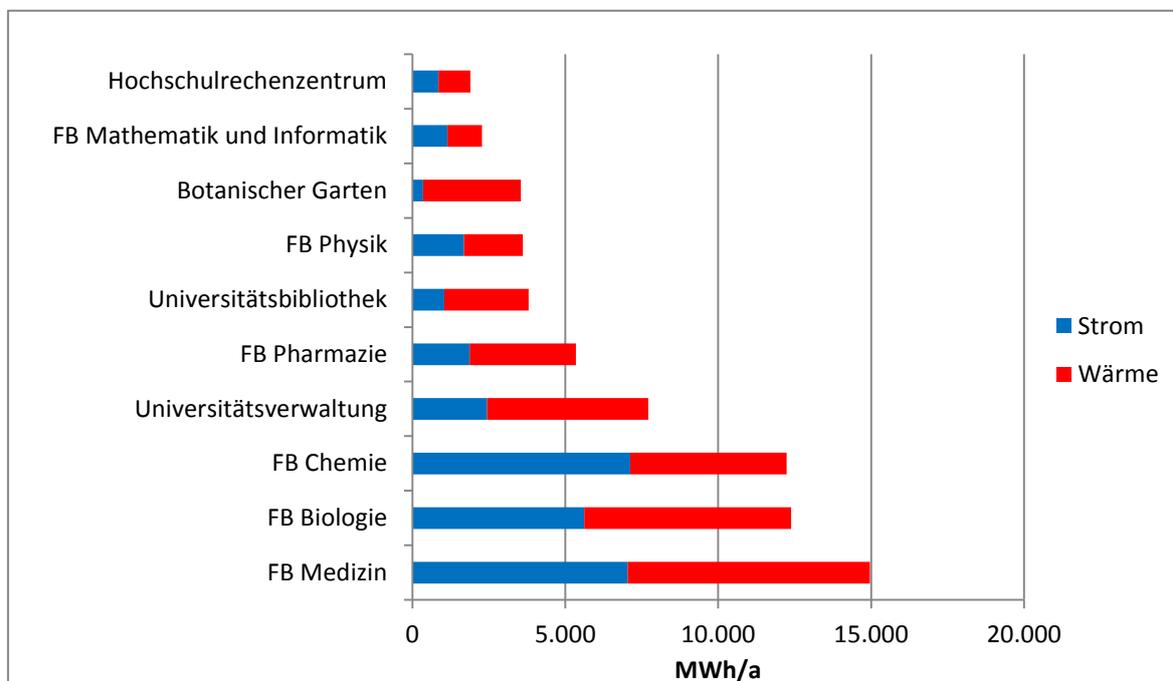


Abbildung 21 Die 10 größten Strom- und Wärmeverbraucher (Fachbereiche und Einrichtungen)

Dabei wird deutlich, dass der Fachbereich Medizin mit 7.000 MWh Strom und 8.000 MWh Wärme der größte Strom- und Wärmeverbraucher der Philipps-Universität Marburg ist. Auch die Fachbereiche Biologie und Chemie sind Großverbraucher und ebenso wie die Medizin überwiegend auf den Lahnbergen vertreten. Diese Fachbereiche haben durchgehend hochtechnisierte Gebäude im Betrieb.

Die Universitätsverwaltung mit den allgemein zugeordneten Nutzflächen stellt mit 2.400 MWh Strom und 5.300 MWh Wärme den Bereich mit dem größten Energieverbrauch außerhalb der Fachbereiche. Beim Botanischen Garten ist durch den dominierenden Gewächshausanteil der Wärmeverbrauch mit 3.200 MWh um Faktor 9 größer als der Stromverbrauch 0,3 MWh.

Neben dem absoluten Energieverbrauch ist der (flächen-)spezifische Energieverbrauch eine wichtige Größe, der in Abbildung 22 und Abbildung 23 dargestellt wird. Als Bezugsfläche dient die Nutzungsfläche (NUF 1-7) der Gebäude.

Da der Botanische Garten mit einem sehr hohen flächenspezifischen Wärmeverbrauch von über 500 kWh/m²a eine Sondersituation darstellt, wurde dieser in der Abbildung nicht dargestellt. Ebenfalls aus der Grafik ausgeklammert sind Gebäude, die ungenutzt, nicht nutzbar, zwischengenutzt oder für den Abriss/Abgabe bestimmt sind.

Ersichtlich wird, dass der Fachbereich Biologie mit einem spezifischen Wärmeverbrauch von 230 kWh/m²a die wärmeintensivste Einrichtung an der Philipps-Universität ist. Als Ursache für den hohen Wärmeverbrauch sind zum einen die Tierhaltung und zum anderen die nicht vorhandene Wärmerückgewinnung im Lüftungssystem zu nennen. Die Fachbereiche Medizin und Pharmazie bewegen sich mit rund 175 kWh/m²a auf einem ähnlich hohen Niveau. Der Fachbereich Medizin mit dem größten absoluten Energieverbrauch weist einen geringeren spezifischen Energieverbrauch als der Fachbereich Biologie auf. Durch das neuwertige Institutsgebäude liegt der spezifische Energieverbrauch des Fachbereichs Chemie mit 138 kWh/m²a noch unter den Werten einiger nicht-naturwissenschaftlicher Forschungszentren.

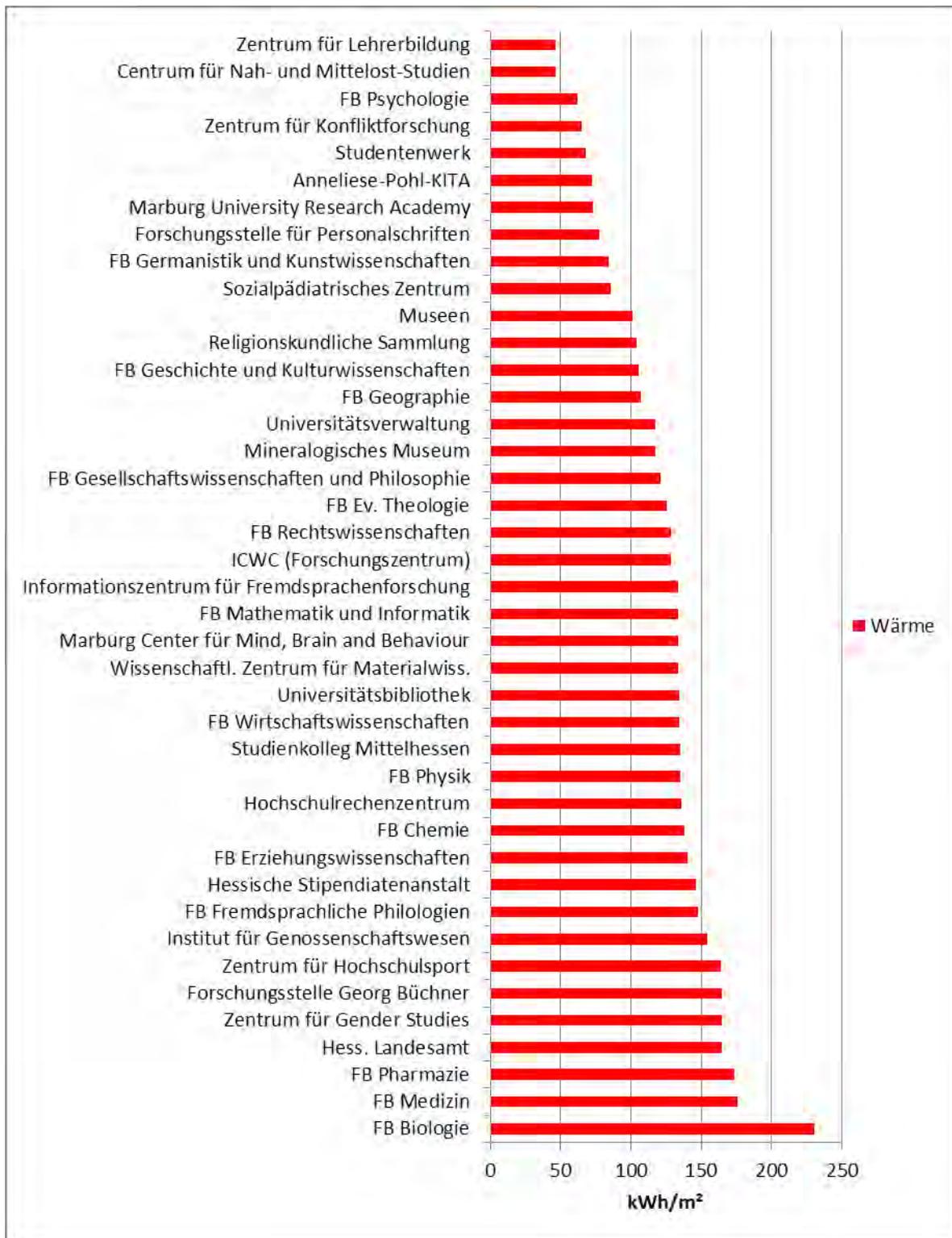


Abbildung 22 Die spezifischen Wärmeverbräuche der Fachbereiche/Einrichtungen sortiert nach Größe

Auch die Betrachtung der auf die Fläche bezogenen Stromverbräuche zeigt eine große Spannweite zwischen den Institutionen der Universität. Wie zu erwarten stehen die naturwissenschaftlichen Fachbereiche, insbesondere Chemie und Biologie (je 190 kWh/m²a) aber auch die Medizin (156 kWh/m²a) vorne an. Weitere Verbraucher mit hohen spezifischen Verbräuchen sind das Wissenschaftliche Zentrum für Materialwissenschaften, das Marburg Center für Mind, Brain and Behaviour, der Fachbereich Mathematik und Informatik sowie das Informationszentrum für Fremdsprachenforschung (je 136 kWh/m²a).

Die geisteswissenschaftlichen Fachbereiche liegen im Vergleich im unteren Bereich (<50 kWh/m²a). Nicht berücksichtigt wurden Gebäude, die ungenutzt, nicht nutzbar, zwischengenutzt oder für den Abriss/Abgabe bestimmt sind.

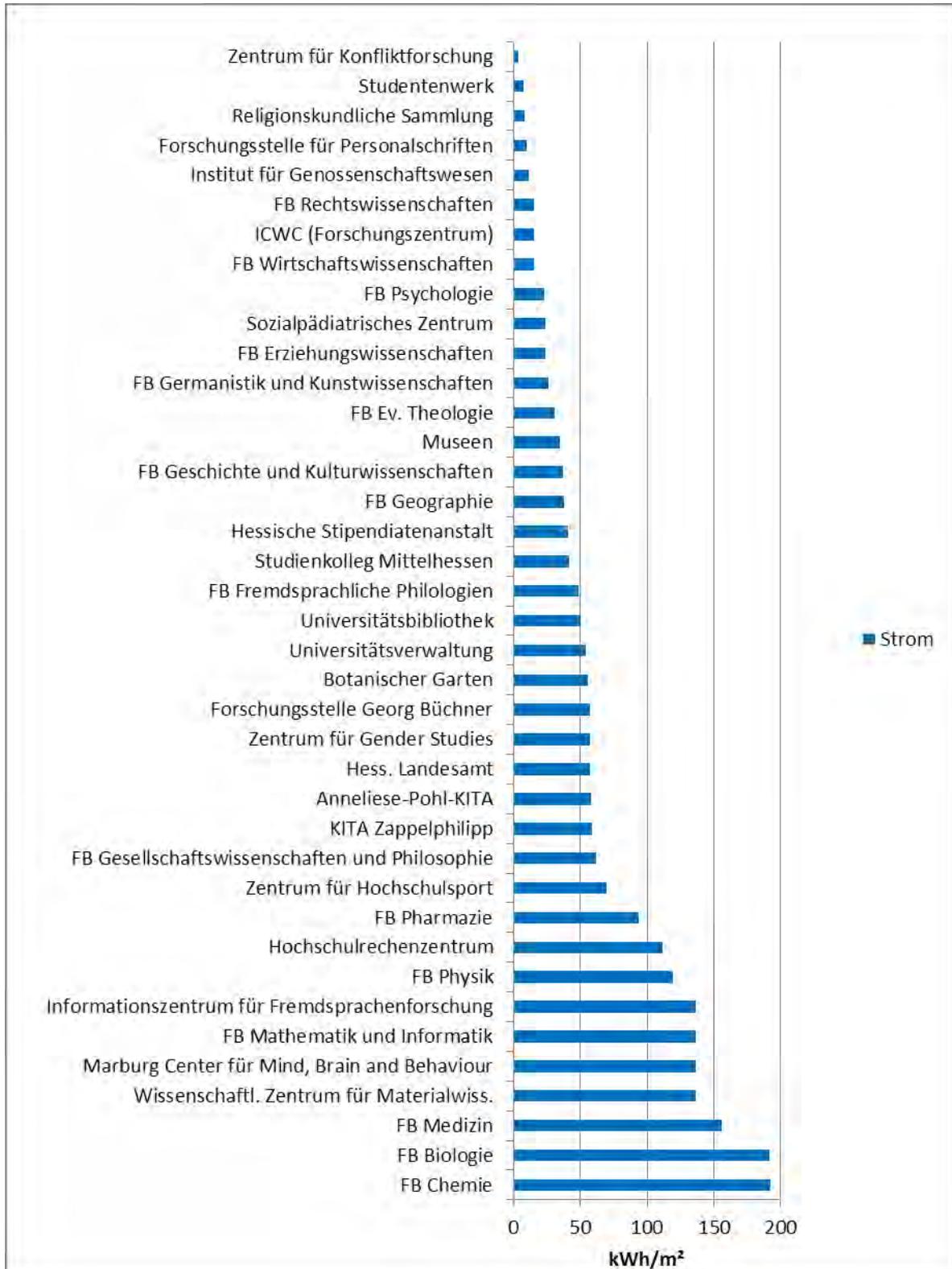


Abbildung 23: Die spezifischen Stromverbräuche der Fachbereiche/Einrichtungen sortiert nach Größe

Im Gegensatz zu dem flächenspezifischen Energieverbrauch zeigt die Darstellung in Abbildung 24 eine andere Rangfolge bzgl. des Energieverbrauchs der Fachbereiche, wenn dieser auf die Anzahl der Studierenden bezogen wird. Hiernach wird im Fachbereich Medizin für jeden Studierenden weniger Energie verbraucht als in den Fachbereichen Biologie, Chemie und Physik. Wie zu erwarten wird aber wieder deutlich, dass der Energieverbrauch je Studierenden in den naturwissenschaftlichen Fachbereichen deutlich über dem in den geisteswissenschaftlichen Fachbereichen liegt

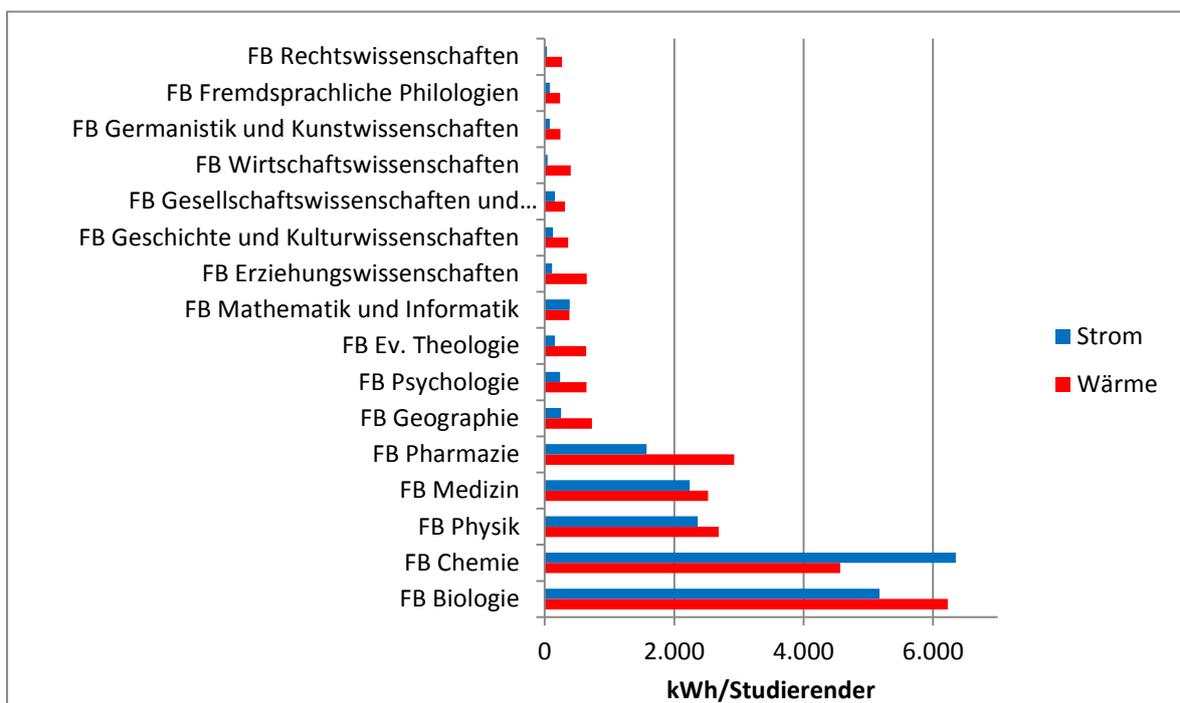


Abbildung 24 Energieverbrauch je Studierenden und Fachbereich

6 Energieversorgungsstrukturen

6.1 Energiebezug und eigene Erzeugungsanlagen

Auf Grund des gemeinsamen Versorgungsnetzes für die Liegenschaften auf den Lahnbergen werden die Gebäude der Universität über Bezugsverträge des Klinikums (UKGM GmbH) versorgt. Bis 2014 wurde hier konventioneller Strom bezogen. Ab 2014 wird der anteilige Strombedarf der Universitätsgebäude auf den Lahnbergen über den Zertifikat-handel kompensiert. Durch den Ausbau der vorhandenen Zählerstruktur wird eine bilanzielle Trennung der Stromversorgung und damit optional eine separate Strombeschaffung für die Universitätsgebäude angestrebt. Die Stromversorgung der übrigen Liegenschaften wird über zwei verschiedene Lose ausgeschrieben. Hierbei wird unterschieden zwischen kleineren Übergabestellen mit einem jährlichen Stromverbrauch kleiner 100.000 kWh und Übergabestellen mit einer registrierten Leistungsmessung und einem Verbrauch größer 100.000 kWh. Insgesamt betrug 2016 der Strombezug der Philipps-Universität Marburg 44.000 MWh.

Auch bei der Wärmeversorgung gibt es standortabhängige Strukturunterschiede.

Im Lahntal wird neben dezentraler Wärmeerzeugung aus Erdgas Fernwärme durch die Stadtwerke Marburg bezogen. Der Erdgasverbrauch lag 2016 dort bei 6.300 MWh. Von den Stadtwerken wurden die Universitätsgebäude mit 22.600 MWh Fernwärme versorgt.

Die Gebäude auf den Lahnbergen werden ausschließlich über ein Fernwärmenetz aus einem universitätseigenen Fernheizwerk beliefert. Dieses wurde 1973 mit der Verlegung der naturwissenschaftlichen Bereiche auf die Lahnberge zu deren Wärmeversorgung in Betrieb genommen und ursprünglich mit Kohle und Heizöl, mittlerweile (2016) aber vorrangig mit Erdgas (rund 54.000 MWh) und geringen Mengen Heizöl (2.000 MWh) betrieben. Der Wirkungsgrad des gesamten Heizwerks, inklusive Eigenverbrauch und Kesselverluste, liegt bei ca. 81 %.

Für den Wärmetransport stehen ein großes (DN 300) und ein kleines (DN 250) Fernwärmenetz zur Verfügung. Alle angeschlossenen Verbraucher werden derzeit über das große Wärmenetz mit Vorlauftemperaturen von 130°C (Winter) und 115°C (Sommer) beliefert, während das kleine Wärmenetz, um die Betriebsbereitschaft zu gewährleisten, bei einer Minimaltemperatur vorgehalten wird. Die Rücklauftemperaturen betragen 90°C (W) und 75°C (S). Durch den Wärmetransport entstehen jährliche Wärmeverluste von etwa 10.000 MWh, was einem Netzverlust von ca. 20 % entspricht.

Weitere etwa 2.700 MWh Erdgas wurden dezentral in Forschungseinrichtungen zur Wärme- und Dampferzeugung eingesetzt.

6.2 Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien

6.2.1 Photovoltaik

Auf den Dächern der Philipps-Universität Marburg sind bisher drei Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtfläche von 1.418 m² installiert. Die PV-Anlage auf dem Parkdeck des Chemie Neubaus auf den Lahnbergen wurde 2016 in Betrieb genommen. Sie besteht aus 520 Modulen und acht Wechselrichtern und ist damit die zurzeit leistungsstärkste PV-Anlage auf einer hessischen Landesliegenschaft. Die PV-Anlage hat eine Leistung von 135 kWp und soll jährlich 115 MWh generieren. Im Ablesejahr 2017 wurden 117 MWh Strom erzeugt.

Die zweite PV-Anlage befindet sich auf dem neuen Gebäude des Forschungszentrums *Deutscher Sprachatlas* am Pilgrimstein 16 im Lahntal. Mit einer Leistung von 26 kWp erzeugte sie 2017 ca. 23 MWh Strom.

Die dritte Anlage mit 72 kWp Leistung ist im Frühjahr 2018 auf dem Neubau der Zentralen Universitätsbibliothek in der Deutschhausstraße 9 in Betrieb gegangen.

Zurzeit deckt die erzeugte Strommenge in Höhe von ca. 198 MWh/a lediglich 0,5% des gesamten Stromverbrauchs ab.

6.2.2 Biomasseheizwerk

In naher Zukunft wird das Heizwerk auf den Lahnbergen vorrangig mit Biomasse betrieben. Dazu wird der bestehende Komplex um eine Holzhackschnitzel-Kesselanlage mit einer Leistung von 5 MW erweitert, welche jährlich ca. 33.500 MWh Wärme-Grundlast erzeugen soll. Damit wird zukünftig der Fernwärmebedarf auf den Lahnbergen überwiegend (fast zu 80 %) über die neue Biomasse-Anlage bereitgestellt werden. Der Rest wird über Spitzenlastkessel (Erdgas) erzeugt. Die Eigen- Stromversorgung der Biomasse-Anlage wird mittels Blockheizkraftwerk (50 kW_{el}) gesichert.

Die Planungen sehen vor, dass die Fernwärme zukünftig einen Primärenergiefaktor von unter 0,6 aufweisen wird. Nach Inbetriebnahme des Biomasse-Heizwerks werden sich die CO₂-Emissionen, die der Wärmeversorgung auf den Lahnbergen zuzurechnen sind, somit deutlich verringern. Zurzeit betragen die spezifischen Emissionen (CO₂-Äquivalente) ca. 290 g je kWh erzeugter Wärme. Dieser Wert wird sich zukünftig deutlich auf ca. 82 g/kWh verringern. Legt man die Zahlen zur Wärmeerzeugung von 2016 zugrunde bedeutet dies, dass sich die CO₂-Emissionen der Philipps-Universität Marburg durch das Biomasse-Heizwerk um über 9.600 t verringern werden.

6.3 Kraft-Wärme-Kopplung

Trotz grundsätzlich günstiger Voraussetzungen (hoher Stromverbrauch, vergleichsweise hoher sommerlicher Wärmeverbrauch⁷) werden an der Philipps-Universität Marburg aktuell keine Anlagen zur effizienten, gekoppelten, Strom- und Wärmeerzeugung (KWK) betrieben. Auch kurz- und mittelfristig ist – bis auf die Stromeigenerzeugung im Heizwerk Lahnberge (s.o.) – kein Einsatz von KWK-Anlagen vorgesehen.

⁷ überwiegend zur Kälteerzeugung Netzverlustabdeckung

7 Bestandsanalyse Mobilität

Verkehr ist ein entscheidender Verursacher von Treibhausgasemissionen. Dienst- und Arbeitswege werden statistisch gesehen zu rund drei Vierteln mit dem Pkw zurückgelegt. Treibhausgasemissionen können nur verringert werden, wenn Unternehmen bzw. Institutionen, deren Beschäftigte (fast) täglich ihren Arbeitsplatz erreichen müssen, die Mobilität ihrer Beschäftigten, Kunden und weiteren Besuchern (bei einer Universität: Studierende) nachhaltig gestalten und Angebote zur Förderung klimafreundlicher Verkehrsmittel und zur Verkehrsvermeidung schaffen.

Investitionen in einen klimafreundlichen Verkehr sind gleichzeitig in den meisten Fällen auch gut für...

- Luftreinhaltung
- Lärmschutz
- Flächeneffizienz
- Verkehrssicherheit
- Gesellschaftliche Teilhabe
- Aufenthaltsqualität des öffentlichen Raums
- Bessere Erreichbarkeit einzelner Standorte
- Gesundheit des Einzelnen

Die Philipps Universität hat zwei Hauptstandorte: innerstädtisch im Lahntal und peripher auf den Lahnbergen. Auch innerhalb des Lahntals sind die Institute in der Stadt verteilt (siehe Abbildung 25). Ein nicht unwesentlicher Teil der Beschäftigten und der Studierenden wechselt zwischen den beiden Hauptstandorten, so dass zusätzliche Wege zurückgelegt werden müssen.

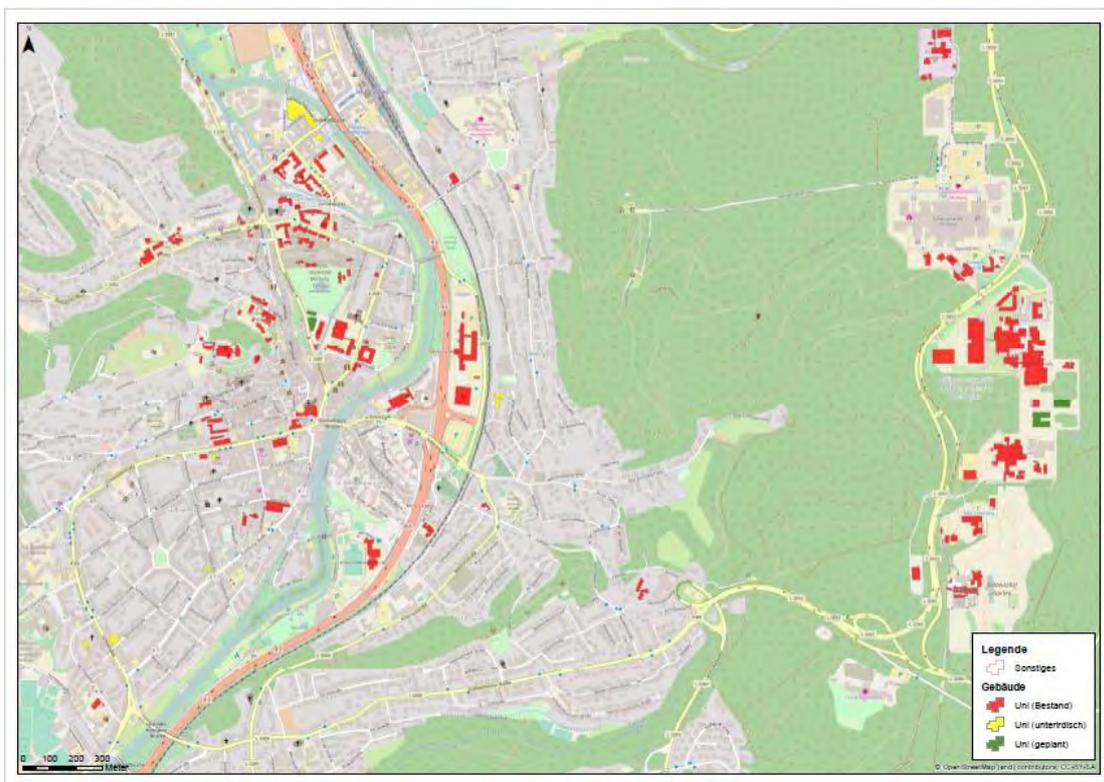


Abbildung 25: Standorte der Universität im Stadtgebiet Marburgs (Quelle: Philipps-Universität Marburg)

Zur Mobilität und Erreichbarkeit der Universität liegt bereits eine Vielzahl von aktuellen Studien vor, die von verschiedenen Akteuren erstellt wurden (Philipps Universität, Geographisches Institut, Stadt Marburg, verschiedene Verkehrsplanungsbüros)⁸.

In diesem Klimaschutzkonzept sollen daher die Ergebnisse gebündelt werden und der Fokus auf die Umsetzung von bereits in mehreren Konzepten vorgeschlagenen Maßnahmen gelegt werden.

⁸ detaillierte Quellenangaben im Literaturverzeichnis (HMUKL 2016, IGDB 2015, Mag. Marburg 2014, Mag. Marburg 2017, Mag. Marburg 2018, Uni Marburg 2011, Marburg 2014, Marburg 2016, Marburg et al. o.J.)

7.1 Mobilitätsangebot, Verkehrsinfrastruktur und Erreichbarkeit

PKW-Verkehr

Die Lahnberge sind mit dem Pkw über die L3092 von Süden und Norden gut erreichbar; der Universitätsstandort wurde autogerecht entwickelt. Die Standorte im Lahntal sind über die B3 erreichbar. Universitätseigene Parkplätze sind auf den Lahnbergen und teilweise im Lahntal vorhanden. Eine Zugangsberechtigung ist erforderlich. Im Lahntal ist es schwierig einen Parkplatz zu finden, auf den Lahnbergen ist das Angebot größer.

Fahrradverkehr

- Mit dem Fahrrad sind die Standorte auf den Lahnbergen von Marburg kommend lediglich über die L3092 (z.T. mit Schutzstreifen bei Tempo 70) oder über unbefestigte und unbeleuchtete Waldwege zu erreichen. Knapp 200 Höhenmeter sind dabei zu überwinden. Die Situation ist als gefährlich bzw. nicht allwettertauglich einzustufen. Trotz Beschluss der Stadtverordnetenversammlung für eine kurz- bis mittelfristige Verbesserung der radverkehrlichen Anbindung der Lahnberge wurde die Umsetzung nicht weiter vorangetrieben. Im Lahntal ist die Fahrraderreichbarkeit gut, teilweise wenig Platz für Fahrräder und hohe Belastungen durch Pkw-Verkehr. Die Parksituation für Fahrräder ist sehr unterschiedlich. Im Lahntal sind die Fahrradabstellanlagen jedoch tendenziell überlastet, auf den Lahnbergen wenig ausgelastet, sofern Fahrradabstellplätze vorhanden sind.
- Bei vielen Gebäuden auf den Lahnbergen sind jedoch keine Fahrradparkmöglichkeiten vorhanden, so dass hier wild geparkt wird.
- Bei älteren Gebäuden sind veraltete Fahrradabstellanlagen noch vielfach vorhanden („Felgenklemmer“ ohne sicheren Stand für das Fahrrad, ohne die Möglichkeit den Rahmen anzuschließen, ohne Überdachung). Bei Neubauten wird auf eine bessere Qualität geachtet.
- Im Lahntal ist das Fahrradverleihsystem nextbike mit vielen Stationen und Fahrrädern vertreten; Studierende können die Räder über einen erhöhten Semesterbeitrag vergünstigt bzw. kostenlos nutzen. Beschäftigte können über die normalen Konditionen ein Rad mieten. Auf den Lahnbergen existieren keine Stationen.
- Das Lahntal ist mit einer flächendeckenden Wegweisung entsprechend dem aktuellen Stand der Technik versehen; auf den Lahnbergen fehlt diese komplett.
- Die Universität ist im Besitz von mehreren Dienstpedelecs.

Öffentlicher Personennahverkehr

- Die Lahnberge sind über verschiedene Buslinien angeschlossen. Der Takt ist nicht immer eingängig und teilweise nicht ausreichend. Busse sind in den Hauptverkehrszeiten überlastet. Die Fahrzeit ist gegenüber dem Pkw unattraktiv.
- Eine Anbindung an leistungsfähigere Verkehrsinfrastruktur (schienegebundener ÖPNV oder Seilbahn) besteht trotz der dauerhaft hohen Nachfrage und den Kapazitätsengpässen.

sen nicht. Eine Diskussion in der Öffentlichkeit und der Politik wird immer wieder auf
Neue entfacht, eine Umsetzung ist aktuell jedoch nicht in Sicht.

- Im Lahntal sind die meisten Standorte mit dem Bus gut erreichbar. Auch hier stößt der ÖPNV teilweise an seine Grenzen.
- Eine Anbindung von außerhalb Marburgs ist mit der Regionalbahn und dem Regionalexpress gegeben (Frankfurt-Gießen). Hier ist die Anschlusssicherheit teilweise schlecht.
- Auf dem Gelände der Philipps-Universität auf den Lahnbergen wird die Nutzung vom ÖPNV durch eine extra Umweltspur für Busse und Fahrräder verbessert, die direkt durch den Campus führt und nicht wie bisher um den Campus herum. Baubeginn war Mai/Juni 2017, die Arbeiten sind derzeit noch nicht abgeschlossen.
- Studierende können den ÖPNV in Marburg und fast ganz Hessen mit dem sehr attraktiven Semesterticket nutzen. Seit Anfang 2018 erhalten Beschäftigte kostenlos ein Jobticket für Landesbedienstete. Aufgrund des Fahrpreises sollte es also keine Hindernisse zur ÖPNV-Nutzung geben.

Fußverkehr

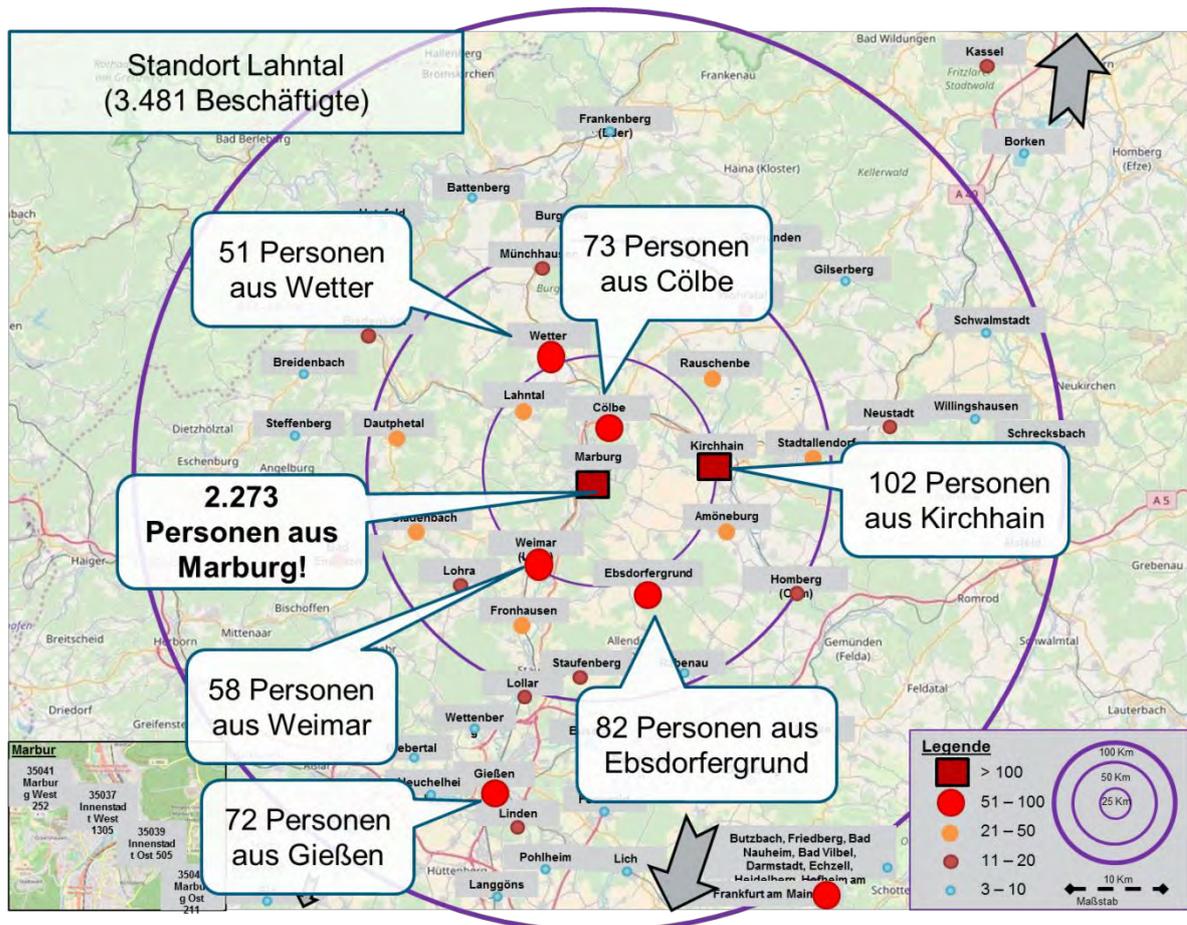
- Die Erreichbarkeit zu Fuß ist im Lahntal sehr gut bis mittelmäßig. Teilweise sind Treppen und Unterführungen zu bewältigen (z.B. zur alten Universitätsbibliothek). In einem begleitenden Fachworkshop wurde zudem die stellenweise schlechte Qualität der Gehwege bzw. die mangelhafte Wartung vor allem im Winterhalbjahr bemängelt. Eine Fußwegweisung zwischen den Instituten existiert nicht.
- Auf den Lahnbergen sind Gehwege zwar überwiegend beleuchtet, aber trotzdem stellenweise recht dunkel.

