

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel

An den  
Umwelt- und Agrarausschuss  
des Schleswig-Holsteinischen Landtags

per E-Mail an: [Umweltausschuss@landtag.ltsh.de](mailto:Umweltausschuss@landtag.ltsh.de)

**Schleswig-Holsteinischer Landtag**  
**Umdruck 18/6844(neu)**

**Bearbeiter/in, Zeichen**  
Dr.-Ing. Uwe Pfründer  
R3

**Mail, Telefon, Fax**  
[upfruender@uv.uni-kiel.de](mailto:upfruender@uv.uni-kiel.de)  
tel +49(0)431-880-3590  
fax +49(0)431-880-4708

Servicezentrum Ressourcen  
Geschäftsbereich Gebäudemanagement

Hausanschrift:  
Christian-Albrechts-Platz 4, 24118 Kiel

Postanschrift: 24098 Kiel

[www.uni-kiel.de](http://www.uni-kiel.de)

Paketanschrift:  
Olshausenstraße 40, 24118 Kiel

**Datum**  
04.11.2016

Dr. Norbert Kopytziok R3UM  
Mirko v. Lutzau R31

**Schriftliche Anhörung des Umwelt- und Agrarausschusses des Schleswig-Holsteinischen Landtags zum Thema Energiewende und Klimaschutz in Schleswig-Holstein**

**Stellungnahme der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel zum Gesetzentwurf der Landesregierung, Drucksache 18/4388; Gesetz zur Energiewende und zum Klimaschutz in Schleswig-Holstein (Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein - EWKG)**

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir haben Ihnen am 29. September des Jahres eine inzwischen veraltete Stellungnahme geschickt, die ich hiermit zurückziehe. Im Folgenden sende ich eine überarbeitete, aktuelle Stellungnahme.

Die CAU unterstützt das Ziel der Landesregierung einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um 95 % ausdrücklich. Die Vorbildwirkung des Landes Schleswig-Holstein findet ihre Entsprechung in unserer Verantwortung als Landesuniversität als einem der größten öffentlichen Energieverbraucher und andererseits Innovationsträger des Landes. Per Präsidiumsbeschluss vom 7. Nov. 2012 hat die CAU sich selbst das Ziel der Klimaneutralität bis 2030 gesetzt und hat seither in erheblichem Umfang sowohl finanzielle Mittel als auch Kompetenzen hierfür bereitgestellt. Dieses Ziel kann die Universität jedoch nur erreichen, wenn das Land die CAU hierbei unterstützt, die CAU muss andernfalls dieses Ziel aufweichen oder fallen lassen. In vielen Pilotprojekten wurden an der CAU Erfahrungen gewonnen, die selbstverständlich zur Unterstützung der landespolitischen Ziele bereitgestellt werden.

Die Umsetzung der ambitionierten Klimaschutzziele des EWKG wird jedoch zusätzliche Investitionen in energetische Maßnahmen erfordern, für die die Landesliegenschaften grundsätzlich eine entsprechende zusätzliche finanzielle Ausstattung benötigen.

Vor diesem Hintergrund bittet die CAU folgende Aspekte zu beachten:

In § 3 (1) wird der Anspruch formuliert, bis zum Jahr 2020 die Treibhausgasemissionen in Schleswig-Holstein um 40 Prozent gegenüber 1990 zu reduzieren. Nach dem Bericht des Landtags „Energiewende und Klimaschutz in Schleswig-Holstein – Ziele, Maßnahmen und Monitoring 2016“ (S. 122) sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Schleswig-Holstein seit 1990 bis 2014 um 27 Prozent gesunken. Den größten Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2014 wird den Sektoren Verkehr (27,4 %) und Umwandlungsbereich (26,7%) zugerechnet. Ausgerechnet in diesen beiden Sektoren gab es in dem Zeitraum 1990 bis 2014 die geringsten Reduzierungen. Mit dem EWKG werden Minderungsziele an CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Landesverwaltung formuliert um ihre Vorbildfunktion einzunehmen. Unter der Annahme, dass die Landesverwaltung für rund 10 Prozent der Treibhausgasemissionen des Sektors „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ verantwortlich ist, ist ihr Einfluss mit rund einem Prozent der SH-Emissionen sehr gering.

Um das 40-Prozentziel bis 2020 zu erreichen, müssen die landesweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2014 bis 2020 jährlich um mehr als drei Prozent sinken. Dazu bedarf es erheblicher zusätzlicher Anstrengungen in den Sektoren Verkehr und Umwandlungsbereich.

Da die Einsparungsziele der folgenden Perioden zwar kumuliert angegeben sind, die konkreten Einsparungen jedoch jeweils aus einzelnen Maßnahmen bestehen, wirken langfristige Einzelmaßnahmen von heute (z.B. Investitionen in Gebäude) daher unverändert bis zum Zieljahr 2050. Solche langfristigen Maßnahmen müssen daher schon heute – zumindest strukturell – die Anforderungen von 2050 einhalten. Denn ein heutiges Verfehlen der Ziele für das Jahr 2050 bei großen Einzelmaßnahmen könnte bis dahin nicht mehr wirtschaftlich nachgebessert werden.

Nach § 4 (1) sollen die Emissionen des Strom- und Wärmeenergiebedarfs von Landesliegenschaften spezifisch (nach Fläche) um 40 % bis 2020 gemindert werden.

Zur spezifischen Emissionsreduktion stellen sich die Fragen nach dem Bezugszeitraum und der Verfügbarkeit der dafür notwendigen Daten (Eröffnungsbilanz). Darüber hinaus werden damit jene Einrichtungen benachteiligt, die zum Zeitpunkt des Bezugszeitraums niedrige oder gar sehr niedrige spezifische Emissionswerte zu verantworten hatten. Dagegen werden jene bevorteilt, die zuvor verschwenderisch mit Energie aus nicht-regenerierbaren Energiequellen umgegangen sind. Fairer wäre die Orientierung an nutzungsspezifischen Kennwerten (s. EnEV).

Wenn sich die genutzte Fläche öffentlicher Liegenschaften seit 1990 erhöht hat, würde die Erreichung des Ziels einer 40 %-igen Reduktion der flächenspezifischen Emissionen eine Reduktion von weniger als 40 Prozent absolut gesehen bewirken. Hier müssen bis zum Ziel der CO<sub>2</sub>-Freiheit im Jahre 2050 Zwischenziele auch mit absoluten Werten festgesetzt werden.

Die Landesregierung will zur Konkretisierung von Maßnahmen zur Erreichung der CO<sub>2</sub>-Minderungsziele eine Strategie entwickeln in der sie u.a. die Systemgrenzen festlegen will. Mit dem EWKG ist der Anspruch verbunden, bis 2050 eine CO<sub>2</sub>-freie Energie- und Wärmeversorgung für Landesliegenschaften zu erreichen. Dieses Ansinnen impliziert Systemgrenzen, die sich auf die direkte Energieerzeugung begrenzen. Unberücksichtigt blieben Auswirkungen auf Flora und Fauna, das Landschaftsbild sowie die Belastungen durch den Straßen- und Anlagenbau, den Verkehr, den Betrieb und die Instandhaltung von Anlagen.

Um den in § 1 genannten Zweck des Gesetzes, die Belange des Klimaschutzes zu stärken und eine Überschreitung des „2-Grad-Ziels“ zu verhindern, gerecht zu werden, erscheint eine Begrenzung der Systemgrenzen auf die reine Energieerzeugung unzureichend.

