



„Energetische Gebäudesanierung in Kasachstan am Beispiel des Gebäudes der Deutsch-Kasachischen Universität“

Abschlussbericht über ein praxisorientiertes Forschungsprojekt,
gefördert unter dem Aktenzeichen 26646 von der Deutschen
Bundesstiftung Umwelt

Bewilligungsempfänger und Projektleitung

Deutsch-Kasachische Universität
Prof. Dr. Dr. h.c. Matthias Kramer
Puschkin-Str. 111/113, 050010 Almaty, Kasachstan

Kooperationspartner / Bearbeitung:

Dohle + Lohse Architekten GmbH
Steinbrecherstraße 17, 38106 Braunschweig

Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS), TU Braunschweig
Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
Mühlenpfordtstr. 23, 38106 Braunschweig

KVL Bauconsult, Berlin und Almaty
Dr. Markus Viering, David Weisenborn

Januar 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenbeschreibung	4
1.1	Aufgabenstellung.....	4
1.2	Projektbeschreibung.....	5
2	Grundlagen	6
2.1	Klimatische Randbedingungen.....	6
2.2	Energieverbrauch und Versorgungsstruktur in Kasachstan	7
2.3	Energiepreise und ihre Entwicklung	10
2.4	Baulicher Wärmeschutz in Kasachstan	12
2.5	Energetische Gebäudestandards in Deutschland	13
3	Gebäudetypologie und Bauweisen in Kasachstan.....	17
3.1	Bauweisen Außenwände.....	17
3.2	Gebäudetypologien im städtischen und ländlichen Raum.....	22
4	Wärme- und Kälteerzeugung Kasachstan- Stand der Technik.....	24
4.1	Zentrale Versorgung.....	24
4.2	Dezentrale Versorgung	28
4.3	Wärmeverteilung	28
4.4	Warmwasserbereitung	30
4.5	Einsatz regenerativer Energien in Kasachstan.....	31
4.6	Technologietransfer.....	32
5	Referenzgebäude aus Gebäudetypologie	34
5.1	Gebäudebeschreibung und -bewertung mehrgeschossiger Wohnungsbau	36
5.2	Gebäudebeschreibung und -bewertung Nichtwohngebäude – Büro- und Verwaltungsgebäude	40
5.3	Deutsch-Kasachische Universität (DKU) in Almaty	42
6	Sanierungsstrategien	45
6.1	Baulicher Wärmeschutz	45
6.2	Gebäudetechnik	51
6.3	Sanierungsvarianten mit verschiedenen Wärmedämmstandards	59

6.4	Energetische, ökologische und ökonomische Bewertung	62
7	Energetische Potenziale Referenzgebäude.....	66
7.1	Modellbildung	66
7.2	Mehrfamilienhäuser.....	68
7.3	Nichtwohngebäude – Büro- und Verwaltungsgebäude	79
7.4	DKU Almaty.....	82
8	Potenziale Energetischer Sanierung in Kasachstan	86
8.1	Reduzierung des Energieverbrauchs und der Emissionen.....	86
8.2	Reduzierung der Energiekosten	87
9	Zukünftige Entwicklung.....	87
9.1	Gesetzliche Anforderungen an baulichen Wärmeschutz und Gebäudetechnik.....	87
9.2	Energieausweise für Bestand und Neubau	88
9.3	Vorgaben für Bauvorhaben / Bebauungspläne Fehler! Textmarke nicht definiert.	
9.4	Potenziale Technischer Zusammenarbeit Deutschland / Kasachstan.....	89
10	Literatur.....	89
11	Anhang	92

1 AUFGABENBESCHREIBUNG

1.1 Aufgabenstellung

Kasachstan ist das wirtschaftlich erfolgreichste Land unter den zentralasiatischen Republiken. Das Wirtschaftswachstum war in den Jahren von 2000 bis 2007 durchschnittlich zweistellig, der Anteil der ausländischen Direktinvestitionen wächst stetig, Arbeitslosenquote und Inflation sind zwar hoch, wirken aber aktuell noch nicht beeinträchtigend auf die Produktions- und Konsumprozesse. Eine dominante Branche ist in diesem Kontext die Bauwirtschaft. Insbesondere in den kontinuierlich wachsenden Großstädten Astana und Almaty wird das wirtschaftliche Wachstum erheblich von dem so genannten Bauboom dominiert. Auch wenn es durch die weltweite Finanzkrise kurzfristig einen spürbaren Rückschlag gegeben hat, rechnen alle einheimischen Experten damit, dass es ab 2009 mit der gewohnten Dynamik weiter gehen wird.