Informationen zur Anreise

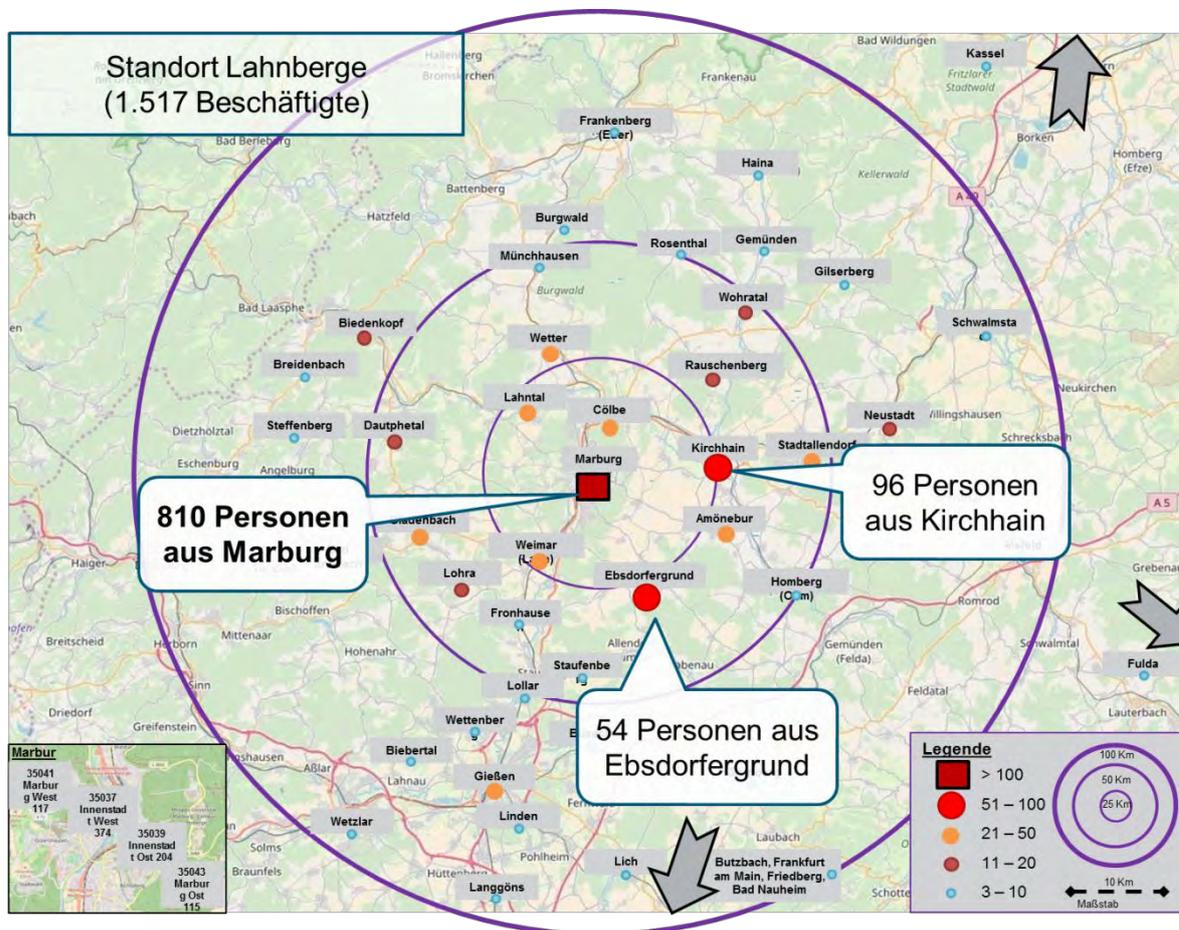
- Informationen zur Anreise sind teilweise vorhanden. Auf der Internetseite der Universität wird auf die Anreise mit Auto, Taxi, Bahn, Stadtbus und Fernbus hingewiesen. Es fehlen Hinweise auf die angespannte Parksituation gerade im Lahntal sowie auf das Fahrradverleihsystem. In der Karte ist nur die Pkw-Anreise dargestellt. Informationen zu Tarifen im ÖPNV oder auf kostenlose ÖPNV-Nutzung (durch das City-Ticker der Deutschen Bahn oder ein RMV-Ticket, das die Stadtbusnutzung einschließt) fehlen.

7.2 Wohnorte der Beschäftigten und Verkehrsmittelwahl

Ein Screening der Wohnstandorte der Beschäftigten zeigt, dass fast zwei Drittel der Beschäftigten in Marburg wohnt⁹. Von der Entfernung her wäre der Arbeitsort also gut mit dem Fahrrad (ggf. sogar zu Fuß) erreichbar; nicht zuletzt aufgrund der schlechten Erreichbarkeit der Lahnberge wird dies jedoch wenig praktiziert.



⁹ Quelle: anonymisierte Wohnstandorte aller Beschäftigten, Stand Anfang 2018



Das Verkehrsmittel der Wahl zum Campus Lahnberge ist unter den Studierenden v.a. der Bus, nur 3% nutzen das Fahrrad (Geografisches Institut 2011). Unter den Mitarbeitern nutzen immerhin 6% das Rad. Die meisten Mitarbeiter sind jedoch im Gegensatz zu den Studierenden Pkw-Selbstfahrer (63%). Dies ist darauf zurückzuführen, dass viele Mitarbeiter im Umland wohnen und dadurch auf ein Auto angewiesen sind. Während nur 15% der Studierenden den Semesterwohnstandort außerhalb der Stadt Marburg hat, sind es unter den Mitarbeitern 43% (Stand 2011). Hier könnten Maßnahmen zur Verlagerung der Pkw-Nutzung hin zu anderen Mobilitätsalternativen oder einer Kombination versch. Verkehrsmittel wie P+R von besonderem Interesse sein. Jedoch ist bereits der suburbane Raum innerhalb Marburgs fast schon ländlich.

7.3 Fuhrpark und Dienstmobilität

Ein Screening des Fuhrparks ergab, dass 3 Lkw, 18 leichte Nutzfahrzeuge / Lieferwagen u.ä. (z.B. VW-Bus) und 25 Pkw vorgehalten werden. Diese sind zu einem kleinen Teil gepoolt, so dass verschiedenen Abteilungen darauf zugreifen können. 3 Elektrofahrzeuge und 1 Hybridfahrzeug sind bestellt und werden Ende 2018 Teil des Fuhrparks sein. Der Verbrauch von rund 50.000 Liter Kraftstoff pro Jahr lässt auf eine ungefähre Jahresfahrleistung von allen Fahrzeugen von 600.000 km schließen. Dies sind auf ein einzelnes Fahrzeug umgelegt ca. 13.500 Kilometer pro Jahr, was als gering einzustufen ist und auf Einsparpotenziale schließen lässt. Bisher wird keine Analyse der Auslastung durchgeführt. Die Reservierung von Dienstfahrzeugen erfolgt im Intranet. Für die Dienstfahrzeuge existiert ein zentrales Budget; die Wartung erfolgt in der eigenen Werkstatt. Eine detailliertere Analyse des Fuhrparks war im Rahmen des Klimaschutzkonzepts nicht vorgesehen.

Dienstreisen haben vorrangig mit öffentlichen Verkehrsmitteln stattzufinden; dies gilt insbesondere seit Einführung des Jobtickets. Dienstreisen werden dezentral bearbeitet und genehmigt. Ein elektronisches Reisekostensystem wird zum 1.1.2019 eingeführt. Damit sind Auswertungen und Analysen z.B. zur Verkehrsmittelwahl möglich. Aktuell liegen keine Nutzungsdaten zum ÖPNV vor. Nutzungsdaten zu Fahrrädern (Dienstfahrräder sowie dienstlich genutzte Privatfahrräder) liegen ebenfalls nicht vor.

8 Bestandsaufnahme „Sonstiges“

Um ein umfassendes Bild über eventuell bestehende Einsparpotenziale der Universität zu erhalten wurden in den Bereichen Beschaffung und der Mensa, ergänzend zur Recherche, Interviews mit den entsprechenden Verantwortlichen geführt. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abschnitten zusammengefasst.

8.1 Beschaffung

Die Beschaffung spielt für die CO₂-Emissionen eines Unternehmens oder einer Institution indirekt eine große Rolle. Daher beschäftigt sich auch die Bundesregierung mit dem Thema der Beschaffung und organisiert Beschaffungen von Produkten und Dienstleistungen im Beschaffungsamt des Bundesministeriums des Inneren. Seit dem Jahr 2010 werden Beschaffungen unter der Berücksichtigung des Klimaschutzes durch den „buy smart“ Leitfaden getätigt (Berliner Energieagentur 2010).

Die Universität Marburg hat als öffentliche Einrichtung ebenfalls ein großes Potenzial im Bereich der Beschaffung.

Die Universität Marburg besitzt eine zentrale Stelle für Beschaffungen über 10.000 Euro sowie für die Warengruppen Büromaterialien, IT (Computer, Drucker), Möbel, Gase, Express- und Kurierdienste. Für alle anderen Beschaffungen unter 10.000 Euro sind die Fachbereiche selbst verantwortlich.

In folgender Abbildung 26 ist eine Übersicht über die zentral getätigten Beschaffungen an der Universität Marburg nach Warengruppe dargestellt. 2017 lagen die Gesamtkosten 2017 aller Warengruppen der zentralen Beschaffung bei ca. 16 Mio. Euro.

Die größte Kostenposition mit fast 80 % der Gesamtkosten der zentralen Beschaffung inklusive der der Fachbereiche im Jahr 2017 war die Beschaffung von Laborbedarf. Dazu gehören sowohl Chemikalien als auch Gase und Laborgeräte. Etwa. 12 % machte die Beschaffung von Mobiliar, gefolgt von rund 4 % von PCs, an den Gesamtkosten aus. Die Beschaffung von EDV-Verbrauchsmaterial, Büromaterial und Papier machte 2017 zusammen lediglich um die 5 % der Gesamtkosten der Beschaffung an der Philipps-Universität Marburg aus.

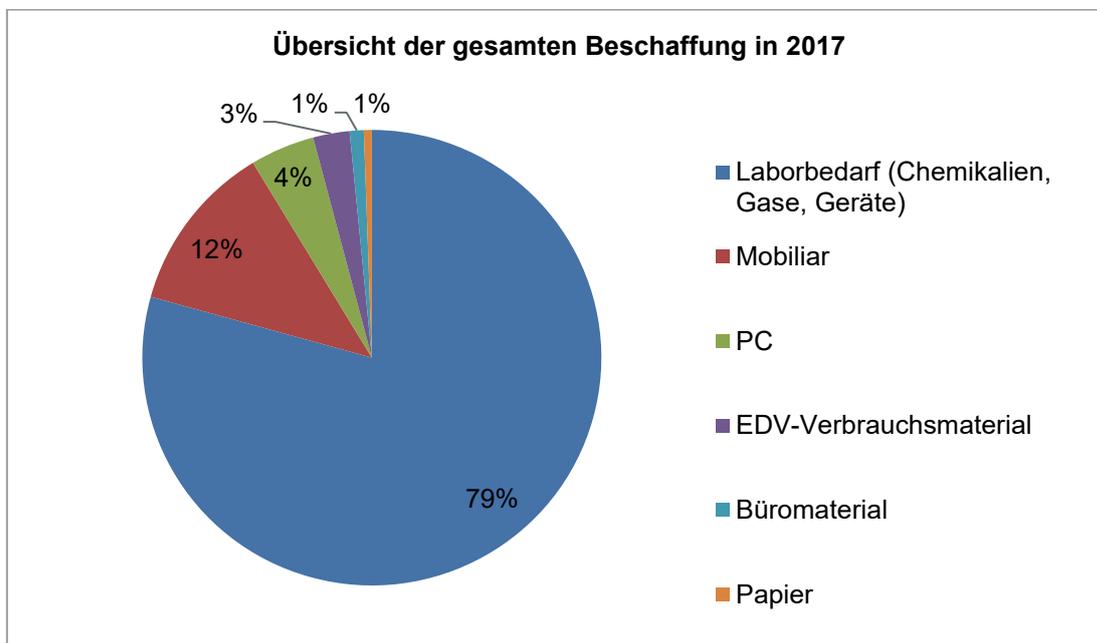


Abbildung 26 Übersicht über die Kosten der Beschaffung im Jahr 2017 (zentrale Beschaffung und Fachbereiche) nach Warengruppe

Die Universität Marburg hat im Bereich umweltfreundliche und klimaschonende Beschaffung schon einiges auf den Weg gebracht. Regelungen und Richtlinien sind unter anderem in

- den Leitlinien des Projekts „CO₂-neutrale Universität“,
- dem Beschaffungshandbuch und
- dem „Entsorgungskonzept nicht gefährlicher Abfälle“

enthalten.

Das Projekt „CO₂-neutrale Universität“ hat im Jahr 2009 begonnen mit Leitlinien den Grundstein für verstärkte Klimaschutzaktivitäten an der Philipps-Universität zu legen. Im Arbeitsfeld „CO₂-minimierende Beschaffungsprozesse“ kam man zu dem Ergebnis, dass insbesondere in den Natur- und Lebenswissenschaften zahlreiche Geräte in Lehre und Forschung eingesetzt werden, deren Energieverbrauch und CO₂-Emissionen in Zukunft systematisch in den Beschaffungsprozess integriert werden soll. Eine CO₂-bewusste Beschaffung sollte selbstverständlich für alle Bereiche der Universität werden.¹⁰ Im Beschaf-

¹⁰ <https://www.uni-marburg.de/de/universitaet/administration/verwaltung/dezernat4/ueber/co2/arbeitsfelder>, aufgerufen am 27.08.2018

fungshandbuch der Universität Marburg¹¹ ist vorgeschrieben Beschaffungen der Universität „grundsätzlich nachhaltig auszurichten“. Demnach ist unabhängig vom Auftragswert der Beschaffung von energieverbrauchsrelevanter Liefer- oder Dienstleistungen das höchste Leistungsniveau an Energieeffizienz und die höchste Energieeffizienzklasse zu berücksichtigen und anzuwenden. Eine Besonderheit stellt die Beschaffung von Büropapieren dar, bei denen grundsätzlich Produkte aus 100 Prozent Recyclingpapier verwendet werden müssen. Dies ist im Hessischen Ausführungsgesetz zum Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (HAKA) festgeschrieben und ist nur in Ausnahmefällen, wie bspw. bei Urkunden, auszusetzen. Im „Entsorgungskonzept nicht gefährlicher Abfälle“ sind außerdem Regelungen zur Beschaffung enthalten, die dem Vermeidungsgrundsatz entsprechen (Vgl. Kapitel 8.1).

Im Bereich der zentralen Beschaffung werden regelmäßig interne Revisionen durchgeführt, bei denen aber weniger die Einhaltung klimafreundlicher Beschaffung als die Einhaltung vergaberechtlicher Regelungen im Focus liegt. In Zukunft sollten auch Regelungen des Klimaschutzes, wie bspw. Energieeffizienz und CO₂-Bilanz der zu beschaffenden Produkte und Dienstleistungen, kontrolliert werden. In den Fachbereichen bzw. den Instituten selbst erfolgt bislang noch keine Erfolgskontrolle von klimaschonender Beschaffung und sollte daher eingeführt werden.

8.2 Mensa

An der Philipps-Universität Marburg gibt es insgesamt zwei Mensen und vier Bistros. In der Mensa Erlenring werden zu Zeiten während des Semesters pro Tag durchschnittlich etwa 3.500 und 4.000 Essen verkauft, in der Mensa Lahnberge rund 2.000. Im Handlungsfeld der Mensa gibt es einige Bereiche die direkt oder indirekt Einfluss auf den Ausstoß von CO₂ haben, wie zum Beispiel:

- Art der Ernährung (fleischlos, vegan)
- eingesetzte Produkte (regional, saisonal, ökologische Erzeugung)
- Zubereitung der Speisen (Energieeinsatz, Küchentechnik)
- Ressourcenverbrauch (Einweg-/Mehrweggeschirr, Mengenplanung, Essensverwertung, etc.)

Die Art der Ernährung wirkt sich nicht nur auf die Gesundheit sondern auch auf das Klima aus. Laut Bundesumweltministerium sind die in Deutschland pro Kopf durch Lebensmittel verursachten Treibhausgasemissionen in der gleichen Größenordnung wie die Emissio-

¹¹ Beschaffungshandbuch der Philipps-Universität Marburg (Dienstanweisung für das Beschaffen und das Aussondern an der Philipps-Universität Marburg, Stand 02. Mai 2017)

nen durch Mobilität. Um den Bewussten Umgang mit Lebensmitteln zu stärken und die Klimawirkung der Ernährung zu mindern hat das Bundesumweltministerium im Februar 2016 das „Nationale Programm für Nachhaltigen Konsum“ (NPNK) beschlossen, dass zum Thema Ernährung ein eigenes Kapitel enthält (BMUB 2016). Das BMUB empfiehlt eine fleischarme Ernährung mit wenig tierischen Produkten. Demnach sorgt eine vegane Ernährung zu einer Halbierung der CO₂-Emissionen durch Lebensmittel, eine vegetarische mindert den CO₂-Verbrauch immerhin um rund 35 Prozent¹². Auch die Mensen der Universität Marburg leisten einen Beitrag zum Klimaschutz und bieten jeden Tag ein bis drei vegetarische Gerichte an. Mindestens jeden Mittwoch gibt es außerdem noch die Wahl eines rein veganen Gerichts. Bei der Zubereitung der Beilagen wird generell auf tierische Produkte verzichtet.

Die vom Studentenwerk Marburg in den Mensen eingesetzten Produkte werden nach der „Nachhaltigen Einkaufsrichtlinie“ beschafft. Demnach werden regionale und saisonale Produkte aus ökologischer Erzeugung beim Einkauf bevorzugt. Seit November 2010 ist das Studentenwerk Marburg als erster hessischer Gastronomiebetrieb mit der Qualitätsmarke „Geprüfte Qualität – HESSEN“ zertifiziert und verwendet beispielsweise Backwaren, Wild und Salate (in der Saison) aus Hessen. Bereits seit Oktober 2005 ist das Studentenwerk darüber hinaus biozertifiziert und bietet beispielsweise ausschließlich Kaffee in Bioqualität an. Was die Klimafreundlichkeit und Nachhaltigkeit der eingesetzten Produkte betrifft sind die Mensen der Universität Marburg bereits gut aufgestellt und in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess.

Bei der Zubereitung der Speisen kommen in den Mensen der Universität effiziente und wassersparende Geräte zum Einsatz. Die eingesetzten Konvektomaten sind von nur einem Hersteller bezogen, was die Bedienung erleichtert und die energiesparende Nutzung optimiert. Die Spülmaschine der Mensa Lahnberge ist am Fernwärmenetz der Universität angeschlossen und arbeitet auf einem hohen Temperaturniveau. Der Heißdampf in der Mensa Erlengring wird auf Grund mangelnden Erdgasanschluss mit Heizöl erzeugt. Die Heißdampferzeugung der beiden Mensen birgt also aus Sicht des Klimaschutzes noch Optimierungspotenzial.

Im Bereich Ressourcenverbrauch werden in den Mensen der Philipps-Universität bevorzugt Mehrweg-Systeme eingesetzt. Dies gilt sowohl für den Einkauf von bspw. Salat und Fleisch als auch für das Pfandsystem der Tassen im Verkauf. Für den Fall, dass Einwegprodukte zum Einsatz kommen wird auf die Sortenreinheit der Verpackung zur effiziente-

¹² UBA CO₂-Rechner
<https://www.bmu.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/produkte-und-konsum/produktbereiche/konsum-und-ernaehrung/>

ren Verwertung und der Senkung der Attraktivität von bspw. Einwegbechern durch entsprechende Preisgestaltung geachtet. Zur Schonung von Ressourcen arbeiten beide Mensen nach dem „cook&serve“-Prinzip, bei der die Mengenplanung von Lebensmitteln durch den Verzicht auf Vorrat zu kochen optimiert wird. Unter anderem diese nach genauer Planung doch übrig gebliebenen Essen werden als „Late Lunch“ ab 14 Uhr angeboten und gut angenommen. Durch dieses Vorgehen halten sich die Lebensmittelabfälle der Mensen in einem relativ geringen Rahmen. Das Studentenwerk ist grundsätzlich sehr ambitioniert bezüglich Einspar- und Effizienzmaßnahmen sowie Prozessoptimierung und testet zukünftig auch den Einsatz eines klimafreundlichen Lastenrads für Transporte zwischen den Standorten in Marburg.

Die beiden Mensen der Philipps-Universität Marburg „Erlenring“ und „Lahnberge“ werden vom Studentenwerk Marburg betrieben, wodurch der Einfluss der Universitätsverwaltung eingeschränkt ist. Wie die Bestandsaufnahme gezeigt hat lässt sich abschließend feststellen, dass es im Bereich der Mensen schon eine Vielzahl an klimafreundlichen Projekten und Ansätze zu einem ressourcenschonenden Betrieb angeschoben oder bereits umgesetzt werden.

Weiterreichende noch nicht ausgeschöpfte Potenziale sind am ehesten in den Bereichen Energieversorgung und der Gebäudehülle zu finden. So ist z.B. die oben genannte Spülmaschine der Mensa Lahnberge mit Anschluss an das Fernwärmenetz der Universität eine Ursache dafür, dass das Temperaturniveau der Fernwärmeversorgung Lahnberge hoch ist, was zu erhöhten Leitungsverlusten führt (siehe dazu Kap. 10.1.2).

III. Potenziale zur Senkung der CO₂-Emissionen – Szenarien und Ziele

9 Gebäude- und nutzungsbedingte Energie-Einsparpotenziale

Der Bestand der Gebäude der Philipps-Universität Marburg ist, wie bereits aus den Bestandsanalysen (Kapitel II) erkennbar, sehr inhomogen. Er setzt sich aus sehr unterschiedlichen Gebäuden in Alter, Denkmalstatus, Größe und Nutzung und energetischem Sanierungsstand zusammen. Bei dem überwiegenden Teil der Gebäude besteht energetischer Sanierungs- und Verbesserungsbedarf. Bei einem erheblichen Teil der als energetisch schlecht einzustufenden Gebäude befindet sich die Gebäudehülle im Ursprungszustand. Es gibt einzelne, hoch technisierte Gebäude, welche entsprechend hohe Verbrauchswerte für Strom, aber auch für Wärme aufweisen. Hierbei sind die Art der Nutzung und die dabei eingesetzten Komponenten der dort ablaufenden Prozesse, in Kombination mit der Gebäudetechnik, der entscheidende Faktor, welcher hohe Einsparpotenziale aufweist. Das Nutzerverhalten selber trägt oft noch dazu bei, den Energieverbrauch zu erhöhen. Gerade bei hoch technisierten Gebäuden dominieren einzelne Gebäude die Bilanz und bieten die höchsten Einsparpotenziale im Bestand.

9.1 Detaillierte Untersuchung exemplarisch ausgewählter Gebäude

9.1.1 Methodik

Stellvertretend für den Gesamtbestand von 134 Gebäuden (ohne gemietete Gebäude oder Außenanlagen) wurden einzelne Gebäude zur Berechnung von Energiebedarf und Einsparpotenzialen ausgewählt und genauer analysiert. Aufbauend auf diese Gebäude konnten Rückschlüsse für den Gesamtbestand gezogen werden. Die Auswahl dieser Gebäude stellte sich als nicht ganz so trivial heraus und wurde dadurch limitiert, dass für einzelne Gebäude und hier besonders beim Stromverbrauch keine gebäudespezifischen Verbrauchswerte vorlagen. Letztendlich wurden aus den verbleibenden ca. 80 Gebäuden 10 Gebäude ausgewählt zur detaillierten Betrachtung. Zur Auswahl wurde der geeignete Gebäudebestand nach verschiedenen Attributen einzelnen Gruppen zugeordnet. Die detailliert zu betrachtenden Gebäude wurden hieraus so ausgewählt, dass sie möglichst repräsentativ für den Gesamtbestand waren. Es wurde darauf geachtet, dass sich die ausgewählten Gebäude, soweit als möglich in den einzelnen, den Verbrauch beeinflussenden Einflussgrößen, voneinander unterscheiden (z. B. je ein unsaniertes, denkmalgeschütztes Gebäude neuerer Zeit, mal mit hohen und mal mit moderaten Verbrauchswerten).

Folgende Einflussgrößen wurden berücksichtigt:

- Baujahr (Altersklasse)
- Wärmeverbrauch
- Stromverbrauch
- Gebäudegröße (NRF)
- Energetischer Sanierungsstand (neueres Gebäude nach EnEV, ungedämmte/gedämmte Gebäudehülle)
- Art der Nutzung (Häufung einzelner Nutzungsarten im Bestand, wie Institutsgebäude, Laborgebäude, Verwaltungsgebäude, Bauwerkszuordnungskatalog)
- Technisierungsgrad Art der Wärmeerzeugung (Fernwärme Lahntal, Fernwärme Lahnberge, Erdgas)
- Lage (Lahntal, Lahnberge)
- Denkmalschutz (Einzeldenkmal, Ensembleschutz, kein Denkmalschutz)

Für 9 der 10 ausgewählten Gebäude wurde zwischen November 2017 und März 2018, nach einer ersten Auswertung der vorliegenden Daten und Pläne, jeweils eine Gebäudebegehung durchgeführt. Bei den Begehungen wurden in unterschiedlicher, jeweils an die Gebäudegröße und Zugänglichkeit angepasster Detailschärfe, Parameter des Gebäudes, der Gebäudetechnik und der Nutzung erfasst. Letztendlich konnten für 8 Gebäude konkrete Berechnungen durchgeführt werden.

Erfasst und weiter betrachtet wurden bei der Gebäudebegehung die in der folgenden Tabelle dargestellten Gebäude.

Tabelle 1: ausgewählte und begangene Gebäude

Gebäude	Adresszuweisung	Standort	NRF	Denkmal	Baujahr
2340	B 10 Biegenstraße 9, Institutsgebäude	Stadt	2.395	Einzel	1924
3050	K 05 Karl-von-Frisch-Straße 8, Institutsgebäude	Lahnberg	29.438	-	1978
3075	H 02 Hans-Meerwein-Straße 2, Biomedizinisches Forschungszentrum	Lahnberg	10.423	-	2003
2434	B 04 Pilgrimstein 20, Verwaltungsgebäude	Stadt	636	-	1903
2560	F 15 Bunsenstraße 3, Institutsgebäude	Stadt	2.358	Ensemble	1957
3105	C 01 Conradistraße 3a, Zentrale Medizinische Bibliothek	Lahnberg	1.775	-	2003
2410	F 12 Deutschhausstraße 10, Deutsches Haus	Stadt	3.725	Einzel	1300
3010	K 02 Karl-von-Frisch-Straße 4, Institutsgebäude	Lahnberg	2.646	Einzel	1965
2361	B 03 Biegenstraße 12, Verwaltungsgebäude	Stadt	4383	Ensemble	1957

Dargestellt sind die Gebäudenummer, Adressbezeichnung, Standort, Nettoraumfläche, Denkmalschutzstatus und Baujahr. Das Gebäude 3105 wurde später als nicht repräsentativ für den Restbestand herausgenommen.

- Erschienen sowohl die spezifischen Verbrauchswerte für die Wärme, als auch die berechneten Bedarfswerte plausibel, wurden für jedes der ausgewählten Gebäude Einsparpotenziale in drei Szenarien wie folgt bestimmt:

a) Sanierung nach Hessischem Energiegesetz (HEG):

Die folgenden Vorgaben aus dem Hessischen Energiegesetz¹³ stellen durchaus anspruchsvolle Sanierungsanstrengungen dar. Die Mindestanforderungen bei der energetischen Sanierung und bei Einzelmaßnahmen im Bestand liegen bei Außenbauteilen bei 50 % der EnEV für Nichtwohngebäude. Dies bedeutet für opake Außenbauteile, wie Dächer und Wände einen U-Wert von maximal 0,175 W/(m²K); für transparente Außenbauteile wie Fenster, aber auch für Vorhangfassaden, einen U-Wert von maximal 0,95 W/(m²K), allerdings geringere Werte für Zonen mit Raum-Solltemperaturen zwischen 12 und 19 °C

b) Moderate Sanierung:

Hier werden Einzelmaßnahmen angenommen, wie z. B. die Sanierung der Fassade, wenn diese technisch und unter Aspekten des Denkmalschutzes leicht durchführbar sind. Es wird von Mindestanforderungen ausgegangen, die, wenn der Denkmalschutz oder andere Besonderheiten keinen Einfluss haben, sich am HEG orientieren. In diesem Szenario wird z. B. unterstellt, dass der Denkmalschutz für Einzeldenkmale hier in einzelnen Aspekten, wie z. B. bei der Außenfassade oder der Fenster, meist das größte Umsetzungshemmnis darstellt. Maß-

¹³ Richtlinie energieeffizientes Bauen und Sanieren des Landes Hessen nach § 9 Abs. 3 des Hessischen Energiegesetzes, Staatsanzeiger für das Land Hessen – 3. Februar 2014, S. 124-125.

nahmen können in diesem Fall entweder nicht oder nur auf Umwegen (z. B. Innendämmung) und mit erheblichen Mehrkosten (z. B. Fenster, Eingangstüren) umgesetzt werden. Sie gelten dann nicht mehr als moderat.

c) Motivierte Sanierung:

Hier wird angenommen, dass der Anspruch an die Mindestanforderung für die U-Werte der Gebäudehülle höher sind als beim HEG und auch sich unter Kostenaspekten nicht unbedingt rechnende Maßnahmen umgesetzt werden (z. B. hochwertige Innendämmung von Wandflächen bei Einzeldenkmalen). Weithin werden erhöhte Anforderungen an z. B. die Luftdichtheit der Gebäudehülle, an die Wärmebrücken oder die Dämmung von Heizungsrohren im unbeheizten Bereich gestellt.

9.1.2 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Einzeluntersuchungen

Eine Übersicht über die berechneten Referenzgebäude, ihre energierelevanten Eigenschaften und die wichtigsten Ergebnisse in Hinblick auf die Einsparpotenziale ist in Tabelle 2 wiedergegeben. Dargestellt sind die rechnerisch ermittelten Verbrauchswerte ohne Leerstand. Weiterhin werden hier nicht oder nur bedingt, beheizte Räume in der Verbrauchsberechnung berücksichtigt.

Tabelle 2: Übersicht: Ergebnisse der Berechnung von Referenzgebäuden

Nr.	Adresse	Baujahr	Denkmalstatus	Fläche (NRF) [m ²]	Installationsgrad 1, 2, 3 oder 4	Verbrauch Strom 2015 je NRF [kWh/m ²]	Verbrauch Wärme 2015 je NRF [kWh/m ²]	Einsparpotential Wärme energet. Sanierung moderat [%]	Einsparpotential Wärme energet. Sanierung motiviert [%]	Einsparpotential Wärme + WRG 80% energet. Sanierung motiviert [%]
2340	B 10 Biegenstraße 9, Institutsgebäude	1924	Einzeldenkmal	2395,34	2,0	18,6	255,8	11,6	46,2	-
2361	B 03 Biegenstraße 12, Verwaltungsgebäude	1957	Ensemble	4.383	2,0	25,8	124	16,4	39,7	-
2410	F 12 Deutschhausstraße 10, Deutsches Haus	1300	Einzeldenkmal	3725,37	2,5	28,1	157	16,8	56,9	-
2434	B 04 Pilgrimstein 20, Verwaltungsgebäude	1903	kein Denkmal	636	2,0	18,6	203,8	44,5	63,9	-
2560	F 15 Bunsenstraße 3, Institutsgebäude	1957	Ensemble	2.358	2,0	18,4	102	42,7	59,2	-
3010	K 02 Karl-von-Frisch-Straße 4, Institutsgebäude	1965	Einzeldenkmal	2646	2,0	14,0	146,4	7,8	30,3	-
3050	K 05 Karl-von-Frisch-Straße 8, Institutsgebäude	1978	kein Denkmal	29.438	3,0	219,9	347,9	2,8	7,2	81,0
3075	H 02 Hans-Meerwein-Straße 2, Biomedizinisches Forschungszentrum	2003	kein Denkmal	10.423	4,0	366,2	236,3	7,9	10,8	47,8

Die Gebäude unterscheiden sich, insbesondere, neben der Nutzung und dem damit verbundenen technischen Installationsgrad, durch ihr Alter und den Denkmalstatus. Die für diese Gebäude hier ermittelten Einsparpotenziale stehen in direktem Zusammenhang mit diesen Größen:

- Der Status als Einzeldenkmal schränkt die energetische Sanierungsmöglichkeit teils stark ein.
- Bei gering technisierten Gebäuden ist die Qualität der Gebäudehülle bei Vollausslastung des Gebäudes der dominierende Einflussfaktor auf den Verbrauch.

- Hoch technisierte Gebäude weisen nutzungsbedingt einen überproportional hohen spezifischen Stromverbrauch auf.
- Der Wärmeverbrauch ist bei hoch technisierten Gebäuden, selbst bei neueren Baujahren, hoch. Der Einfluss einer energetischen Sanierung der Gebäudehülle auf den Verbrauch ist hingegen eher klein.
- Bei den hoch technisierten Gebäuden liegt das größte Einsparpotenzial in der Wärmerückgewinnung aus der Abluft.
- Die berechenbaren Einsparpotenziale beim Strom beschränken sich auf die Beleuchtung, welche eher konstant hoch ist und nicht vom Technisierungsgrad oder Denkmalstatus des Gebäudes abhängt. Das mittlere Einsparpotenzial wurde hier mit ca. 7,1 kWh/m²a bestimmt.

9.2 Abschätzung der gebäude- und nutzungsbezogenen Einsparpotenziale für den gesamten Gebäudebestand der Philipps-Universität Marburg

9.2.1 Bildung von Gebäudegruppen und Zuordnung der Bestandsgebäude

Für eine Bewertung des Gesamtbestandes aller Gebäude der Philipps-Universität Marburg unter dem Gesichtspunkt des Wärme- und Stromverbrauchs und der vorhandenen Einsparpotenziale, wurden die durchgeführten Analysen, Berechnungen und Ergebnisse der Einzelgebäude herangezogen. Die erhaltenen Resultate wurden auf die restlichen Bestandgebäude nach einer geeigneten Klassifizierung übertragen. Herausgearbeitet wurde dabei die folgende Einteilung des Marburger Gebäudebestandes unter dem Gesichtspunkte des Wärme- und Stromverbrauchs und der vorhandenen Einsparpotenziale in zwei Ober- und zwei Untergruppen:

1. Nach Sanierbarkeit der Gebäudehülle
 - Einzeldenkmale - hier gibt es meist große Einschränkungen bei den Möglichkeiten der energetischen Sanierung, insbesondere bei den Außenwänden
 - Nicht denkmalgeschützte Gebäude und Gebäude mit Ensembleschutz - Außen-
dämmung der Gebäudehülle im Regelfall möglich
2. Nach Technisierungsgrad
 - Geringer Technisierungsgrad - entspricht den beiden Installationsgraden gering und normal der universitätsinternen Klassifizierung. Wenn keine Angaben zu Klassifizierung vorlagen, erfolgte eine Zuordnung mit Hilfe des spezifischen Stromverbrauchs je Fläche. Da einzelne Gebäude nur in kleineren Teilbereichen einen hohen Technisierungsgrad aufweisen, wurden Gebäude mit einem trotzdem niedrigeren Stromverbrauch nach Betrachtung der Nutzung im Einzelfall abgestuft.
 - Hoher Technisierungsgrad - entspricht den Installationsgraden hoch und sehr hoch der universitätsinternen Klassifizierung. Wenn keine Angaben zu Klassifizierung vorlagen, erfolgte eine Zuordnung mit Hilfe des spezifischen Stromverbrauchs je Fläche. Ein hoher Technisierungsgrad muss in großen Teilen des Gebäudes vorhanden sein.

Tabelle 3: Matrix der Gebäudegruppen für die Übertragung der Ergebnisse auf den Gesamtbestand

		Technisierungsgrad	
		gering	hoch
Einzel- denkmal	ja	I	II
	nein	III	IV

Diese vier Gebäudegruppen sind im Gesamtbestand unterschiedlich stark vertreten. Abbildung 27 zeigt die Verteilung im Bestand nach Nettoraumflächen.