### **Bauliche Aspekte**

Im Zuge ihrer Selbstverpflichtung zum Klimaschutz hat die CAU für die großen Baumaßnahmen die Nachhaltigkeitszertifizierung nach dem BNB veranlasst. Dies sind damit die einzigen

laufenden Landesbaumaßnahmen mit der besonderen Qualitätssicherung durch eine Nachhaltigkeitsbetrachtung. Die CAU trägt dabei derzeit sowohl die Kosten des reinen Zertifizierungsprozesses als auch die Kosten der daraus resultierenden Maßnahmen. Für die ersten beiden Gebäude (Ersatzneubauten) konnte dabei bereits aufgrund intelligenter Planung gezeigt werden, dass eine Unterschreitung der EnEV 2016 um 30% wirtschaftlich ist (s. Anlage). Es handelt sich hierbei um ein großes Laborgebäude und um ein großes Bibliotheks- und Institutsgebäude also explizit sogar um Gebäude mit besonderen Anforderungen. Die Mehrkosten für die 30%-ige EnEV-Unterschreitung betragen nur rd. 0,9 % (Laborgebäude) bzw. 2,9 % (Bibliotheksgebäude) der Gesamtbaukosten. Da diese und auch andere heutige Neubauten bis 2050 energetisch nahezu unverändert fortbestehen werden, hält die CAU die jetzige Umsetzung solcher Maßnahmen für eine implizite Verpflichtung des Landes aus dem EWKG.

Beim Treibhausgas-Einsparungsziel in § 3 (und in § 4 für die Landesliegenschaften) wird auf das Referenzjahr 1990 abgehoben.

Dies erfordert für die einzelnen Liegenschaften (z.B. die CAU) zuverlässige Daten. Diese Bilanz und die daraus erwachsenden unterschiedlichen Verpflichtungen der unterschiedlichen und kameralistisch veranschlagten Bedarfsträger hat großen Einfluss auf die Baumaßnahmen des Landes.

#### Zu § 4 (2)

Analog zum ursprünglichen Gesetzentwurf sollte folgende Regelung aufgenommen werden: „Bei Neubaumaßnahmen von Landesliegenschaften wird verpflichtend geprüft, ob ein energetischer Standard der 30 Prozent über dem gesetzlichen Standard der Energieeinsparverordnung in der jeweils geltenden Fassung liegt, wirtschaftlich ist. Für diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird eine Lebenszykluskostenanalyse gemäß BNB durchgeführt.“

Begründung: Bei Aufstellung des Gesetzes wurde offensichtlich noch von einer Verschärfung der EnEV u.a. für Neubauten durch den Bund im Jahre 2016 (EnEV 2017) ausgegangen. Da diese zwischenzeitlich jedoch unbestimmt vertagt ist, kann Schleswig-Holstein seiner Vorbildfunktion nur gerecht werden, wenn die gesetzlichen Anforderungen der EnEV unterschritten werden. Dass dies wirtschaftlich ist, hat die CAU ja in zwei Beispielen bereits durch Lebenszykluskostenanalysen gezeigt. Da im Verwaltungsalltag jedoch weder eine Variantenuntersuchung zur EnEV noch eine Lebenszykluskostenanalyse erfolgen, hat die Landesregierung derzeit typischerweise keine Entscheidungsgrundlage für oder gegen eine erhöhte Energieeffizienz.

#### § 4 Absatz 2

Vorschlag einer Regelungsänderung zur Einzelbegründung, § 4 Absatz 2, Definition „grundlegend sanierter Gebäude“:

Hier sollte die zitierte zeitliche Definition des EEWärmeG für die öffentlichen Gebäude weiter gefasst werden. Es könnte z.B. heißen: „... bei denen innerhalb von **fünf** Jahren...“ und nicht „zwei Jahren“

Begründung: Anders als bei privatwirtschaftlichen Gebäuden, bei denen Eigentümerwechsel/Nutzungsanpassungen/Technische Verbesserungen/Gebäudehülle bereits finanzierungstechnisch begründet (KfW-Pakete) meist in einem Zuge erfolgen, ist bei öffentlichen Gebäuden gerade das Gegenteil zu beobachten. Durch eine z.B. rein haushaltstechnisch oder organisatorisch erforderliche Streckung der Maßnahme z.B. auf 3 Jahre (Baufreiheit nur in den bestimmten Zeiten wie Ferien), würden die gesamten Vorgaben zur Sparsamkeit entfallen. Da typischerweise auch keine ambitionierten liegenschaftsbezogenen Energiekonzepte vorliegen (die EnEV erlaubt im Bestand einen rein auf die einzelnen Bauteile bezogenen Nachweis), gibt es im Bestand der Landesliegenschaften mit dieser Regelung auch keine strukturellen Verbesserungen.

§ 4 (6) Hier ist die Berichtspflicht zum Stand der Zielerreichung und der Maßnahmenumsetzung festgeschrieben. Die Strategie sollte in diese Berichtspflicht mit aufgenommen werden. Nur damit bleibt gewährleistet, dass die Strategie anhand der realen Entwicklungen aktualisiert wird und die Einzelmaßnahmen auch weiterhin der Zielerreichung dienen.

Mit freundlichen Grüßen



Dr. Uwe Pfründer

mitgezeichnet 03.11.2016

Dr. Norbert Kopytziok

Mirko v. Lutzau

Anlagen: Anl1\_Geowissenschaften-2016\_07\_28 Variantenvergleich EnEV -30.pdf  
Anl2\_Juridicum-2016\_09\_24 Variantenvergleich 1 EnEV Varianten.pdf

# Neubau Institut für Geowissenschaften

## Variantenvergleich Nachhaltigkeit

### V1 EnEV Varianten

<b>1. Untersuchungsparameter .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Varianten .....</b>	<b>2</b>
2.1. Merkmale der Varianten .....	2
2.2. Variantendaten U-Werte .....	3
2.3. Variantendaten Bauteilqualitäten .....	3
2.4. Variantendaten Energiebedarf.....	3
2.5. Variantendaten Kosten KG 300.....	4
2.6. Variantendaten Kosten KG 400.....	4
2.7. Variantendaten Kosten gesamt .....	5
<b>3. Ergebnisse BNB Kriterien.....</b>	<b>5</b>
3.1. Ökobilanz .....	5
3.2. Lebenszykluskosten (LCC).....	6
3.3. Thermischer Komfort Winter.....	6
3.4. Qualität der Gebäudehülle.....	6
3.5. Nutzwertanalyse nach BNB Kriterien .....	7
<b>4. Empfehlung.....</b>	<b>7</b>
<b>5. Anhang.....</b>	<b>8</b>
5.1. Parameter für Variantenvergleiche LCC.....	8
5.2. Kostengruppierungen für LCC Berechnung .....	8
5.3. EnEV Berechnungen Genest .....	9
5.4. Kostenermittlungen B+P .....	10
5.5. Kostenermittlung N+P.....	14

Objekt: Neubau Geowissenschaften CAU Kiel

System: BNB Neubau Laborgebäude 2013

Planungsstand: LP3 laufend

Bauherr: GMSH

Bewertung durch:  MNP Ingenieure

Bearbeiter: Hendrik Müller



## 1. Untersuchungsparameter

Planungsstand	LP3 laufend
Daten Grundlage	<p>160914_Variantenuntersuchung für BNB_035H7_Kiel-CAU.pdf (Genest)</p> <p>160914_A-Ergebnisse EnEV Basis-Ist Gebäude_DIN18599_2016_06.xls (Genest)</p> <p>160914_C-Ergebnisse EnEV -30%-Ist Gebäude_DIN18599_2016_06.xls (Genest)</p> <p>170728_Ertragsberechnung_PV-Anlage_Windkraft_IFG_CAU-Kiel.pdf (B+P)</p> <p>160812_Wärmrückgewinnung RLT Variante 10_IFG_CAU-Kiel.pdf (B+P)</p> <p>160812_Wärmrückgewinnung RLT Variante 10a_IFG_CAU-Kiel.pdf (B+P)</p> <p>160812_IFG_Minderkosten HK bei EnEV -30 Prozent.pdf (B+P)</p> <p>160804 Kosten der Optimierungsmaßnahmen.pdf (N+P)</p>
Aufgabenstellung/ relevante BNB Kriterien	<p>Ökobilanz</p> <p>Lebenszykluskosten</p> <p>thermischer Komfort Winter</p> <p>Qualität Gebäudehülle</p>