Astana ist die Hauptstadt Kasachstans, die seit dieser politischen Festlegung ein erhebliches Aufkommen an Infrastruktur- und Gebäudeinvestitionen zu verzeichnen hat. Es gibt zwar einen alten Stadtkern, der aber keine Substanz für die Dynamik des erforderlichen oder bestimmten städtebaulichen Wachstums aufweist. Somit wird das Wachstum der Stadt fast ausschließlich über Neubauten generiert. Dieser Trend ist auch in Almaty zu verzeichnen, mit ca. 1,5 Millionen Einwohnern immer noch die größte Stadt Kasachstans. Anders als in Astana verfügt die Stadt aber über ein erhebliches Potenzial an solider, alter Bausubstanz aus den 60er bis 80er Jahren.

Abgesehen von absolut notwendigen Ausbesserungs- und Instandsetzungsarbeiten und weniger systematischen Renovierungsarbeiten finden an den Altbauten Almatys keine baulichen Veränderungen statt. Stattdessen konzentriert sich die Veränderung des Stadtbildes auch in der alten Hauptstadt Kasachstans fast ausschließlich auf Neubauten, die bislang größtenteils in der Peripherie entstanden sind, in letzter Zeit aber auch zunehmend in das Stadttinnere vordringen. Die Konsequenzen sind zum Teil spekulativ verursacht, zum Teil real sichtbar und erlebbar. Almaty gehört mittlerweile zu den 30 teuersten Städten der Welt bei einer Steigerung der Baupreise in den letzten 5 Jahren um das 10-fache, aber auch zu den 10 mit der höchsten Luftverschmutzung. Das Wachstum im Allgemeinen, aber auch die baulichen Veränderungen im Speziellen, finden bislang ohne Beachtung umweltrelevanter Aspekte

statt. Begriffe wie Energieeffizienz, energetische Sanierung, Nachhaltigkeit und Klimaschutz sind unbekannt.

Es fällt somit nicht schwer, zumindest im akademischen Bereich kurzfristig entsprechende Akzente zu setzen, die zwar in Deutschland seit vielen Jahren etabliert, in einem Land wie Kasachstan bislang aber keine Rolle spielen. Die Schaffung einer theoretischen Basis ist zwar zentral, reicht aber für die notwendigen kurzfristigen Veränderungen aus Sicht des globalen Klimaschutzes nicht aus. Dafür bedarf es guter praktischer Beispiele, die sichtbare Anreize und Argumente liefern, um Investoren und Konsumenten für andere Handlungsweisen zu motivieren. Dieser Herausforderung stellt sich dieses Projekt aus Sicht der energetischen Gebäudesanierung. Trotz der diesbezüglichen baulichen Möglichkeiten, über die Almaty verfügt, gibt es dazu bislang keine Initiativen.

1.2 Projektbeschreibung

Zielsetzung ist somit zunächst, das energetische Sanierungspotenzial der Altgebäudesubstanz der Stadt Almaty zu definieren. Auf dieser Grundlage sind Hochrechnungen über das klimarelevante Einsparpotenzial, z.B. Tonnen CO₂, aber auch zum Investitionsbedarf möglich. Die Konkretisierung erfolgt dann am Beispiel des Gebäudes der DKU. Für eine Lösung mit optimiertem baulichem Wärmeschutz werden Potenziale bei Nutzung international verfügbarer Technologien aufgezeigt. In einem weiteren Lösungsansatz werden dagegen die spezifischen logistischen und finanztechnischen Rahmenbedingungen / Restriktionen Almatys bzw. Kasachstans berücksichtigt, um eine Aussicht auf die angestrebten Multiplikatoreffekte im logistisch und wirtschaftlich umsetzbaren Rahmen zu gewährleisten.

Das Ergebnis kann somit zur Umsetzung einer erstmaligen Sanierungsstrategie des DKU-Gebäudes genutzt werden, aber auch als Fallstudiensammlung und Handlungsanweisung für potenzielle kasachische Investoren.

Von dem Projekt sind erheblich positive Wirkungen bei der künftigen Gestaltung der energetischen Gebäudesanierung in einem Land wie Kasachstan zu erwarten. Diese werden sowohl ökologisch (eingespartes CO₂) als auch ökonomisch (nachhaltige Investments) Beachtung finden.

2 GRUNDLAGEN

2.1 Klimatische Randbedingungen

Kasachstan ist mit einer Flächenausdehnung von 2.717.300 km² etwa 7,6-mal größer als Deutschland und weist überwiegend ein kontinentales Klima auf. Dabei erstreckt sich Kasachstan über drei 3 Klimazonen. Ausgeprägt sind vor allem die relativ hohen Schwankungen zwischen den Temperaturen im Sommer und Winter, zudem bedecken Sandwüsten und Kieswüsten mit etwa 44 % den größten Teil des Landes.