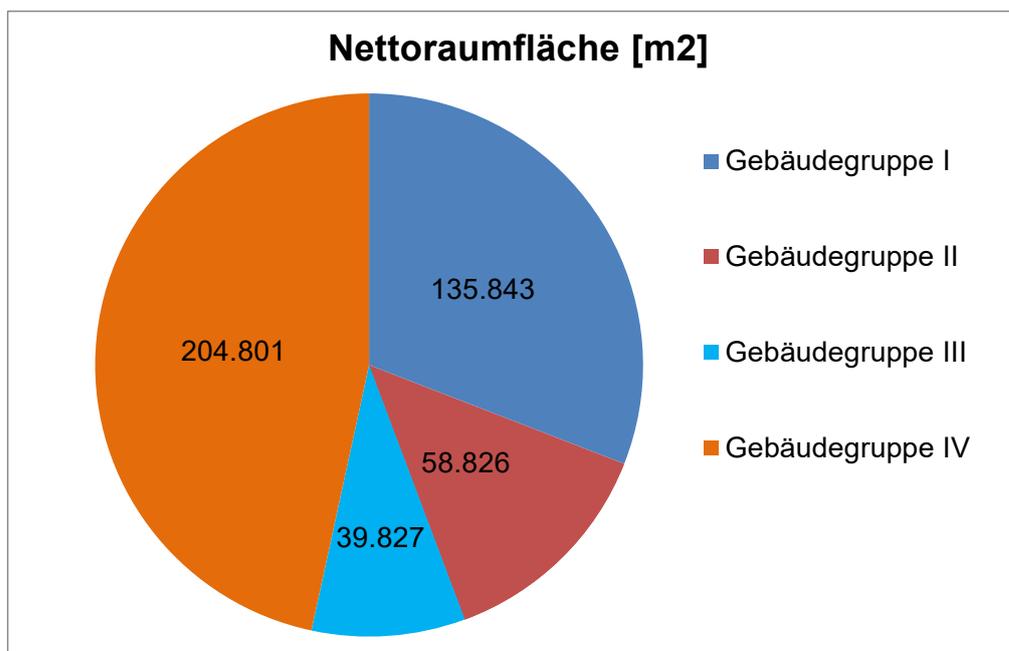


Abbildung 27: Flächenmäßige Zuordnung aller Bestandsgebäude der Philipps-Universität Marburg zu den vier definierten Gebäudegruppen

In der größten Gebäudegruppe, der Gruppe IV befinden sich 6 der 7 größten Wärme-Verbraucher.

Der 7. Großverbraucher stellt eine Besonderheit dar. Es handelt sich hierbei um den Altbau der Chemie auf den Lahnbergen. Dieses Gebäude weist ca. 32.500 m² Nettoraumfläche auf und ist leerstehend, jedoch ist eine Beheizung in Teilen notwendig. Da hier ein Abriss oder Komplettsanierung im Raum steht und keine Nutzung erfolgt, wird es nicht in der Auswertung berücksichtigt. Die Nettoraumfläche der hoch technisierten Einzeldenk-

male reduziert sich dadurch auf ca. 24.200 m². Nicht enthalten in den einzelnen Auswertungen sind z. B. Garagen, oder Freiflächenanlagen.

Im Folgenden wird auf die 4 ausgewählten Gebäudegruppen im Einzelnen eingegangen:

Gering technisierte Gebäude mit Einzeldenkmalschutz (Gebäudegruppe I):

Die gering technisierten Gebäude mit Denkmalschutz bilden zahlenmäßig mit 44 Gebäuden die größte Gebäudegruppe. Die mittlere Größe beträgt ca. 3.090 m². Die gesamte Bestandsfläche dieser Gruppe beträgt ca. ein Drittel der gesamten Gebäudebestandsfläche. Der Wärmeverbrauch lag in dieser Gruppe im Jahr 2015 bei ca. 14.936 MWh, der mittlere Verbrauch je Fläche lediglich bei 110 kWh/m²a und damit, wie zu erwarten, deutlich unterhalb des mittleren Verbrauchs der hoch technisierten Einzeldenkmale. Repräsentativ für diese Gruppe sind die Gebäude 2340, 2410 und 3010.

Hoch technisierte Gebäude mit Einzeldenkmalschutz (Gebäudegruppe II):

Die hoch technisierten Gebäude mit Denkmalschutz (ohne alte Chemie mit ca. 24.200 m²) bilden mit 8 Gebäuden die kleinste Gebäudegruppe. Die mittlere Größe beträgt ca. 3.010 m². Der Wärmeverbrauch lag in dieser Gruppe im Jahr 2015 bei ca. 4.655 MWh (193 kWh/m²a) und damit deutlich unterhalb des jeweiligen Verbrauchs der drei Einzelgebäude im Bestand mit den größten Verbrauchswerten. In dieser Gruppe gibt es nur wenige Gebäude und die Stromverbrauchswerte lagen teilweise nicht oder nur als Mittelwert aus einer kleinen Gebäudegruppe vor.

Beim 2. Gebäude mit Verbrauchswerten handelte es sich um das Gebäude des Fernheizwerkes auf den Lahnbergen – ebenso nicht repräsentativ für die Gebäudegruppe. Letztendlich wurde keine Einzelberechnung für ein Gebäude aus dieser Gruppe vorgenommen. Es wurde jedoch angenommen, dass sich die Werte der Einsparungen bei der Gebäudehülle der restlichen Einzeldenkmale auf diese Gruppe von Einzeldenkmalen übertragen lassen. Weiterhin wurde angenommen, dass die Einsparpotenziale bei Nicht-Einzeldenkmalen mit hohem Technisierungsgrad sich auf diese Gruppe übertragen lassen, da auch hier (meist Institutsgebäude) davon auszugehen ist, dass die internen Prozesse und die hier vorhandenen RLT-Anlagen vergleichbare Einsparpotenziale bieten.

Gering technisierte Gebäude ohne Einzeldenkmalschutz (Gebäudegruppe III)

Die gering technisierten Gebäude ohne Denkmal- oder mit Ensembleschutz bilden zahlenmäßig mit 29 Gebäuden eine relativ große Gebäudegruppe, sie sind jedoch in ihrer Gesamtfläche nicht viel größer als die kleinste Gruppe der hoch technisierten Gruppe der Einzeldenkmale. Es handelt sich also überwiegend um kleinere Gebäude mit maximaler Einzelfläche von ca. 5.000 m². Die mittlere Größe beträgt ca. 1.370 m². Der Wärmeverbrauch lag in dieser Gruppe im Jahr 2015 bei gerade mal ca. 4.453 MWh, der mittlere Verbrauch je Fläche lediglich bei 112 kWh/m²a und damit deutlich unterhalb des mittleren Verbrauchs der Gebäudegruppe IV. Repräsentativ für diese Gruppe sind die Gebäude 2434 und 2361.

Hoch technisierte Gebäude ohne Einzeldenkmalschutz (Gebäudegruppe IV)

Die hoch technisierten Gebäude ohne Denkmal- oder mit Ensembleschutz bilden zahlenmäßig mit 29 Gebäuden ebenfalls eine größere Gebäudegruppe. Sie bildet die Gruppe mit den höchsten Einsparpotenzialen. Ihre Gesamtfläche beträgt etwas mehr als die Gesamtfläche der Gebäude der Gebäudegruppen I-III. Es handelt sich also überwiegend um große bis teils sehr große Gebäude mit maximaler Einzelfläche von ca. 38.500 m². Die mittlere Größe beträgt ca. 7.060 m². Der Wärmeverbrauch lag in dieser Gruppe im Jahr 2015 bei ca. 36.860 MWh, der mittlere Verbrauch je Fläche bei erheblichen 180 kWh/m²a. Der Gesamtverbrauch dieser Gruppe entspricht 60 % des Gesamtwärmeverbrauchs aller Gebäude, und ca. dreiviertel davon entfällt auf nur 7 Gebäude. Repräsentativ für diese Gruppe sind die Gebäude 3050 und 3075.

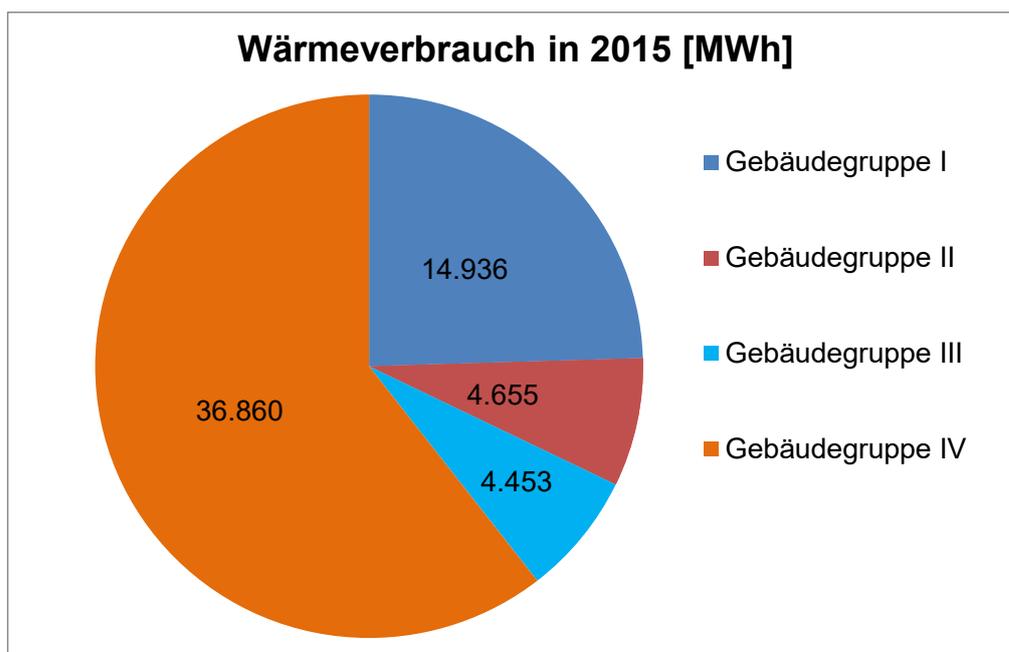


Abbildung 28: Zuordnung des Wärmeverbrauchs aller Bestandsgebäude der Philipps-Universität Marburg zu den vier Gebäudegruppen.

9.2.2 Einsparpotenziale Strom

Der Strombezug lag nicht für alle Einzelgebäude vor. Die Summe der vorhandenen Daten zu den Einzelgebäuden (inklusive der Werte für Gruppen von Gebäuden mit mittleren Verbrauchswerten) ergibt einen Strombezug von ca. 39.896 MWh für das Jahr 2015 ohne Berücksichtigung der alten Chemie (Gebäude 3070). Der Gesamtbezug an Strom für die Philipps-Universität Marburg beträgt nach der CO₂-Bilanz der hessischen Hochschulen¹⁴ 45.874 MWh.

Der Stromverbrauch der Gebäude je m² Nettoraumfläche (NRF¹⁵) ist stark vom Technisierungsgrad des Gebäudes abhängig¹⁶. Sehr deutlich wird dies in Abbildung 29 bei einer differenzierten Darstellung nach den vier Gebäudegruppen. Der mittlere Stromverbrauch der hoch technisierten Gebäude liegt bei ca. dem 10-Fachen der nur gering technisierten Gebäude und lässt hier entsprechend große Einsparpotenziale beim Strom erwarten.

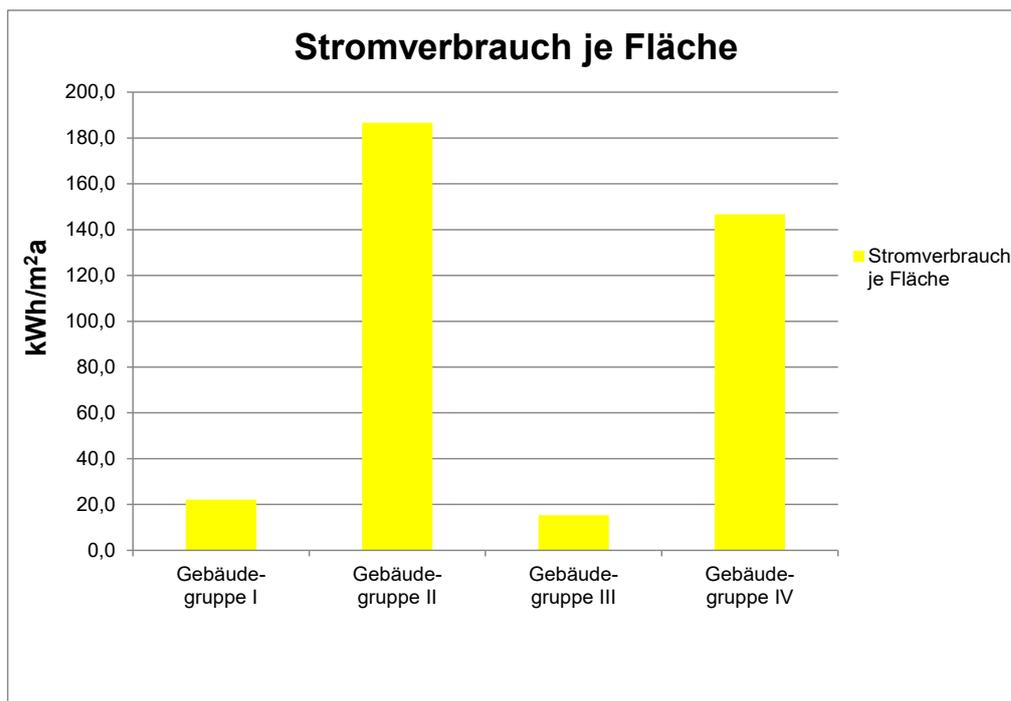


Abbildung 29: Stromverbrauch der Gebäude je Fläche, zugeordnet zu den vier Gebäudegruppen

¹⁴ HIS HE 2017

¹⁵ Entspricht der Summe der NUF plus TF und VF nach DIN 277-1

¹⁶ Universität Marburg, Tabelle „170817-PUMRKS-K-Gebäudeliste“,

Bei der quantitativen Betrachtung der Einsparpotenziale des Stromes wird in den Berechnungen der Referenzgebäude lediglich der Strom der Gebäudebeleuchtung berücksichtigt. Diese Einschränkung ist u. a. vorhanden, weil

- für einige Gebäude der Stromverbrauch nur als Mittelwert aus einer Gruppe unterschiedlicher Gebäude vorliegt oder kein Wert vorhanden ist
- keinerlei Messungen vorliegen, welche eine genauere Zuordnung zur Nutzungsart erlauben
- der Stromverbrauch im Wesentlichen von der jeweiligen Nutzung und den Prozessen in den Gebäuden abhängt
- bei jenen Gebäuden, welche die größten Einsparpotenziale aufweisen, der Prozessstromverbrauch im Vordergrund steht und dieser im Detail nicht bekannt ist.

Der Vergleich zwischen den vier Gebäudegruppen lässt keinen Zusammenhang zwischen der Typisierung der Gebäude und dem Stromverbrauch für Beleuchtung erkennen. Insbesondere lässt sich auch nicht ableiten, dass in einzelnen Gruppen der Austausch neuer und effizienter gegen ältere Beleuchtungstechnologie weiter fortgeschritten wäre als in anderen Gruppen. Abbildung 30 zeigt die aus den Einzelberechnungen abgeleiteten Einsparpotenziale der Beleuchtung differenziert nach den vier Gebäudegruppen.

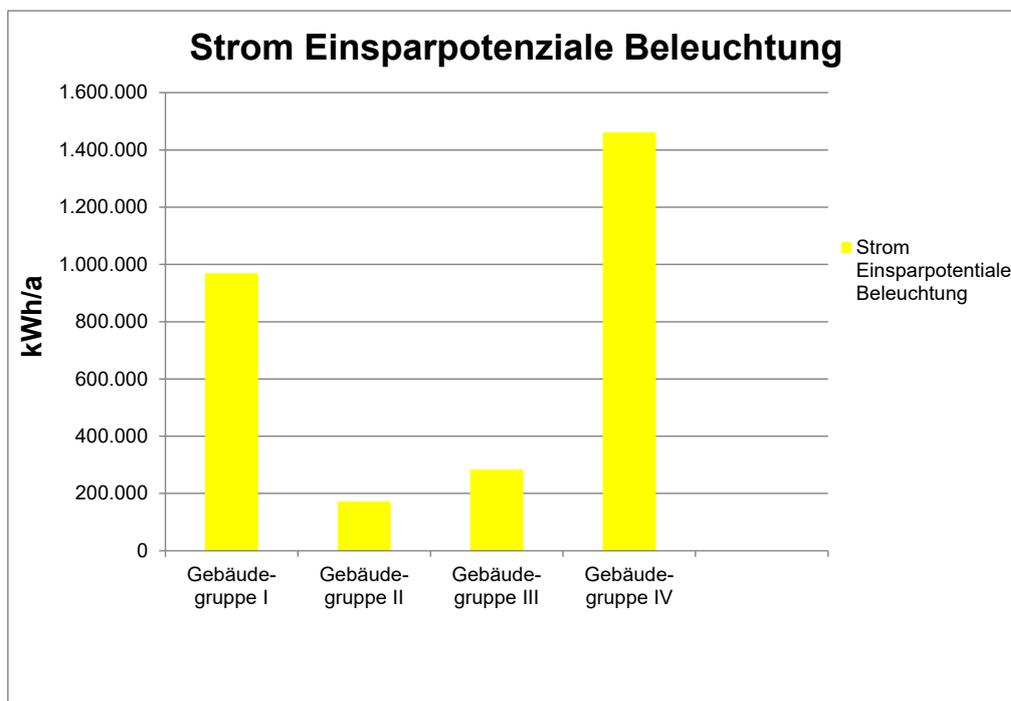


Abbildung 30: Aus den Bedarfsbetrachtungen abgeleitete Stromeinsparpotenziale bei der Beleuchtung, differenziert nach Gebäudegruppen

Die sonstigen vorhandenen Stromeinsparpotenziale sind jeweils im Einzelfall zu prüfen. Diese sind individuell sehr unterschiedlich vorhanden, so dass sich kaum verallgemeinerbare Größenordnungen für Stromeinsparungen ableiten lassen. Folgende Hinweise können hier aber gegeben werden:

- Die weitaus größten Reduktionspotenziale liegen im Bereich der nutzungsbedingten Prozesse, die innerhalb der Gebäude stattfinden. Bereits genannt wurden die große Zahl von Kühlschränken und Kühltruhen in den Laboratorien. Damit einher geht ein erhöhter Kühlbedarf für die Räume. Das Stromeinsparpotenzial für diese Kühlgeräte und den damit erhöhten Raumkühlbedarf, liegt in einzelnen Gebäuden bei bis zu 10 % des gesamten Stromverbrauchs des Gebäudes (hoch technisierte Gebäude mit Labornutzung).
- Einsparpotenziale gibt es bei der Kälteerzeugung generell, unabhängig vom Kühlbedarf, der durch die nutzungsbedingte Wärmefreisetzung verursacht wird. Der Ersatz alter und wenig effizienter Einzelaggregate zur Raumkühlung (siehe z. B. Gebäude 3050 mit der hohen Zahl an teils älteren Einzelaggregaten) durch neue effizientere Kälteaggregate bzw. Kälteaggregatsysteme, würde zusätzlich ein hohes Stromeinsparpotenzial erschließen.
- Auch die Überprüfung von zentralen Druckluftherzeugungen und der Austausch ineffizienter Erzeugungsanlagen mit langen Wegstrecken gegen dezentrale, bedarfsgesteuerte Anlagen, ermöglicht weitere Stromeinsparungen.
- Ein sehr effizientes Mittel, da kurzfristig und relativ kostengünstig möglich, stellt der Austausch von ineffizienten Pumpen in den Hydraulik-Anlagen durch hocheffiziente Geräte dar. Hier dürften Einsparungen im einstelligen %-Bereich realisierbar sein.
- Die Reduktion des Strombezugs durch Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom (BHKW, Photovoltaik) und damit eine Reduktion der realen CO₂-Emissionen ist ausbaufähig.

Eine belastbare Abschätzung der Größenordnung der „sonstigen Stromeinsparung“ ist im Rahmen dieses Klimaschutzkonzeptes nicht möglich. In der Summe kann von einem durchschnittlichen Einsparpotenzial im Strombereich bei den hoch technisierten Gebäuden, zusätzlich zur Beleuchtung, von ca. 25 % ausgegangen werden, wobei gegenläufige Tendenzen der erhöhten Ausstattung hier mit berücksichtigt sind. In einzelnen Gebäuden liegt das Einsparpotenzial sicher deutlich höher, während in anderen, vor allem in Gebäuden mit geringem Technisierungsgrad, das Potenzial zusätzlich zur Beleuchtung eher im hohen einstelligen prozentualen Bereich liegen dürfte. Es wird daher zusätzlich ein Einsparpotenzial von 10 % angenommen. Die Hochrechnung dieser Abschätzung auf die Bestandsgebäude ist in Abbildung 31 wiedergegeben.

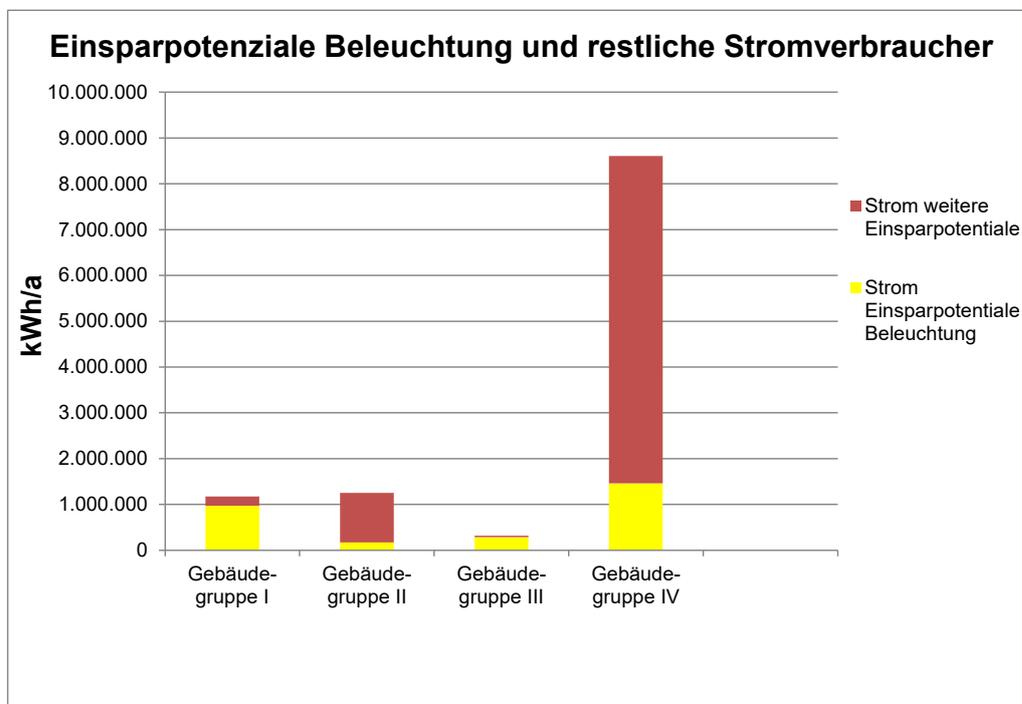


Abbildung 31: Stromeinsparpotenziale bei der Beleuchtung und Abschätzung der Einsparpotenziale bei sonstigen Stromverbrauchern differenziert nach Gebäudegruppen

Auch die nicht hoch technisierten Gebäude enthalten in Teilen kleinere Kälteaggregate und kleinere Lüftungsanlagen sowie weitere Technik. Neben den Einsparpotenzialen durch die Beleuchtung ergeben sich hier weitere, gebäudeabhängige Einsparpotenziale.

In der Summe ergeben sich damit Stromeinsparpotenziale für die Beleuchtung von ca. 2.897 MWh und für die restlichen Stromverbraucher von ca. 8.465 MWh. Zusammen ergeben das ca. 11.352 MWh bzw. ca. 28,4 % bezogen auf die vorliegenden Stromverbrauchswerte der Gebäude des Jahres 2015 mit ca. 39.950 MWh.

9.2.3 Einsparpotenziale Wärme

Die Einsparpotenziale beim Wärmeverbrauch der Gebäude setzen sich aus verschiedenen, meist in Wechselwirkung zueinander stehenden, Anteilen zusammen, so dass eine quantitative Trennung nur im detailliert betrachteten Einzelfall möglich ist.

Die wesentlichen Einflussfaktoren sind:

- Die Gebäudehülle: Die Gebäudehülle ist der wesentliche Einflussfaktor beim Wärmeverbrauch bei nicht hoch technisierten Gebäuden. Je größer die internen Wärmelasten in beheizten Zonen durch nutzungsbedingte Prozesse sind, umso geringer wirken sich energetische Maßnahmen an der Gebäudehülle auf den Gesamtverbrauch aus.
- Die Gebäudetechnik: Bei nicht hoch technisierten Gebäuden umfasst die Gebäudetechnik aus energetischer Sicht im Wesentlichen Komponenten der Wärmeerzeugung, Wärmeübergabe und der Wärmeverteilung. Diese sollte möglichst effizient sein, wobei das Optimierungspotenzial in der Regel überschaubar ist. Bei hoch technisierten Gebäuden sollte darüber hinaus Lüftung und Luftkonditionierung sowie Kühlung auf ein Minimum reduziert sein. Die Wärmerückgewinnung sollte möglichst effizient erfolgen. Das Einsparpotenzial hier ist erheblich bis wesentlich. Zu- und Abluftsystem sind entsprechend auszulegen. Die Auslegung sollte optimiert und möglichst flexibel an die internen Prozesse angelehnt sein. Entstehen in einer Zone Wärmeüberschüsse (z. B. durch Kälteerzeugung), sollten diese möglichst in Zonen mit Wärmebedarf genutzt werden können. Die Auswirkungen von Nutzerverhalten sollten möglichst minimiert und automatisch erkannt werden und Mechanismen zur Gegensteuerung vorhanden sein.
- Die gebäudeinternen Prozesse infolge der Nutzung: Ein Großteil der internen Prozesse erzeugt Wärme (meist durch Stromwendungen). Hierbei sollten Synergien genutzt werden, um diese Abwärme zu reduzieren (z. B. effiziente gemeinschaftlich genutzte Kühlbereiche, sofern es die räumliche Nähe zulässt, anstatt vieler wenig effizienter Einzelgeräte). Eine an den jeweiligen lokalen Bedarf angepasste Lüftung sollte ermöglicht werden. Eine Reduktion der internen Prozesswärmefreisetzung reduziert die Notwendigkeit der Kühlung und Lüftung. Ein Prozessmanagement, das das Gesamtsystem und nicht nur die einzelnen Verbraucher im Blick hat, kann optimierend auf den Wärmeverbrauch wirken. Eine Verringerung der anfallenden Prozesswärme erhöht jedoch, wenn auch nur im geringen Maße, den Bedarf an Wärme für Heizzwecke. Interne Prozesse sind in der Regel mit nutzungsbedingten Abläufen verbunden. Diese sollten so organisiert sein, dass sie eine Reduzierung des Energieverbrauchs bei den Nutzungsprozessen bewirken können.
- Das Nutzerverhalten: Der Einfluss der Nutzer und die durch die jeweiligen Nutzer betriebenen Geräte ist in den obigen Punkten bereits beschrieben worden. Damit wird deutlich, dass über eine Beeinflussung des Nutzerverhaltens ebenfalls Einsparpotenziale erschlossen werden können. Das beginnt mit der Anschaffung von Geräten und setzt sich fort mit der Wahl des Aufstellortes und den Betriebszeiten.

Wärmeeinsparpotenziale des Gesamtbestandes

Eine Abschätzung der Einsparpotenziale des Gesamtbestandes bzw. der einzelnen vier Bestandsgruppen erfolgte, indem die mittleren Einsparpotenziale der Referenzgebäude jeder Gruppe auf den gesamten Bestand dieser Gruppe übertragen wurden. Als Basis dienten hier die Resultate der Betrachtungen einer moderaten und einer motivierten Sanierung. Diese wurde bei den hoch technisierten Gebäuden jeweils dargestellt mit und ohne Wärmerückgewinnung. Bei den wenig technisierten Gebäuden entfällt der Einspar-effekt der Wärmerückgewinnung. In der Darstellung werden jeweils die beiden Gebäudegruppen I und II sowie II und IV zusammengefasst.

Einsparpotenziale der Gebäudegruppen I und II (Gebäude unter Einzeldenkmal-schutz)

Zunächst wird der sich jeweils ergebende Verbrauch der Einzeldenkmale bestimmt, (siehe Abbildung 32) unterteilt in die beiden Gruppen der gering und hoch technisierten Gebäude differenziert nach den vier Sanierungsvarianten moderat, moderat + WRG, motiviert, motiviert + WRG. Unabhängig davon, ob es sich um gering oder hoch technisierte Gebäude handelt, erbringt eine moderate Sanierung, die sich auf einfache Maßnahmen an der Gebäudehülle beschränkt, lediglich geringe Verbrauchseinsparungen von ca. 13 % (ca. 2.480 MWh, siehe auch Abbildung 33). Bei einer konsequenten Wärmerückgewinnung aus der Abluft lässt sich der Bedarf bei der Gebäudegruppe II noch einmal deutlich reduzieren, und zwar um ca. 1.800 MWh. Somit sind bei der Gebäudegruppe II Einsparungen um ca. 51 % gegenüber dem Ist-Zustand möglich.

Eine motivierte Sanierung für den Gesamtbestand der Gebäudegruppe I erbringt mit ca. 9.000 MWh eine Ersparnis von ca. 46 % gegenüber dem Ausgangszustand. Auch hier erhöht sich dieser Wert bei einer konsequenten Wärmerückgewinnung aus der Abluft bei der Gebäudegruppe II auf eine Gesamtersparnis von ca. 85 % (siehe auch Erläuterung zu Gebäude 3050).

Die Umsetzung einer motivierten Sanierung der Gebäudehülle bei denkmalgeschützten Gebäuden unterliegt vielen Restriktionen und ist nicht selten kostenintensiv. Von daher ist bei der Gebäudegruppe II die Ausnutzung des großen Einsparpotenzials bei der Wärmerückgewinnung aus der Abluft der zentrale Ansatzpunkt, auch wenn dies im Einzelfall eine Neukonzeption der gesamten Lüftungstechnik zur Folge hätte.

Bei der Gebäudegruppe I, die deutlich größere Nutzungsflächen umfasst als die Gruppe II, ist es unerlässlich sich zusätzlich intensiv mit Möglichkeiten der energetischen Verbesserung der Gebäudehülle zu befassen, wenn motivierte Einsparpotenziale angestrebt werden.

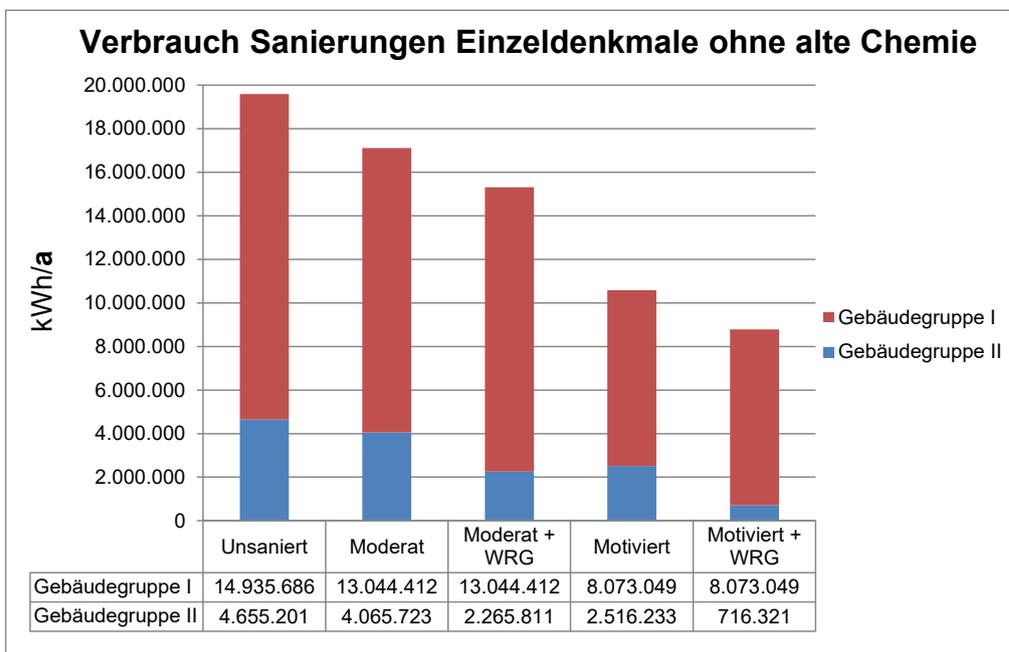


Abbildung 32: Ermittelte Wärmeverbräuche der Gebäudegruppen I und II für die vier Sanierungsvarianten und den unsanierten Ausgangszustand

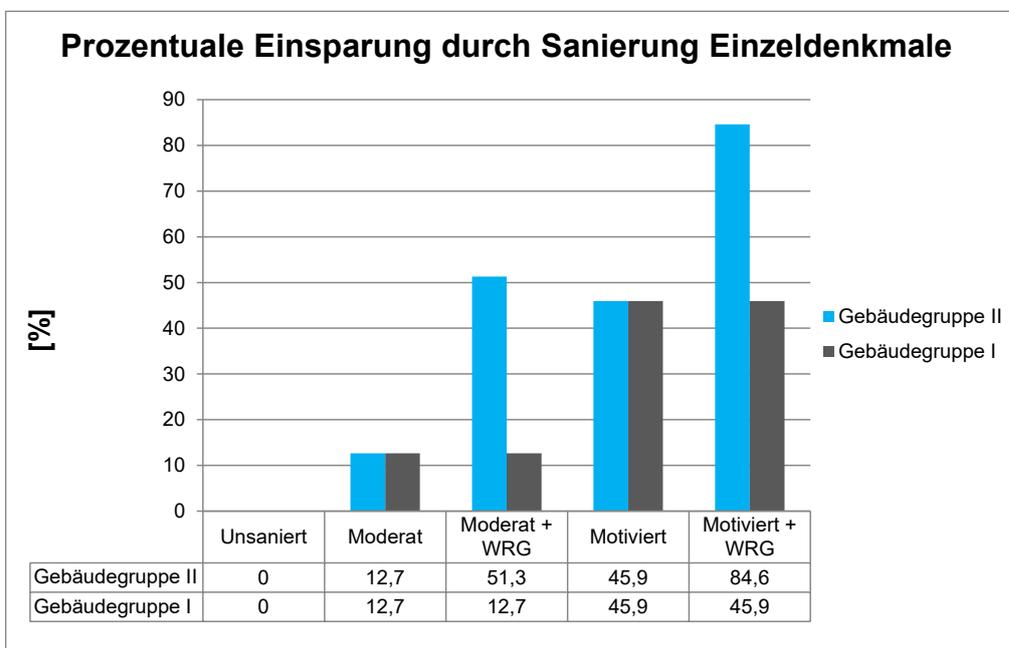


Abbildung 33: Ermittelte prozentuale Einsparungen bei den beiden Gebäudegruppen I und II

Ergänzend ist in Abbildung 34 der jeweilige Verbrauch je Fläche vor und nach energetischer Sanierung dargestellt. In der letzten Variante mit einem Verbrauch von nur ca. 33 kWh/m²a ist bei den hochtechnisierten Gebäuden zu berücksichtigen, dass bei gleichzeitiger Reduzierung des Stromverbrauchs bei den nutzungsbedingten Prozessen der

Gebäude-Wärmeverbrauch moderat zunimmt (Grenzwert gering technisierte Gebäude mit 59 kWh/m²a).