## 2. Varianten

### 2.1. Merkmale der Varianten

	V1: EnEV 2016	V2: EnEV 2016-30%
EnEV	2016 wird erfüllt Basisvariante der Planung	2016 wird 30% unterschritten
Optimierungen KG 300		Verbesserung U-Werte Fenster und Glasdach
Optimierungen KG 400		47 kWp PV Dachanlage verbesserte Wärmerückgewinnung Labore und Seminarbereich

## 2.2. Variantendaten U-Werte

Bauteil	Fläche	Einheit	V1: EnEV 2016	V2: EnEV 2016-30%
U-Werte Fenster	2.251	m <sup>2</sup>	≤ 1,3 W/(m <sup>2</sup> k)	≤ 0,9 W/(m <sup>2</sup> k)
U-Werte Eingangstüren	43	m <sup>2</sup>	≤ 1,8 W/(m <sup>2</sup> k)	≤ 1,3 W/(m <sup>2</sup> k)
U-Werte Glasdach	144	m <sup>2</sup>	≤ 2,5 W/(m <sup>2</sup> k)	≤ 2,0 W/(m <sup>2</sup> k)

## 2.3. Variantendaten Bauteilqualitäten

Bauteil	KG	LD	Material	V1: EnEV 2016	V2: EnEV 2016-30%
Fenster	334	50	Alu	zweifach Glas	dreifach Glas
Oberlicht	362	50	Alu	zweifach Glas	zweifach Glas
Eingangstüren	334	50	Alu	zweifach Glas	zweifach Glas

## 2.4. Variantendaten Energiebedarf

Energiedaten lt. DIN 18599 Berechnung	V1: EnEV 2016	V2: EnEV 2016-30%
Energiebezugsfläche [m <sup>2</sup> ]	13.255	
Fernwärme [kWh/m <sup>2</sup> a]	160	140
Strom [kWh/m <sup>2</sup> a]	46	41
Fernwärme [kWh/a]	2.121.670	1.858.748
Strom [kWh/a]	615.994	549.706
PV Ertrag (mittlerer Jahresertrag Lebensdauer) [kWh/a]		39.868
PV Eigenverbrauch im Gebäude [kWh/a]		39.868

## 2.5. Variantendaten Kosten KG 300

relevante Kosten KG 300	Fläche	Einheit	V1: EnEV 2016	V2: EnEV 2016-30%
Fenster	2.251	m <sup>2</sup>	1.463.150 €	1.665.740 €
Eingangstüren	43	m <sup>2</sup>	27.520 €	27.950 €
Glasdach	144	m <sup>2</sup>	144.000 €	172.800 €
<b>Kosten KG 300 gesamt</b>			<b>1.634.670 €</b>	<b>1.866.490 €</b>

## 2.6. Variantendaten Kosten KG 400

relevante Kosten KG 400	Menge	Einheit	V1: EnEV 2016	V2: EnEV 2016-30%
PV Anlage Dachkonstruktion Montage	47	kWp		27.033 €
PV Anlage Verkabelung				15.101 €
PV Anlage Module Wechselrichter				55.744 €
PV Anlage Blitzschutz				6.214 €
Heizkörper Typ 21 Büro größer ausgelegt	240	Stck	6.720 €	
Heizkörper Typ 20 Labore größer ausgelegt	102	Stck	1.632 €	
Lüftungsgerät KVS mit 68% WRG			814.814 €	
Lüftungsgerät KVS mit 75% WRG				881.101 €
Lüftungsgerät Rotor (Seminar) mit 73% WRG			35.984 €	
Lüftungsgerät Rotor (Seminar) mit 75% WRG				37.145 €
<b>Kosten KG 400 gesamt</b>			<b>859.151 €</b>	<b>1.022.338 €</b>

## 2.7. Variantendaten Kosten gesamt

	V1: EnEV 2016	V2: EnEV 2016-30%
KG 300	1.634.670 €	1.866.490 €
KG 400	859.151 €	1.022.338 €
Gesamt	2.493.821 €	2.888.828 €
Differenz		395.007 €

## 3. Ergebnisse BNB Kriterien

### 3.1. Ökobilanz

	(GWP 100) Treibhauspotential	(ODP) Ozonabbaupotential	(POCP) Photochem. Oxid.pot.	(AP) Versauerungspotential	(EP) Eutrophierungspotential	Primärenergie nicht regenerierbar	Primärenergie regenerierbar	Primärenergie gesamt
<b>Variante 1: EnEV 2016</b>								
Konstruktion / Jahr	1.821	0,000001	1	9	1	6.365	191	6.556
Nutzung / Jahr	901.869	0,001904	115	1.235	129	3.914.934	284.231	4.199.166
Summe / Jahr	903.690	0,001905	115	1.244	130	3.921.299	284.422	4.205.721

<b>Variante 2: EnEV 2016 - 30%</b>								
Konstruktion / Jahr	5.462	0,000004	2	28	4	19.095	573	19.667
Nutzung / Jahr	772.836	0,001579	98	1.048	110	3.351.511	345.195	3.696.706
Summe / Jahr	778.298	0,001582	100	1.076	114	3.370.606	345.767	3.716.373

Differenz: 14%

	V1: EnEV 2016	V2: EnEV 2016-30%
Bewertung (1-3)	1	3

### 3.2. Lebenszykluskosten (LCC)

	V1: EnEV 2016	V2: EnEV 2016-30%
relevante Teil-Lebenszykluskosten für Energiebedarf Nutzung und zusätzliche Herstellungskosten	56.701.628 €	51.587.186 €
Bewertung (1-3)	2	3

### 3.3. Thermischer Komfort Winter

	V1: EnEV 2016	V2: EnEV 2016-30%
Komfortparameter für Vermeidung von Temperaturasymmetrie: U-Wert Fenster <1,1	U-Wert mit 1,3 zu hoch	U-Wert mit 0,9 erfüllt die Anforderung
Bewertung (1-3)	1	3

### 3.4. Qualität der Gebäudehülle

	V1: EnEV 2016	V2: EnEV 2016-30%
Einhaltung BNB Qualitätsstufen für U-Werte der Bauteile opake, transparent, Lichtkuppel, Glasdach (Steckbrief 4.1.2)	QS2 wird erfüllt	QS3 wird erfüllt
Bewertung (1-3)	2	3

### 3.5. Nutzwertanalyse nach BNB Kriterien

Punktevergabe je Kriterium 1-3 je nach Teilbewertung. Angaben Punkte / gewichtete Punkte

Nr	Kriterium	GW	V1: EnEV 2016			V2: EnEV 2016 -30%		
			V1	Note	Note gewichtet	V2	Note	Note gewichtet
1ff, 1.2.1,	Ökobilanz	13,5%	↓	1	1,4	↑	3	4,1
211	Lebenszykluskosten	13,5%	→	2	2,7	↑	3	4,1
311	therm. Komfort Winter	1,25%	↓	1	0,1	↑	3	0,4
412	Gebäudehülle	1,88%	→	2	0,4	↑	3	0,6
Gesamtbewertung					4,6			9,0

### 4. Empfehlung

Die Optimierungen am Gebäude und an der Anlagentechnik, die insgesamt zu einer Unterschreitung der EnEV 2016 um 30 Prozent führen, verbessern in allen vier relevanten BNB Kriterien die Nachhaltigkeit.