Klimazone	Erläuterung
4b - Feuchtklima der gemäßigten Zone – Kontinental	- warme und heiße Sommer - kalte Winter mit Schnee
5 - Steppe der gemäßigten Zone	- wie Zone 4b nur weniger Niederschlag
6 - Wüste der gemäßigten Zone	- über das ganze Jahr trocken - heiße Sommer und kalte Winter

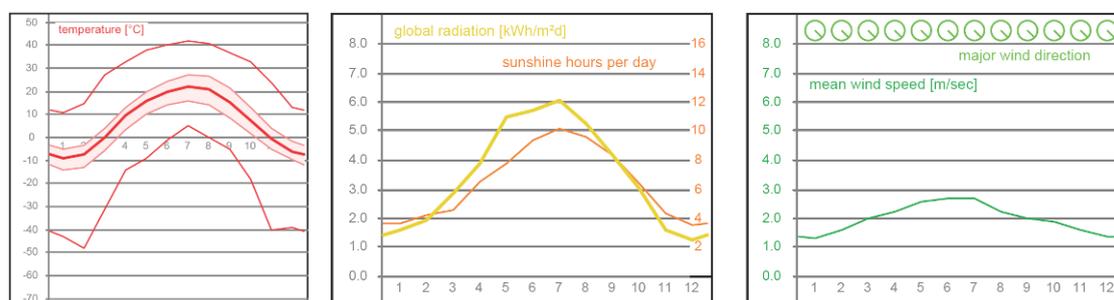
Tabelle 1 Klimazonen Kasachstan

Die in dem Projekt energetisch zu untersuchenden Referenzwohn- und Bürogebäude befinden sich in der im Südosten Kasachstans gelegenen Stadt Almaty. Topografisch gesehen liegt Almaty am Nordfuß des nördlichsten Gebirgszuges des Tian-Schan – in Kasachstan genannt Transili-Alatau und nördlich der Stadt befindet sich der Kapschagai-Stausee, der 1970 am Fluss Ili errichtet wurde. Mit der Fläche von 1847 km² dient er als Hauptreservoir für die Versorgung der Metropole mit Trinkwasser. Das Klima von Almaty ist kontinental geprägt, mit großen Tages-Temperaturschwankungen. Die maximale Globalstrahlung von Almaty liegt bei ca. 1.100 W/m². Daraus ergibt sich eine mittlere Sonneneinstrahlung von 1.250 kWh/m²a. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit beträgt im Sommer 5 m/s und im Winter 9 m/s und stellt damit ein Potenzial für die Stromerzeugung aus Windkraft dar. Zur Untersuchung des Heiz- und Kühlbedarfs der gewählten Referenzgebäude werden Standard-Klimadaten verwendet. Diese Daten werden über die Software Meteororm für die zu untersuchenden Standorte erzeugt.

Die Klimadaten für den Standort Almaty sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

	Temperaturwerte Almaty	Globalstrahlung Almaty
Max-Werte	36,9 °C	1.085 W/m ²
Min-Werte	-21.1 °C	-
Mittelwert / Summe	9,3 °C	1.251 kWh/(m ² a)

Tabelle 2 Standard-Wetterdatensatz Almaty (Kasachstan) aus Meteonorm Version 6.0



Latitude: 43.23°N, Longitude: 76.93°E, Altitude a.s.l.: 848 m

Bild 1 Diagramme zur Temperaturverteilung, Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit in der Region Almaty

2.2 Energieverbrauch und Versorgungsstruktur in Kasachstan

Die Energieverbrauchswerte in Kasachstan und der Bundesrepublik Deutschland unterscheiden sich sehr stark voneinander. Kasachstan gehört wegen seinen Ressourcen an fossilen Energieträgern zu den wenigen Ländern, die neben der Deckung des inländischen Energieverbrauchs durch selbst geförderte Rohstoffe weiterhin in großem Umfang Energie exportieren können. Der Energieverbrauch in Kasachstan hat 1990 sein Maximum mit 378 PJ erreicht. Die Auflösung der UdSSR sowie die daraus folgende Wirtschaftskrise mit Senkung der Produktion hatten die stetige Reduktion des Energieverbrauchs pro Jahr um 6% bis 8% zur Folge. Im Jahre 2000 betrug der Energieverbrauch in Kasachstan nur noch 194,4 PJ. Das folgende Wirtschaftswachstum in der kasachischen Republik bewirkte wieder ein Wachstum des Energieverbrauchs, der im Jahre 2003 etwa 224 PJ betrug.

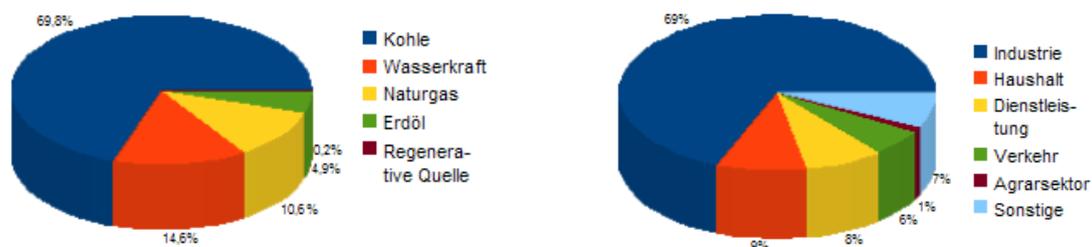


Bild 2 Primärenergieverbrauch in Kasachstan nach Energieträgern und nach Verbrauchern 2006 [Quelle: www.powerexpo.kz]