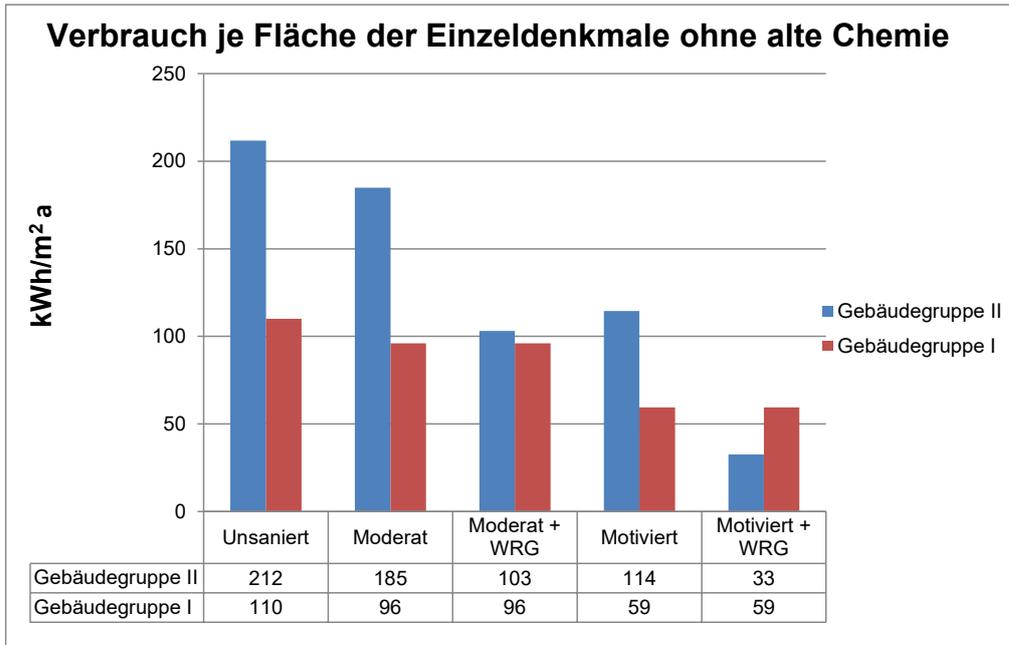


Abbildung 34: Ermittelte mittlere flächenspezifische Wärmeverbräuche der beiden Gebäudegruppen I und II für die vier Sanierungsvarianten und den unsanierten Ausgangszustand

Einsparpotenziale der Gebäudegruppen III und IV (Gebäude ohne Einzeldenkmalschutz)

Auch hier wird der Wärmeverbrauch der Bestandsgebäude (siehe Abbildung 35) jeweils unterteilt in die beiden Gebäudegruppen III und IV (gering und hoch technisierte Gebäude) sowie differenziert nach den vier Sanierungsvarianten moderat, moderat + WRG, motiviert, motiviert + WRG dargestellt. Während eine moderate Sanierung bei der kleinen Gebäudegruppe III der gering technisierten Bestandsgebäude eine Verbrauchseinsparung von ca. 46 % (ca. 2.045 MWh) bewirkt (siehe folgende Abbildungen), liegt der Wert der Verbrauchseinsparung in der großen Gebäudegruppe IV der hoch technisierten Gebäude bei lediglich ca. 6 % (ca. 2.252 MWh). Dieser Wert erhöht sich bei einer konsequenten Wärmerückgewinnung aus der Abluft um die beeindruckende Menge von ca. 24.200 MWh und damit auf ca. 73 %. Diese 73 % ergeben sich als flächenbasierter Mittelwert aus den beiden detailliert betrachteten hoch technisierten Gebäuden und berücksichtigen damit auch die bereits vorhandene Wärmerückgewinnung in diesen Gebäuden. Da große Gebäude im Allgemeinen ein kleineres A/V-Verhältnis (Oberfläche/Gebäudevolumen) aufweisen, steigt auch hier mit der Größe des Gebäudes der prozentuale Anteil der aus der Wärmerückgewinnung erzielbaren Einsparung gegenüber dem Anteil aus der energetischen Sanierung der Gebäudehülle. Bei dem Einbau einer Wärmerückgewinnung als Einzelmaßnahme sollte somit größeren Gebäuden der Vorzug gegeben werden, da die erzielbare Einsparung je Fläche im Allgemeinen ansteigt.

Eine motivierte Sanierung erbringt für die gering technisierten Gebäude, Gebäudegruppe III, mit ca. 2.140 MWh eine Einsparung von ca. 48 %. Dagegen führt eine motivierte Sanierung der Gebäudehülle für die Bauten der Gebäudegruppe IV lediglich zu einer weiteren Einsparung von ca. 3.030 MWh (ca. 8 %). Auch hier wird eine deutliche Einsparung erst dann erreicht, wenn eine konsequente Wärmerückgewinnung aus der Abluft für diese Gruppe der hoch technisierten Gebäude durchgeführt wird. In diesem Fall kommt es zu einer Einsparung von knapp 74 % (zusätzliche Einsparung ca. 25.000 MWh), siehe auch die Darstellungen zu Gebäude 3050. Mit dem Ergebnis wird offensichtlich, dass bei der Gebäudegruppe IV die Wärmerückgewinnung aus der Abluft das Potenzial ist, welches es zu erschließen gilt.

Betrachtet man nur die Wärmerückgewinnung als Einzelmaßnahme ergibt sich eine mittlere erzielbare Einsparung von ca. 67% (siehe Abbildung 36, Differenzbildung zwischen „Moderat + WRG“ und „Moderat“). Bevor man jedoch endgültig gerade bei einem hoch technisierten, größeren Gebäude die Schlussfolgerung zieht, dass sich die energetische Sanierung der Gebäudehülle generell nicht rechnet, sollte man genau die lokalen Luftwechselraten und Verteilung der inneren Lasten mit in die Überlegungen einbeziehen. Erfolgt z.B. der hohe Luftwechsel nur in einem Teil des Gebäudes und der andere Teil weist eine gering

technisierte Nutzung auf, so ist dort eine energetische Sanierung der Gebäudehülle durch-
aus Mittel der Wahl, während am hochtechnisierten Teil des Gebäudes Dämmmaßnahmen
nur einen sehr kleinen Einspareffekt generieren und wirtschaftlich nicht darstellbar sind.
Auch sollte bei einem eventuellen Aufbau einer lokalen RLT-Lösung mit Wärmerückgewin-
nung bedacht werden, dass ev. auch in der Heizperiode mehr Wärme anfällt durch interne
Lasten, als für die Beheizung benötigt wird. Es sollte dann in Erwägung gezogen werden,
ob und wie diese Abwärme anderen Gebäudeteilen mit höherem Wärmebedarf zugeführt
werden kann (Synergieeffekt bei unterschiedlicher Nutzung einzelner Gebäudeteile).

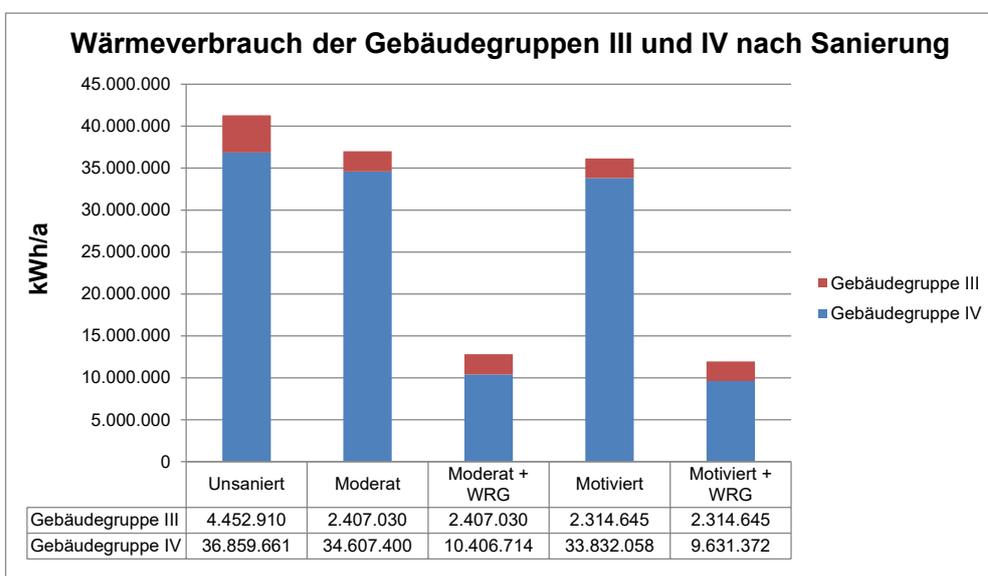


Abbildung 35: Ermittelte Wärmeverbräuche der beiden Gebäudegruppen III und IV für die vier Sanierungsvarianten und dem unsanierten Ausgangszustand

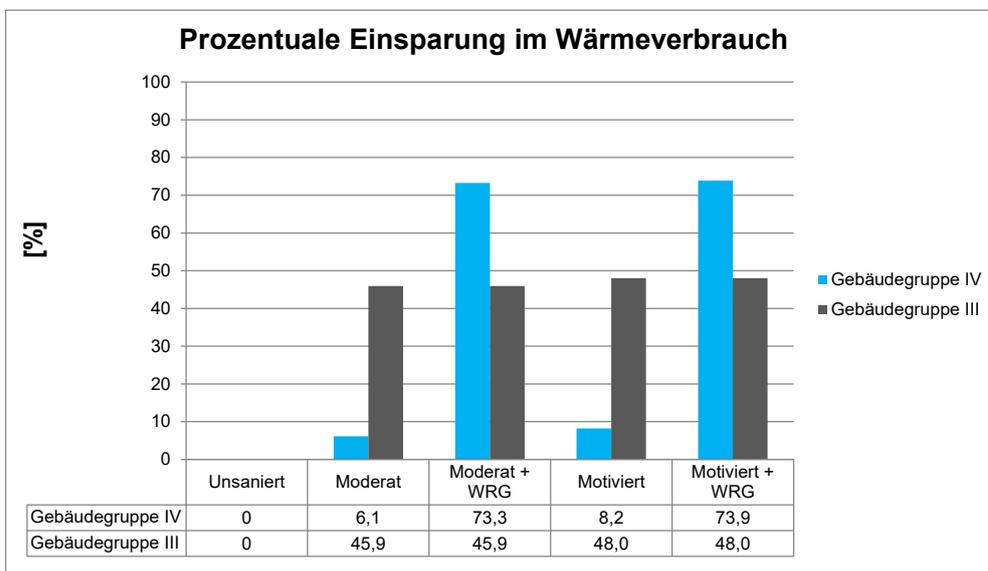


Abbildung 36: Ermittelte prozentuale Einsparungen bei den beiden Gebäudegruppen III und IV für die vier Sanierungsvarianten gegenüber dem Ausgangszustand

Ergänzend sind in Abbildung 37 die Einsparungen für die vier energetischen Sanierungsvarianten im Vergleich zum Ausgangszustand jeweils in kWh pro m² Fläche dargestellt. In der letzten Variante mit einem Verbrauch von nur ca. 47 kWh/m²a bei der Gebäudegruppe IV ist mit zu bedenken, dass durch Einsparungen beim Stromverbrauch (nutzungsbedingte Prozesse) interne Wärmelasten reduziert werden, was eine moderate Erhöhung des Wärmeverbrauchs nach sich ziehen dürfte. Auch diese Abbildung unterstreicht nochmals deutlich, welche hohe Bedeutung die Erschließung des Potenzials im Bereich der Wärmerückgewinnung im Verhältnis zur Sanierung der Gebäudehülle einnimmt.

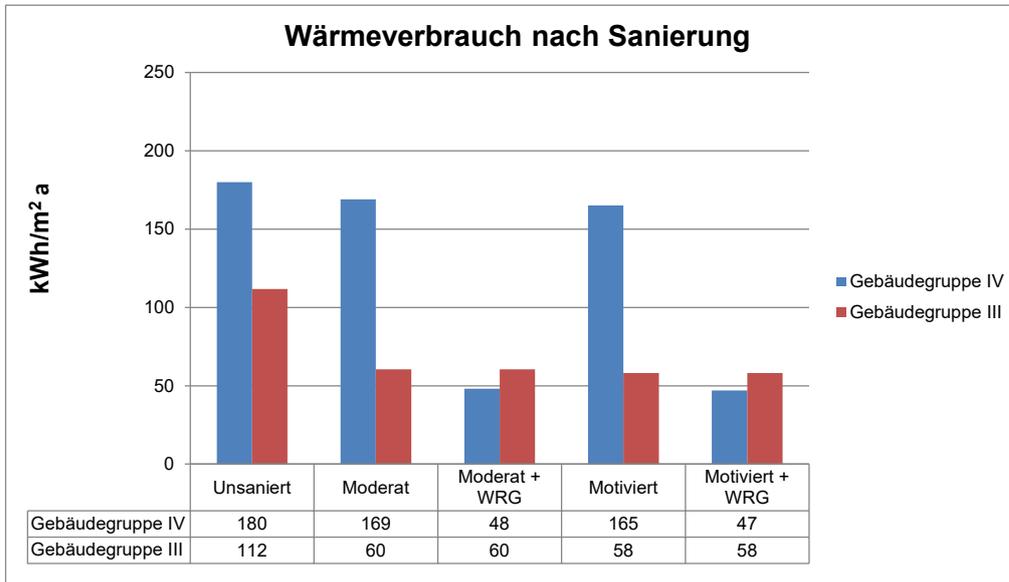


Abbildung 37: Ermittelte flächenspezifische Wärmeverbräuche der beiden Gebäudegruppen III und IV für die vier Sanierungsvarianten und dem un sanierten Ausgangszustand

Zusammenfassung der Einsparpotenziale in den Bereichen Wärme und Beleuchtung für den gesamten Gebäudebestand

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Wärmeverbräuche über alle vier Gebäudegruppen hinweg (I bis IV) und unter Berücksichtigung der vier Sanierungsvarianten ist in Abbildung 38 dargestellt

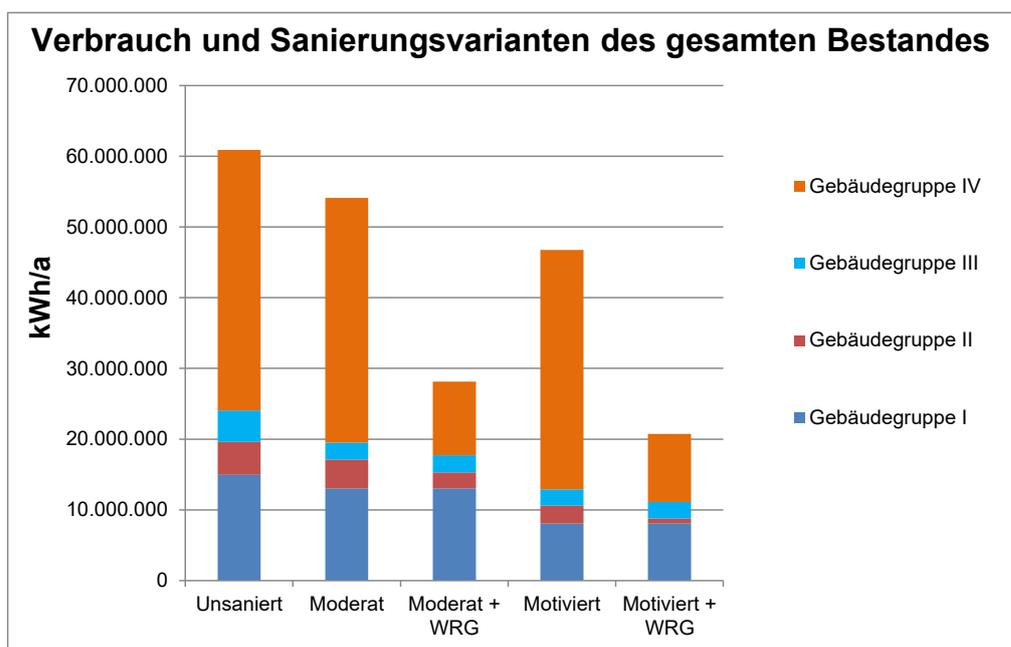


Abbildung 38: Ermittelte Wärmeverbräuche der Gebäudegruppen I bis IV für die vier Sanierungsvarianten und den un sanierten Ausgangszustand

Es wird sichtbar, dass die Erschließung der Einsparpotenziale aus der Wärmerückgewinnung auf Grund des hohen Anteils, den die Gebäudegruppe IV beim Wärmeverbrauch hat, den entscheidenden Beitrag leistet, um ambitionierte Reduktionsziele erreichen zu können.

Die absoluten Einsparpotenziale einschließlich der Beleuchtung sind in Abbildung 39 wiedergegeben (siehe Kapitel 9.2.2).

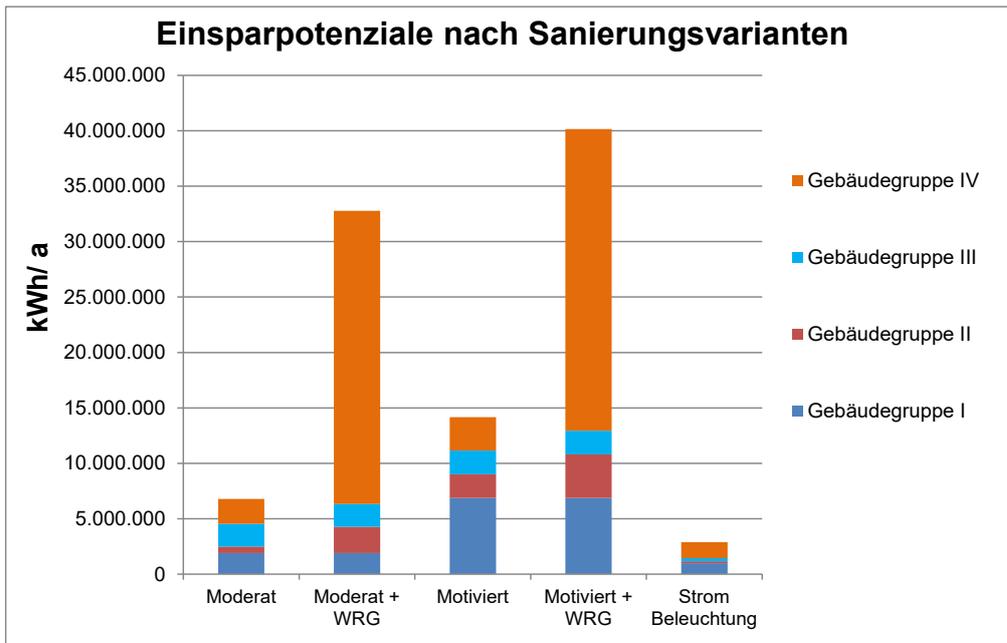


Abbildung 39: Ermittelte absolute Einsparungen bei der energetischen Sanierung unterteilt in die Gebäudegruppen I bis IV für die vier Sanierungsvarianten sowie Stromverbrauch für Beleuchtung

10 Sonstige Potenziale zur Senkung der CO₂-Emissionen

10.1 Optimierungspotenzial Fernwärme

10.1.1 Optimierung der Fernwärmeversorgung Lahntal

Die Gebäude im Lahntal werden aktuell überwiegend über die Stadtwerke Marburg mit Fernwärme versorgt. Zur Zeit wird die Fernwärme noch überwiegend fossil in Kesselanlagen mit einem vergleichsweise geringen KWK-Anteil erzeugt.

In Zusammenarbeit mit den Stadtwerken arbeitet die Universitätsverwaltung aktuell an der Optimierung des Fernwärmenetzes. Dazu sollen bis 2021 durch Erneuerung aller Fernwärmestationen die Voraussetzungen zur Absenkung der Netztemperatur geschaffen werden. Darüber hinaus wird seitens der Stadtwerke der Primärenergiefaktor durch verstärkten Einsatz von KWK auf unter 0,6 und die spezifischen CO₂-Emissionen auf einen Zielwert von 65 g/kWh abgesenkt. Aktuell wird in den Berechnungen zur Energie- und CO₂-Bilanz von einem spezifischen Emissionsfaktor von 279 g/kWh (CO₂-Äquivalente) ausgegangen. Die prognostizierte CO₂-Emissions-Reduzierung liegt bei ca. 5.260 t/a¹⁷.

10.1.2 Optimierung Fernwärmenetz Lahnberge

Die Universitätsgebäude am Standort Lahnberge werden durch ein Fernheizwerk mit Wärme versorgt. Aus unterschiedlichen Gründen, hat dieses Netz keine optimalen Betriebsparameter und damit hohe Netzverluste. Gründe für die hohen Verluste sind insbesondere wie folgt:

- Die Planungen zum Heizwerk und zum Wärmenetz stammen aus den 1960er Jahren und gingen u.a. von einer vollständigen Verlagerung aller Fachbereiche vom Lahntal auf den Standort Lahnberge aus.

Das Netz wurde entsprechend groß dimensioniert und da von einer umfassenden Versorgung mit zwei unterschiedlichen Temperaturniveaus ausgegangen wurde, wurden zwei Netze installiert. Davon wird aktuell nur das größere Netz (DN 300) als Versorgungsnetz betrieben. Das kleinere Netz (DN 250) wird zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft bzw. zur Vermeidung von Schäden „auf Temperatur“ gehalten.

¹⁷ unter Zugrundelegung des Mittelwerts zum Fernwärmebezug der Jahre 2014 bis 2016

- Nach dem Wegfall des Uniklinikums als Wärmeabnehmer sind darüber hinaus die Verbräuche gesunken und die Netztopologie ist vergleichsweise ungünstig, weil zwischen dem Heizwerk (nördlich des Klinikums) und den ersten Verbrauchern eine lange Strecke zurückgelegt werden muss.
- Einige wenige Verbraucher (mit in der Summe vergleichsweise kleinen Verbräuchen) benötigen Wärme auf einem hohen Temperaturniveau und bestimmen damit die Netztemperatur. Die Betriebstemperaturen betragen im Winter 130°C/ 90°C und im Sommer immer noch 115°C/ 75°C.

Zur Reduzierung von Netzverlusten wurden bereits erste Maßnahmen ergriffen (Beschränkung des Betriebes auf das DN 300 Rohrnetz und Durchführung von Dämmmaßnahmen an gut zugänglichen Netzabschnitten). Trotzdem sind die Netzverluste mit ca. 20% der eingespeisten Energie (d.h. ca. 10.400 MWh Netzverluste) verhältnismäßig hoch. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Erzeugungsdaten und Netzverluste der Fernwärmeversorgung auf den Lahnbergen seit 2011.

Tabelle 4: Überblick über die Erzeugungsdaten und Netzverluste der Fernwärmeversorgung auf den Lahnbergen seit 2011

	Brennstoffbezug [MWh]	Netzein- speisung¹⁸ [MWh]	Netzverlust [MWh]	Netzverlust % (bezogen auf Netzeinspeisung)
2011	61.846	52.780	9.130	17,3%
2012	62.636	53.470	9.650	18,0%
2013	71.739	61.380	13.490	22,0%
2014	60.576	51.670	11.640	22,5%
2015	52.797	44.910	10.680	23,8%
2016	55.399	45.085	9.080	20,1%
2017	56.040	47.730	9.340	19,6%
Ø	60.148	51.004	10.430	20,4%

Bei Umsetzung der in Kapitel 9 dargestellten gebäudebezogenen Energieeinsparpotenziale werden sich mittelfristig die Wärmeenergieverbräuche verringern, selbst wenn auf den Lahnbergen in größerem Umfang zusätzliche Nutzungsfläche entstehen wird, da die Neubauten deutlich energieeffizienter als der Gebäudebestand sein werden. Damit werden sich aber die Netzverluste in ihrer absoluten Größe nicht verringern. Das Problem, dass das Netz aufgrund der „Überdimensionierung“ und der ungünstigen Netztopologie mit hohen anteiligen Verlusten arbeitet, wird sich dadurch also verschärfen.

¹⁸ geschätzt; erzeugte Wärme abzgl. Eigenverbrauch Wärmeverbrauch Fernheizwerk

Die Netztopologie ist zumindest mittelfristig - aufgrund der gerade erfolgten Erneuerung der Wärmeerzeugungsanlagen und der Umstellung auf Holzhackschnitzel - als gegeben hinzunehmen. Möglichkeiten einer zumindest mittelfristigen Verringerung der Netzverluste liegen daher vor allem in der:

- Absenkung der Betriebstemperatur,
- Beschränkung des Betriebes auf das DN 250 Rohrnetz,
- Erneuerung der Dämmung (zur Zeit 60mm Mineralwolle),
- Optimierung von Umlaufmengen und Temperaturvariabilität des Netzes.

Da einige Verbraucher (unter anderem Spülmaschine Mensa) auf die hohen Vorlauftemperaturen angewiesen sind, wären für diese Verbraucher lokal alternative bzw. zusätzliche Wärmeversorger zu installieren. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass auch die vorhandenen Fernwärmübergabestationen (sowie zum Teil auch die Luftherwärmer in den RLT- Anlagen) an die verringerten Vorlauftemperaturen angepasst werden müssten. Insgesamt müssten damit also verbraucherseitig Anpassungen vollzogen werden, die mit entsprechenden finanziellen Aufwänden verbunden sind.

Dem stehen aber auch erhebliche Einsparungen (Energie und Kosten) gegenüber. Die mit einer Optimierung des Netzbetriebs erzielbaren Einsparungen können im Rahmen dieses Klimaschutzkonzeptes nur grob anhand von Vergleichswerten abgeschätzt werden. Für Netze mit vergleichbarer Wärmelast und mit Betriebstemperaturen von 90/70 °C liegen die Netzverluste in der Größenordnung von ca. 12%. Das kann auch für das Fernwärmenetz Lahnberge - unter der Voraussetzung, dass auch die anderen o.g. Möglichkeiten umgesetzt werden - als Zielwert angesetzt werden. Legt man den Mittelwert von 2011 bis 2017 zugrunde hätte damit der Erdgasverbrauch jährlich um ca. 5.400 MWh gesenkt werden können und es wären jährlich ca. 1.360 t CO₂-Emissionen (CO₂-Äquivalente) vermieden worden.

Vor dem Hintergrund der in Umstellung befindlichen Wärmeerzeugung auf den Lahnbergen werden sich die Einsparungen entsprechend verändern, da zukünftig die Wärme mit einem Biomasseanteil von ca. 78% erzeugt werden wird. Die Einsparungen an der Brennstoffmenge (also i.W. Holzhackschnitzel) liegen in ähnlicher Größenordnung wie die oben dargestellten Erdgaseinsparungen. Aufgrund der geringeren spezifischen Brennstoffkosten werden die monetären Effekte zukünftig auch geringer sein als aktuell.

Insbesondere hinsichtlich der CO₂-Emissionen und mit Blick auf den Primärenergieeinsatz fallen die Effekte zukünftig allerdings deutlich geringer aus. Bei gleichbleibenden Wärme-

verbrauchen wären durch die Verminderung der Netzverluste zukünftig (Biomasse Heizwerk) jährlich ca. 380 t CO₂-Emissionen (CO₂-Äquivalente) zu vermeiden.

Aus Sicht des Klimaschutzes gilt allerdings auch das Primat der Energieeinsparung vor dem Einsatz erneuerbarer Energien. Insofern sollten die vorhandenen Potenziale, die in einer Optimierung des Fernwärmenetzes Lahnberge liegen, gleichwohl genutzt werden.

10.2 Energiemanagement

Das Energiemanagement umfasst auf operativer Ebene unter anderem folgende Aufgabenbereiche¹⁹

1. Energiecontrolling
2. Betriebsoptimierung technischer Anlagen und Umsetzung nicht- bzw. geringinvestiver Maßnahmen
3. Einbeziehung der Nutzer

für die aus den Erfahrungen anderer Universitäten und sonstigen öffentlichen Verwaltungen Einsparpotenziale abgeleitet werden können.

Da das Energiemanagement an der Philipps-Universität Marburg erst seit 2016 mit der Schaffung von 3 Planstellen operativ tätig werden konnte, ist davon auszugehen, dass noch ein erhebliches Einsparpotenzial für Maßnahmen in diesem Handlungsfeld vorhanden ist.

Energiecontrolling

Gemäß AMEV (AMEV 2010) beinhaltet „Energiecontrolling [...] die aktive Erfassung, Analyse und Steuerung von energierelevanten Informationen. Verbrauchswerte sind auf Veränderungen hin zu untersuchen und die Ergebnisse kritisch zu hinterfragen. [...]

Ziel ist das Aufdecken von vermeidbaren Energieverlusten, technischen und organisatorischen Schwachstellen im Gebäudebetrieb, wie fehlerhafte, ungeeignete oder nicht richtig eingestellte Anlagentechnik, nicht ausreichende Wärmedämmung, Leckagen etc.“

Erfahrungen aus anderen Bereichen der öffentlichen Verwaltung zeigen, dass durch ein konsequentes Energiecontrolling Einsparungen in der Größenordnung von 3- 5% erzielt werden können. Vor dem Hintergrund, dass das Energiemanagement erst seit 2016 an der Philipps-Universität Marburg installiert wurde, kann davon ausgegangen werden, dass diese Erfahrungswerte auch für die Philipps-Universität Marburg herangezogen werden

¹⁹ siehe dazu auch: AMEV 2010, HIS 2012

können. Bezogen auf die „genutzte Energie“ (siehe Kapitel 4) würde das eine Einsparung von jährlich ca. 3.000 MWh Wärmenergie bzw. ca. 1.500 MWh Strom bedeuten.

Betriebsoptimierung / Umsetzung nicht- bzw. geringinvestiver Maßnahmen

Für die Einsparpotenziale durch Optimierung der Betriebsweise und der Sollwerte an einem Hochschul-Gebäude kann das folgende Fallbeispiel herangezogen werden (HoEff).

Das untersuchte Gebäude wurde 1998/99 fertiggestellt und besitzt ca. 10.300 m² Nettogrundfläche. Die Labore nehmen ca. 25 % der Nettogrundfläche ein. Daher ist das Gebäude als energieintensiv eingestuft. Das Gebäude weist zu seiner West- und Nordseite keine Verbauungen auf. Die Nachbargebäude im Süden wirken sich gering auf das energetische Verhalten aus. Das Gebäude wird über einen Fernwärmanschluss mit Wärme und über ein Nahkältenetz mit Kälte versorgt.

Das Gebäude wurde wie folgt optimiert:

- Heiztemperatursollwert von 22 °C auf 20 °C
- Kühlttemperatursollwert von 24 °C auf 26 °C
- Sonnenschutzsteuerung mit Regelgröße Raumlufftemperatur (Aktiv ab 23 °C)
- Nachlüftung/-kühlung für die Monate Juni, Juli, August, September

Im Vergleich zum Ausgangszustand konnten so (ohne investive Maßnahmen) 11% Heizenergie und 26% Kühlenergie eingespart werden.

Auch wenn dieses Beispiel nicht verallgemeinert werden kann, zeigt es doch auf, welche Potenziale in der Optimierung der Betriebsweise und der Sollwerte liegen.

In der gleichen Studie (HoEff) werden für unterschiedliche Einzelmaßnahmen die Größenordnungen der Einsparpotenziale (< 5%, < 20%, > 20 %) genannt. In der folgenden Tabelle werden für ausgewählte Maßnahmen im nicht- bzw. geringinvestiven Bereich die Einsparpotenziale dargestellt.

Tabelle 5: Einsparpotenziale nicht- und geringinvestiver Maßnahmen

Quelle: HoEff

Maßnahme	Einsparpotenzial	
	Wärme	Strom
Laufzeitanpassung der Lüftungsanlagen an Nutzungszeiten	> 20%	> 20%
Luftmengen an Bedarf anpassen	> 20%	> 20%
Austausch von Keilriemen gegen Flachriemen bei Ventilatoren	0	< 5%
Präsenzsteuerung Beleuchtung		< 20%
Hydraulischer Abgleich des Verteilnetzes (Heizung)	< 5%	< 5%
Hydraulischer Abgleich der Trinkwarmwasserzirkulation		< 5%
Leistungs-/ Druckabhängige Pumpensteuerung / Einsatz geregelter Pumpen		< 5%
Nachrüsten von Thermostatventilen	< 5%	
Optimierung der Kühlkurveneinstellung		< 5%
Abstellen unnötiger Verbraucher / Vermeidung von Stand-by-Betrieb		< 5%
Verringerung von Druckluftleckagen		< 5%

Auf Grundlage der Fachgespräche mit den relevanten Akteuren im Rahmen der Erstellung des Konzeptes und der Einschätzung der Abt. IV-D – Energiemanagement, wird davon ausgegangen, dass insbesondere im Bereich des Betriebs der Lüftungsanlagen und der Kälteanlagen, aber auch bei den anderen o.g. Maßnahmen Handlungsmöglichkeiten vorhanden sind. Insofern wird davon ausgegangen, dass durch Maßnahmen der Betriebsoptimierung und die Umsetzung nicht- bzw. geringinvestiver Maßnahmen Einsparungen in der Größenordnung von ca. 10% erreichbar sind. Bezogen auf die „genutzte Energie“ (siehe Kapitel 4) würde das ein Einsparpotenzial von jährlich ca. 8.000 MWh Wärmenergie bzw. ca. 4.000 MWh Strom bedeuten.

Wettbewerbe/ Anreizsysteme

Im vom Hessischen Ministerium der Finanzen herausgegebenen Energiebericht 2014 (HMF 2014) sind die Ergebnisse von Energiesparwettbewerben in den Dienststellen des Landes dargestellt. Für eine konsequente Umsetzung von nutzungsbedingten Energiesparmaßnahmen in den Liegenschaften waren Energieteams – eine Gruppe von drei bis zehn Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Dienststelle – verantwortlich. Sie motivierten ihre Kolleginnen und Kollegen zum Mitmachen und erfassten während der Laufzeit des Wettbewerbs die Verbrauchswerte für Strom, Wärmeenergie und Wasser für ihre Liegenschaften. So konnte das Team der Goethe-Universität Frankfurt am Main eine Einsparung von ca. 18% erreichen (a.a.O.). an der Universität Lüneburg konnten im Rahmen eines ähnlichen Wettbewerbs Energieeinsparungen in Höhe von 12 % (Wärme) und 8 % (Strom) erzielt werden (HIS 2012, s. 156).

Eine Möglichkeit die Erfolge von Wettbewerben zu verstetigen bieten Anreizsysteme, die die Nutzer an den (finanziellen) Einsparerfolgen teilhaben lassen (aber auch Mehrverbräuche finanziell sanktionieren) und/oder direkte finanzielle Unterstützung für investive Maßnahmen geben, z.B. beim Austausch ineffizienter Laborausstattung gegen neue, effiziente Geräte. Derartige Modelle werden bereits seit einigen Jahren - unter anderem an der Freien Universität Berlin und der Albert-Ludwigs Universität Freiburg – praktiziert. An der FU Berlin partizipieren die Fachbereiche und Einrichtungen seit 2007 an den Einsparerfolgen gegenüber einer vorab vereinbarten Baseline zu 50%, müssen im Gegenzug aber auch die Mehrausgaben gegenüber dieser Baseline zu 100% tragen.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse des Prämiensystems der FU Berlin für das Jahr 2011 dargestellt. Daraus wird deutlich, dass auch noch fünf Jahre nach Einführung dieses System teilweise noch erhebliche Einsparungen von in der Summe ca. 11% (gegenüber der Baseline) zu verzeichnen waren und es zu Prämienauszahlungen in großem Umfang kam, die 2011 im Durchschnitt einen Anteil von ca. 6,5% an den Energiekosten der Fachbereiche/Einrichtungen betragen.

Tabelle 6: Beispiel Prämiensystem der FU Berlin: ausgezahlte Einsparprämien und Einsparerfolge

Quelle: HIS 2012, S. 50²⁰

Fachbereich / Zentralinstitut	Prämie 2011	Einsparung 2011 gegenüber Baseline
Biologie, Chemie, Pharmazie	270.162,00 €	14%
Physik	59.206,00 €	14%
Politik- und Sozialwissenschaften	4.461,00 €	7%
Geschichts- und Kulturwissenschaften	14.806,00 €	12%
Wirtschaftswissenschaft	11.765,00 €	12%
Rechtswissenschaft	6.602,00 €	8%
Philosophie und Geisteswissenschaften	16.328,00 €	8%
Erziehungswissenschaft und Psychologie	8.218,00 €	12%
Mathematik und Informatik	4.107,00 €	3%
Geowissenschaften	4.573,00 €	1%
ZI Osteuropa-Institut	1.684,00 €	9%
ZI Lateinamerikainstitut	1.365,00 €	14%
ZI JFK Nordamerikastudien	247,00 €	1%
Summe (gewichtetes Mittel)		11%

Die Ergebnisse und Erfahrungen anderer Universitäten sind unserer Sicht auch auf die Philipps-Universität Marburg übertragbar. Insofern ist davon auszugehen dass durch entsprechende Anreize Energieeinsparungen von ca. 10% erreichbar sind. Bezogen auf die aktuell „genutzte Energie“ (siehe Kapitel 4) würde das ein Einsparpotenzial von jährlich ca. 8.000 MWh Wärmenergie bzw. ca. 4.000 MWh Strom bedeuten.

In der Praxis werden die Potenziale aus den Handlungsansätzen

- Energiecontrolling
- Betriebsoptimierung technischer Anlagen / Umsetzung nicht- bzw. geringinvestiver Maßnahmen
- Einbeziehung der Nutzer über Wettbewerbe und dauerhafte Anreize

nicht vollständig bzw. nicht additiv umsetzbar sein, also nicht ca. 25% der genutzten Energie betragen. Darüber hinaus sind Überschneidungen zur Betrachtung der „gebäude- und nutzungsbezogenen Einsparpotenziale“ (siehe Kapitel 9) vorhanden.

Vor diesem Hintergrund und im Hinblick auf die Erfahrungen von Städten wie Frankfurt oder Stuttgart, die bereits seit langem und intensiv ein „Energiemanagement“ betreiben,

²⁰ Einsparerfolge: eigene Berechnungen auf Grundlage HIS 2012

erscheint aber ein Einsparpotenzial von bis zu 15% - zusätzlich zu den o.g. „gebäude- und nutzungsbezogenen“ Potenzialen - für die Philipps-Universität Marburg realistisch. Bezogen auf die aktuell „genutzte Energie“ (siehe Kapitel 4) würde das ein Einsparpotenzial von jährlich ca. 12.000 MWh Wärmeenergie bzw. ca. 6.000 MWh Strom bedeuten.