- Die Umweltwirkung kann trotz des zusätzlichen Materialaufwandes (3-fach Verglasung) um 14% reduziert werden.
- Die Lebenszykluskosten fallen bei der EnEV -30% Variante 9% niedriger aus. (Kontrollscenario mit Energiepreissteigerung 2% statt 4% ergibt für EnEV -30% Variante 6% geringere Lebenszykluskosten).
- Die deutlich besser gedämmten Fenster sorgen für eine Verbesserung des thermischen Komforts durch eine Verringerung von kalten Oberflächen in den Räumen (weniger Temperaturasymetrie).
- Die BNB Bewertung im Kriterium Qualität der Gebäudehülle – Indikator – U-Werte von Bauteilen – verbessert sich um eine Qualitätsstufe.

Die Umsetzung der EnEV -30% Variante wird aus BNB Sicht empfohlen.

## 5. Anhang

### 5.1. Parameter für Variantenvergleiche LCC

Daten für LCC	Wert
Betrachtungszeitraum	50 Jahre
Kalkulationszinssatz	1,5%
jährliche Preissteigerung	2,0%
jährliche Preissteigerung Energie	4,0%
Instandhaltung Festverglasung und AW	0,10%
Instandhaltung KG 400	AMEV
Lebensdauer	je Bauteil

Daten für Energie	Wert brutto	Einheit
Strom, Grundpreis	0,0000	€/Monat
Strom, Arbeitspreis	0,2023	€/kWh
Fernwärme, Grundpreis	0,0000	€/kW*a
Fernwärme, Arbeitspreis	0,0833	€/kWh

### 5.2. Kostengruppierungen für LCC Berechnung

KG DIN 276	V1: EnEV 2016	V2: EnEV 2016-30%	Lebensdauer
334	1.490.670 €	1.693.690 €	40
361		27.033 €	50
362	144.000 €	172.800 €	30
422	8.352 €	0 €	50
431	850.799 €	918.246 €	25
441		15.101 €	25
442		55.744 €	25
446		6.214 €	25
	2.493.821 €	2.888.828 €	

### 5.3. EnEV Berechnungen Genest

**GENEST**

Variantenuntersuchung Stand 24.08.2016, 035H7 G1

#### BAUPHYSIKALISCHE NACHWEISE

BV Kiel, CAU Neubau Institut für Geowissenschaften

#### Ergebnis der Variantenuntersuchung:

Variante ( $A_N = 13254,69 \text{ m}^2$ )	(A) Referenzgebäude	(A) Ist- Gebäude (Basis)	(B & C) Referenzgebäude (Zuschlag wg. Wrf- Klasse H2,H1)	(B) Ist- Gebäude (WRG)	(C) Ist- Gebäude (-30 %)
Nutzenergiebedarf [kWh/m <sup>2</sup> a]	191,71	193,96	197,15	192,64	171,40
Endenergiebedarf [kWh/m <sup>2</sup> a]	210,46	207,87	215,89	206,61	179,85
Primärenergiebedarf [kWh/m <sup>2</sup> a]	$253,69 \cdot 0,75 =$ 190,26	161,69	$263,47 \cdot 0,75 =$ 197,60	160,99	137,54
Unterschreitung Primärenergiebedarf	-	15,0 %	-	18,5 %	30,4 %

#### Optimierungsmaßnahmen:

Nr.	Maßnahme	Ist-Gebäude (A-Basis)	Ist-Gebäude (B-WRG)	Ist-Gebäude (C- optimiert)
1	Fenster, Eingangstüren (transparent), Glasdach	$U_{w,Fenster} \leq 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $U_{w,Eingang,trans} \leq 1,8$ $\text{W/(m}^2\text{K)}$ $U_{w,Glasdach} \leq 2,5$ $\text{W/(m}^2\text{K)}$	$U_{w,Fenster} \leq 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $U_{w,Eingang,trans} \leq 1,8$ $\text{W/(m}^2\text{K)}$ $U_{w,Glasdach} \leq 2,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$U_{w,Fenster} \leq 0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $U_{w,Eingang,trans} \leq 1,3$ $\text{W/(m}^2\text{K)}$ $U_{w,Glasdach} \leq 2,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
2	RLT: WRG & Spezifische Ventilatorleistung (SFP in Ws/m <sup>3</sup> )	WRG 68 bzw. 73 %; mit Zulufttemperatur 20°C  SFP Zuluft & SFP Abluft Vorplanung B + P Stand 11.08.16	WRG $\geq$ 75 %; mit Zulufttemperatur 20°C  SFP Zuluft & SFP Abluft Vorplanung B + P Stand 11.08.16	WRG $\geq$ 75 %; mit Zulufttemperatur 20°C  SFP Zuluft & SFP Abluft EWPlanung B + P Stand 11.08.16
3	WB – Zuschlag	0,10 W/(m <sup>2</sup> K)	0,10 W/(m <sup>2</sup> K)	0,05 W/(m <sup>2</sup> K)
4	Luftdichtheits- klasse	Klasse II, ohne Luftdichtheitestest	Klasse II, ohne Luftdichtheitestest	Klasse I, mit Luftdichtheitestest
5	Beleuchtungs- steuerung wie Referenz	Fachplanung von B+P Stand 28.07.16	Fachplanung von B+P Stand 28.07.16	Fachplanung von B+P Stand 28.07.16
6	PV – Anlage	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	47 kWp – Anlage (Bsp.: 313 m <sup>2</sup> , Süd, 40°, monokristallin – mittlere Leistung Ppk = 0,15 kW/m <sup>2</sup> , mäßig belüftete Module, ohne Stromspeicher, Ertrag von ca. 42.071 KWh/a ergibt ca. 7 % Deckung

## 5.4. Kostenermittlungen B+P

### Institut für Geowissenschaften (IFG) an der Christian-Albrechts-Universität in Kiel Photovoltaikanlage

Stand: 28.07.16



Gebäude Blitzschutzklasse 1 / Maschenweite Fangeinrichtung Dach: 5 x 5m

PV-Anlage mit 15°-Unterkonstruktion  
Modulmaß: ca. 1650 x 990mm  
Anzahl installierbare Module: ca. 156 Stück  
Leistung je Modul: ca. 285W  
Installierte Leistung: ca. 44,46kWp

Zu erwartender Ertrag je Monat je kWp installierte Leistung [kWh]:

Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Summe
20	39	75	109	127	117	119	112	86	58	26	12	900

Gesamtertrag bei einer installierten Gesamtleistung von 44,46 kWp [kWh/a]:

Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Summe
889	1.734	3.335	4.846	5.646	5.202	5.291	4.980	3.824	2.579	1.156	534	40.014

#### 1. Herstellungskosten **45kWp**-PV Anlage:

- a. Module: ca. 78.750,00 € netto (ohne Anpassung Blitzschutz)
- b. Gestell Flachdach: ca. 35.000,00 € netto
- c. Wechselrichter: ca. 10.250,00 € netto
- d. DC-Verkabelung: ca. 9.850,00 € netto
- e. AC-Verkabelung: ca. 3.500,00 € netto
- f. Montage: ca. 8.650,00 € netto
- g. Anpassung Blitzschutz: ca. 11.500,00 € netto
- Gesamtkosten: ca. 5.000,00 € netto
- ca. **83.750,00 € netto**

#### 2. Jahresertrag PV Anlage: ca. **40.000 kWh**

#### 3. Kosten je kWh bei 20-jähr. Laufzeit ohne Wartungs-/Reparaturkosten: **0,105€ pro kWh**

Institut für Geowissenschaften (IfG) an der Christian-Albrechts-Universität in Kiel  
BNB Variantenuntersuchung Nr. 10  
Wärmerückgewinnung RLT