Die nachgewiesenen Erdölressourcen und Reserven erreichen 130 Mrd. Tonnen und lagern vorwiegend im Bereich des Kaspischen Meeres. Die Erdgasreserven werden auf 2,5 Billionen m³ geschätzt, die Reserven an Kohle (Braunkohle und Steinkohle) liegen bei ca. 177 Mrd. Tonnen. Aufgrund des bestehenden technologischen Entwicklungsstandes und der zur Verfügung stehenden wirtschaftlichen Möglichkeiten werden 85% der Strom- und Wärmeversorgung durch Kohleheizkraftwerke gewährleistet. 12 % der Gesamtleistung aller Kraftwerke entfallen auf Wasserkraftwerke und etwa 3 % der Energieerzeugung wird durch Gaskraftwerke realisiert. Der Anteil erneuerbarer Energiequellen an der gesamten Energieerzeugung in Kasachstan wird vorrangig von der Wasserkraft bestimmt. Ein vernachlässigbarer Anteil wird von den anderen regenerativen Energieträgern wie Solarenergie und Windkraft übernommen. Das Wasserkraftpotenzial Kasachstans konzentriert sich auf die östlichen, südlichen und südöstlichen Landesteile (95% des gesamten Potenzials) und wird auf jährlich 170 TWh geschätzt. Aus ökologischer und ökonomischer Sicht sind davon 23,5 TWh realisierbar. Derzeit werden davon nur 30% (7,1 TWh) genutzt. Besonders der Sektor der Kleinwasserkraft (<10 MW) ist für die Elektrifizierung des Landes von Bedeutung. Mehr als 450 Standorte in diesem Leistungsbereich mit fast 1,4 GW Gesamtkapazität und potenziellen 6,3 TWh Erzeugungsleistung sind bis heute identifiziert worden. Wegen der wirtschaftlichen Lage und den großen Vorkommen fossiler Energieträger sowie Uran wird der Entwicklung von nichttraditionellen Energieträgern sehr wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Die zukünftige Erdöl- und Erdgasgewinnung soll durch neue Standorterschließungen erweitert werden und die vorhandene Fördertechnik gegen moderne und effiziente Anlagentechnik ausgetauscht werden, um eine hohe energetische Produktivität zu erreichen.

No.	Kraftwerke nach Anschlusswert	Anschlusswert [MW]
1	TOO «AES Ekibastuz» (staatliches Gebietskraftwerk in Ekibastuz)	4000
2	AG «EEK» (staatliches Gebietskraftwerk in Aksu)	2110
3	OAD (staatliches Gebietskraftwerk von Baturaw in Zhambul)	1230
4	AO (staatliches Gebietskraftwerk in Ekibastuz)	1000
5	TOO «MAEK-Kazatomprom» (Heizkraftwerk (2))	630
6	TOO « MAEK-Kazatomprom » (Heizkraftwerk (3))	625
7	Kasachmys Vereinigung (staatliches Gebietskraftwerk in Karaganda)	608
8	AG «APK» (Heizkraftwerk in Almaty)	510
9	AG «Pawlodarenergo» (Heizkraftwerk in Pawlodar)	440
10	TOO «Akses Energo» (Heizkraftwerk in Petropawlowsk)	380
11	AG «Aluminij Kasachstan» (Heizkraftwerk in Pawlodar)	350
Wasserkraftwerke		
1	TOO «AES» (Wasserkraftwerk in Shulbinsk)	720
2	AG «Kaszink» (Wasserkraftwerk in Buchtarma)	675
3	AG «APK» (Wasserkraftelektrizitätswerk in Kapschagai)	364
4	TOO «AES» (Wasserkraftwerk in Ust-Kamenagorsk)	331

Tabelle 3 Liste der größten Kraftwerke Kasachstans

Für die Energieversorgung der Haushalte werden ca. 10 Prozent des Energieverbrauchs aufgewendet. Von diesem Drittel wird über die Hälfte der Energie für die Wärmeversorgung und Klimatisierung der Gebäude aufgewendet. Es sind vor allem die Plattenbauten, in denen der Energieverbrauch stark über dem Durchschnitt liegt. Gründe für den hohen Energieverbrauch liegen bei den Verlusten über die Gebäudehülle, über welche im Schnitt 50% der Wärme verloren gehen (20% Außenwände, 10% Fensterfläche, je 10% Kellerdecke und Dachboden). Insgesamt geht die Union der Energie-Ingenieure Kasachstans von 10% Energie- bzw. Wärmeverlusten aus, davon entfallen 30% auf die Gebäudeverluste. Während im Bereich des Heizenergieverbrauchs in Deutschland schon seit Jahren mit Hilfe der Gesetzgebung der

Energieverbrauch gesenkt wird, erhöht sich in Kasachstan stetig der Energieverbrauch für die Klimatisierung der Gebäude.