10.3 Ausbau der Photovoltaik

10.3.1 Exemplarische Betrachtung Biegenstraße 12

Auf Grund der Nutzungsart des Gebäudes in der Biegenstraße 12 entfällt der Großteil des Stromverbrauchs auf den Zeitraum tagsüber in dem verhältnismäßig eine intensive Sonneneinstrahlung vorhanden ist. Die Nutzung der Solarstrahlung durch eine PV-Anlage ist hier also mit einem besonders hohen Direktstromanteil zu erwarten. Im Wesentlichen gilt, je höher der Direktstromanteil, also der vor Ort erzeugte und direkt im Gebäude verbrauchte Strom, desto wirtschaftlicher lässt sich eine PV-Anlage betreiben. Zur Potenzialermittlung wurde der PV-Stromertrag in einem Jahr exemplarisch für das Verwaltungsgebäude Biegenstraße 12 modelliert. Die zugrunde gelegte Fläche für die Installation von PV-Modulen ist der statischen Berechnung des Ingenieurbüros Dr. Böttcher von April 2017 entnommen. Die PV-Module können auf einer Fläche von insgesamt rund 300 m² mit einer Dachneigung von 8° Richtung Südwesten angebracht werden. In der folgenden Abbildung 40 ist diese Fläche dargestellt.

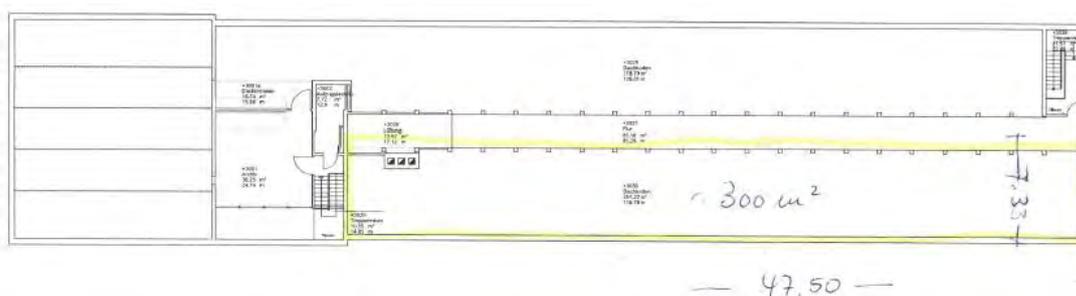


Abbildung 40 Grundriss des Dachs, Lage und Fläche der PV-Anlage „Biegenstraße 12“
Quelle: Ingenieurbüro Dr. Böttcher

Das Solarkataster Hessen (<https://www.energieland.hessen.de/solar-kataster>) ermöglicht die gebäudescharfe Erstabschätzung von Dachflächen zur Nutzung von Photovoltaik und bewertet die identifizierte Dachfläche der Biegenstraße 12 als „geeignet“ (Abbildung 41).

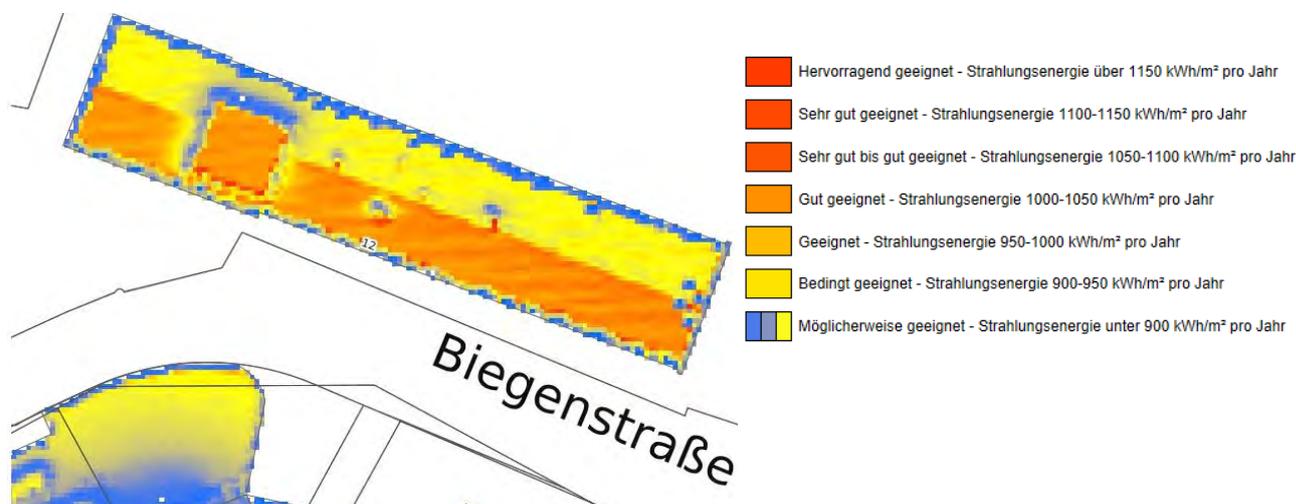


Abbildung 41 Analyse des Solarkatasters Hessen

Ziel der Modellierung des PV-Ertrags ist eine Aussage von PV-Stromeigennutzung und Fremdstrombedarf im Gebäude zu erhalten, welche über die reine bilanzielle Deckung hinausgeht. Eine zeitliche Auflösung des Stromertrags und gleichzeitig des Stromverbrauchs simuliert so den Betrieb der Anlage über ein Jahr. Der Stromverbrauch der Biegenstraße 12 wurden für das Jahr 2017 viertelstündlich gemessen und diese Lastprofil der folgenden Berechnung zugrunde gelegt. So können Anlagengrößen modelliert werden und anschließend Wirtschaftlichkeitsabschätzungen getroffen werden.

Die Simulation der PV-Stromerzeugung basiert auf der Berechnung des Sonnenstandes nach DIN 5034. Der berechnete Sonnenstand ist anschließend die Basis für den möglichen PV-Ertrag am Standort (Abbildung 42).

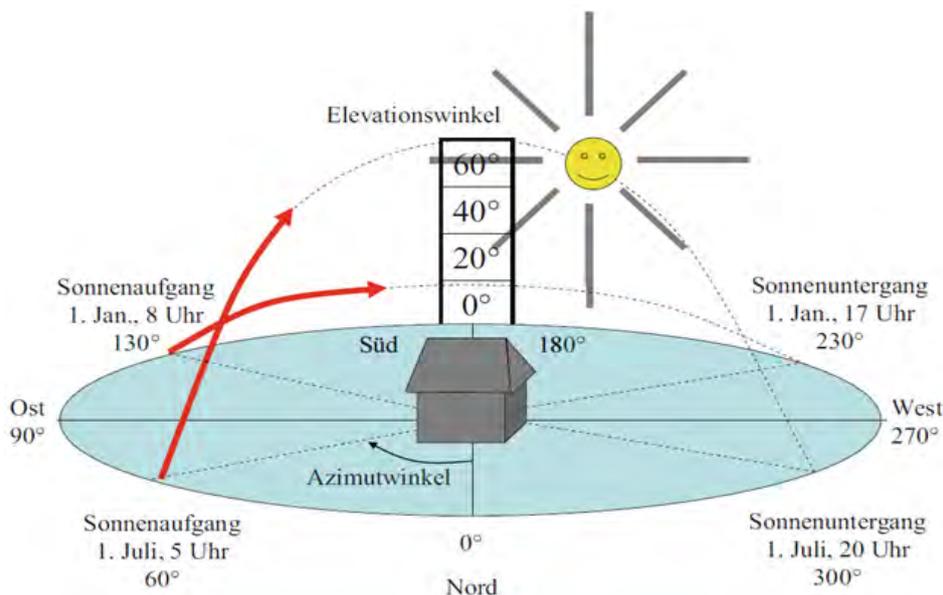


Abbildung 42 Sonnenstand in Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeit (Watter 2015)

Dabei wird zunächst die stündlich zu Verfügung stehende Strahlung der Sonne durch die ortsspezifischen Einstrahlungsdaten ermittelt. Diese in indirekte und diffuse Strahlung unterteilten Strahlungsdaten werden vom Deutschen Wetterdienst ortsspezifisch bereitgestellt (DWD 2017). Die Differenz von Stromverbrauch und PV-Stromerzeugung gibt direkt Aufschluss über den Anteil von Direktstromnutzung und Reststrombezug aus dem Netz und damit auf die Wirtschaftlichkeit des Projekts.

Die Berechnungen ergaben, dass auf der in Abbildung 40 dargestellten Dachfläche etwa 184 Module mit einer Leistung von insgesamt rund $51 \text{ kW}_{\text{peak}}$ installiert werden können. Dabei handelt es sich um eine erste Annäherung, die je nach Modul-Typ und Installation auf dem Dach in einem gewissen Rahmen abweichen kann.

In den folgenden Abbildung 43 und Abbildung 44 ist der gemessene Lastgang und die modellierte PV-Stromerzeugung der Biegenstraße 12 in einer Woche im Januar und Juli dargestellt.

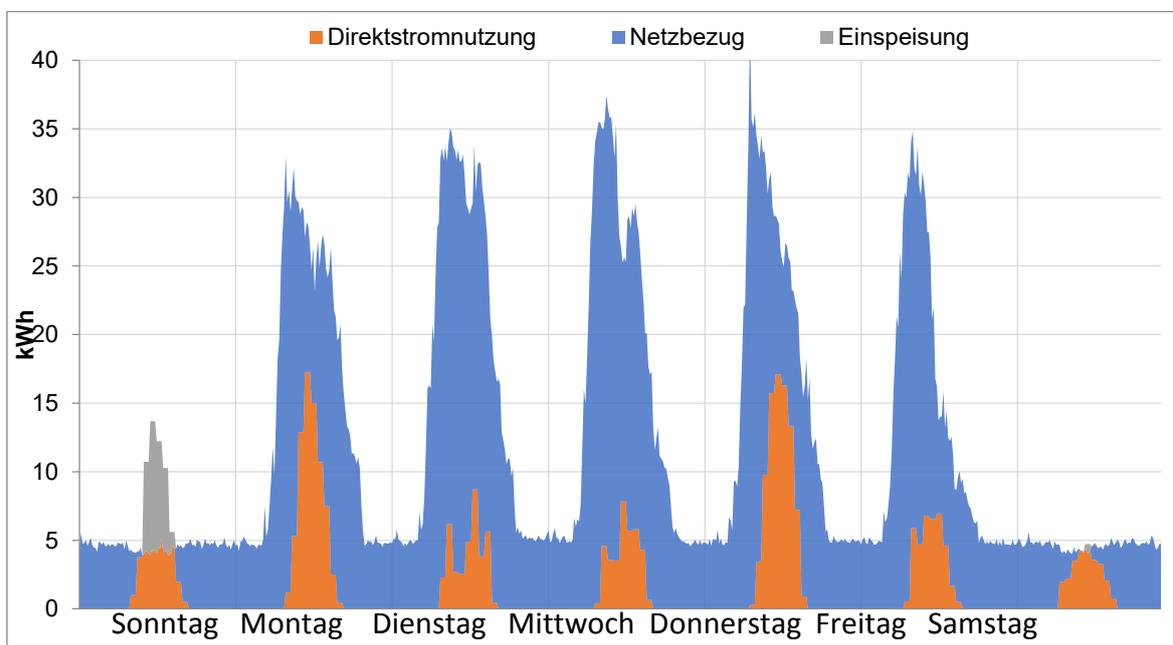


Abbildung 43 Darstellung der PV-Modellierung in einer Woche im Januar

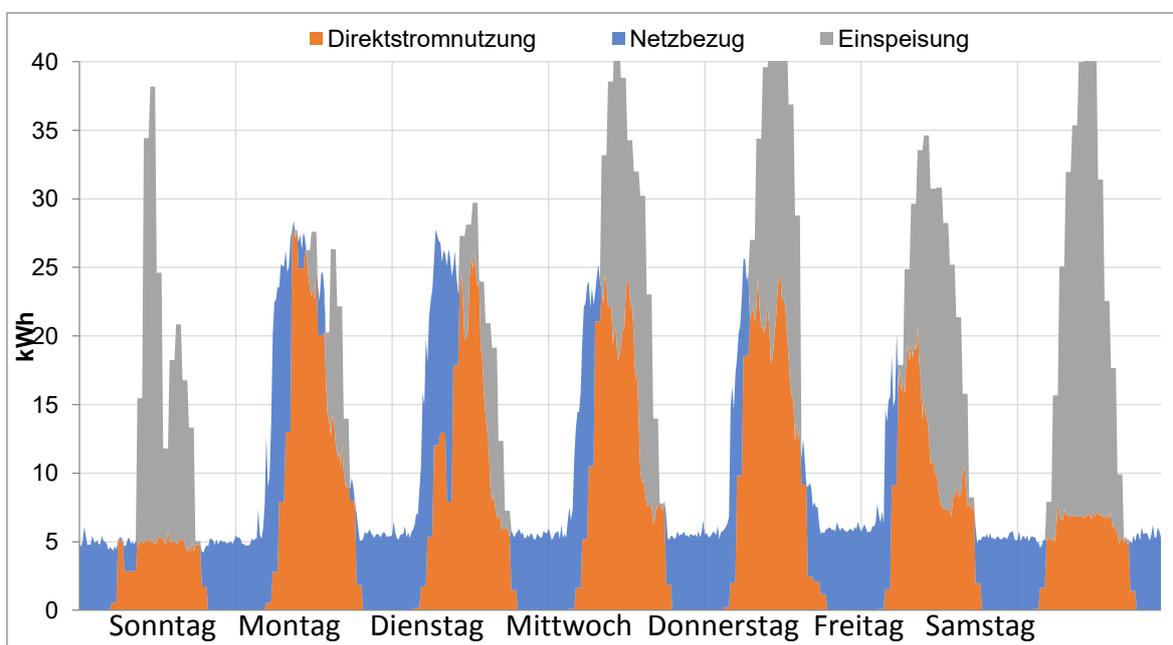


Abbildung 44 Darstellung der PV-Modellierung in einer Woche im Juli

In Zeiten, in denen sich Stromverbrauch im Gebäude mit PV-Stromproduktion decken (orange), wird der PV- Strom direkt im Gebäude genutzt (Direktstromnutzung im Gebäude). Übersteigt der Stromverbrauch die Erzeugung (blau), beispielsweise in den Morgen- und Abendstunden, muss zusätzlicher Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen werden.

Übersteigt die Erzeugung den Stromverbrauch im Gebäude (grau) wird überschüssige Strom in die Sammelschiene der Philipps-Universität Marburg eingespeist und in benachbarten Gebäuden verbraucht. Diese ermittelten anteiligen Stromverbräuche über ein ganzes Jahr aufsummiert sind in Abbildung 45 grafisch dargestellt.

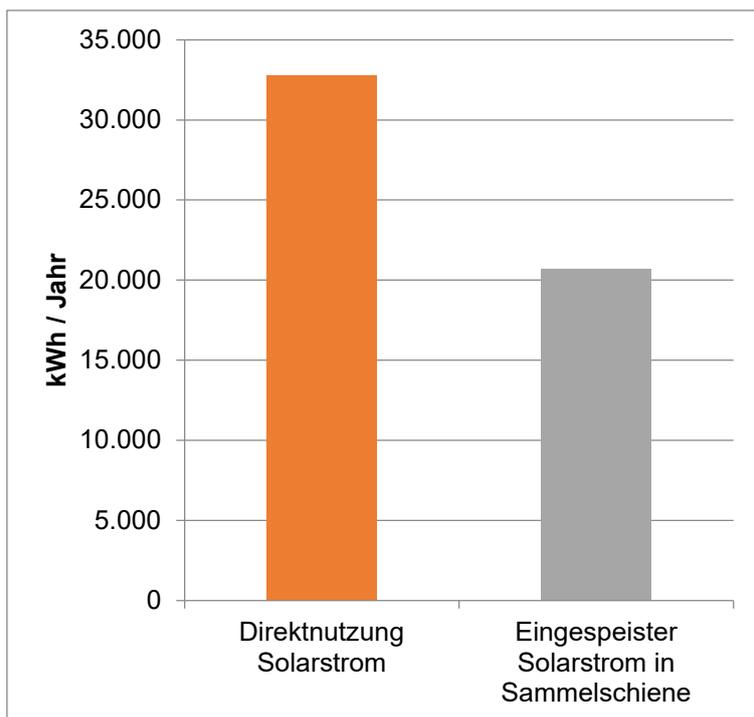


Abbildung 45 Ergebnisse der PV-Modellierung der Biegenstraße 12 der Universität Marburg

Über 60 Prozent des erzeugten Solarstroms kann in der Biegenstraße 12 direkt vor Ort genutzt werden. Etwa 20.700 kWh werden in das Netz der Universität eingespeist und in den direkt benachbarten Hochschulgebäuden selbst verbraucht. Eine Einspeisung in das vorgelagerte Netz findet zu keinem Zeitpunkt statt.

Um die Kosten der Stromerzeugung der dimensionierten PV-Anlage zu berechnen wird sich der Annuitätenmethode nach VDI 2067 bedient (VDI Richtlinie 2012). Die Stromerzeugungskosten der PV-Anlage ergeben sich aus der Summe der Annuitäten dividiert durch die erzeugte Strommenge in einem Jahr. Die Summe der Annuitäten berücksichtigen folgende Positionen (Tabelle 7).

Tabelle 7 Übersicht über die berücksichtigten Kostenpositionen der Stromerzeugungskosten der PV-Anlage

Einmalige Investitionen	variable Kosten / Betriebskosten
<ul style="list-style-type: none"> • Systempreis PV-Anlage (Module, Wechselrichter, Montage und Installation) • Zweirichtungszähler • (Externe) Planungskosten & Sonstiges 	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebskosten (Wartung, Instandhaltung, Versicherungen etc.) • Anteilige EEG-Umlage

Die Analyse der Biegenstraße 12 ergab, dass der in einer 51 kW_{peak} Anlage erzeugte Solarstrom über ein Jahr betrachtet komplett direkt in den eigenen Gebäuden genutzt werden kann. Durch die direkte Nutzung des erzeugten PV-Stroms vor Ort wird teurer Netzstrom durch im Verhältnis dazu günstigem Solarstrom substituiert. Die zugrunde gelegten Parameter für die Annuitätenberechnung sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8 Zugrunde gelegte Eingangsparameter der Annuitätenberechnung

Eingangsparameter	
Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Kalkulationszinssatz	0,75 %
Allgemeine Preissteigerung	2 %
Netzstrompreis für die Universität	19,3 ct / kWh
Anteilige EEG-Umlage für PV-Eigenstromnutzung	2,72 ct / kWh

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Ertrags- und Wirtschaftlichkeitsrechnung einer Solaranlage auf dem Dach des Gebäudes Biegenstraße 12 dargestellt.

Tabelle 9 Ergebnisse der Ertrags- und Wirtschaftlichkeitsrechnung einer Solaranlage auf dem Dach des Gebäudes Biegenstraße 12

Technische Kenndaten		
Anzahl Module	184	Stück
Anlagenleistung	51	kW _{peak}
Energetische Analyseergebnisse		
Stromverbrauch im Jahr	93.300	kWh
PV-Stromerzeugung im Jahr	53.500	kWh
Bilanzielle Deckung	ca. 57%	
... davon Direktstromnutzung im Gebäude	32.800	kWh
... davon Direktstromnutzung in Nachbargebäuden	20.700	kWh
Vermeidung CO ₂ -Emissionen		
gegenüber „Ökostrom“ gem. CO ₂ -Bilanz der hessischen Hochschulen (0,0391 kg CO ₂ /kWh)	-	t / a
gegenüber D-Mix (0,605 kg CO ₂ /kWh)	30	t / a
Wirtschaftlichkeit		
PV-Stromgestehungskosten	6,7	ct / kWh
Annuität (Abschreibung und Betrieb der Anlage)	3.570	€ / a
Vermiedene Strombezugskosten	10.325	€ / a
Jährlicher Beitrag zur Senkung der Energiekosten (Vermiedene Strombezugskosten abzüglich Annuität Anlage u. Abgaben)	5.300	€ / a

In der Abschlussdokumentation des Photovoltaik-Katasters für hessische Hochschulen ist das Gebäude der Biegenstraße 12 ebenfalls als ausgewählter Standort analysiert (Klärle o.J.). Die (relativ geringen) Unterschiede in den Ergebnissen dort und in diesem Konzept sind im Wesentlichen auf die unterschiedlichen Annahmen der Berechnung zurückzuführen. Bei der Berechnung des Photovoltaik-Katasters für hessische Hochschulen ist die Fläche der PV-Anlage mit 230 m² geringer, der zugrunde gelegte Netzstrompreis dagegen höher angenommen. Gegenüber dem zugrunde gelegten gemessenen Lastgang in diesem Konzept wurde in den Berechnungen des Solarkatasters nur ein Standardlastprofil verwendet, was zudem ein Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse ist.

10.3.2 Übertragung der Ergebnisse auf die Philipps-Universität Marburg

Vom Energiemanagement der Philipps-Universität Marburg wurde eine Abschätzung der für PV-Anlagen nutzbaren Dachflächen vorgenommen. Dabei wurden nur solche Flächen berücksichtigt, die aus statischer Sicht, vom Baualter und Zustand des Daches her geeignet und nicht durch Dachgauben oder sonstige Dachaufbauten in ihrer Eignung eingeschränkt sind. Demnach stehen zusätzlich zu den bereits installierten Anlagen auf Dachflächen noch ca. 16.500 m² für eine PV-Nutzung zur Verfügung, auf denen PV-Anlagen mit einer Leistung von ca. 2.800 kW_{peak} installiert werden könnten.

Dieses Fallbeispiel zeigt, dass eine Nutzung des vorhandene PV-Potenzials auf den Dächern der Philipps-Universität Marburg sowohl aus energetischer als auch wirtschaftlicher Sicht hoch attraktiv ist. Unter der Annahme, dass die Ergebnisse der Beispielrechnung auf das gesamte vorhandene „nutzbare“ Dachflächenpotenzial (s.o.) übertragen werden können, ergibt sich der folgende potenzielle Beitrag.

Tabelle 10: Potenzieller Beitrag der PV-Eigenstromerzeugung an der Philipps-Universität Marburg

Energetische Analyseergebnisse		
Zusätzliche PV-Stromerzeugung im Jahr	2.380.000	kWh / a
Vermeidung CO₂-Emissionen		
gegenüber „Ökostrom“ gem. CO ₂ -Bilanz der hessischen Hochschulen (0,0391 kg CO ₂ /kWh)	-	t / a
gegenüber D-Mix (0,605 kg CO ₂ /kWh)	1.635	t / a
Wirtschaftlichkeit		
Vermiedene Strombezugskosten	567.930	€ / a
Jährlicher Beitrag zur Senkung der Energiekosten (Vermiedene Strombezugskosten abzüglich Annuität Anlage)	292.000	€ / a

10.4 Mittel- und langfristige Perspektiven

10.4.1 Erneuerbare Energien zur (Fern-)Wärmeversorgung Lahnberge

Zurzeit läuft der Umbau des Uni-eigenen Heizwerks auf den Lahnbergen mit Ergänzung einer Biomasseanlage. Dadurch wird die Wärmeversorgung auf den Lahnbergen zukünftig zu ca. 80% auf der Basis erneuerbarer Energien erzeugt (siehe dazu Kapitel 6.2.2). Damit wird ein großer Schritt zur Senkung der CO₂-Emissionen im Wärmesektor der Philipps-Universität Marburg gegangen.

Dass darüber hinaus Optimierungspotenziale bei der Fernwärmeversorgung auf den Lahnbergen vorhanden sind, wurde im Kapitel 10.1.2 aufgezeigt. Dabei geht es sowohl um die generelle Absenkung der Betriebstemperaturen als auch um die Optimierung von Umlaufmengen und Temperaturvariabilität des Netzes. Hier könnte solare Energie wie folgt einen Beitrag leisten. In den Sommermonaten wird ein großer Teil der Fernwärme zur Erzeugung von Kälte in Adsorptionsanlagen eingesetzt. In den Monaten Juni bis September 2016 betrug dieser Anteil im Durchschnitt ca. 60% des Fernwärmeeinsatzes in den Gebäuden. Durch den Einsatz von Solarenergie zur Kälteerzeugung auf den Lahnbergen, entweder über PV-Stromerzeugung und den Einsatz Kompressionskältemaschinen oder über Solarthermie zur Netzunterstützung oder in dezentralen, gebäudebezogenen Anlagen, könnten die Maßnahmen zur Optimierung der Fernwärmeversorgung der Lahnberge unterstützt werden. Eine belastbare Quantifizierung dieses weitergehenden Potenzials ist im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes nicht zu leisten. Das sollte im Rahmen einer vertiefenden Studie erfolgen.

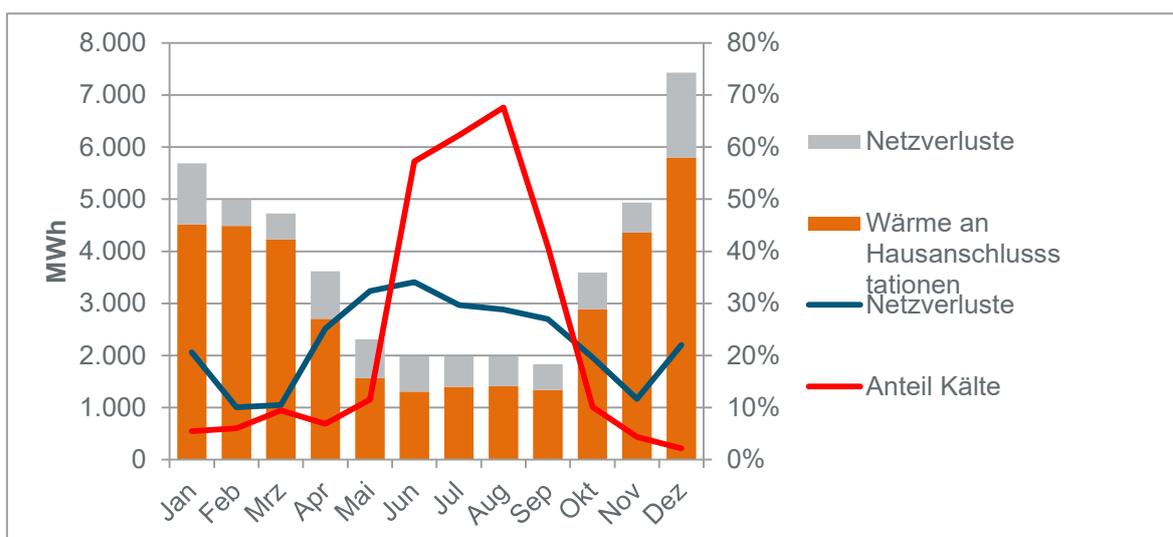


Abbildung 46: Detailbetrachtung Fernwärmenetz Lahnberge für das Jahr 2016

10.4.2 Teilzentrale, hybride Versorgungssysteme

Die Energieverbrauchsstruktur der Philipps-Universität Marburg ist – insbesondere auf den Lahnbergen - durch einen hohen Stromverbrauch und eine hohe Kühllast gekennzeichnet. Hier bieten sich grundsätzliche Versorgungsalternativen im Sinne dezentraler bzw. teilzentraler Systeme und einer gekoppelten Erzeugung von Wärme- und Strom, ggf. auch unter Einbeziehung von Geothermie an.

Bezogen auf den erforderlichen Endenergieeinsatz ist das ein hybrides System durch die KWK-Anteile und die Nutzung der Geothermie deutlich effizienter als die aktuelle Energieversorgung an der Philipps-Universität Marburg. Insofern wäre zu untersuchen, welche Potenziale (wirtschaftlich und hinsichtlich des Klimaschutzes) durch eine teilzentrale oder dezentrale Versorgung unter Einbeziehung von KWK, Speicherung und ggf. Geothermie erschlossen werden könnten.

Dabei sind die folgenden Restriktionen in die Betrachtung einzubeziehen:

- Hinsichtlich der Nutzung oberflächennaher Erdwärme sind die Voraussetzungen in Marburg insgesamt eher ungünstig. Die HLNUG stuft die Standorte der Philipps-Universität Marburg bestenfalls als „hydrogeologisch ungünstig“, tlw. auch als „wasserwirtschaftlich ungünstig“ ein (HLNUG).

Darüber hinaus haben Untersuchungen der Philipps-Universität Marburg im Lahntal eine vergleichsweise hohe Grundwassertemperatur und hohe Fließgeschwindigkeiten ergeben. Im Lahntal ist also eine Nutzung des „flachen“ Untergrundes (bis 100 m) als geothermischer Speicher (Wärmenutzung im Winter / Kältenutzung im Sommer) nicht möglich. Ob sich durch die Nutzung der mitteltiefen Geothermie (bis ca. 800 m Tiefe) weitergehende Möglichkeiten ergeben, wäre zu untersuchen. Dazu gibt das Kartenwerk der HLNUG keine Auskünfte.

- Im Lahntal sind die vertraglichen Vereinbarungen mit den Stadtwerken zum Fernwärmeanschluss zu beachten. Diese ermöglichen eine klimafreundliche Fernwärmeversorgung (siehe Kapitel 10.1.1), machen aber den Einsatz von Geothermie über Wärmepumpen zurzeit unwirtschaftlich.
- Zumindest aktuell sind die förder- und abgaberechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz von KWK-Anlagen ungünstig und gestalten den Einsatz von BHKW zur Eigenstromerzeugung aus wirtschaftlicher Sicht problematisch.

Insgesamt sind Überlegungen zu teilzentralen, hybriden Versorgungssystemen vor dem Hintergrund der aktuellen Umstellung der Fernwärme auf den Lahnbergen und der Optimierung der Fernwärmeversorgung im Lahntal, keine kurzfristige Option. Gleichwohl sollten sie in perspektivische Überlegungen zur Optimierung der Energieversorgungsstruktur der Philipps-Universität Marburg einbezogen werden.

10.4.3 Windkraftanlagen

Neben der Photovoltaik ist grundsätzlich auch die Nutzung der Windenergie zur Stromerzeugung – insbesondere am Standort Lahnberge - denkbar. Aus planungsrechtlichen Gründen sind größere (raumbedeutsame) Windkraftanlagen auf den Flächen der Universität nicht genehmigungsfähig. Gemäß aktuellem Teilregionalplan Mittelhessen betrifft das regelmäßig Anlagen mit einer Gesamthöhe von mehr als 50m.

Gleichwohl sollte untersucht werden, ob und inwieweit kleinere (nicht raumbedeutsame Anlagen) einen auch wirtschaftlich sinnvollen Beitrag zur Stromeigenversorgung auf Grundlage erneuerbarer Energien für die Philipps-Universität Marburg leisten kann. Eine belastbare Abschätzung der Windkraftpotenziale ist im Rahmen dieses Klimaschutzkonzeptes nicht leistbar.

11 Reduktionspotenziale Mobilität und Verkehr

Die Reduktionspotenziale für den Verkehrssektor können aufgrund der schlechten Datelage nur grob abgeschätzt werden. Emissionen entstehen durch die Beschäftigten sowohl auf dienstlichen als auch auf Arbeitswegen. Weiterhin entstehen Emissionen durch die Wege der Studierenden sowie Wege von Kunden und Lieferanten. Für die Wege von Studierenden liegen lediglich Angaben zu zurückgelegten Wegen und zur Verkehrsmittelwahl aus einer Befragung aus dem Jahr 2011 vor (Uni Marburg 2011); die Rücklaufquote unter Studierenden lag bei 75 Prozent, unter den Beschäftigten bei 50 Prozent.

Für die dienstlichen Wege beträgt die Jahresfahrleistung der Dienstfahrzeuge rund 600.000 Kilometer. Mit dem Flugzeug werden jährlich rund 6 Millionen Kilometer zurückgelegt. Zur Nutzung des Öffentlichen Verkehrs und von dienstlich genutzten Privat-Pkw liegen keine Daten vor. Es ist davon auszugehen, dass durch das Anfang 2018 eingeführte Jobticket für Landesbedienstete die Nutzung des Privat-Pkw für Dienstfahrten zurückgehen wird bzw. bereits zurückgegangen ist. Es wird angenommen, dass mit der Umsetzung der in diesem Konzept empfohlenen Maßnahmen und durch die Einführung des Jobtickets für Landesbedienstete der dienstliche Pkw-Verkehr um 30 bis 40 Prozent verringert werden kann.

Die hochschulbezogenen Wege der Studierenden werden (nach o.g. Studie) überwiegend mit dem ÖPNV (45%), zu Fuß (36%) oder mit dem Fahrrad (12%) zurückgelegt. Nur rund 6% der Wege werden mit dem Auto zurückgelegt. Aufgrund dieser geringen Bedeutung des Autos ist das Einsparpotenzial bei den Studierenden sehr gering. Bei den Beschäftigten hingegen ist das Auto das dominierende Verkehrsmittel (41% der universitären Wege werden damit zurückgelegt). Im Falle, dass die in diesem Konzept empfohlenen Maßnahmen konsequent umgesetzt werden und zusätzliche Anstrengungen von der Stadt Marburg unternommen werden²¹, ist hier theoretisch ein hohes Reduktionspotenzial vorhanden; es wird hier von einer Reduktion um ca. 50% der Pkw-Alleinfahrten ausgegangen. Diese Reduktion kann auch deshalb so hoch ausfallen, weil die Arbeitswege der Beschäftigten zu einem großen Teil kurz sind und weil bei einer deutlichen Verbesserung der Anbindung der Lahnberge mit Fahrrad und ÖPNV ein hohes Umstiegs Potenzial vorhanden ist.

Obwohl die o.g. Einsparpotenziale im Bereich „Mobilität und Verkehr“ aufgrund der Methodik der Energie- und CO₂-Bilanz überwiegend nicht zu Buche schlagen (siehe dazu. Kapitel 4) sollte aus übergeordneten Erwägungen auch an der Philipps-Universität Marburg verstärkte Anstrengungen zur Hebung dieser Potenziale unternommen werden.

²¹ Aufgrund der dauerhaften Überschreitung von Luftschadstoffgrenzwerten ist die Stadt Marburg verpflichtet, Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität zu unternehmen. Diese werden auch und vor allem verkehrlicher Art sein.

12 Zusammenfassung der Potenzialanalyse

In der folgenden Tabelle sind die aktuell erkenn- und bezifferbaren Potenziale für den Klimaschutz durch Energieeinsparung bzw. den Einsatz erneuerbarer Energien und Effizienztechnologien an der Philipps-Universität Marburg in einer Übersicht zusammengestellt. Dabei wird die in Realisierung befindliche Umstellung der Fernwärmeerzeugung Lahnberge auf überwiegende Biomasse der Vollständigkeit halber (und als wichtiger Parameter für die zukünftige CO₂-Minderung im Wärmebereich) mit aufgeführt.

Tabelle 11: Übersicht über die aktuell erkennbaren und bezifferbaren Potenziale für den Klimaschutz an der Philipps-Universität Marburg

Handlungsfeld	Erläuterung	Einsparung "genutzte Energie" bis zu		jährliche CO ₂ - Minderung (CO ₂ -Äquivalente, bis zu) [t/a]	
		Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]	bei aktuel- len Emis- sions- faktoren	nach Optimie- rung FW- Versorgung
Gebäude und nut- zungsbedingte Energie- Einsparpotenziale	motiviert + WRG	-11.350	-40.000	-11.840	-4.240
	moderat (bei Strom: nur Beleuchtung)	-2.900	-6.000	-1.820	-680
Energiemanagement (incl. Betriebsoptimierung, gering-/mittelinvestive Maßnahmen, Einbindung Nutzer)	Ausgehend vom aktuellen Ver- brauch; die Einsparung verringert sich, wenn die Maß- nahmen zur energetischen Sanierung der Gebäude oder andere verbrauchssenkende Maßnahmen greifen.	-6.000	-12.000	-3.650	-1.370
Optimierung Fern- wärme Lahntal	Senkung des Primärenergiefaktors und der spezifischen CO ₂ - Emissionen der erzeugten Wärme			-5.260	
	Verminderung Netzverluste		-730		
Optimierung Fern- wärmenetz Lahn- berge	Senkung des Primärenergiefaktors und der spezifischen CO ₂ - Emissionen der erzeugten Wärme			-9.600	
	Verminderung Netzverluste		-4.700		
Ersatz "Kälte aus Wärme"	Einsparung Fernwärme und Sub- stitution durch effiziente dezentrale Kälteerzeugung Annahme: Kompressionskälte und Einsatz Ökostrom	750	-3.270	-930	-240
				gegen- über D-Mix	gegenüber "Ökostrom"
Ausbau der PV	Substitution Netzbezug	-2.380		-1.440	0

Die Einsparpotenziale und insbesondere die CO₂-Minderung der einzelnen Maßnahmen beeinflussen sich gegenseitig. Insofern können die Effekte nicht einfach summiert werden. Eine szenarienhafte Darstellung möglicher Entwicklungspfade des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen der Philipps-Universität Marburg erfolgt im nächsten Kapitel.