Stand: 12.08.16



- KVS von 68 auf 75 % WRG

	Betrachtete Lüftungsgeräte: WRG 68 % gem. ERP 2018		WRG		Gerätekosten in €
	Luftvolumenstrom in m³/h	in %	in %	in €	
1.	Z1 Zuluft Lüftungsgerät Labore links	42.000	68	99.167	
2.	A1 Abluft Lüftungsgerät Labore links	42.000	68	109.760	
3.	Hydraulikstation			23.586	
4.	Z2 Zuluft Lüftungsgerät Labore rechts	42.000	68	99.167	
5.	A2 Abluft Lüftungsgerät Labore rechts	42.000	68	109.760	
6.	Hydraulikstation			23.586	
7.	Z9 Zuluft Lüftungsgerät Reinraum	37.500	68	98.238	
8.	A9 Abluft Lüftungsgerät Reinraum	37.500	68	97.868	
9.	Hydraulikstation			23.586	
	<b>Gesamtkosten WRG 68 %</b>			<b>684.718</b>	

	Betrachtete Lüftungsgeräte: WRG mind. 75 %		WRG		Gerätekosten in €
	Luftvolumenstrom in m³/h	in %	in %	in €	
1.	Z1 Zuluft Lüftungsgerät Labore links	42.000	76	105.749	
2.	A1 Abluft Lüftungsgerät Labore links	42.000	76	116.319	
3.	Hydraulikstation			25.813	
4.	Z2 Zuluft Lüftungsgerät Labore rechts	42.000	76	105.749	
5.	A2 Abluft Lüftungsgerät Labore rechts	42.000	76	116.319	
6.	Hydraulikstation			25.813	
7.	Z9 Zuluft Lüftungsgerät Reinraum	37.500	78	114.551	
8.	A9 Abluft Lüftungsgerät Reinraum	37.500	78	104.295	
9.	Hydraulikstation			25.813	
	<b>Gesamtkosten WRG mind. 75 %</b>			<b>740.421</b>	

Herstellungskosten Lüftungsgeräte:

- a. Lüftungsgeräte WRG 68% gem. ERP 2018
- b. Lüftungsgeräte WRG mind. 75%

684.718,00 € netto  
740.421,00 € netto

Mehrkosten für verbesserte WRG

55.703,00 € netto

Institut für Geowissenschaften (IfG) an der Christian-Albrechts-Universität in Kiel  
BNB Variantenuntersuchung Nr.10a  
Wärmerückgewinnung RLT

Stand: 12.08.16



**- Rotor von 73 auf mind 75 % WRG**

<b>Betrachtete Lüftungsgeräte: WRG 73 % gem. ERP 2018</b>		Luftvolumenstrom	WRG	Gerätekosten
		in m³/h	in %	in €
1.	Z5/A5 Kombiniertes Zu- und Abluftgerät Seminare	6.625	73	30.239
Gesamtkosten WRG 68 %				30.239

<b>Betrachtete Lüftungsgeräte: WRG mind. 75 %</b>		Luftvolumenstrom	WRG	Gerätekosten
		in m³/h	in %	in €
1.	Z5/A5 Kombiniertes Zu- und Abluftgerät Seminare	6.625	83	31.214
Gesamtkosten WRG mind. 75 %				31.214

Herstellungskosten Lüftungsgeräte:

- a. Lüftungsgerät WRG 68% gem. ERP 2018
- b. Lüftungsgerät WRG 83%

30.239,00 € netto  
31.214,00 € netto

**Mehrkosten für verbesserte WRG**

**975,00 € netto**

**- Abschätzung der Heizkörper-Minderkosten bei verbesserter Gebäudedämmung um 30%**

Durch die Verbesserung der Gebäudedämmung um ca. 30% reduziert sich die Heizlast der Räume entsprechend. Eine überschlägige Betrachtung eines Labor- und eines Büroraumes hat die Reduzierung der Heizkörper um eine Leistungsgröße ergeben.  
In der unten stehenden Tabelle sind die Minderkosten, welche sich durch die Reduzierung der Heizkörperdimensionen ergeben, aufgeführt. Grundlage für die aufgeführten Minderkosten sind Submissionsergebnisse für Heizkörperpreise aus vergleichbaren Bauvorhaben.

Minderkosten Heizkörper bei Verbesserung der Dämmung um 30%		Anzahl	Minderpreis je Heizkörper	Minderpreis
Reduzierung der Heizkörperdimension		Stück	€ netto/HK	€ netto
1.	Heizkörper Typ 21 für Büro- und büroähnliche Räume	240	-28,00	-6.720,00
2.	Heizkörper Typ 20 für Laborräume	102	-16,00	-1.632,00
<b>Minderkosten Heizkörper</b>				<b>-8.352,00</b>

*Hinweis:*

Kosten für Hannblockverschraubungen, Thermostatventile, Heizkörperbefestigungen, Heizkörpermontage, etc. bleiben gleich, unabhängig zur Dimension des Heizkörpers.

### 5.5. Kostenermittlung N+P

<b>Basis Variante</b>					
	Fläche m <sup>2</sup> lfg	Fläche m <sup>2</sup> Geotechnikum	Preis €/m <sup>2</sup>	Kosten €	
Fenster $u_w = \leq 1,3 \text{ w}/(\text{m}^2\text{k})$	2251	253	650	1627600	
Eingangstüren $u_w = \leq 1,8 \text{ w}/(\text{m}^2\text{k})$	43	0	640	27520	
Glasdach $u_w = \leq 2,5 \text{ w}/(\text{m}^2\text{k})$	144	0	1000	144000	
<b>Gesamt</b>					<b>1.799.120 €</b>

<b>Optimierte Variante</b>					
	Fläche m <sup>2</sup> lfg	Fläche m <sup>2</sup> Geotechnikum	Preis €/m <sup>2</sup>	Kosten €	
Fenster $u_w = \leq 0,9 \text{ w}/(\text{m}^2\text{k})$	2251	253	740	1852960	
Eingangstüren $u_w = \leq 1,3 \text{ w}/(\text{m}^2\text{k})$	43	0	650	27950	
Glasdach $u_w = \leq 2,0 \text{ w}/(\text{m}^2\text{k})$	144	0	1200	172800	
<b>Gesamt</b>					<b>2.053.710 €</b>

**Differenz: 254.590 €**

# Bauvorhaben Neubau Juridicum CAU Kiel

## Vergleich EnEV Varianten

**V1: EnEV 2016**

**V3: EnEV 2016 -30% (entspricht BNB KT 412 QS3)**

### Inhalt:

<b>1. Aufgabenstellung</b>	<b>2</b>
<b>2. Verwendeter Planungsstand</b>	<b>2</b>
<b>3. Untersuchungsmethodik</b>	<b>3</b>
3.1. <i>Lebenszykluskosten</i>	3
3.2. <i>Ökobilanz</i>	4
<b>4. Varianten</b>	<b>5</b>
<b>5. Ergebnisse</b>	<b>7</b>
5.1. <i>Lebenszykluskosten Rechenszenario 4% Energiepreissteigerung</i>	7
5.2. <i>Lebenszykluskosten Rechenszenario 0% Energiepreissteigerung</i>	8
5.3. <i>BNB Auswirkung</i>	8
5.4. <i>Zusammenfassung Lebenszykluskosten</i>	9
5.5. <i>Ökobilanz Ergebnisse</i>	10
5.6. <i>Ökobilanz BNB Bewertung</i>	11
<b>6. Empfehlung</b>	<b>11</b>

Objekt:	Neubau Juridicum CAU Kiel
System:	BNB Neubau Unterrichtsgebäude 2013
Planungsstand:	LP3
Bauherr	GMSH
Bewertung durch:	 MNP Ingenieure
Bearbeiter:	Hendrik Müller
Versionen:	2016_02_08 Entwurf zur Abstimmung im Planungsteam 2016_02_15 mit Anpassung auf 70kWp PV Anlage

## 1. Aufgabenstellung

Der unterschiedliche Erfüllungsgrad der EnEV 2016 mit seinen Auswirkungen auf Lebenszykluskosten und Ökologie ist zu untersuchen. Die Variantenbezeichnung wird aus den EnEV Voruntersuchungen übernommen. Auf eine Berechnung der Variante 2 (EnEV 2016 ca. -15%) wird verzichtet.