2.3 Energiepreise und ihre Entwicklung

2.3.1 Elektrischer Strom

Der Endpreis für Elektroenergie setzt sich in Kasachstan ähnlich zusammen wie in Europa:

- Energielieferung inkl. Strombezug, Vertrieb und Marge
- Netznutzung, Elektroenergieübertragung- und Verteilung durch das Hochspannungsnetz und die Mittel- und Niederspannungsnetze
- (- Messung und Abrechnung)
- (- Staatliche Abgaben und Steuern, wie MWSt., Stromsteuer, Konzessionsabgabe)

Der durchschnittliche angegebene Elektroenergietarif für Kasachstan liegt bei 27,5 €/MWh. Die genauen Preise für Elektroenergie für die Abnehmer in Almaty und dem Bezirk Almaty werden nachfolgend nach Bezugszeit und Abnehmergruppe unterschieden und gelten seit dem 1. Dezember 2008.

Abnehmer	Tagestarif 07.00-19.00 Uhr (23.00)	Hauptzeittarif 19.00-23.00 Uhr	Nachttarif 23.00-07.00 Uhr
Privat	11,33 Tenge/kWh (5,16 cent/kWh)	-	2,50 Tenge/kWh (1,14 cent/kWh)
Gewerblich	8,84 Tenge/kWh (4,02 cent/kWh)	18,58 Tenge/kWh (8,45 cent/kWh)	2,50 Tenge/kWh (1,14 cent/kWh)

Tabelle 4 Elektroenergietarif Almaty inkl. MwSt. 12%, Kurs 1Tenge = 0.005€

Die Preissteigerung der Elektroenergie ist im folgenden Diagramm in Tenge/kWh über die letzten 3 Jahre dargestellt und zeigt einen durchschnittlichen Anstieg von ca. 75%.

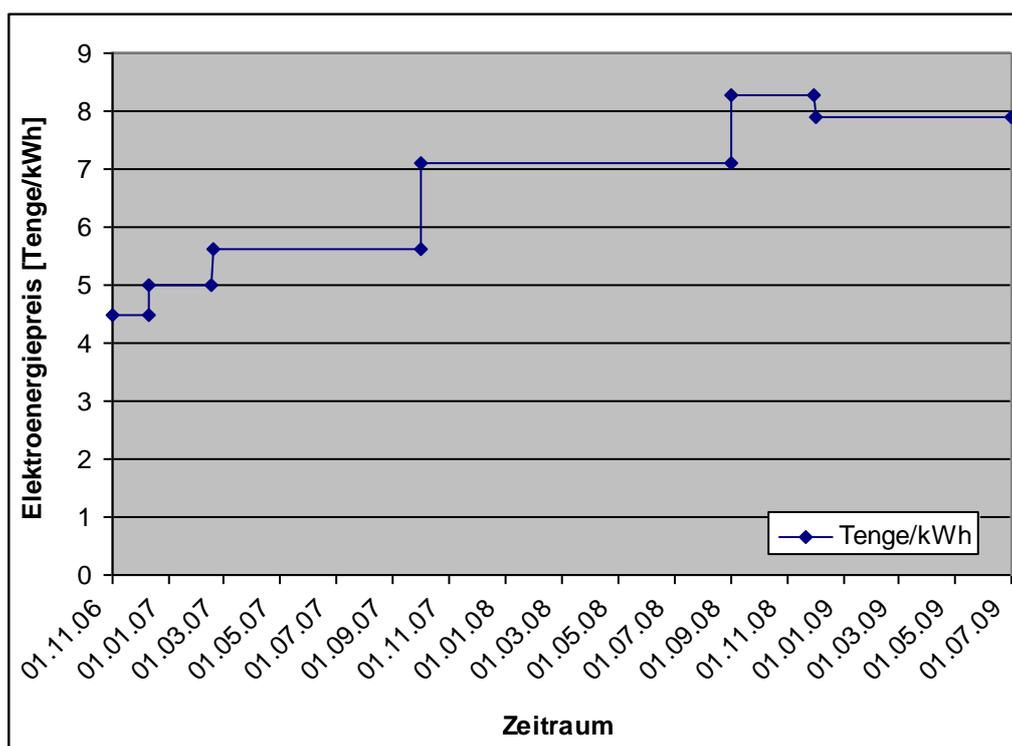


Bild 3 Preisentwicklung für die Elektroenergie (Quelle: TOO „AlmatyEnergoSbit“, <http://www.esalmaty.kz>)

2.3.2 Heizenergie

Die Wärmeversorgung der innerstädtischen Gebäude erfolgt vorwiegend über Fernwärme, in Siedlungen mit kleinen (privaten) Ein- und Mehrfamilienhäusern sind dezentrale Wärmeversorgungseinheiten mit Brennstoffen wie Gas oder Holz im Einsatz.