13 Szenarien zur Entwicklung der CO₂-Emissionen

Mit den Szenarien soll die längerfristige mögliche Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen betrachtet werden. Diese werden durch ganz unterschiedliche Faktoren beeinflusst, wie z.B. die Sanierungsquote und Sanierungstiefe der Bestandsgebäude inklusive der Optimierung der dort zum Einsatz kommenden Gebäudetechnik (RLT, Kälte), der Nutzung und der Optimierung der Nutzungsprozesse, der externen Wärmeversorgung und des dazu eingesetzten Energie-Mixes, sowie der Stromerzeugung.

Beim Aufbau der Szenarien wird zweistufig vorgegangen:

Stufe 1: gebäudebezogene Entwicklungen.

Dabei werden unterschiedliche Aktivitäten zur energetischen Sanierung des Gebäudebestands – aufbauend auf den Analysen zu den nutzungsbedingten Einsparpotenzialen – unterstellt. Die Systemgrenze ist dabei das jeweilige Einzelgebäude bzw. die Summe der Einzelgebäude wie folgt:

- Wärme: Betrachtet wird hier ab Gebäudegrenze bzw. ab Übergabestation der jährliche Endenergieverbrauch zur Wärmeerzeugung im Gebäudebestand der Philipps-Universität Marburg).
- Strom: Betrachtet wird hier ab Gebäudegrenze bzw. ab Zähler der im Gebäude stattfindende Stromverbrauch. Enthalten und nicht dem Wärmeverbrauch zugeordnet ist hierin auch jener eher kleine Anteil am Strom, welcher im Gebäude zur Wärmeerzeugung (z.B. zur Warmwassererzeugung) dient.

Nicht betrachtet in den Szenarien werden das leerstehende Gebäude 3070 (Altbau Chemie) aus den zuvor bereits genannten Gründen, sowie der Verbrauch des Fernheizwerks (Gebäude 3090). Für den Gebäudebestand werden getrennt nach Wärmeverbrauch und Stromverbrauch ein Trend- und ein Aktivszenario entwickelt. Dieses umfasst zunächst nur den Endenergieverbrauch.

Stufe 2: Erschließung der sonstigen Potenziale

Aufbauend auf den Ergebnissen der Stufe 2 werden unterschiedliche Aktivitäten zur Nutzung der „sonstigen Potenziale“ (gem. Kapitel 10) betrachtet.

Zur Differenzierung unterschiedlicher Entwicklungspfade werden dabei ein Trend- und Aktivszenario aufgebaut. Als Zeithorizont für die Berechnung der Szenarien wurden die Jahre 2015 bis 2030 betrachtet.

13.1 Annahmen

13.1.1 Erschließung der gebäudebezogenen Potenziale

Trendszenario Wärme:

Im Trendszenario werden im Wesentlichen die bereits geplanten und angedachten Sanierungen im Gebäudebestand berücksichtigt. Dem Trendszenario liegen folgende Informationen des AG zugrunde, wonach:

- bis zum Jahre 2030 energetischen Sanierungen von 9 Bestandsgebäuden im Rahmen des COME-Programmes in Hessen geplant sind ²²
- Maßnahmen an 10 weiteren Gebäuden (inhaltlich nicht genauer spezifiziert) durchgeführt werden sollen,
- bis zum Jahr 2025 in 4 Gebäuden Umnutzungen geplant sind, welche mit einer Verringerung des Installationsgrades dieser Gebäude einhergehen.

Die genannten Maßnahmen verteilen sich sehr unterschiedlich auf die 4 betrachteten Gebäudegruppen. Weiterhin waren Maßnahmen für die Jahre 2025 bis 2030 unterrepräsentiert und es ist davon auszugehen, dass durch evtl. weitere Programme Gelder bereitgestellt werden könnten. Deswegen wurden für diese Jahre für 4 weitere Gebäude moderate energetische Sanierungsmaßnahmen angenommen, mit dem Effekt, dass die sich ergebenden unterschiedlichen Sanierungsquoten in den 4 Gebäudegruppen etwas ausgeglichener sind.

Die für das Trendszenario berücksichtigten Gebäude, evtl. Zuordnung zum COME-Programm, geplante oder angenommene Maßnahme, Sanierungszeitraum und Größe der erwarteten Energieeinsparungen sind beispielhaft in Tabelle 12 für die nicht hoch technisierten Einzeldenkmale im Bestand dargestellt. Bis zum Jahr 2030 werden hier im Mittel je Jahr ca. 2,3% der zu dieser Gruppe gehörenden Gebäude saniert. Der Flächenanteil liegt sogar bei 4,6 % pro Jahr. Es erfolgt somit eine Sanierung in ca. 50 % der vorhandenen Bestandsfläche dieser Gebäudegruppe. Wird flächenmäßig dieser hohe Sanierungsanteil

²² hierzu wurden vom AG die erzielbare Einsparungen sowohl für Wärme als auch für Strom, bereitgestellt und der Szenarienrechnung zugrunde gelegt

fortgeführt, sind vor dem Jahre 2050 alle Gebäude saniert, wenn auch manche nur in Teilen (Einzelmaßnahmen).

Tabelle 12: Beispielhafte Darstellung der für das Trendszenario herangezogenen Annahmen

Gebäude- nummer	Adresse	Sanierungs- programm	Maßnahmen (teils Annahmen)	Zeitraum	Einsparungen Wärme [kWh/a]	Einsparungen Strom [kWh/a]
2121	U 09 Barfüßerstraße 1a, Institutsgebäude		Gebäudehülle, moderat,	2020 - 2024	ca. 13%	Beleuchtung 7,1kWh/m ²
3031	Karl-von-Frisch-Straße 6, Gewächshaus	COME	Glaseindeckung und RLT, MSR, Heizung	vor 2020	620.400	10.000
3032	Karl-von-Frisch-Straße 6, Geräte-, Gewächs-, Schauhausaal	COME	Glaseindeckung und RLT, MSR, Heizung	2020 - 2024	478.200	18.750
2340	B 10 Biegenstraße 9, Institutsgebäude		Gebäudehülle, moderat + Wärmerückgewinnung	vor 2020	ca. 13% + ca. 73% Wärme aus Abluft	Beleuchtung 7,1kWh/m ²
2550	F 14 Deutschhausstraße 12, Institutsgebäude	COME	Dämmung Dach und oberste Geschossdecke, Fenstertausch	2020 - 2024	146301	0
3010	K 02 Karl-von-Frisch-Straße 4, Institutsgebäude		Moderate Sanierungs- maßnahmen	2025 - 2029	ca. 13%	Beleuchtung 7,1kWh/m ²
2010	G 01 Gutenbergstraße 18, Institutsgebäude	COME	Fenstertausch und Ver- besserung Wärmeschutz	2020 - 2024	129.419	0
2350	B 11 Biegenstraße 11, Kunstgebäude		Moderate Sanierungs- maßnahmen	2020 - 2024	ca. 13%	Beleuchtung 7,1kWh/m ²
2370	B 01 Biegenstraße 14, Hörsaalgebäude	COME	Dämmung Kellerdecke, Austausch RLT-Anlagen, LED	2020 - 2024	689.000	78.426
2800	Erlenring 5, Studentenwerk	COME	Dachdämmung, Fassade, Fenster, Lüftung, PV	2020 - 2024	938.463	Verbrauch nicht bekannt -> nicht berücksichtigt
3071	H 05 Hans-Meerwein-Straße 8, Hörsaalgebäude		Wärmerückgewinnung	2025 - 2029	Ca. 73% Wärme aus Abluft	Beleuchtung 7,1kWh/m ²

Trendszenario Strom:

Das Vorgehen ist im Prinzip das gleiche, wie beim Trendszenario Wärme. Es werden bereits berechnete Einsparungen beim Strom bei den sich im COME-Programm befindlichen Gebäuden berücksichtigt. Sind diese Null, bleibt es beim aktuellen Verbrauchswert. Bei den restlichen zur energetischen Sanierung ausgewählten Gebäuden wird zumindest angenommen, dass deren Beleuchtung auf LED-Lampen umgestellt wird (Berechnung mit dem aus den Einzelgebäuden abgeleiteten mittleren Wert der Einsparung je Nettonraumfläche).

Aktivszenario Wärme:

Das Aktivszenario Wärme baut auf dem bis zum Jahr 2030 erstellten Trendszenario Wärme auf. Es gibt hierbei 2 wesentliche Veränderungen gegenüber dem Trendszenario, welche zu deutlich größeren Verbrauchseinsparungen führen:

- a) Bei einzelnen der bisher im Trendszenario berücksichtigten Gebäude wird die energetische Sanierungstiefe erhöht. Sind die durch das COME-Programm oder die restlichen sanierten Gebäude im Trendszenario erreichten Einsparungen eher moderat (z.B. bei den Einzeldenkmalen) wird für die Gebäudehülle eine Einsparung aufgrund der motivierten Maßnahmen berechnet. Weiterhin wird bei jenen Gebäuden, bei welchen eine Optimierung der Wärmerückgewinnung geplant war, mit dem bei den Vergleichsgebäuden 3050 und 3075 ermittelten, mittleren prozentualen Einsparpotenzialen beim Restwärmeverbrauch (Lüftungswärmerückgewinnung im gesamten Gebäude) gerechnet.
- b) Darüber hinaus wird die Sanierungsrate erhöht, indem im Aktivszenario 50 % mehr Gebäude energetisch saniert werden, als im Trendszenario geschehen. Da die Gebäude teils sehr unterschiedliche Flächen und Verbräuche aufweisen, wurde hierzu für jede einzelne Gebäudegruppe mit mittleren Bestandswerten gerechnet. Waren z.B. im Trendszenario bis zum Jahr 2029 insgesamt 11 von 44 Gebäude in der Gebäudegruppe der gering technisierten Einzeldenkmale saniert worden, erhöht sich diese Zahl jetzt um 5,5 (aufgerundet auf 6) Gebäude. Von den bisher 33 unsanierten Gebäuden werden die Energiebezugsfläche und der Verbrauch ermittelt und ein Referenzgebäude mit einer mittleren Nettoraumfläche und einem mittleren Verbrauch (Wärme und Strom) bestimmt. Für 6 solcher, identischer Referenzgebäude im Beispiel wird sodann die energetische Wärmeeinsparung bestimmt. Hierzu wird nun wiederum angenommen, dass die für jede Gebäudegruppe spezifischen motivierten Maßnahmen durchgeführt werden (berücksichtigt über den bestimmten mittleren Einsparfaktor) und im Falle der hoch technisierten Gebäude wird zusätzlich eine Optimierung der Wärmerückgewinnung angenommen, berechnet mit dem bei den Vergleichsgebäuden 3050 und 3075 ermittelten, mittleren prozentualen Einsparpotenzialen beim Restwärmeverbrauch (Lüftungswärmerückgewinnung im gesamten Gebäude).

Im Aktivszenario führt in allen 4 Gebäudegruppen die Erhöhung der Sanierungsrate je nach Gruppe zu einem Anwachsen der sanierten Bestandsfläche um ca. 8 – 12 % bezogen auf den jeweiligen Gesamtbestand. Im Fall der Gruppe der nicht hoch technisierten Einzeldenkmale würden nur ca. 60 % der Bestandsflächen energetischen Sanierungsmaßnahmen unterzogen (im Trendszenario ca. 50 %).

Aktivszenario Strom:

Das Aktivszenario Strom baut auf dem bis zum Jahr 2030 erstellten Trendszenario Strom auf. Es wird nun angenommen, dass auch bei jenen Gebäuden des COME-Programmes, bei welchen zuvor keine Einsparung beim Stromverbrauch erreicht wurde, ein Austausch der bestehenden Beleuchtung gegen LED-Beleuchtung erfolgt. Weiterhin wird angenommen, dass bei den Gebäudegruppen mit geringer Technisierung darüber hinaus als aktives Szenario eine Einsparung von 10 % (gering technisierte Gebäude weisen im großen Teilen des Bestandes u.a. lokal beschränkt raumluftechnische Anlagen und Kälteaggregate auf) und bei den hoch technisierten Gebäuden eine Einsparung von 25% beim Strom erreicht werden kann (Beispiel analysiertes Gebäude 3050, abgeschätztes Einsparpotenzial bei durch Kühlschränke und der Kühlung, der dadurch erzeugten Abwärme, mit ca. 10 % des gesamten Stromverbrauchs, weiterhin Potenziale bei Teilen der Kälteerzeugung, Druckluftherzeugung, Synergien der Nutzung, Aufbau dezentraler, bedarfsgesteuerter RLT-Lösungen, usw.). Fallen die Stromeinsparungen im COME-Programm geringer aus, werden sie durch die beschriebenen aktiveren Einsparbestrebungen ersetzt.

13.1.2 Erschließung der sonstigen Potenziale

Für die Erschließung der sonstigen Potenziale werden bis 2030 folgende Entwicklungen unterstellt:

Handlungsfeld	Trendszenario	Aktivszenario
Energiemanagement (incl. Betriebsoptimierung, gering-/mittelinvestive Maßnahmen, Einbindung Nutzer)	<ul style="list-style-type: none"> Das Energiecontrolling incl. der erforderlichen Zählerstrukturen ist vollständig umgesetzt. Die Potenziale durch Maßnahmen zur Betriebsoptimierung (incl. gering- / mittel-investiver Maßnahmen) werden zu 50 % erschlossen. Maßnahmen zur Einbeziehung der Nutzer (incl. finanzieller Anreize) werden nicht umgesetzt. <p>Insgesamt werden damit 50 % der Einsparpotenziale des Energiemanagements erreicht.</p>	Die Maßnahme wird vollständig umgesetzt.
Umstellung der Fernwärme Lahnberge auf Biomasse	<ul style="list-style-type: none"> Biomasse Heizwerk Lahnberge: Maßnahme umgesetzt 	<ul style="list-style-type: none"> Biomasse Heizwerk Lahnberge: Maßnahme umgesetzt
Optimierung Fernwärme Lahntal	<ul style="list-style-type: none"> Optimierung FW-Versorgung Lahntal umgesetzt 	<ul style="list-style-type: none"> Optimierung FW-Versorgung Lahntal umgesetzt
Optimierung Fernwärmenetz Lahnberge	<ul style="list-style-type: none"> Die Maßnahme ist nicht vollständig umgesetzt. Es wird lediglich eine Beschränkung des Betriebes auf das DN250 Rohrnetz umgesetzt. Dadurch werden die Netzverluste nur geringfügig gesenkt (von ca. 20 % auf ca. 17%). 	<ul style="list-style-type: none"> Die Maßnahme wird vollständig umgesetzt (incl. Absenkung Netztemperatur). Dadurch werden die Netzverluste insgesamt auf 10 bis 12 % reduziert. Es wird unterstellt, dass auf den Lahnbergen die Kälteerzeugung in den Sommermonaten zu 100 % auf Grundlage erneuerbarer Energien (Strom / Solarthermie) erfolgt. Dadurch werden in den in den Sommermonaten, die Umlaufmengen drastisch reduziert.
Ausbau Photovoltaik	<ul style="list-style-type: none"> Bis 2030 sind 50 % des Erzeugungspotenzials erschlossen. 	<ul style="list-style-type: none"> Bis 2030 sind 100 % des Erzeugungspotenzials erschlossen.

13.2 Ergebnisse der Szenarienberechnung

13.2.1 Trendszenario

13.2.1.1 Trendszenario Wärme: Ergebnisse der gebäudebezogenen Szenarienberechnung

Die Resultate des Trendszenarios Wärme sind in den Abbildung 47 und Abbildung 48 dargestellt.

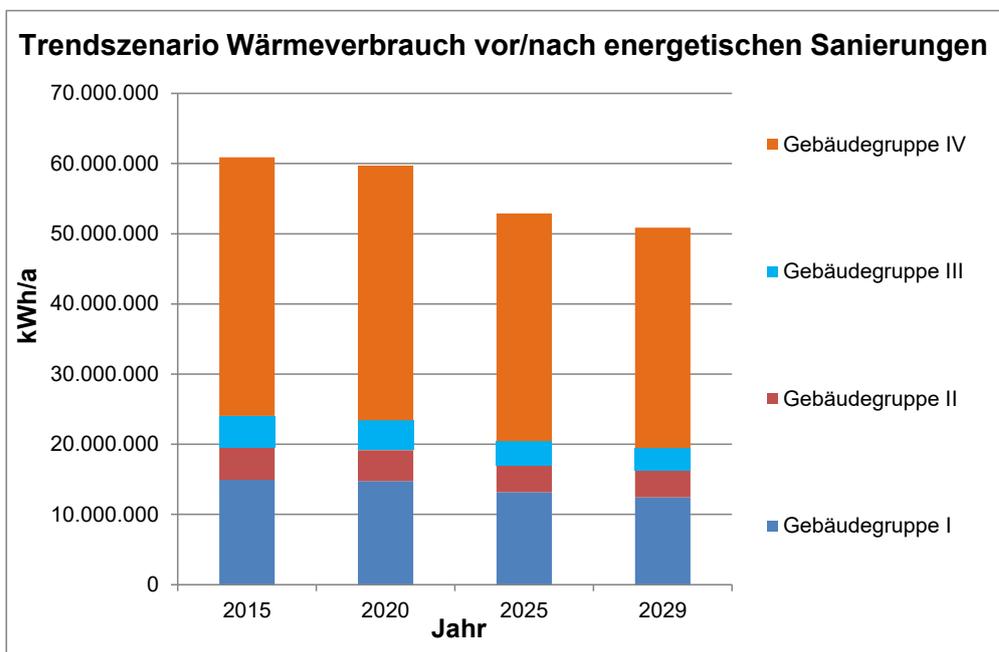


Abbildung 47: Trendszenario: Entwicklung des Wärmeverbrauchs bis einschließlich 2029

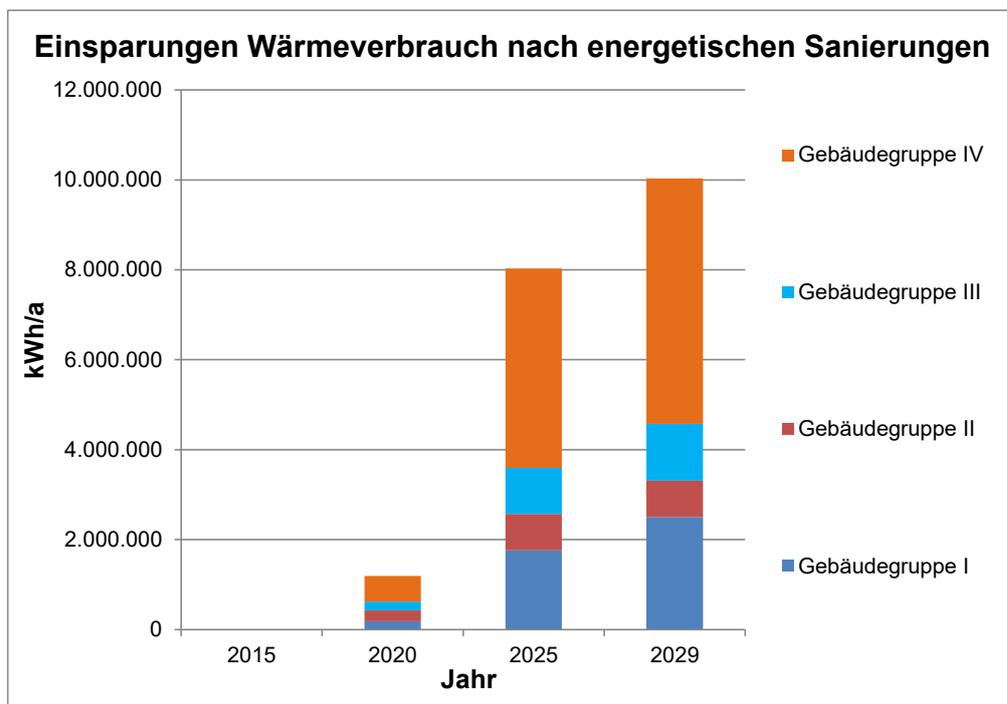


Abbildung 48: Trendszenario: Prognostizierte jährliche Einsparungen beim Wärmeverbrauch bis einschließlich 2029

Die erzielten Einsparungen bis zum Jahr 2020 fallen zunächst sehr moderat aus (Abbildung 48). Dies liegt daran, dass keine Daten für bereits erzielte Einsparungen zwischen dem Jahr 2016 und 2018 vorlagen, als auch daran, dass einzelne für die Sanierung vorgesehene Gebäude in 2018 nur noch eine reduzierte Nutzung aufwiesen, das COME-Programm erst ab ca. 2020 hier seine volle Wirkung entfaltet und die vorliegenden Verbrauchswerte bei einzelnen Gebäuden im Vorfeld zur Durchführung der Maßnahmen nicht auf einer Vollausnutzung (nach energetischer Sanierung) beruhen, wie sie für die Berechnung der Einsparpotenziale angenommen wurden. Um die angenommene Vollauslastung zu berücksichtigen, wurde für diese Gebäude der errechnete Einsparungswert angesetzt. Für Gebäude, für welche eine prozentuale Einsparung bestimmt wurde, führt dies jedoch bei bereits vorhandenem Teilleerstand zu geringeren Einsparungswerten. Um exaktere Werte für den Zeitraum zwischen 2017 bis 2020 zu erhalten, bedarf es hier einer tiefergehenden Untersuchung. Für spätere Betrachtungszeiträume ist wieder davon auszugehen, dass jene hierzu vorgesehenen Gebäude im Wesentlichen genutzt werden und die Resultate des Szenarios die Erwartungen wiedergeben.

Die für die Trendszenarien erreichten Einsparungen bei der Wärme lagen im Mittel über alle Gebäudegruppen bei ca. 16,5%. Dieser nicht allzu hohe Wert ist nicht unerwartet, da es sich bei den Maßnahmen teils um Einzelmaßnahmen handelt und um moderate Sanierungen an der Gebäudehülle bei den im Bestand befindlichen Einzeldenkmalen. Die

höchste Einsparquote im Trendszenario ergab sich bei der moderaten Sanierung mit ca. 28,5% in der Gruppe der gering technisierten Gebäude ohne Einzeldenkmale, weil hier bei einer moderaten Sanierung bereits die Gebäudehülle komplett gedämmt werden konnte.

13.2.1.2 Trendszenario Strom: : Ergebnisse der gebäudebezogenen Szenarienberechnung

Die Resultate des Trendszenarios Strom sind in Abbildung 49 und Abbildung 50 dargestellt.

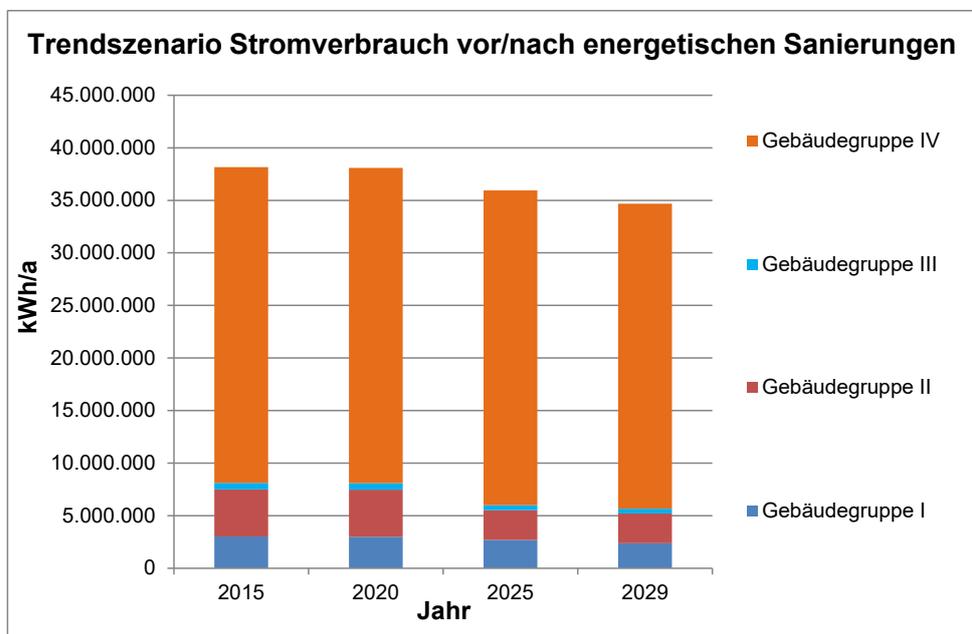


Abbildung 49: Entwicklung des Stromverbrauchs bis einschließlich 2029

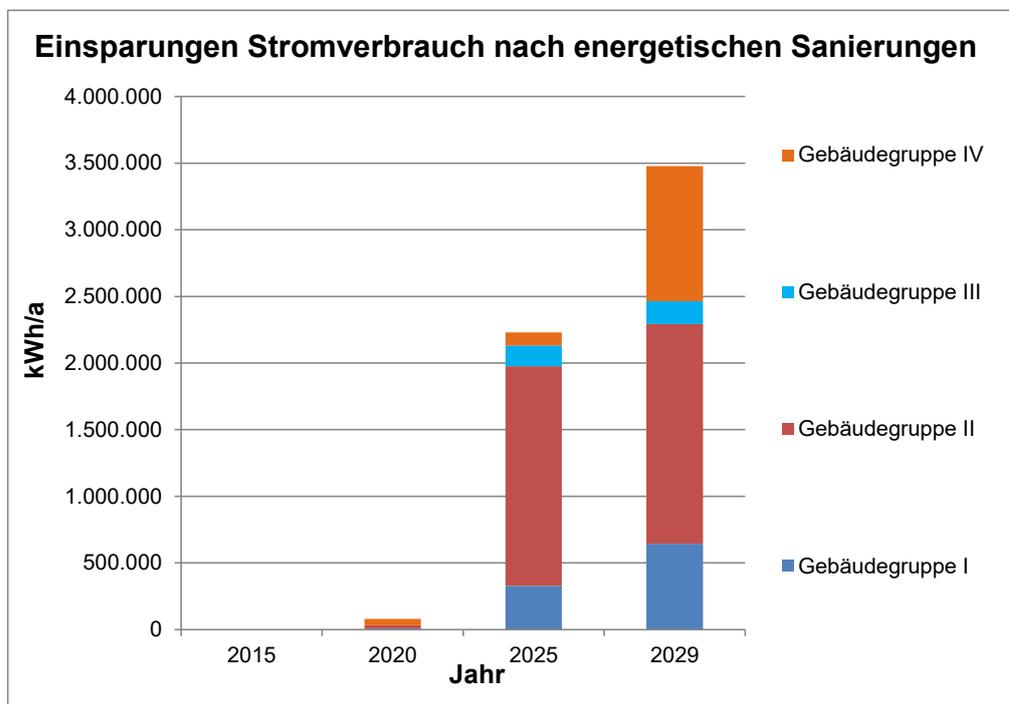


Abbildung 50: Trendszenario: Prognostizierte jährliche Einsparungen beim Stromverbrauch für die 4 Gebäudegruppen bis einschließlich 2029

Die erzielten Einsparungen bis zum Jahr 2020 fallen zunächst sehr moderat aus (Abbildung 50). Die Gründe hierfür sind die gleichen, wie zuvor beim Wärmeverbrauch erläutert.

Die für die Trendszenarien erreichten Einsparungen beim Strom lagen im Mittel über alle Gebäudegruppen bei ca. 8,7%. Dieser nicht allzu hohe Wert ist nicht unerwartet, da es sich bei den Maßnahmen teils um Einzelmaßnahmen handelt und um moderate Einsparungen infolge der Umstellung auf LED-Beleuchtung. Die höchste Einsparquote im Trendszenario ergab sich bei der moderaten Sanierung mit ca. 36,6 % in der Gruppe der hoch technisierten Einzeldenkmale, weil hier in erheblichem Umfang eine Reduktion des Installationsgrades geplant und in den Trendszenarien berücksichtigt wurde.

13.2.1.3 Gesamtergebnisse Trendszenario

Zusätzlich zu den „gebäudebezogenen“ Einsparungen ergeben sich für das Trendszenario die folgenden „sonstigen“ Effekte bis zum Jahr 2030.

Tabelle 13: Gesamtergebnisse Trendszenario

Nutzung Energie	Einsparung "Nutzung Energie" durch energetische Sanierung [MWh]	-13.513
	Wärme [MWh]	-10.035
	Strom [MWh]	-3.478
	Einsparung "Nutzung Energie" durch Energiemanagement [MWh]	-6.680
	Wärme [MWh]	-3.910
	Strom [MWh]	-2.770
	Einsparung "Nutzung Energie" durch Optimierung Fernwärmeversorgung [MWh]	-2.570
	FW-Lahntal [MWh]	-730
	FW-Lahnberge [MWh]	-1.840
	Einsparung durch "Kälteerzeugung Lahnberge dezentral regenerativ"	0
	Wärme [MWh]	0
	Strom [MWh]	0
	Summen Einsparung "Nutzung Energie" [MWh]	-22.763
	Einsparung "Wärme [MWh]	-16.515
	Einsparung Strom [MWh]	-6.248
Summe Nutzung Energie [MWh]	95.129	
Wärme (incl. Verluste)	60.911	
Strom	34.218	
Wärme (2015 = 100%)	79%	
Strom (2015 = 100%)	85%	
Emissionen CO₂-Äquivalente	Minderung CO₂-Emissionen [t CO₂ Äqu/a] gegenüber 2015	-15.780
	Minderung CO ₂ -Emissionen durch Maßnahmen im Bereich "Wärme"	-15.780
	Minderung CO ₂ -Emissionen durch Maßnahmen im Bereich "Strom"	0
	CO₂-Emissionen [t CO₂ Äqu/a]	5.033
	CO₂-Emissionen: 2015=100%	24%

Geht man von einer schrittweisen Umsetzung der Maßnahmen aus, ergibt sich in der Summe für das Trendszenario folgendes Bild zur Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen (Abbildung 51 und Abbildung 52).

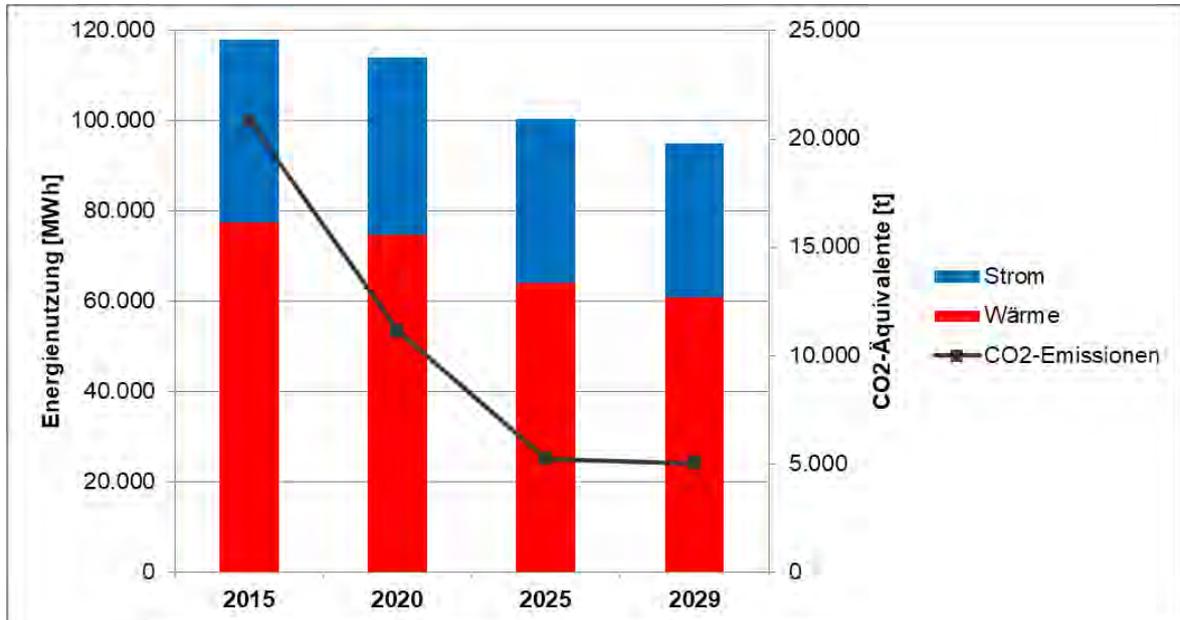


Abbildung 51: Trendszenario: Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen an der Philipps-Universität Marburg (Absolutwerte)

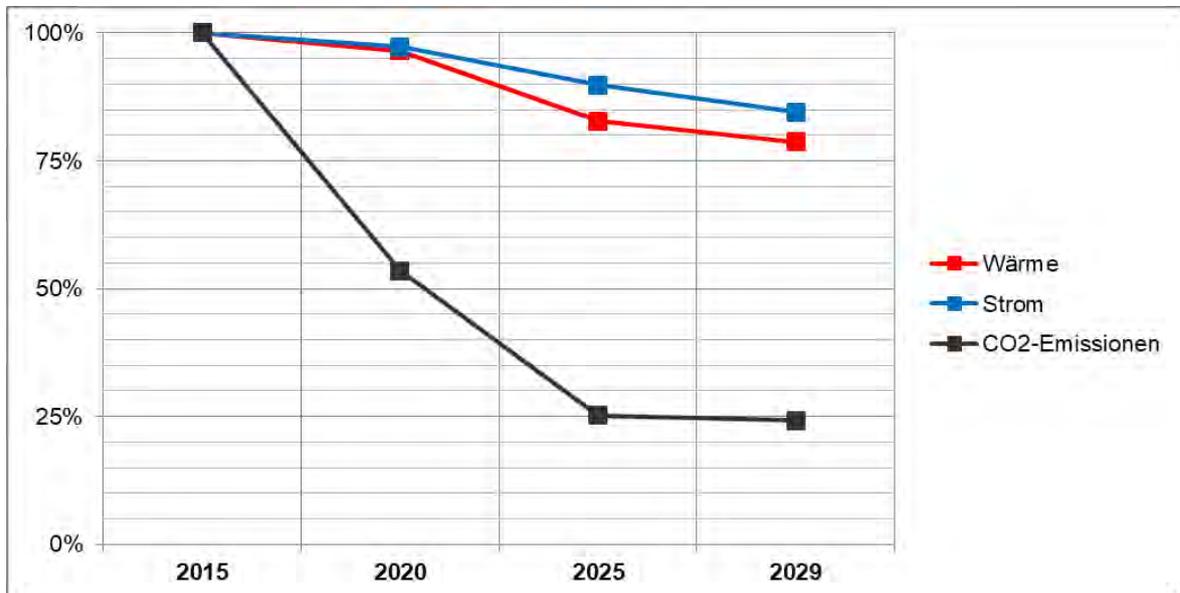


Abbildung 52: Trendszenario: Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen an der Philipps-Universität Marburg (indiziert: 2015 = 100%)

13.2.1.4 Aktivszenario

13.2.1.5 Aktivszenario Wärme: Ergebnisse der gebäudebezogenen Szenarienberechnung

Die Resultate des Aktivszenarios Wärme sind in Abbildung 53 und Abbildung 54 dargestellt.

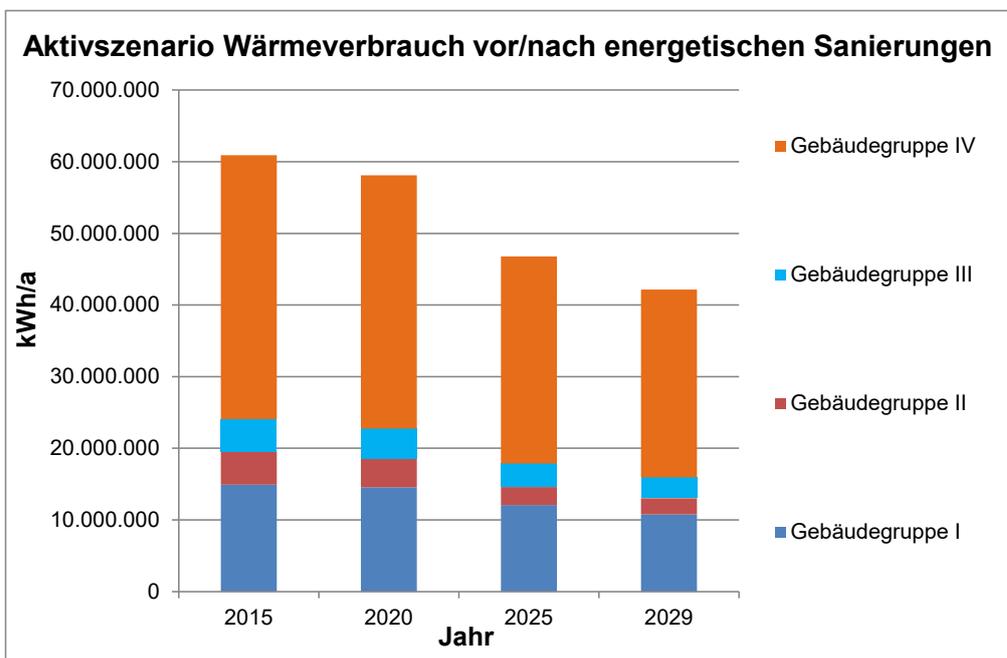


Abbildung 53: Aktivszenario: Entwicklung des Wärmeverbrauchs bis einschließlich 2029

Im Vergleich zu Abbildung 47 (Trendszenario) führen die erhöhten energetischen Sanierungs-Aktivitäten und die in vielen Teilen verbesserte Sanierungstiefe bei allen 4 Gebäudegruppen zu einem deutlich schnelleren Rückgang der Verbrauchswerte beim Wärmeverbrauch der Gebäude. Die bis einschließlich 2029 erreichte Einsparung liegt bei ca. 31 %. Noch deutlicher tritt dieses Resultat in Abbildung 54 zutage im Vergleich zum Trendszenario (Abbildung 48). Bis zum Jahr 2029 steigen die Einsparungen gegenüber dem Trendszenario um ca. 90 % auf ca. 19.000 MWh pro Jahr an.