Die Variante 1 erfüllt die Anforderungen der EnEV 2016.

Die Variante 3 unterschreitet die Anforderungen der EnEV 2016 hinsichtlich Transmissionsverlusten und Primärenergiebedarf um 30 Prozent. Die Unterschreitung wird durch eine deutlich bessere Dämmqualität der Gebäudehülle sowie eine zusätzliche 70 kWp PV Dachanlage erreicht.

Der Vergleich beschränkt sich auf wesentliche Kriterien die entsprechend kostenrelevant sind und ist nicht abschließend.

## 2. Verwendeter Planungsstand

Der Vergleich wird auf Grundlage folgender Daten erstellt:

Nr	Bezeichnung	hier verwendeter Inhalt	Quelle
1	EnEV DIN 18599 Berechnung in Varianten Stand 25.11.2015	Endenergiebedarfe Wärme Strom Schichtdicken Dämmung	H&H
2	Ermittlung PV Anlagengröße für EnEV-30% Stand 1.2.2016	PV Anlagengröße Eigenstrombedarf Gebäude	H&H
3	160201 Kosten für einzelne BT u Dämmung V1 bis V3.pdf	Herstellungskosten Dämmebenen Material Dämmstoffe	AGN
4	2016_02_10 WG_ 15198 - Juridicum =_ PV-Anlage Kosten überarbeitet.pdf	Herstellungskosten für PV Anlage und Unterkonstruktion 70kWp	Bruns
5	151008_Ertragsberechnung_Photovoltaikanlage_Juridikum_CAU-Kiel.pdf	Jahresertrag je kWp	Bruns

### 3. Untersuchungsmethodik

Für den Variantenvergleich werden nur die von Veränderungen hinsichtlich Lebenszykluskosten und Umweltwirkung betroffenen Aspekte berücksichtigt. Neben den Energiebedarfen Wärme und Strom sind dies nur die Dämmebenen der Gebäudehülle und die PV Anlage.

#### 3.1. Lebenszykluskosten

Die gebäudebezogenen Kosten im Lebenszyklus gemäß BNB Methodik werden in einer dynamischen Simulation ermittelt. Dabei werden alle Kosten die in 50 Jahren entstehen berücksichtigt. Die Kosten für die Herstellung des Gebäudes werden als die Kosten in den Kostengruppen 300 und 400 der DIN 276 berücksichtigt. Die Kosten im Betrieb des Gebäudes werden in Form der DIN 18590 Nutzungskosten im Hochbau einbezogen. Die Berechnungsparameter und die anzusetzenden Lebensdauern sind im Rechenverfahren einheitlich festgelegt.

Folgende Aspekte sind Bestandteil für den Vergleich der EnEV Varianten:

- Herstellungskosten KG 300 und 400 DIN 276
- Energiekosten laut Energiebedarfsberechnung
- Regelmäßig anfallende Instandhaltung KG 300
- Instandhaltungskosten KG 400 nach AMEV und VDI 2067
- Bauteillebensdauern und Erneuerungskosten
- Preissteigerungen separat für Dienstleistungen und Energie
- Berechnung erfolgt mit brutto Kosten und brutto Einheitspreisen für Energie

Im Ergebnis der Berechnung erhält man zunächst die Lebenszykluskosten als die Summe der zu erwartenden Ausgaben (netto) in 50 Jahren einschließlich Herstellung. Da in diesem Wert alle Kosten abgebildet sind, kann er direkt zur Beurteilung unterschiedlicher Varianten herangezogen werden. Die klassische Trennung in Investition, Amortisation und Wirtschaftlichkeit wird so durch einen ganzheitlichen Ansatz ersetzt.

**Tabelle 1: Einheitspreise Energie für Lebenszykluskosten Berechnung gem. BNB**

Daten für Energie	Wert brutto	Einheit
Strom, Grundpreis	0,0000	€/Monat
Strom, Arbeitspreis	0,2023	€/kWh
Fernwärme, Grundpreis	0,0000	€/kW*a
Fernwärme, Arbeitspreis	0,0833	€/kWh

**Tabelle 2: Parameter Lebenszykluskosten Berechnung gem. BNB**

Daten für LCC	Wert
Betrachtungszeitraum	50 Jahre
Kalkulationszinssatz*	0% und 1,5%
Jährliche Preissteigerung	2,0%
Jährliche Preissteigerung Energiekosten*	0% und 4%
Instandhaltung KG 330-390	0,10%
Instandhaltung KG 400	AMEV
Lebensdauer	je Bauteil

\*Zinssatz und Preissteigerung werden mit je zwei Rechenszenarien variiert

Die BNB Bewertung erfolgt auf Grundlage des Barwertes. Zur Berechnung werden alle Zahlungen im Lebenszyklus auf den Zeitpunkt „heute“ abgezinst. Je höher der Kalkulationszinssatz, desto weniger werden späte Zahlungen im Ergebnis berücksichtigt.

Für den BNB Bewertungsmaßstab der Systemversion 2013 wurde ein Kalkulationszins von 5,5% festgelegt. Auf seiner Grundlage wurden die Benchmarks für die BNB Punktevergabe bestimmt.

Für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich ist der Kalkulationszins analog zu Berechnungen nach VDI 2067 auf Grundlage aktueller Werte zu wählen. Hier kann bspw. auf den Zins 10 jähriger Pfandbriefe zurückgegriffen werden. Hier ergibt sich aktuell ein Zins von 1,5%.

Für einen öffentlichen Bauherren empfehlen wir zusätzlich die reine Kostenbetrachtung bei einem Kalkulationszins von 0%, da prinzipiell keine Anlagealternative (als eigentlicher Zweck einer Kapitalwert oder Barwertmethode) zur Verfügung steht. Diese Variante wird grundsätzlich mitberechnet, da sie den zu erwartenden Zahlungsstrom darstellt.

### 3.2. Ökobilanz

Die ökologische Qualität eines Gebäudes wird im Wesentlichen durch seine Ökobilanz bestimmt. Die Ökobilanz ermittelt, die für Herstellung und Nutzung des Gebäudes zu erwartenden Umweltwirkungen, sowie den Verbrauch an Primärenergie. Der Betrachtungszeitraum beträgt 50 Jahre. Grundlagen der Berechnung sind die entsprechenden BNB Kriterien sowie die Daten der Ökobau.dat 2012.