Die Durchschnittspreise für die zentrale Wärmeversorgung über Fernwärme und für die Brennstoffe Gas und Holz in Kasachstan wurden für das Jahr 2009 wie folgt ermittelt:

Heizenergieart	Preis	Einheit	Preis	Einheit
Fernwärme	6,0	€/MWhH ₀	1.200	Tenge/MWhH ₀
Gas	13,0	€/MWhH ₀	2.600	Tenge/MWhH ₀
Holz	1,7	€/MWhH ₀	340	Tenge/MWhH ₀

Tabelle 5 Heizenergiepreise Kasachstan 2009 (Quelle: Kegok, Astana) - Kurs 1Tenge = 0.005€

Die Preise für Almaty weichen von den durchschnittlichen Preisen für Kasachstan stark ab. Die Preisentwicklung für die Fernwärme in Almaty zeigt Bild 4.

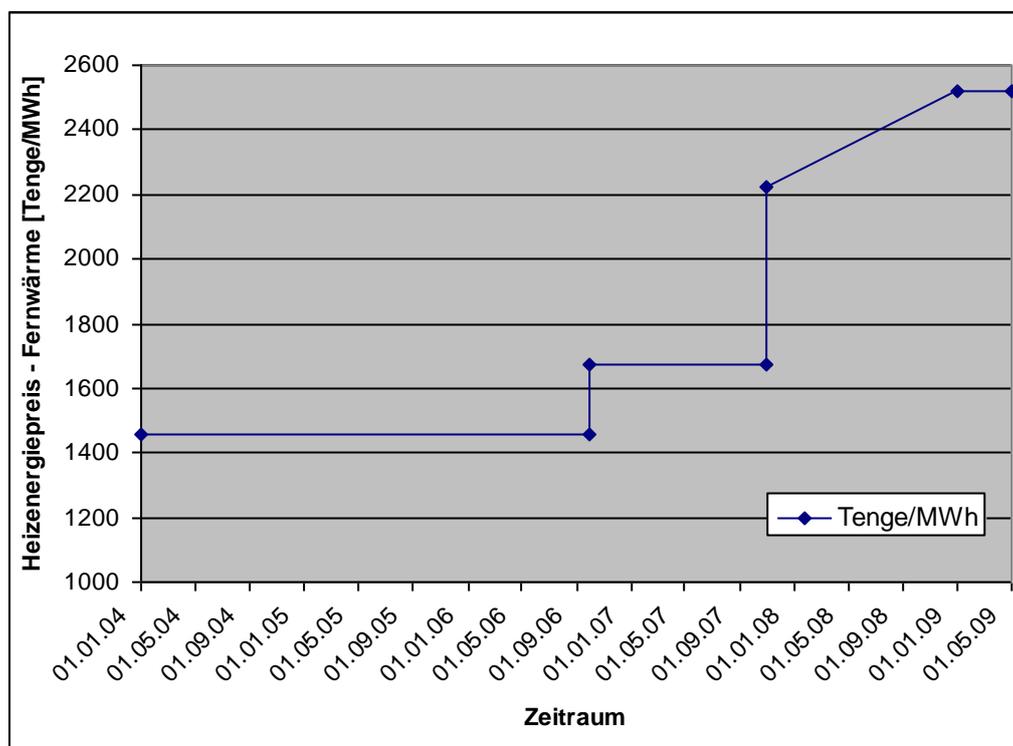


Bild 4 Preisentwicklung für Heizenergie - Fernwärme ohne MwSt. (Quelle: AO „Almatinskije teplovije seti“ und AREM)

2.4 Baulicher Wärmeschutz in Kasachstan

Die allgemeingültige Verordnung N210-I vom 25.12.1997 regelt die Energieeffizienz in Kasachstan über alle Wirtschaftssektoren. Der bauliche Wärmeschutz wird speziell in der Norm „Staatliche Normative der Architektur, Bauschaffen und Städtebau, Bau-standards und Bauvorschriften - MSN 4“ vom 20.03.2004 definiert.

Darüber hinaus soll durch eine Agenda der Staatsregierung die Energieeffizienz im Gebäudesektor bis 2015 deutlich gesteigert werden. Das Programm sieht eine Verbesserung der Neubaustandards und verschärfte Mindestanforderungen an die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden vor. Der Einsatz von hochwertigen Baumaterialien wie Fenster mit Wärmeschutzverglasung und Dämmprodukte mit geringer Wärmeleitfähigkeit zur Verbesserung der Qualität der Gebäudehülle sowie energieeffiziente Wärmeerzeuger sollen gezielt gefördert werden.

Grundlage für die Definition des Wärmeschutzstandards in Kasachstan ist der aus der Zeit der Russischen Föderation stammende Standard „SNiP“ oder „СНИП“ - Bauliche Normen und Richtlinien (in Kasachstan) genannt. 2003 wurde die Verordnung aktualisiert und angepasst und wird dadurch mit der deutschen Norm DIN V 4108-6 vergleichbar. „SNiP“ definiert Dämmstandards und gibt Grenzwerte für den Jahresheizwärmebedarf vor. Die Umsetzung dieser Neufassung soll zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs führen und die raumklimatischen Bedingungen sowie den Wohnkomfort entscheidend verbessern. Über die Einhaltung bauphysikalischer Mindeststandards soll die Lebensdauer von Gebäudeaußenteilen deutlich gesteigert werden.