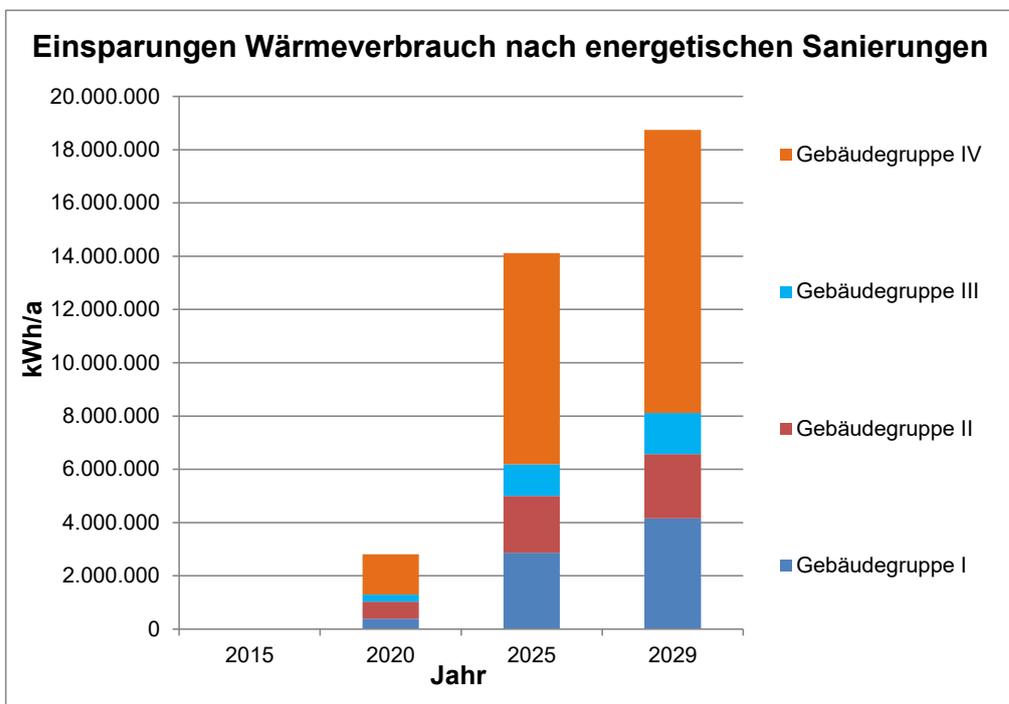


Abbildung 54: Aktivszenario: Prognostizierte jährliche Einsparungen beim Wärmeverbrauch bis einschließlich 2029

In allen 4 Gebäudegruppen sind weiterhin deutliche Einsparpotenziale vorhanden. Am größten sind diese weiterhin in der Gruppe der hoch technisierten Gebäude ohne Einzeldenkmale. Da es in dieser Gruppe ca. jedes 3. Gebäude nach dem Jahre 2000 erbaut wurden und nur ein eher kleineres Gebäude zur Sanierung im COME-Programm vorgesehen war, fällt die Sanierungsrate, bzw. die zur Sanierung vorgesehene Gebäudefläche mit ca. 24 % der Gesamtfläche (im Aktivszenario ca. 33%) eher klein aus. Aufgrund der hohen Einsparpotenziale in dieser Gebäudegruppe (auch bei neueren Gebäuden, wie das exemplarisch ausgewählte Gebäude 3075 zeigt), in erster Linie geschuldet dem hohen Einsparpotenzial im Bereich der Gebäudetechnik bei der Wärmerückgewinnung, sollte man sich dieser Gebäudegruppe verstärkt annehmen. Das COME-Programm setzt seinen Schwerpunkt im Augenblick bei kleineren bis mittelgroßen Gebäuden und bei den vorhandenen Einzeldenkmalen (6 von 9 Gebäuden bei einem Bestandsanteil von ca. 45% und einem Flächenanteil von leicht unterhalb von 40 %).

13.2.1.6 Aktivszenario Strom: Ergebnisse der gebäudebezogenen Szenarienberechnung

Die Resultate des Aktivszenarios Strom sind in Abbildung 55 und Abbildung 56 dargestellt.

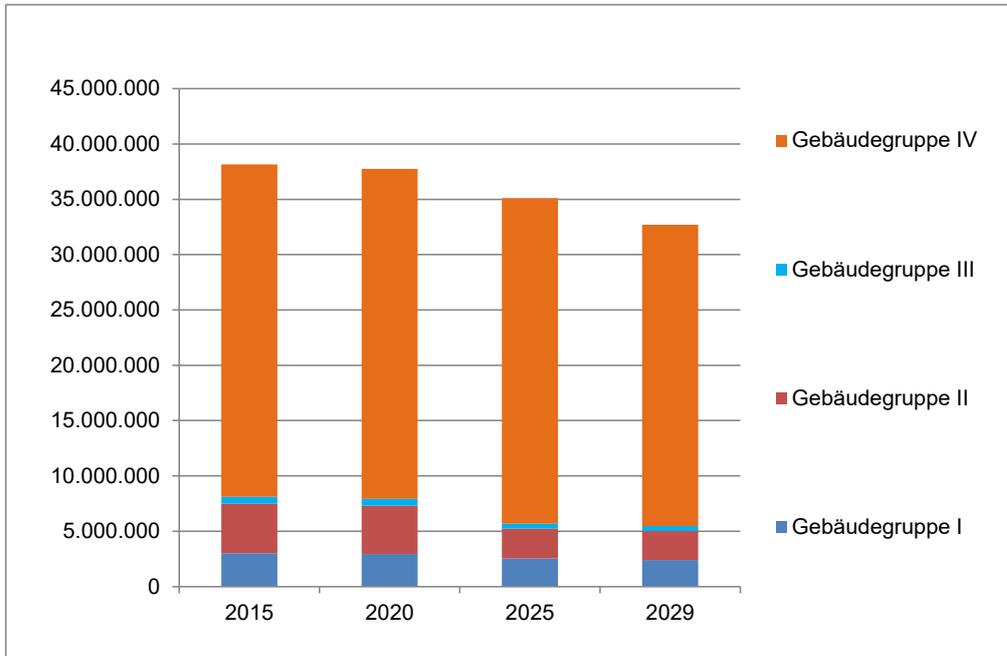


Abbildung 55: Aktivszenario: Entwicklung des Stromverbrauchs bis einschließlich 2029

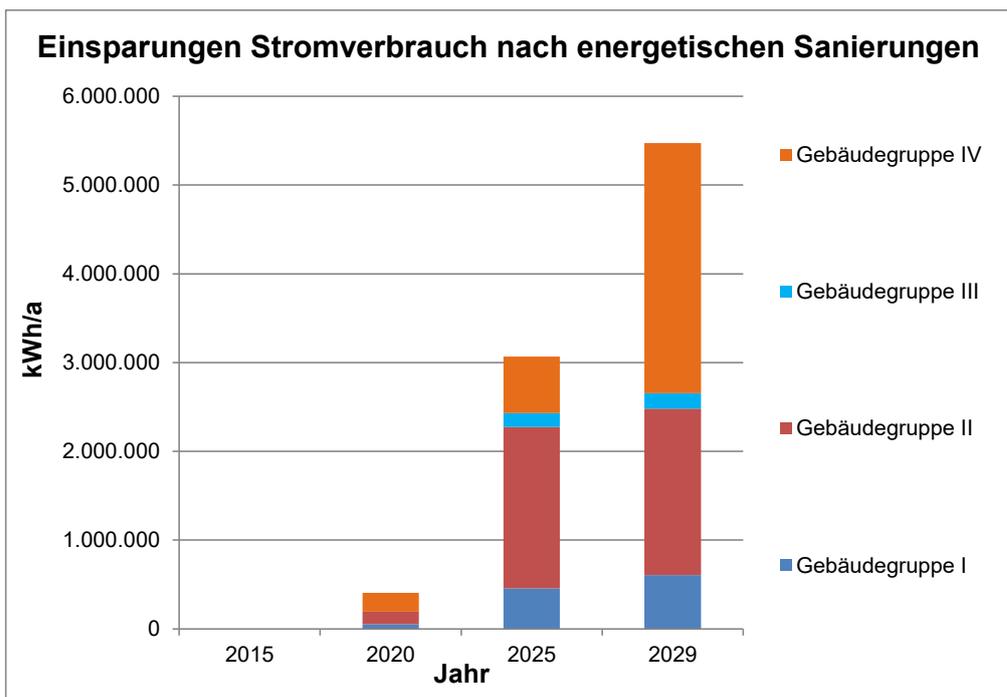


Abbildung 56: Aktivszenario: Prognostizierte jährliche Einsparungen beim Stromverbrauch für die 4 Gebäudegruppen bis einschließlich 2029

Die erreichten Einsparungen beim Strom sind selbst beim Aktivszenario überschaubar. Das gesamte Einsparpotenzial ist hier mit ca. 14 % bis einschließlich zum Jahr 2029 deutlich kleiner als bei der Wärme. Der prozentual höchste Anteil an Einsparung findet mit ca. 42 % in der Gruppe der hoch technisierten Einzeldenkmale statt (ohne Einzeldarstellung), welche das Gesamtergebnis dadurch verbessern, dass in einem Teil der Einzelgebäude eine Umnutzung mit Reduzierung des Installationsgrads stattfindet.

Wie hier wieder deutlich aus Abbildung 56 hervorgeht, liegen die großen theoretischen Einsparpotenziale im Bereich der Gebäudegruppe der hoch technisierten Gebäude ohne Einzeldenkmale. Der große Stromverbrauch in dieser Gruppe ist bedingt durch die Prozesse der Nutzung und dem damit zusammenhängenden zusätzlichen Kälte und Lüftungsbedarf.

Gegenüber dem Trendszenario erhöht sich die bis einschließlich 2029 erreichte Gesamteinsparung beim Strom um ca. 64 % (siehe Abbildung 56 im Vergleich zu Abbildung 50).

13.2.1.7 Gesamtergebnisse Aktivszenario

Zusätzlich zu den „gebäudebezogenen“ Einsparungen ergeben sich für das Aktivszenario die folgenden „sonstigen“ Effekte bis zum Jahr 2030

Tabelle 14: Gesamtergebnisse Aktiv-Szenario

Nutzung Energie	Einsparung "Nutzung Energie" durch energetische Sanierung [MWh]	-24.217
	Wärme [MWh]	-18.743
	Strom [MWh]	-5.474
	Einsparung "Nutzung Energie" durch Energiemanagement [MWh]	-11.770
	Wärme [MWh]	-6.520
	Strom [MWh]	-5.250
	Einsparung "Nutzung Energie" durch Optimierung Fernwärmeversorgung [MWh]	-5.430
	FW-Lahntal [MWh]	-730
	FW-Lahnberge [MWh]	-4.700
	Einsparung durch "Kälteerzeugung Lahnberge dezentral regenerativ"	-2.520
	Wärme [MWh]	-3.270
	Strom [MWh]	750
	Summen Einsparung "Nutzung Energie" [MWh]	-43.937
	Einsparung "Wärme [MWh]	-33.963
	Einsparung Strom [MWh]	-9.974
Summe Nutzung Energie [MWh]	73.955	
Wärme (incl. Verluste)	43.463	
Strom	30.492	
Wärme (2015 = 100%)	56%	
Strom (2015 = 100%)	75%	
Emissionen CO₂- Äquivalente	Minderung CO₂-Emissionen [t CO₂ Äqu/a] gegenüber 2015	-17.020
	Minderung CO ₂ -Emissionen durch Maßnahmen im Bereich "Wärme"	-17.020
	Minderung CO ₂ -Emissionen durch Maßnahmen im Bereich "Strom"	0
	CO₂-Emissionen [t CO₂ Äqu/a]	3.793
	CO₂-Emissionen: 2015=100%	18%

Geht man von einer schrittweisen Umsetzung der Maßnahmen aus, ergibt sich für das Aktivszenario folgendes Bild zur Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen (Abbildung 57 und Abbildung 58).

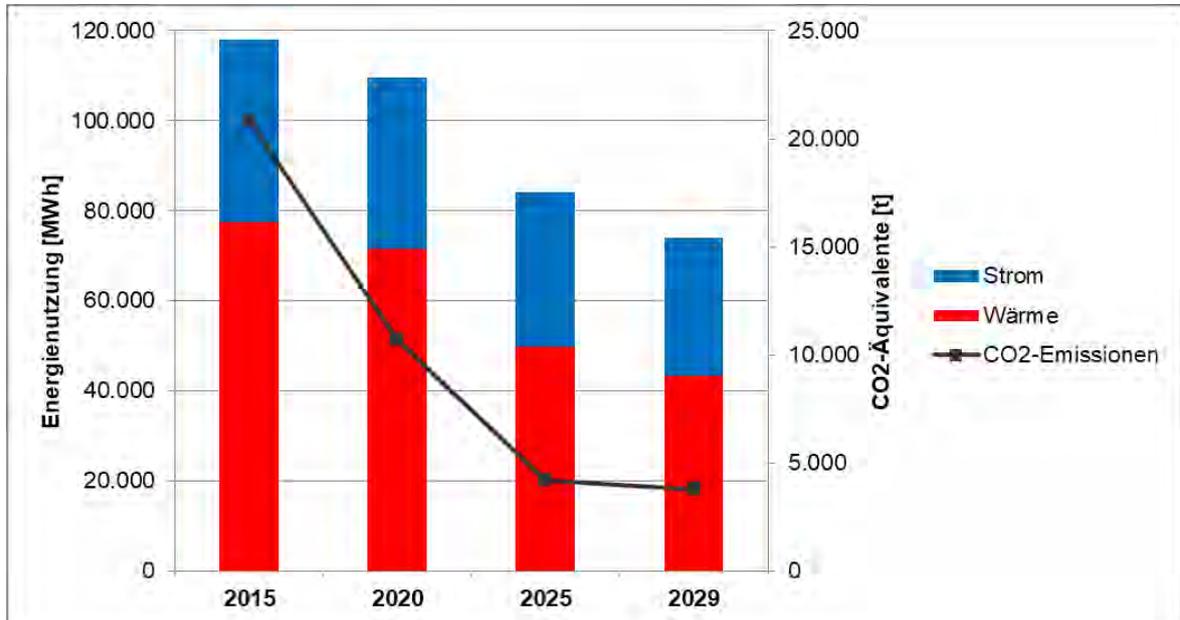


Abbildung 57: Aktivszenario: Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen an der Philipps-Universität Marburg (Absolutwerte)

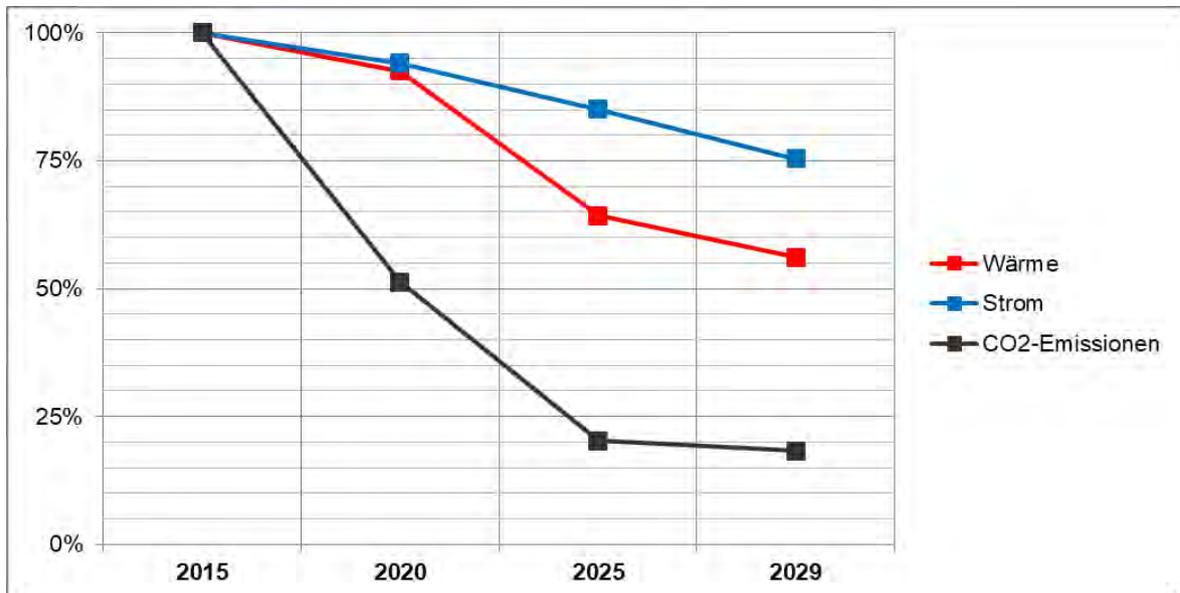


Abbildung 58: Aktivszenario: Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen an der Philipps-Universität Marburg (indiziert: 2015 = 100%)

14 Energie- und klimapolitische Ziele für die Philipps-Universität Marburg

Die Aktivitäten der Philipps-Universität Marburg sind eingebunden in das Projekt „CO₂-Neutrale Landesverwaltung“ des Landes Hessen. Ziel dieses Projektes ist es bis 2030 eine CO₂-neutral arbeitende Landesverwaltung zu erreichen. Dazu sollen Maßnahmen in den drei Handlungsfeldern

- Minimieren
- Substituieren
- Kompensieren

umgesetzt werden.

Die Philipps-Universität startete in diesem Kontext zum Wintersemester 2009/10 das Projekt „CO₂-neutrale Philipps-Universität“. Als konkretes Zwischenziel strebt die Universität an, bis 2020 den CO₂-Ausstoß der Universität, der sich in 2008 auf rund 44.000 t CO₂ belief, zu halbieren. Die anstehende Sanierung der Universitätsgebäude bzw. der Neubauten unterstützen das Ziel einer CO₂-neutralen Universität.

Ausweislich der aktuellen Energie- und CO₂-Bilanz der Philipps-Universität Marburg (s. Kap. 4) wurde dieses Ziel bereits im Jahr 2016 mit einem Emissionswert von knapp über 22.000 t erreicht. Ein Großteil dieser Minderung geht auf den Bezug von Ökostrom zurück.

Die Szenarien-Analyse hat gezeigt, dass die bereits jetzt angelaufenen Maßnahmen im Bereich der Fernwärmeversorgung Lahntal und Lahnberge (Biomasse Heizwerk), die in den nächsten Jahren wirksam werden, die Universität auf dem Weg zur CO₂-Neutralität einen weiteren großen Schritt nach vorne bringen werden.

Ausgehend vom derzeitigen Wärmeverbrauch werden diese beiden Maßnahmen alleine die CO₂-Emissionen um über 14.800 t/a reduzieren. Damit wird schon ab 2022 der CO₂-Ausstoß der Universität gegenüber 2008 um über 80% reduziert.

Die Potenzial- und Szenarien-Analyse hat aber auch aufgezeigt, dass noch erhebliche Einsparpotenziale bei der Energienutzung bestehen. Durch konsequente Maßnahmen in den Bereichen

- energetische Sanierung des Gebäudebestands
- Energiemanagement (incl. Einbeziehung der Nutzer und Etablierung von Anreizsystemen)
- Verminderung der Netzverluste (FW Lahnberge) und eine
- teilweise Substitution der Kälteerzeugung aus Wärme (Lahnberge)

könnte bei der „genutzten Energie“ gegenüber 2015 im Bereich Wärme über 40% und beim Strom um ca. 25% eingespart werden.

Aufgrund der zukünftig deutlich günstigeren Emissionsfaktoren der Wärmeversorgung tragen diese Maßnahmen zwar nicht im gleichen Maß zur Minderung des CO₂-Ausstoßes bei. Unabhängig davon, sollte sich die Philipps-Universität Marburg aber im Sinne der o.g. Hierarchie (Minderung – Substitution – Kompensation) das Ziel setzen, den im Aktiv-Szenario aufgezeigten Weg der Energieeinsparung konsequent weiter zu verfolgen.

Das gilt in gleicher Weise für die Nutzung der Potenziale zur Erzeugung von Strom durch PV-Anlagen. Abgesehen davon, dass diese Maßnahmen – vor dem Hintergrund der Möglichkeit den erzeugten Strom selbst zu nutzen – wirtschaftlich sind und so mittelfristig den Haushalt entlasten, kann die Universität hier auch einen weiteren wichtigen Beitrag zum Handlungsfeld „Substitution“ leisten.

Obwohl die im Rahmen dieses Konzeptes aufgezeigte Einsparpotenziale im Bereich „Mobilität und Verkehr“ aufgrund der Methodik der Energie- und CO₂-Bilanz überwiegend nicht zu Buche schlagen (siehe dazu. Kapitel 4), sollte aus übergeordneten Erwägungen auch an der Philipps-Universität Marburg verstärkte Anstrengungen zur Hebung der Potenziale im Bereich der Mobilität (insbesondere der Beschäftigten) unternommen werden. Dazu wird vorgeschlagen, das Thema Mobilität explizit in den Kanon der Arbeitsfelder des Projektes „CO₂-neutrale Philipps-Universität“ aufzunehmen.

IV. Maßnahmen zur Senkung der CO₂-Emissionen

15 Maßnahmenkatalog

15.1 Methodische Vorbemerkungen

Die Klimaschutzziele aus dem vorliegenden Klimaschutzkonzept können nur bei Zusammenarbeit aller Hochschulakteure erreicht werden. Der Universitätsleitung, den Fachbereichen und der Verwaltung kommt hierbei eine besondere Rolle zu, da sie maßgeblichen Einfluss auf die Umsetzung der Maßnahmen ausüben können. Ebenso muss es das Ziel sein, die Studierenden und MitarbeiterInnen für eigene Beiträge zu motivieren. Nur gemeinsam mit allen Beteiligten kann der Ausstoß der CO₂-Emissionen an der Philipps-Universität Marburg wirksam gesenkt werden.

Daher wurde für das Integrierte Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzept ein umfangreicher Maßnahmenkatalog unter Berücksichtigung unterschiedlicher Zielgruppen und Handlungsfelder erarbeitet. Als Grundlage dienten die Ergebnisse der Energie- und CO₂-Bilanz sowie der Potenzialanalysen, da diese aufzeigen, wo Handlungsbedarf und -möglichkeiten bestehen. Zusätzlich flossen die Ergebnisse der Fachworkshops zu den Themen Mobilität, Energieeffizienz und Energiemanagement und den Lenkungsgruppentreffen in die Erstellung des Maßnahmenkatalogs ein.

Inhaltlich sind die Maßnahmenvorschläge in fünf themenspezifische Handlungsfelder und zwei übergeordnete Themenbereiche gegliedert. Diese setzen sich wie nachfolgend zusammen:



Abbildung 59: Struktur des Maßnahmenkatalogs (Handlungsfelder)

Neben den sieben Handlungsfeldern sind die Maßnahmen in untergeordnete Maßnahmengruppen sortiert. Die umfangreiche Maßnahmensammlung ist in Anhang 1.1 des Endberichtes dokumentiert.

Alle in der Maßnahmensammlung beschriebenen Maßnahmen sind wichtig für die Erreichung der Klimaschutzziele. Es können jedoch nicht alle Projekte gleichzeitig angegangen werden, einige sind zudem augenscheinlich dringender als andere. Daher wurden die Maßnahmen anhand der Kriterien:

- Bedeutung
- Umsetzungsaufwand

priorisiert.

Für die Bedeutung einer Maßnahme sind folgende Punkte entscheidend:

- Ist die Maßnahme eine notwendige Voraussetzung für andere Maßnahmen?
- Zeigt die Maßnahme schnelle Ergebnisse bzw. ermöglicht die effiziente Erschließung von Reduktionspotenzialen?

- Übt die Maßnahme eine erkennbare Signalwirkung aus oder werden mit der Maßnahme Multiplikatoren erreicht?
- Passt die Maßnahme in besonderer Weise zum Selbstbild der Philipps-Universität Marburg?

Der Umsetzungsaufwand indiziert die Komplexität der Maßnahme und den personellen, organisatorischen und finanziellen Aufwand, die bei Umsetzung der Maßnahme entstehen.

Die Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber vorgenommen.

Die Maßnahmen mit höchster Priorität werden jeweils in einem Maßnahmen-Steckbrief ausführlich dargestellt und konkretisiert (siehe dazu Anhang 1.2 des Endberichtes).

15.2 Kurzübersicht des Maßnahmenkatalogs

In den folgenden Tabellen findet sich eine Kurzübersicht aller vorgeschlagenen Maßnahmen. Neben dem Maßnahmentitel und der Maßnamenummer enthält die Tabelle die Ergebnisse der Priorisierung. Soweit es bei der Maßnahme um die Fortführung bereits begonnener Aktivitäten handelt ist dies ebenso vermerkt, wie die Verzahnung mit anderen Prozessen und Planungen.

Hieraus ergibt sich folgende Legende:

Aktivität	Symbol
Prioritäre Maßnahme	
Fortführung bereits begonnener Aktivitäten	
Verzahnung mit anderen Prozessen und Planungen	

15.2.1 Handlungsfeld „Strategisches Energiemanagement“

Das Handlungsfeld „Strategisches Energiemanagement“ (SE) ist weiter untergliedert in die Maßnahmengruppen

- Energietechnisches Portfoliomanagement
- Finanzierung
- Pläne/Programme

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die vorgeschlagenen Maßnahmen in den jeweiligen Maßnahmengruppen.

Tabelle 15: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (SE); Maßnahmengruppe: Energietechnisches Portfoliomanagement

STRATEGISCHES ENERGIEMANAGEMENT (SE)		
Maßnahmengruppe: Energietechnisches Portfoliomanagement		
SE-1	Verbesserung der Kommunikationsstruktur zwischen Präsidium und den Fachbereichen zur Umsetzung der (baulichen) Entwicklungsplanung	
SE-2	Schaffung klarer Zuständigkeiten, Organisationsstrukturen und Schnittstellen innerhalb der Verwaltung	
SE-3	Schaffung eines universitären Netzwerks von Energiekoordinatoren unter Einbeziehung der Fachbereiche	

**Tabelle 16: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (SE); Maßnahmen-
gruppe: Finanzierung**

STRATEGISCHES ENERGIEMANAGEMENT (SE)		
Maßnahmengruppe: Finanzierung		
SE-5	Bereitstellung erforderlicher Mittel für Mehrinvestitionen in Energieeffizienz- und CO ₂ -Minderungsmaßnahmen	
SE-6	Erhöhung der bereitgestellten Mittel für die Modernisierung und Erneuerung der technischen Infrastruktur	
SE-7	Analyse von Finanzierungsmodellen für gering bzw. mittel-investive Maßnahmen	
SE-8	Studie: Einführung monetärer Instrumente / Anreizsysteme	
SE-9	Systematische Erschließung von Fördermitteln und ggfs. Einflussnahme auf Fördermittelgeber bzgl. Förderbedingungen	

**Tabelle 17: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (SE); Maßnahmen-
gruppe: Pläne/Programme**

STRATEGISCHES ENERGIEMANAGEMENT (SE)		
Maßnahmengruppe: Pläne/Programme		
SE-10	Fortführung: Energetische Gebäudeuntersuchungen	
SE-11	Erarbeitung detaillierter und umfassender Energiekonzepte für die „Großverbraucher“	
SE-12	Erarbeitung eines Sanierungsfahrplans und Maßnahmenprogramms (mittelfristige Planung, Prioritätensetzung)	
SE-13	Konsequente Durchführung von Wirtschaftlichkeitsberechnungen	
SE-14	Vorhalten umsetzungsreifer Planungen	

15.2.2 Handlungsfeld „Operatives Energiemanagement“

Das Handlungsfeld „Operatives Energiemanagement“ (OE) ist weiter untergliedert in die Maßnahmengruppen

- Energiemonitoring
- Betriebsoptimierung
- Qualitätssicherung/Erfolgskontrolle
- Beratungsangebote
- Berichtswesen/Kommunikation

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die vorgeschlagenen Maßnahmen in den jeweiligen Maßnahmengruppen.

Tabelle 18: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (OE); Maßnahmengruppe: Energiemonitoring

OPERATIVES ENERGIEMANAGEMENT (OE)		
Maßnahmengruppe: Energiemonitoring		
OE-1	Installation einer umfassenden Zählerinfrastruktur zur detaillierten Energieverbrauchserfassung	
OE-2	Integration vorhandener Messsysteme in ein einheitliches Energiecontrolling-System	

Tabelle 19: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (OE); Maßnahmengruppe: Betriebsoptimierung

OPERATIVES ENERGIEMANAGEMENT (OE)		
Maßnahmengruppe: Betriebsoptimierung		
OE-3	Konsequente Veranlassung und Durchführung von Maßnahmen der Betriebsoptimierung im Rahmen von „Betrieb und Unterhaltung“	

Tabelle 20: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (OE); Maßnahmengruppe: Qualitätssicherung/Erfolgskontrolle

OPERATIVES ENERGIEMANAGEMENT (OE)		
Maßnahmengruppe: Qualitätssicherung/Erfolgskontrolle		
OE-4	Sicherung der energetischen Qualität bei großen Sanierungsvorhaben und Neubauten durch die Begleitung der Planung, Ausführung und Inbetriebnahme	

Tabelle 21: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (OE); Maßnahmengruppe: Beratungsangebote

OPERATIVES ENERGIEMANAGEMENT (OE)		
Maßnahmengruppe: Beratungsangebote		
OE-5	Aufbau themen- und nutzerspezifischer Beratungsangebote	
OE-6	Durchführung von Schulungen (Hausmeister, Energiekoordinatoren, Mitarbeiter)	

Tabelle 22: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (OE); Maßnahmengruppe: Berichtswesen/Kommunikation

OPERATIVES ENERGIEMANAGEMENT (OE)		
Maßnahmengruppe: Berichtswesen/Kommunikation		
OE-7	Regelmäßige Erstellung eines Energieberichts	
OE-8	Regelmäßige und zeitnahe Bereitstellung der nutzerbezogenen Energieverbräuche	

15.2.3 Handlungsfeld „Einspar- und Effizienzmaßnahmen“

Das Handlungsfeld „Einspar- und Effizienzmaßnahmen“ (EEM) ist weiter untergliedert in die Maßnahmengruppen

- Raumwärme-/Kälteversorgung/Klimatisierung/Lüftung
- Kühlgeräte
- Sonstige Stromeinsparungen

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die vorgeschlagenen Maßnahmen in den jeweiligen Maßnahmengruppen.

Tabelle 23: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (EEM); Maßnahmengruppe: Raumwärme-/Kälteversorgung/Klimatisierung/Lüftung

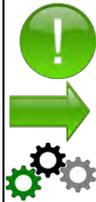
EINSPAR- UND EFFIZIENZMAßNAHMEN (EEM)		
Maßnahmengruppe: Raumwärme-/Kälteversorgung/Klimatisierung/Lüftung		
EEM-1	Durchführung mittel-/geringinvestiver Maßnahmen („ad hoc“)	
EEM-2	Zusammenstellung der Leistungsdaten aller Klima- und Kälteanlagen	
EEM-3	Wärmerückgewinnungspotenziale prüfen	
EEM-4	Nutzungszeiten der Lüftungsanlagen prüfen	

Tabelle 24: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (EEM); Maßnahmengruppe: Kühlgeräte

EINSPAR- UND EFFIZIENZMAßNAHMEN (EEM)		
Maßnahmengruppe: Kühlgeräte		
EEM-5	Ermittlung der Leistungsdaten aller Kühlgeräte (Kühlschränke, Truhen, Klimakammern)	
EEM-6	Prüfung eines zentralen Kühlarchivs nach Vorbild moderner Logistiksysteme	
EEM-7	Austausch von ineffizienten Kühlschränken und Truhen	
EEM-8	Einrichtung zentraler Geräteräume für Kühlgeräte	
EEM-9	Nutzerschulung für richtigen Einsatz und Umgang mit -80°C-Kühlgeräte	

Tabelle 25: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (EEM); Maßnahmengruppe: Sonstige Stromeinsparungen

EINSPAR- UND EFFIZIENZMAßNAHMEN (EEM)		
Maßnahmengruppe: Sonstige Stromeinsparungen		
EEM-10	Ersatz unregelter / überdimensionierter Pumpen	
EEM-11	Umrüstung auf energieeffiziente/smarte Beleuchtungstechnik und -mittel	
EEM-12	Überprüfung der Betriebszeiten elektrischer Geräte und Vermeidung von Stand-by-Betrieb	

15.2.4 Handlungsfeld „Energiekonzepte/Erneuerbare Energien“

Das Handlungsfeld „Energiekonzepte/Erneuerbare Energien“ (EE) ist weiter untergliedert in die Maßnahmengruppen

- Wärmeversorgung Lahnberge
- Erneuerbare Energien

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die vorgeschlagenen Maßnahmen in den jeweiligen Maßnahmengruppen.

Tabelle 26: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (EE); Maßnahmengruppe: Wärmeversorgung Lahnberge

ENERGIEKONZEPTE/ERNEUERBARE ENERGIEN (EE)		
Maßnahmengruppe: Wärmeversorgung Lahnberge		
EE-1	Konzept / Machbarkeitsuntersuchung: Verringerung der Fernwärme-Netzverluste Lahnberge	
EE-2	Machbarkeitsuntersuchung „solare Unterstützung der FW-Versorgung“	
EE-3	Machbarkeitsuntersuchung „Alternativen zur Fernwärme-Versorgung Lahnberge“	

Tabelle 27: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (EE); Maßnahmengruppe: Erneuerbare Energien

ENERGIEKONZEPTE/ERNEUERBARE ENERGIEN (EE)		
Maßnahmengruppe: Erneuerbare Energien		
EE-4	Nutzung der Photovoltaik-Potenziale zur Eigenstromversorgung	
EE-5	Machbarkeitsuntersuchung „(Klein-) Windkraftanlagen Lahnberge“	

15.2.5 Handlungsfeld „Mobilität“

Das Handlungsfeld „Mobilität“ (MO) ist weiter untergliedert in die Maßnahmengruppen

- Mobilität klimafreundlicher gestalten
- Rad- und Fußverkehr stärken
- Öffentlichen Nahverkehr attraktiver gestalten
- Pkw-Verkehr reduzieren und effizienter gestalten
- Zu klimafreundlicher Mobilität informieren
- Organisation und Prozesse optimieren

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die vorgeschlagenen Maßnahmen in den jeweiligen Maßnahmengruppen.