Für die EnEV Varianten werden folgende Teilaspekte der Ökobilanz berücksichtigt:

- Herstellung der Konstruktion Dämmebenen der Gebäudehülle
- Instandsetzungen an der Konstruktion am Ende der Lebensdauer (Lebensdauer identisch Lebenszykluskosten Betrachtung)
- Entsorgung der Konstruktion
- Endenergiebedarf Wärme und Strom
- PV Stromertrag

#### 4. Varianten

Tabelle 3: Bauteile, Material, Anlagen und Eigenschaften der Varianten

Bauteil	KG <sup>1</sup>	LD <sup>2</sup>	Material	U-Wert V1 EnEV 2016	U-Wert V3 EnEV 2016-30%
Fenster	334	50	Alu	1,30	0,80
Oberlicht	362	50	Alu	2,50	1,50
Dämmung unter BPL	324	50	Styrodur (WLG 040)	0,65	0,28
Dämmung AW	331	50	Miwo (WLG 032)	0,29	0,16
Dämmung KG AW	331	50	Styrodur (WLG 040)	0,45	0,19
Dämmung Dach	361	50	EPS ( WLG 035)	0,21	0,14
Dämmung Decke Eingang	351	50	Miwo (WLG 032)	0,19	0,13
PV Anlage	442	25		keine	70kWp

Tabelle 4: Schichtdicken der Dämmstoffe der Varianten

Bauteil	KG	LD	Material	Stärke [mm] V1 EnEV 2016	Stärke [mm] V3 EnEV 2016-30%
Fenster	334	50	Alu	Uw=1,3 2-fach Glas	Uw=0,8 3-fach Glas
Oberlicht	362	50	Alu	Uw=2,5 2-fach Glas	Uw=1,5 2-fach Glas
Dämmung unter BPL	324	50	Styrodur (WLG 040)	40	120
Dämmung AW	331	50	Miwo (WLG 032)	100	180
Dämmung KG AW	331	50	Styrodur (WLG 040)	80	200
Dämmung Dach	361	50	EPS ( WLG 035)	160	240
Dämmung Decke Eingang	351	50	Miwo (WLG 032)	160	240

<sup>1</sup> KG: Kostengruppenzuordnung gem. DIN 276

<sup>2</sup> LD: Lebensdauer

Tabelle 5: Herstellungskosten der relevanten Bauteile und Anlagen der Varianten

Bauteil	KG	LD	Material	Kosten V1 EnEV 2016	Kosten V3 EnEV 2016-30%
Fenster	334	50	Alu	1.703.145 €	1.885.010 €
Oberlicht	362	50	Alu	96.492 €	125.388 €
Dämmung unter BPL	324	50	Styrodur (WLG 040)	77.738 €	149.382 €
Dämmung AW	331	50	Miwo (WLG 032)	70.516 €	100.620 €
Dämmung KG AW	331	50	Styrodur (WLG 040)	3.533 €	6.622 €
Dämmung Dach	361	50	EPS ( WLG 035)	109.045 €	144.608 €
Dämmung Decke Eingang	351	50	Miwo (WLG 032)	5.426 €	7.820 €
<b>Summe KG 300</b>				<b>2.065.895 €</b>	<b>2.419.450 €</b>
PV Anlage 70 kWp Unter- konstruktion <sup>3</sup>	369	50	Alu	0 €	34.213 €
PV Anlage 70 kWp	442	25	Module	0 €	102.638 €
<b>Summe KG 400</b>				<b>0 €</b>	<b>136.850 €</b>

Tabelle 6: Energiebedarfe der Varianten

	V1: 1 EnEV 2016	V: 3 EnEV 2016-30%
Energiebezugsfläche	9.871	9.871
Fernwärme [kWh/m <sup>2</sup> a]	44,7	31
Strom [kWh/m <sup>2</sup> a]	21	21
Fernwärme [kWh/a]	441.234	306.001
Strom [kWh/a]	207.291	207.291
PV Ertrag anrechenbar <sup>4</sup>		-59.360

Tabelle 7: eigene ergänzende Berechnungen zur PV Anlage

PV Anlage		
Ertrag Jahr 1	900	kWh/kWp
Degradation <sup>5</sup>	0,5	%/a
mittlerer Ertrag in Lebensdauer	848	kWh/kWp

<sup>3</sup> Es werden jeweils 25% der Gesamtkosten für die Unterkonstruktion angesetzt

<sup>4</sup> Gesamter PV Ertrag wird im Gebäude verbraucht (davon ca. 42MWh lt. EnEV Berechnung für Hilfsenergie, Lüftung usw.)

<sup>5</sup> Eine Studie des Fraunhofer ISE an 14 Anlagen in Deutschland mit poly- und monokristallinen Modulen hat eine durchschnittliche Degradation von 0,1% relative Abnahme der Wirkungsgrades pro Jahr für die gesamte Anlage inklusiv der Module gezeigt. Die getroffene Annahme von 0,5% Leistungsverlusten pro Jahr ist sehr konservativ. (Kiefer K, Dirnberger D, Müller B, Heydenreich W, Kröger-Vodde A. A Degradation Analysis of PV Power Plants. 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Valencia, 2010.)

**Tabelle 8: Zusammenfassung Variantendaten**

	<b>V1: 1 EnEV 2016</b>	<b>V: 3 EnEV 2016-30%</b>
Energiebezugsfläche	9.871	9.871
Fernwärme [kWh/m²a]	44,7	31
Strom [kWh/m²a]	21	21
Fernwärme [kWh/a]	441.234	306.001
Strom [kWh/a]	207.291	207.291
PV Ertrag anrechenbar		-59.360
relevante Kosten Herstellung		
Dämmebenen Dach, Wand, BPL, Fenster	2.065.895 €	2.419.450 €
Unterkonstruktion PV Anlage (50kWp)		34.213 €
PV Anlage		102.638 €

## 5. Ergebnisse

### 5.1. Lebenszykluskosten Rechenszenario 4% Energiepreissteigerung

Die Simulation der Lebenszykluskosten mit den BNB Standardparameter für Einheitspreise und Lebensdauern ergibt bei einer Energiepreissteigerung von 4% jährlich (ebenfalls BNB Standard) folgende Ergebnisse für die Varianten:

**Tabelle 9: Lebenszykluskosten Berechnungsergebnisse bei 4% Energiepreissteigerung**

Energie plus 4%/ Jahr	KZS <sup>6</sup>	Herstel- lung [€]	Wartung [€]	Instand- setz. [€]	Energie [€]	Ersatz [€]	<b>Gesamt [€]</b>
V1 EnEV 2016	1,5%	2.065.940	110.750	0	7.477.753	0	<b>9.654.443</b>
V1 EnEV 2016	0%	2.065.940	168.161	0	12.013.333	0	<b>14.247.434</b>
V3 EnEV 2016 -30%	1,5%	2.556.300	199.822	37.162	5.266.120	113.778	<b>8.173.182</b>
V3 EnEV 2016 -30%	0%	2.556.300	303.407	56.427	8.460.249	165.086	<b>11.541.469</b>

Die Variante 3 mit einer EnEV Übererfüllung von 30% hat ca. 13% niedrigere Lebenszykluskosten als die Variante 1, welche die EnEV lediglich erfüllt. Die Mehrkosten für die Herstellung, die Wartung und die Instandsetzung sowie für den Ersatz der PV Anlage nach 25 Jahren werden durch die Reduzierung der Energiekosten mehr als kompensiert.

<sup>6</sup> KZS: Kalkulationszinssatz der Barwertberechnung

## 5.2. Lebenszykluskosten Rechenszenario 0% Energiepreissteigerung

Als Kontrollszenario werden die Lebenszykluskosten zusätzlich für eine Energiepreissteigerung von 0% ermittelt. Ein Eintritt dieser Annahme über den Betrachtungszeitraum erscheint jedoch extrem unwahrscheinlich.