Die Festlegungen in dieser Norm sind Bestandteil der allgemeinen Anstrengungen zur Verbesserung der Energieversorgungsstruktur. Parallel zur Umsetzung gesteigerter Wärmeschutzanforderungen werden Maßnahmen für eine energieeffiziente technische Gebäuderausüstung definiert. Verluste bei der Energieerzeugung und dem Energietransport müssen reduziert, Steuerungs- und Regelungssystem auf die neuen Anforderungen angepasst werden. Dokumentiert wird die Einhaltung des Anforderungskatalogs durch die Einführung eines „Energieausweises“ für Gebäude.

2.5 Energetische Gebäudestandards in Deutschland

Die Grundlage für Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz gehen auf Überlegungen zur Hygiene und Gesundheit in Gebäuden aus den 20er Jahren zurück und bilden seit 1952 mit der DIN 4108 den damaligen Stand der Technik ab. Es gilt Feuchteschäden zu vermeiden bzw. einen Schutz gegen sommerliche Überhitzung zu definieren. Fragen des Energiebedarfs spielen keine Rolle. In den 70er Jahren wird die Vorstellung, dass die weltweit vorhandenen Energieressourcen Kohle, Öl und Gas unbegrenzt vorhanden sind, nachdrücklich erschüttert. Mit der ersten Ölpreiskrise gelangen die Fragen nach der Versorgungssicherheit und der Endlichkeit von fossilen Ressourcen auf die politische Tagesordnung.



Bild 5 Energieverbrauch in Deutschland

1976 verabschiedet die Bundesregierung das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und mit der Wärmeschutzverordnung (WSVO) 1977 werden erstmals Standards für einen energiesparenden Mindestwärmeschutz von Gebäuden gelegt. Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte, damals k-Wert) für Bauteile werden vorgegeben und definieren damit die Qualität der Gebäudehülle. Die Vorschrift wird Mitte der 80er Jahre verschärft und Mindestanforderungen bei der Sanierung von Gebäuden gefordert. Mit der 2. Novellierung der Wärmeschutzverordnung wird 1995 ein Bilanzverfahren für den Nachweis eingeführt. Wärmeverluste über Transmission und Lüftung werden mit internen und solaren Wärmegewinnen verrechnet. Abhängig von dem Verhältnis A/V_e (Fläche der Gebäudehülle zu beheiztem Bruttovolumen) muss die Einhaltung eines festgeschriebenen Wertes für den Jahres-Heizwärmebedarf Q_h nachgewiesen werden. Das „Bauteilverfahren“ der vorangegangenen Wärmeschutzverordnungen wird für die Sanierung von Bestandsgebäuden beibehalten.

Für eine effektive Wärmedämmung von Gebäuden für Wände, Dächer und Fenster wurden des Weiteren modernere und ästhetischere Produkte entwickelt. Begriffe wie Niedrig- oder Niedrigstenergiehaus sollen den Anspruch an sparsamen Umgang dokumentieren und halten Einzug in den Sprachgebrauch der Architekten und Ingenieure. Mit der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 wird die Primärenergie Bilanzgrenze der Berechnungen. Neben der Qualität der Gebäudehülle wird die Art der Wärmeerzeugung sowie der eingesetzte Energieträger Bestandteil der energetischen Bewertung von Gebäuden. Die Nutzung regenerativer Energieträger sowie einer zentralen Versorgung über energetisch optimierte Erzeugungssysteme wie z.B. einer Kraft-Wärme-Kopplung führt zu niedrigen Bedarfswerten. Über

Primärenergiefaktoren für Öl, Kohle, Gas oder Strom wird die Energieeffizienz der Anlagentechnik bewertet und eine Vergleichbarkeit der Gebäude ermöglicht. Maßnahmen bzgl. der Gebäudehülle sowie der Anlagentechnik sind verrechenbar, so dass durch Umsetzen einer energetisch effizienten Anlagentechnik der bauliche Wärmeschutz in reduzierter Qualität ausgeführt werden kann und umgekehrt. Eine Mindestqualität des baulichen Wärmeschutzes wird durch die Begrenzung des Transmissionswärmeverlustes gewährleistet.

Seit Einführung des EnEG bis zu der ab Oktober 2007 geltenden aktuellen Novellierung der EnEV sind die gesetzlichen Anforderungen an das energieeffiziente Bauen erheblich gestiegen.