Tabelle 28: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (MO); Maßnahmengruppe: Mobilität klimafreundlicher gestalten

MOBILITÄT (MO)		
Maßnahmengruppe: Mobilität klimafreundlicher gestalten		
MO-1	Im Fuhrpark verstärkt E-Mobilität nutzen	
MO-2	Fuhrpark analysieren	
MO-3	Telefon- und Videokonferenzen verstärkt ermöglichen	
MO-4	Buchungs- und Dispositionsoftware für den Fuhrpark einführen	
MO-5	Klimafreundliche Erreichbarkeit der Lahnberge verbessern	

Tabelle 29: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (MO); Maßnahmengruppe: Rad- und Fußverkehr stärken

MOBILITÄT (MO)		
Maßnahmengruppe: Rad- und Fußverkehr stärken		
MO-6	Parksituation für Fahrräder verbessern	
MO-7	Mobilitätsangebote mit Nextbike erweitern	
MO-8	Fußwegenetz sichtbar machen (Standort Lahnberge)	
MO-9	Duschen und Waschegelegenheiten prüfen und ggf. errichten	
MO-10	Fahrrad-Leasing für Beschäftigte prüfen und ggf. umsetzen	
MO-11	Wichtige Fußverkehrsachsen sicherer machen	

Tabelle 30: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (MO); Maßnahmengruppe: Öffentlichen Nahverkehr attraktiver gestalten

MOBILITÄT (MO)		
Maßnahmengruppe: Öffentlichen Nahverkehr attraktiver gestalten		
MO-12	Anbringung elektronischer Abfahrtstafeln an wichtigen Gebäuden prüfen und umsetzen	

Tabelle 31: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (MO); Maßnahmengruppe: Pkw-Verkehr reduzieren und effizienter gestalten

MOBILITÄT (MO)		
Maßnahmengruppe: Pkw-Verkehr reduzieren und effizienter gestalten		
MO-13	Systeme zur Förderung von Fahrgemeinschaften prüfen und kommunizieren	
MO-14	Lademöglichkeiten für E-Autos installieren	

Tabelle 32: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (MO); Maßnahmengruppe: Zu klimafreundlicher Mobilität informieren

MOBILITÄT (MO)		
Maßnahmengruppe: Zu klimafreundlicher Mobilität informieren		
MO-15	Anreiseinformationen im Internet und auf Briefpapier verbessern	
MO-16	Anreiseinformationen vor Veranstaltungen kommunizieren	
MO-17	Informationen zu Mobilität zentral im Inter- und Intranet bereitstellen	
MO-18	Mobilitätskampagne entwickeln und umsetzen	

Tabelle 33: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (MO); Maßnahmengruppe: Organisation und Prozesse optimieren

MOBILITÄT (MO)		
Maßnahmengruppe: Organisation und Prozesse optimieren		
MO-19	Projekte zur "Klimafreundlichen Mobilität" gemeinsam mit universitären Facharbeitsgruppen umsetzen	
MO-20	Steuerungsgruppe bilden und Vernetzung institutionalisieren	

15.2.6 Handlungsfeld „Übergreifende Maßnahmen“

Das Handlungsfeld „Übergreifende Maßnahmen“ (ÜM) ist weiter untergliedert in die Maßnahmengruppen

- Leitbild und Ziele
- Klimaschutzmanagement
- Flächennutzung
- Netzwerke
- Beschaffung

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die vorgeschlagenen Maßnahmen in den jeweiligen Maßnahmengruppen.

Tabelle 34: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (ÜM); Maßnahmengruppe: Leitbild und Ziele

ÜBERGREIFENDE MASSNAHMEN (ÜM)		
Maßnahmengruppe: Leitbild und Ziele		
ÜM-1	Vorschlag, Diskussion und Verankerung eines Leitbildes und von konkreten Zielen zum Klimaschutz für die Philipps-Universität Marburg	

Tabelle 35: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (ÜM); Maßnahmengruppe: Klimaschutzmanagement

ÜBERGREIFENDE MASSNAHMEN (ÜM)		
Maßnahmengruppe: Klimaschutzmanagement		
ÜM-2	Schaffung einer Stelle für Klimaschutz-Umsetzungsmanagement	

Tabelle 36: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (ÜM); Maßnahmengruppe: Flächennutzung

ÜBERGREIFENDE MASSNAHMEN (ÜM)		
Maßnahmengruppe: Flächennutzung		
ÜM-3	Fortlaufende Erfassung des Status-Quo der Flächennutzung	
ÜM-4	Optimierung der Flächennutzung	

Tabelle 37: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (ÜM); Maßnahmengruppe: Netzwerke

ÜBERGREIFENDE MASSNAHMEN (ÜM)		
Maßnahmengruppe: Netzwerke		
ÜM-5	Zusammenarbeit mit Stadt und Landkreis im Bereich Klimaschutz	
ÜM-6	Workshops/Erfahrungsaustausch mit anderen Hochschulen	

Tabelle 38: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (ÜM); Maßnahmengruppe: Beschaffung

ÜBERGREIFENDE MASSNAHMEN (ÜM)		
Maßnahmengruppe: Beschaffung		
ÜM-7	Bildung einer Arbeitsgruppe „Energieeffizienz/Beschaffung“	
ÜM-8	Beschaffungsrichtlinie fortentwickeln: Mindestanforderungen/ Energieeffizienzkriterien einbauen (auch bei Dienstleistern/Zulieferern etc.)	

15.2.7 Handlungsfeld „Aktivierung und Beteiligung“

Das Handlungsfeld „Aktivierung und Beteiligung“ (AB) ist weiter untergliedert in die Maßnahmengruppen

- Öffentlichkeitsarbeit/Kommunikation
- Lehre

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die vorgeschlagenen Maßnahmen in den jeweiligen Maßnahmengruppen.

Tabelle 39: Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (AB); Maßnahmengruppe: Öffentlichkeitsarbeit / Kommunikation

AKTIVIERUNG UND BETEILIGUNG (AB)		
Maßnahmengruppe: Öffentlichkeitsarbeit / Kommunikation		
AB-1	Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Energiesparen/Klimaschutz (z.B. Infotafeln, Internet, Partizipationsplattform)	

**Tabelle: 40 Kurzübersicht Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen (AB); Maßnahmen-
gruppe: Lehre**

AKTIVIERUNG UND BETEILIGUNG (AB)		
Maßnahmengruppe: Lehre		
AB-2	Einbindung von Lehrveranstaltungen, z.B. als Praxisbeispiele für: Sozialwissenschaften: Umfragen zum Thema Klimaschutz Ökonomie: Diskussion der Anreizsysteme / Investitionsmodelle	

V. Kommunikationsstrategie / Controlling- und Monitoringkonzept / Verstetigungsstrategie

16 Kommunikationsstrategie

16.1 Ziele und Aufgaben

Die Umsetzung des Klimaschutzkonzepts und somit die Erreichung der ambitionierten Ziele setzt voraus, dass alle Akteure an der Philipps-Universität Marburg aktiv mitarbeiten. Daher ist es notwendig, die Umsetzung des Konzepts und die einzelnen Maßnahmen in den einzelnen Handlungsfeldern durch eine effektive Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit zu begleiten.

Primäres Ziel der Kommunikationsstrategie ist die Vermittlung der Zielsetzungen des Klimaschutzkonzeptes in die Breite der Universitätsgesellschaft. Dazu sollte als erster Schritt des Klimaschutzmanagements eine entsprechende Kommunikationsstrategie (Maßnahme AB-1) mit folgender Zielrichtung umgesetzt werden:

- Sensibilisierung, Motivierung und Mobilisierung der Universitätsangehörigen für den Klimaschutz
- Schaffung eines Klimaschutzbewusstseins auf breiter Ebene
- Positionierung des Themenfeldes Klimaschutz, Energiewende und Klimaanpassung an der Philipps-Universität Marburg
- laufende Information zur Projektumsetzung.

Die wesentlichen **Aufgaben** der Kommunikationsstrategie bestehen darin:

- Impulse zu setzen,
- Informationen bereitzustellen und
- die richtigen Akteure zusammenzubringen.

Ein weiteres wichtiges Element einer zielgerichteten Kommunikationsstrategie ist die Verknüpfung des Projektes mit Personen. Ein Projekt in diesem Umfang erfordert ein Gesicht, eine Identifikationsfigur und eine klare positiv besetzte Botschaft. Dazu sollte eine eindeutige Positionierung und offensive Aussage von Führungspersonlichkeiten der Philipps-Universität Marburg erfolgen. Je mehr dies gelingt, umso klarer kann das Projekt als gemeinsame Zielsetzung in die Breite der Universitätsgesellschaft kommuniziert werden.

16.2. Instrumente und Zielgruppen

Begleitend zur Maßnahmenumsetzung des Klimaschutzkonzeptes ist eine entsprechende Kommunikationsarbeit seitens des Klimaschutzmanagements durchzuführen. Damit soll neben einer allgemeinen Information über die laufenden Aktivitäten zur Umsetzung die Grundlage für die Mitwirkung bei der Umsetzung sowie zur Umsetzung „eigener“ Maßnahmen geschaffen werden.

Erfahrungen aus anderen Prozessen zeigen, dass dabei – neben reiner Informationsvermittlung - insbesondere das Wecken von Motivation, sowie insgesamt eine positive Ansprache und Besetzung der Themen, notwendige Voraussetzungen für eine Breitenwirkung und Beteiligung sind. Dazu sind entsprechend Kommunikationsstrukturen aufzubauen, die die wesentlichen drei Ziele verfolgen:

- Information
- Identifikation
- Motivation

Wesentliche Elemente der Kommunikationsstrategie sind:

- Schaffung eines guten, einfachen und motivierenden Zugangs zu zielgruppenorientierten Informationen rund um energiesparendes Verhalten im Büro und Labor, Energieeffiziente Geräte und Ausstattung, klimafreundlicher Mobilität, etc.
- kontinuierliche „Pressearbeit mit dem Ziel, Energie und Klimaschutz als wichtige Themen der Philipps-Universität Marburg in den Köpfen zu verankern,
- öffentlichkeitswirksame Begleitung von Projekten zur Unterstützung bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen,
- Organisation von zielgruppenspezifischen Aktionen und Veranstaltungen
- Angebot zielgruppenspezifischer Beratung

Bereits bestehende Aktivitäten und Institutionen sollten soweit möglich in die Kommunikation einbezogen werden. Auf dem Markt vorhandene Infomaterialien, Werkzeuge für die Öffentlichkeitsarbeit und Webtools, wie sie im Projekt Change²³ auch an der Philipps-Universität Marburg erarbeitet wurden, sollten genutzt und auf die örtlichen Verhältnisse zugeschnitten werden.

²³ siehe dazu: Forschungsprojekt: Veränderung nachhaltigkeitsrelevanter Routinen in Organisationen (change)
<http://www.change-energie.de>

Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht über die Zielgruppen und die passenden Instrumente der Kommunikationsstrategie.



Abbildung 60 Kommunikationsstrategie: Instrumente und Zielgruppen

16.3 Zuständigkeit und Ressourcen

Die Konkretisierung und Umsetzung einer Kommunikationsstrategie für den Klimaschutz ist eine Aufgabe, die zu den Aufgaben eines Klimaschutzmanagements gehört. Im Maßnahmenkatalog wird die Schaffung einer (geförderten) Stelle vorgeschlagen. Neben der Schaffung einer Stelle wird es auch erforderlich sein, für diese Aktivitäten ein eigenes Budget einzurichten, oder Mittel aus dem allgemeinen Budget für Kommunikation und Information dafür bereitzustellen.

17 Controlling- und Monitoringkonzept

Mit dem Controlling- und Monitoringkonzept soll künftig überprüft werden, ob die Ziele des Klimaschutzkonzepts erreicht und in welchem Umfang die Maßnahmen des Konzepts umgesetzt werden. Die zentralen Fragen sind:

- Läuft der übergeordnete Umsetzungs- und Beteiligungsprozesses?
- Werden die vereinbarten Einzelmaßnahmen umgesetzt?
- Welche Ergebnisse werden erzielt?

Dazu wird ein praxistaugliches Controllingkonzept benötigt, das mit verhältnismäßig geringem Aufwand integrierbar ist, so dass es regelmäßig durchgeführt werden kann.

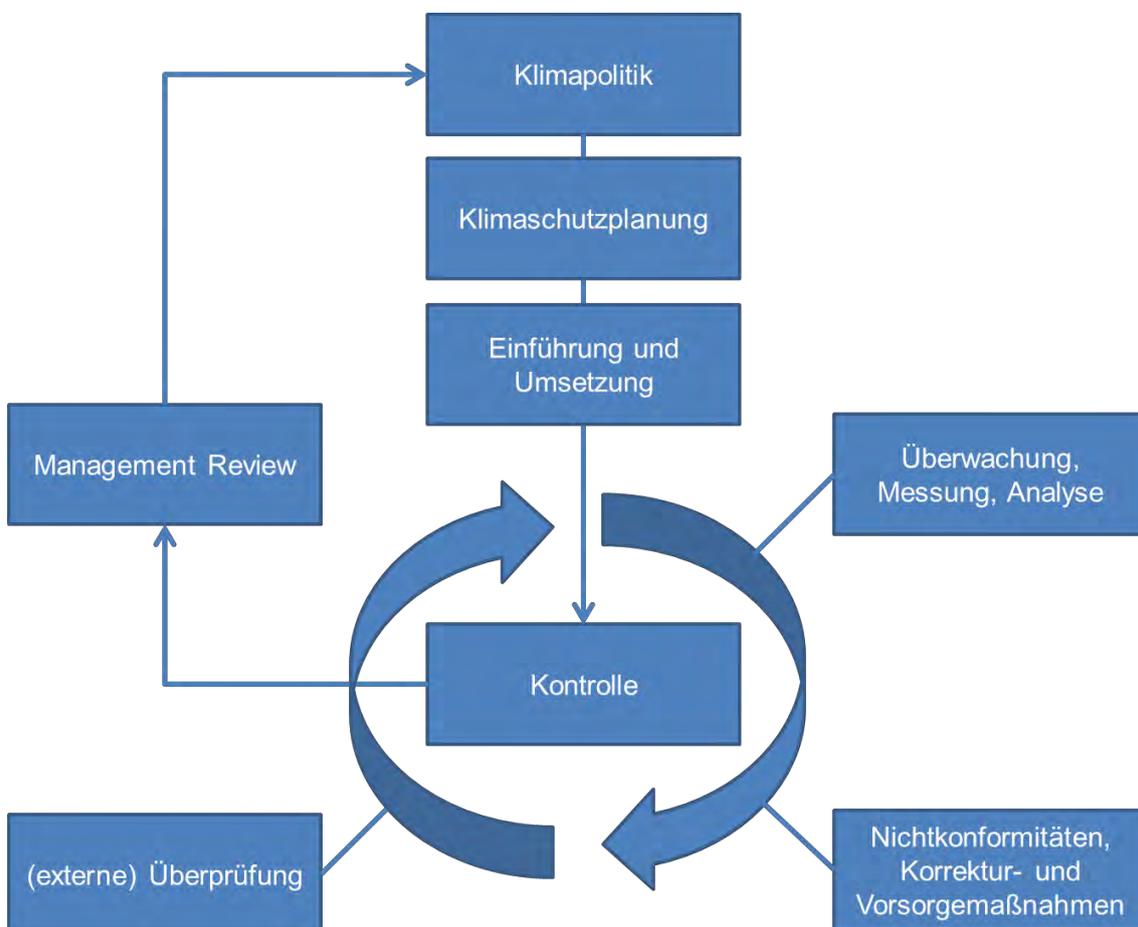


Abbildung 61 Grundzüge zum Controlling und zur Evaluierung in Anlehnung an ISO 50001 / 14001 (kontinuierlicher Verbesserungsprozess)

Das Controlling und die Evaluierung der Klimaschutzaktivitäten sollte in Anlehnung an die in ISO 50001 (Energiemanagementsysteme) beschriebene Vorgehensweise erfolgen: es

geht dabei nicht nur um einen Soll-/Ist-Vergleich sondern vielmehr um eine Steuerung- und Koordinierung im Rahmen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.

Grundlage der Norm ist der PDCA-Zyklus (**p**lan/planen -> **d**o/einführen und umsetzen -> **c**heck/überwachen, messen und analysieren -> **a**ct/korrigieren).

Die Einführung und Betreuung des Systems ist Aufgabe des Klimaschutzmanagements.

17.1. Überwachung, Messung und Analyse

Für das Controlling des Integrierten Klimaschutzkonzepts werden die folgenden Bestandteile empfohlen:

4. Fortschreibbare Energie- und CO₂-Bilanz
5. Indikatoren-Analyse
6. Maßnahmen-Monitoring

Nachfolgend werden die einzelnen Punkte erläutert.

Fortschreibbare Energie- und CO₂-Bilanz

Mit Hilfe der fortschreibbaren Energie- und CO₂-Bilanz kann auch in Zukunft die Entwicklung der Energieverbräuche, der Energie-erzeugung sowie der CO₂-Emissionen analysiert werden. Das ist insbesondere deshalb wichtig, damit regelmäßig ein Gesamtüberblick über die klimarelevanten Faktoren dargestellt und die Erreichung der gesetzten Ziele überprüft werden kann.

Die Energie- und CO₂-Bilanz für die Philipps-Universität Marburg wird bereits jetzt jährlich fortgeschrieben (siehe Kapitel 4). Damit ist bereits ein wichtiges Element des Controlling- und Monitoring-Konzeptes implementiert.

Indikatoren-Analyse

Aufbauend auf der Fortschreibung der Energie- und CO₂-Bilanz soll eine Indikatoren-Analyse durchgeführt werden, die aufzeigt, wie die Entwicklung in verschiedenen Bereichen vorangeht. Für die Auswahl geeigneter Indikatoren kann u.a. der erste Fortschrittsbericht zur Energiewende des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie herangezogen (BMWi 2015). Dieser führt eine umfangreiche Liste von Indikatoren für das Monitoring der bundesweiten Energiewende. Auf Grundlage dieser Liste wurden diejenigen Indikatoren ausgewählt, die für die Fragestellung relevant sind bzw. weitere relevante Indikatoren ergänzt (siehe Tabelle 41).

Ausgehend vom aktuellen Stand kann zukünftig anhand der Indikatoren die Entwicklung in der Philipps-Universität Marburg abgebildet werden. Teilweise geschieht das bereits jetzt in den Berichten zur Energie- und CO₂-Bilanz.

Tabelle 41 Indikatoren für das Monitoring des Klimaschutzkonzepts

Nr.	Indikator
1	Anzahl Studierende
2	Anzahl Beschäftigte
3	Flächen (Aufteilung gem. DIN 277-1)
4	Flächennutzung
5	Bestand an Fahrzeugen nach Fahrzeugklassen
Energieeinsatz	
6	Endenergieverbrauch nach Energieträgern
7	Genutzte Energie nach Anwendungsart
8	Genutzte Energie nach Verbrauchern
Kennzahlen / Energieeffizienz	
9	Spezifischer Energieverbrauch (je Studierenden und je m ² NRF)
10	je Gebäude: flächenbezogener, spezifischer Energieverbrauch (getrennt nach Wärme, Kälte und Strom)
11	je Nutzer: flächenbezogener, spezifischer Energieverbrauch (getrennt nach Wärme, Kälte und Strom)
12	Netzverluste (absolut, Anteil bezogen auf eingespeiste Wärme, spez. Verlustleistung [W/m])
13	Erzeugungsverluste absolut (Anteil bezogen auf eingesetzte Endenergie)
Erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplung	
14	Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Kraft-Wärme-Kopplung nach Technologien (absolut, Anteil am gesamten Stromverbrauch); getrennt nach Erzeugungsart
15	Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien und Kraft-Wärme-Kopplung nach Technologien (absolut, Anteil am gesamten Stromverbrauch); getrennt nach Erzeugungsart
Treibhausgasemissionen	
16	CO ₂ -Emissionen insgesamt
17	CO ₂ -Emissionen je Anwendungsart / Verbrauchssektor
18	Vermiedene CO ₂ -Emissionen (nach Maßnahmen / Handlungsbereichen)

Für die Fortführung der Energie- und CO₂-Bilanz sowie für die Indikatoren-Analyse ist das Energiemanagement zuständig.

Maßnahmen-Controlling

Das Maßnahmen-Controlling dient dazu, die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen des Integrierten Klimaschutzkonzepts zu überprüfen. Dabei wird jährlich analysiert, welche Maßnahmen bereits umgesetzt wurden oder sich in der Umsetzung befinden und wie erfolgreich diese waren beziehungsweise sind.

Zur Bewertung einzelner Maßnahmen gibt es „harte“ Indikatoren, wie zum Beispiel die eingesparte Energiemenge oder die Anzahl von durchgeführten Informationsveranstaltungen sowie weiche Indikatoren, wie beispielsweise die Resonanz der Teilnehmer oder der Gesamteindruck aus Sicht des Veranstalters. In den Maßnahmensteckbriefen ist jeweils dargestellt, wie und anhand welcher Indikatoren das Maßnahmen-Controlling erfolgen soll.

Bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen ist frühzeitig darauf zu achten, dass die jeweiligen Verantwortlichen mit dem Controlling vertraut gemacht werden und dass ihnen diese Aufgabe übertragen wird.

Für das Maßnahmen-Controlling wäre das Klimaschutzmanagement verantwortlich.

17.2. Ziellanpassung / Maßnahmenanpassung

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse können Maßnahmen verbessert und ergänzt werden. Zudem wird bei einer Gesamtschau der umgesetzten Maßnahmen ersichtlich, in welchen Bereichen die Philipps-Universität Marburg besonders stark ist und wo möglicherweise verstärkter Handlungsbedarf besteht.

Bei Bedarf werden Vorschläge zur Ziellanpassung sowie zur Modifizierung der Strategie erarbeitet, neue Maßnahmenvorschläge entwickelt und/oder Vorschläge zur Überarbeitung der Organisationsstrukturen gemacht.

Auch für die Erarbeitung von Vorschlägen zur Ziellanpassung / Maßnahmenanpassung wäre das Klimaschutzmanagement zuständig.

17.3. Klimaschutzberichterstattung

Wesentliches Element des Klimaschutz-Controllings ist ein jährlicher Klimaschutzbericht. Um den Prozess zu verstetigen, wird der Klimaschutzbericht in das Themenraster der Sitzungen der zuständigen Gremien eingeplant.

Der Klimaschutzbericht soll in knapper und prägnanter Form die Aktivitäten des vergangenen Berichtszeitraums beschreiben, einen Ausblick auf die Maßnahmen der nächsten

Periode geben und die Ergebnisse des Maßnahmen-Controllings sowie periodisch die Entwicklung der Energie- und CO₂-Bilanz und der darauf aufbauenden Indikatoren-Analyse darstellen.

Zielgruppe des Berichts sind sowohl Entscheidungsträger der Philipps-Universität Marburg als auch die allgemeine (Hochschul-) Öffentlichkeit.

17.4. Personalbedarf, erforderliche Investitionen

Für die Umsetzungsphase des Klimaschutzkonzeptes wird empfohlen, eine Stelle für ein Klimaschutzmanagement neu zu schaffen (siehe dazu Maßnahme ÜM-2 und Kapitel 18). Für eine derartige Stelle kann für drei Jahre (plus zwei Jahre für ein Anschlussvorhaben) eine Förderung im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative beantragt werden.

Für das Maßnahmen-Controlling und die Berichterstattung ist das Klimaschutzmanagement zuständig und es ist pro Jahr ein Aufwand von etwa 15 bis 20 Personentage zu veranschlagen. Die Energie- und CO₂-Bilanz wird bereits aktuell jährlich fortgeschrieben; hier entsteht also kein zusätzlicher Aufwand.

Für die vollständige Umsetzung des Controlling-Konzepts sind weiteren Investitionen in die Zählerinfrastruktur erforderlich. Die Arbeiten zum Ausbau der Zählerinfrastruktur laufen derzeit und werden im Rahmen des Infrastrukturentwicklungsbudget der Landesregierung gefördert. Darüber hinaus hat die Philipps-Universität Marburg zur Detailanalyse der Liegenschaftsbestände und zur Bildung der Energiekennzahlen ein weiteres Projekt beantragt. Hier werden nicht nur Flächendaten aufgenommen und geprüft sondern neben der technischen Ausstattung auch die Geräteausstattung der Gebäude aufgenommen. Ergänzend zur Zählerstruktur werden so die Daten zusammen geführt die für die Vertiefung des Controllings und die Umsetzung von Anreizsystemen benötigt werden.

Eine Energiemanagement-Software, mit der auch wesentliche Punkte der Indikatoren-Analyse erledigt werden können, ist bereits beim Dezernat IV - Gebäudemanagement und Technik im Einsatz.

18 **Vorschläge für die Organisation des Umsetzungsprozesses / Verstetigungsstrategie**

Die Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes für die Philipps-Universität Marburg kann nur dann erfolgreich sein, wenn viele Akteure in den verschiedenen Handlungsfeldern aktiv daran mitwirken und die Umsetzung koordiniert wird. Die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen muss teilweise außerhalb des direkten Einflussbereich der Universitätsverwaltung, entweder in den Fachbereichen und Instituten oder durch Dritte (z.B. die Stadt Marburg) erfolgen. Die Universitätsverwaltung kann daher bei der Umsetzung der Maßnahmen häufig nur initiierend, informierend und beratend wirken. Daher wird es eine wesentliche Aufgabe bei der Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes, das Thema „Energiewende und Klimaschutz“ dauerhaft präsent zu halten und die relevanten Akteure zu motivieren, zu beraten und die Aktivitäten zu koordinieren.

Damit diese Wahrnehmung der Aufgaben zur Umsetzung des Konzeptes gewährleistet werden kann, muss das Thema Klimaschutz sowohl organisatorisch als auch institutionell verankert und mit ausreichend personellen und finanziellen Mitteln ausgestattet werden.

Die Aufgabe der Gesamtkoordination zur Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes sollte – wie auch die Erstellung des vorliegenden Klimaschutzkonzeptes – beim Dezernat IV (Gebäudemanagement und Technik) angesiedelt werden.

Im Maßnahmenkatalog wurde weiterhin vorgeschlagen, unter Vorbehalt einer Förderung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, und nukleare Sicherheit (BMU) eine oder mehrere Stellen für ein „Klimaschutzmanagement“ (KSM) zu schaffen.

Dies ist im Rahmen der BMU Klimaschutzinitiative förderfähig (bis zu 3 Jahre Grundfinanzierung, ggf. Verlängerung). Voraussetzung für die Förderfähigkeit ist ein zur Umsetzung beschlossenes integriertes Klimaschutzkonzept.

Eine weitere formelle Voraussetzung für die Förderung von Stellen für das Klimaschutzmanagement ist der Beschluss zum Aufbau eines kontinuierlichen Klimaschutz-Controllings.

Die Einführung eines Klimaschutz-Controllings und die regelmäßige Berichterstattung in den universitären Gremien ist – unabhängig davon, dass es zur Förderfähigkeit beiträgt – auch von der Sache her ein wichtiges Element der Umsetzungs- und Verstetigungsstrategie.

Dem Klimaschutzmanagement kämen insbesondere folgende Aufgaben zu:

- Koordinierung der Energie- und Klimaschutzaktivitäten
- Einbindung weiterer Akteure / Netzwerkarbeit / Schnittstellenfunktion zwischen Universität, Stadt und Kreis sowie sonstigen regionalen und überregionalen Akteuren (für die Themen, die sich aus der Umsetzung des KSK ergeben)
- fachliche Betreuung der Gremien
- Begleitung und Koordination der Aktivitäten Dritter, Förderung von Netzwerken
- Fortentwicklung des Maßnahmenkatalogs
- Eruierung von Finanzquellen und Akquisition von Fördermitteln
- Zentrale Anlaufstelle für alle universitären und außeruniversitären Akteure zur Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes
- Erstberatung der Akteure zu Fördermittelquellen im Bereich Energie / Klimaschutz / Mobilität
- Öffentlichkeitsarbeit zum Klimaschutz / Ausgestaltung und Durchführung von Klimaschutzaktionen
- Aufbau Klimaschutz-Controllings
- Herausgabe eines jährlichen Energie- und Klimaschutzberichts

Für die Umsetzung der Maßnahmenvorschläge aus dem Handlungsfeld „Energiemanagement“, ist darüber hinaus dauerhaft die Bereitstellung ausreichender finanzieller und personeller Kapazitäten erforderlich.

Aktuell ist das Energiemanagement mit 3 Stellen ausgestattet. Damit hat sich seit 2016 die Situation an der Philipps-Universität Marburg deutlich verbessert. Die Empfehlungen aus dem kommunalen Energiemanagement gehen aber davon aus, dass bei der Größenordnung des Energieverbrauchs der Philipps-Universität Marburg im Energiemanagement eine deutlich höhere Stellenanzahl angemessen wäre (siehe folgende Abbildung).

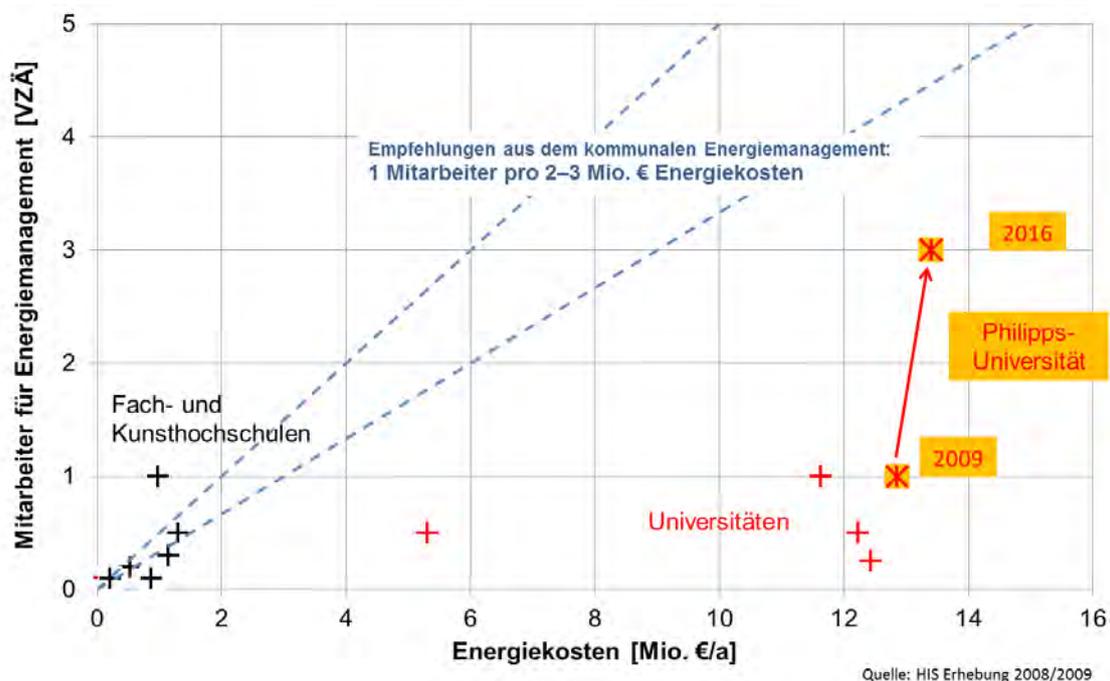


Abbildung 62 Empfehlungen aus dem kommunalen Energiemanagement zur erforderlichen Mitarbeiterzahl

Die Analysen im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes haben aufgezeigt, dass ein erheblicher Anteil des Energieverbrauchs durch forschungsbezogene Aktivitäten in den Fachbereichen und Instituten erzeugt wird. Hier werden große Potenziale zur Senkung des Energieverbrauchs gesehen. Die Erschließung dieser Potenziale kann aber nur begrenzt von der Universitätsverwaltung (konkret durch das zentrale Energiemanagement) erfolgen. Vielmehr muss in den Fachbereichen Zuständigkeiten und Knowhow geschaffen werden, das das zentrale Energiemanagement ergänzt.

Daher wird die Schaffung eines universitären Netzwerks von Energiekoordinatoren unter Einbeziehung der Fachbereiche als wichtiges Element der Umsetzungs- und Verstetigungsstrategie angesehen.

Zur Bündelung von Informationen über die Energieverbräuche, den Ressourceneinsatz und die energierelevanten Planungen und Handlungsmöglichkeiten der Fachbereiche und sonstigen Einrichtungen sollten auf geeigneter Ebene (je nach Relevanz und Größe: Institut, Fachbereich) Energiekoordinatoren benannt werden. Diese dienen dem Energiemanagement der Hochschulverwaltung und der Fachbereichsleitung als Ansprechpartner. Des Weiteren sollen durch den Austausch in einem Energiekoordinatoren-Netzwerk Synergien erkannt und Best Practice-Lösungen angewandt werden. Das trägt im Übrigen wesentlich zur Umsetzung der EMA-Hessen an der Philipps-Universität Marburg bei.

Quellenverzeichnis

- AMEV 2010 Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen: Hinweise zum Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden (Energie 2010); Berlin, 2010
- Berliner Energie-agentur 2010 Buy smart – Beschaffung und Klimaschutz: Leitfaden zur Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen, online aufgerufen am 27.08.2018
http://www.bescha.bund.de/SharedDocs/Downloads/Nachhaltigkeit/Leitfaeden/beschaffung_und_klimaschutz_buy_smart.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- BMUB 2016 Nationales Programm für nachhaltigen Konsum - Gesellschaftlicher Wandel durch einen nachhaltigen Lebensstil, Broschüre Nr. 2251, online aufgerufen am 27.08.2018
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nachhaltiger_konsum_broschuere_bf.pdf
- DIN 277-1 DIN 277: Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen –Teil 1: Hochbau; Deutsches Institut für Normung e. V.; 2016
- DIN 5034 DIN 5034 und EN ISO 9488; Deutsches Institut für Normung e. V.; 2011
- DWD 2017 "CDC Klimaberatungsmodul." Zugegriffen am 20.06.2018.
<https://kunden.dwd.de/obt/index.jsp>.
- GEMIS 2017 GEMIS Version 4.95: Auszüge aus der GEMIS-Datenbank; April 2017
- Geografisches Institut 2011 Geographisches Institut: Mobilität und Nachhaltigkeit im Zuge der städtebaulichen Restrukturierungen. Analyse zur räumlichen Mobilität & Verkehrsmittelwahl von Studierenden & Mitarbeitern/-innen der PUM, 2011
- HIS 2012 HIS Hochschul-Informationssystem eG (Hrsg.): Energiemanagement in Hochschulen; Handbuch zur Unterstützung bei der Einführung eines Energiemanagements in Hochschulen.; Hannover, 2012
- HIS HE 2017 HIS-Institut für Hochschulentwicklung: CO₂-Bilanz 2015 der hessischen Hochschulen; Hannover, Juli 2017
- HIS HE 2018 HIS-Institut für Hochschulentwicklung: CO₂-Bilanz 2016 der hessischen Hochschulen. Einsatz von Energie und Kennzahlen.; Hannover, Juli 2018
- HLNUG Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Fachinformationssystem Grundwasser- und Trinkwasserschutz Hessen (GruSchu), Standortbeurteilung für die Errichtung von Erdwärmesonden; gruschu.hessen.de
- HMF 2014 Hessisches Ministerium der Finanzen (Hrsg.): Energiebericht 2014 für den staatlichen Hochbau und Gebäudebetrieb des Landes Hessen; Wiesbaden, 2014
- HMUKL 2016 Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft, und Verbraucherschutz: 1. Fortschreibung Luftreinhalteplan für das Gebiet Mittel- und Nordhessen. Teilplan Marburg; Wiesbaden, 2016
- HoEff Ebert-Ingenieure GmbH & Co. KG / Hochschule München: Die Hochschule auf dem Weg zu einem energieeffizienten Gebäudebetrieb. Schlussbericht für das Forschungsvorhaben HoEff im Rahmen des Förderkonzeptes EnBop – Energetische Betriebsoptimierung; München 2013

IGDB 2015	Interessengemeinschaft Dreieich-Bahn: UniTram Marburg. Konzeptstudie; O.O., 2015
IU 2016	INFRASTRUKTUR & UMWELT, Professor Böhm und Partner: Klimaschutzteilkonzept „Integrierte Wärmenutzung in Schwerpunktgebieten der Landeshauptstadt Potsdam“; Potsdam/Darmstadt, September 2016
Klärle o.J.	Abschlussdokumentation Photovoltaik-Kataster für hessische Hochschulen – Solarpotenzialanalyse für insgesamt 10 ausgewählte Standorte, Frankfurt University of Applied Science
Mag. Marburg 2014	Magistrat der Stadt Marburg: Klimaschutzteilkonzept. Klimafreundliche Mobilität Lahnberge. Ergebnisbericht Dezember 2014; Marburg, Dezember 2014
Mag. Marburg 2017	Magistrat der Universitätsstadt Marburg: Stadtentwicklungsplanung Marburg. Radverkehrsplanung Marburg, 3. Fortschreibung; Marburg, Mai 2017
Mag. Marburg 2018	Magistrat der Universitätsstadt Marburg: Nutzen-Kosten-Untersuchung Uni-Tram Marburg; Karlsruhe, 2018
Marburg 2014	Stadt Marburg: Konzeptstudie für eine Seilbahnverbindung auf die Lahnberge; Marburg, Dezember 2014
Marburg 2016	Stadt Marburg: Nahverkehrsplan für die Universitätsstadt Marburg 2016-2021; Marburg, 2016
Marburg et al. o.J.	Stadt Marburg / Philipps-Universität Marburg / Hessisches Baumanagement: Masterplan Campus Lahnberge; Marburg, o.J.
Uni Marburg 2011	Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Geographie: Mobilität und Nachhaltigkeit im Zuge städtebaulicher Restrukturierungen. Eine Analyse von räumlicher Mobilität und Verkehrsmittelwahl von Studierenden und Mitarbeitern/-innen an der Philipps-Universität Marburg; Marburg, 2011
Universität Marburg	Universität Marburg, Tabelle: 170817-PUMRKS-K-Gebäudeliste
VDI Richtlinie 2012	Verein Deutscher Ingenieure: Richtlinienreihe VDI 2067 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen Grundlagen und Kostenberechnung“; Düsseldorf.
Watter 2015	Holger Watter: Regenerative Energiesysteme - Grundlagen, Systemtechnik und Analysen ausgeführter Beispiele nachhaltiger Energiesysteme. Vol. 4; Flensburg: Springer Vieweg, 2015