**Tabelle 10: Lebenszykluskosten Berechnungsergebnisse bei 0% Energiepreissteigerung**

Energie plus 4%/ Jahr	KZS <sup>7</sup>	Herstel- lung [€]	Wartung [€]	Instand- setz. [€]	Energie [€]	Ersatz [€]	<b>Gesamt [€]</b>
V1 EnEV 2016	1,5%	2.065.940	110.750	0	2.754.116	0	<b>4.930.806</b>
V1 EnEV 2016	0%	2.065.940	168.161	0	3.934.487	0	<b>6.168.588</b>
V3 EnEV 2016 -30%	1,5%	2.556.300	199.822	37.162	1.939.554	113.778	<b>4.846.616</b>
V3 EnEV 2016 -30%	0%	2.556.300	303.407	56.427	2.770.816	165.086	<b>5.852.036</b>

Im Kontrollszenario stellen sich bei einem Kalkulationszins von 1,5% gleiche Lebenszykluskosten für beide Varianten ein. Die Berechnung der Zahlungsströme (Kalkulationszins=0%) zeigt wiederum niedrigere Lebenszykluskosten für die Variante 3 EnEV 2016 -30%.

## 5.3. BNB Auswirkung

Mit den untersuchten Varianten ergeben sich unterschiedlich hohe Lebenszykluskosten. Da nur Teilaspekte des Gebäudes berechnet werden, kann keine Gesamtbewertung nach BNB erfolgen. Dennoch lässt sich die Auswirkung der Unterschiede anhand des BNB Bewertungsmaßstabes einordnen.

**Tabelle 11: Lebenszykluskosten Ergebnisse Auswirkung BNB Bewertung**

	<b>V1 EnEV 2016</b>	<b>V3 EnEV 2016 -30%</b>
BGF [m <sup>2</sup> ]	11.758	
LCC/m <sup>2</sup> BGF [€]	408	390
LCC-Differenz [€]		-18
BNB Bewertung KT 211		plus 3 Punkte

Mit der Variante 3 EnEV -30% wird eine um 3 Punkte (von 100) bessere Bewertung erreicht.

<sup>7</sup> KZS: Kalkulationszinssatz der Barwertberechnung

#### 5.4. Zusammenfassung Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten der Variante 3 EnEV -30% sind in allen Szenarien niedriger als die der Variante 1 EnEV 2016. Ursache dafür sind die reduzierten Energiekosten. Diese liegen über den Mehrkosten für die höhere Dämmqualität und die PV Anlage in der Herstellung einschließlich der daraus resultierenden Folgekosten in 50 Jahren. Durch das Kontrollszenario mit Energiepreissteigerung von 0% sind die Ergebnisse zusätzlich abgesichert.

Die BNB Bewertung des Kriteriums Lebenszykluskosten verbessert sich mit der Variante 3 EnEV -30% deutlich.

**Tabelle 12: Zusammenfassung Berechnungsergebnisse Lebenszykluskosten**

	Variante	Preissteigerung Energie 4%	Preissteigerung Energie 0%
KZS 0%	V1 EnEV 2016	<b>14.247.434 €</b>	<b>6.168.588 €</b>
	V3 EnEV2016 -30%	<b>11.541.469 €</b>	<b>5.852.036 €</b>
KZS 1,5%	V1 EnEV 2016	<b>9.654.443 €</b>	<b>4.930.806 €</b>
	V3 EnEV2016 -30%	<b>8.173.182 €</b>	<b>4.846.616 €</b>

## 5.5. Ökobilanz Ergebnisse

Die Umweltwirkung der beiden Varianten wird für die relevanten Bauteile und die Energiebedarfe in der Nutzung bestimmt. Betrachtungszeitraum ist analog zu den Lebenszykluskosten 50 Jahre. Die Ergebnisse werden als Wert/ Jahr bzw. Wert/m<sup>2</sup>NGF und Jahr angegeben.

Tabelle 13: Ökobilanz relevante Bauteile und Nutzung Ergebnisse

	(GWP 100) Treibhauspotential [(CO <sub>2</sub> -Äqu.) kg/m <sup>2</sup> a]	(ODP) Ozonabbaupotential [(R11-Äqu.) kg/m <sup>2</sup> a]	(POCP) Oxidantienbidungspot. [(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu.) kg/m <sup>2</sup> a]	(AP) Versauerungs-potential [(SO <sub>2</sub> -Äqu.) kg/m <sup>2</sup> a]	(EP) Eutrophierungs-potential [(PO <sub>4</sub> -Äqu.) kg/m <sup>2</sup> a]	Primärenergie nicht regenerierbar [kWh/m <sup>2</sup> a]	Primärenergie regenerierbar [kWh/m <sup>2</sup> a]	Primärenergie gesamt [kWh/m <sup>2</sup> a]
<b>V1: EnEV 2016</b>								
<b>Konstruktion</b>	0,3	0,00000002	0,000480	0,000757	0,00009	2	0	2
<b>Nutzung</b>	21,3	0,00000006	0,002771	0,032256	0,00324	93	9	102
<b>Summe</b>	21,6	0,00000008	0,003251	0,033013	0,00334	95	8,7%	104
<b>V3: EnEV 2016-30%</b>								
<b>Konstruktion</b>	0,58	0,00000002	0,000345	0,002019	0,00020	3	0	3
<b>Nutzung</b>	15,0	0,00000004	0,001955	0,022837	0,00229	66	6,45	72
<b>Summe</b>	15,6	0,00000006	0,002300	0,024856	0,00250	68	8,9%	75

Die Umweltwirkung der Variante 3 EneV -30% ist 25% geringer als die der Variante 1. Der zusätzliche Energie und Ressourcenaufwand für die Ausbildung von dickeren und besseren Dämmebenen wird durch die Reduzierung des Energiebedarfes in der Nutzung mehr als kompensiert. Dies gilt analog auch für die PV Anlage, die so eine bilanzielle CO<sub>2</sub> Neutralität bereits nach 2 Jahren erreicht.

## 5.6. Ökobilanz BNB Bewertung

Für die BNB Bewertung wäre neben den Energiebedarfen der Nutzung auch die übrige Konstruktion des Gebäudes zu berücksichtigen. Der Anteil der relevanten Bauteile für diesen Variantenvergleich daran ist sehr gering.

**Tabelle 14: Ökobilanz Gegenüberstellung betrachtete Anteile Konstruktion zu Gesamtkonstruktion**

	(GWP 100) Treibhauspotential [(CO <sub>2</sub> -Äqu.) kg/m <sup>2</sup> a]	Primärenergie gesamt [[kWh/m <sup>2</sup> a]
Referenzwert gesamte Konstruktion	10	140
V1: EnEV 2016 nur relevante Bauteile	0,33	1,62
V3: EnEV 2016-30% nur relevante Bauteile	0,58	2,92

Für eine Abschätzung zur BNB Bewertung der Ökobilanz wird daher für die Konstruktion der Referenzwert angesetzt. Es ergibt sich für beide Varianten eine sehr hohe Bewertung mit Vorteilen für die Variante 3 EnEV -30%.

**Tabelle 15: Abschätzung zur BNB Bewertung Ökobilanz**

	Punkte LCA	Erfüllung
Maximal erreichbar	13,50%	
Variante 1: EnEV 2016	12,65%	93,7 %
Variante 2: EnEV 2016-30%	13,50%	100 %

Die hohe Bewertung ergibt sich überwiegend aus den nach Ansicht der Verfasser deutlich zu schwachen Benchmarks<sup>8</sup> für die Kriterien Treibhauspotential, Ozonabbaupotential, Oxidantienbildungspotential, Versauerungspotential und Eutrophierungspotential. Hier erreichen beide Varianten trotz einer um 25% abweichenden Umweltwirkung jeweils die volle Bewertung. Der Bewertungsunterschied ergibt sich lediglich aus den Kriterien zur Primärenergie.

## 6. Empfehlung

Aus ökologischer und ökonomischer Sicht ist eindeutig die Umsetzung der Variante 3 EnEV -30% zu empfehlen.

<sup>8</sup> Benchmarks in BNB UN2013 sind auf Grundlage EnEV 2009 gebildet worden. Für die Systemversion 2015 erfolgt eine deutliche Verschärfung bzw. Anpassung.