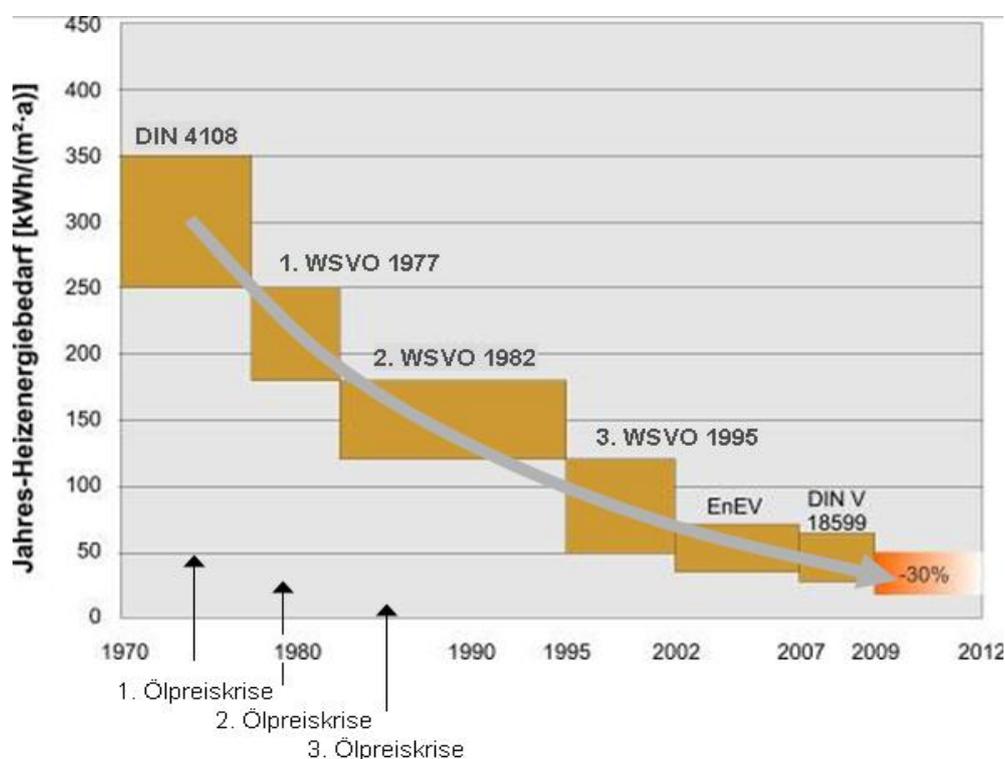


Bild 6 Entwicklung des Jahresheizenergieverbrauchs in Deutschland

Das Nachweisverfahren für die Einhaltung des Primärenergiebedarfs ist mit der jüngsten Novellierung der EnEV 2007 für Wohn- und Nichtwohngebäude unterschiedlich zu führen. Für Wohngebäude bleibt es bei dem oben beschriebenen Berechnungsverfahren. Nichtwohngebäude werden in Nutzungskategorien (Schulen, Krankenhäuser, Bürogebäude etc.) unterschieden und entsprechend ihrer internen Struktur zониert (Büro, Verkehrsfläche, Lager etc.). Ein Referenzgebäude mit identi-

schen Abmessungen und Zonen, normierter Gebäudehülle und Gebäudetechnik bildet den Primenergiebedarfs-Grenzwert für das nachzuweisende Gebäude. In die Bilanz werden jetzt zusätzlich der Energiebedarf für Beleuchtung und Kühlung bzw. Klimatisierung einbezogen, Gutschriften aus regenerativer Stromerzeugung können verrechnet werden. Berechnungsverfahren und Bewertungsmethoden sind unter Anwendung der DIN V 18 599 zu führen.

Aktuell ist die Klimadiskussion mit der Forderung nach verringertem CO₂-Ausstoß Gradmesser moderner Baukultur und verhilft der nachhaltigen und energieeffizienten Bauweise endgültig zum Durchbruch. Neben der bundesweit einheitlichen Gesetzeslage gingen Städte und Gemeinde mit eigenen Klimaschutzverordnungen über die Ziele Energieeinsparverordnung vor 2009 bereits hinaus und nahmen die seit Oktober 2009 umgesetzte Verschärfung um ca. 30% vorweg. Für Wohngebäude wird sich dabei der Passivhausstandard in den kommenden Jahren mit einem Marktanteil von bis zu 30% der Neubauten etablieren. Näheres zur EnEv 2009 in Kapitel 6.1 - Baulicher Wärmeschutz.

Um die Nutzung von erneuerbarer Energien auch bei Wohn- und Nichtwohngebäuden voranzutreiben ist das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) ab dem 01.01.2009 in Kraft getreten. Im EEWärmeG wird der Einsatz erneuerbarer Energien für nach dem 31.12.2008 fertig gestellte Neubauten von Wohn- und Nichtwohngebäuden verbindlich vorgeschrieben. Ein Teil des Wärmeenergiebedarfs soll dabei aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden. Eine Verpflichtung zum Einsatz Erneuerbarer Energien in bestehenden Gebäuden oder bei Sanierungen ist durch das EEWärmeG nicht vorgeschrieben. Die Deckung des Wärmeenergiebedarfs soll zu mehr als 50 % mit erneuerbaren Energien wie fester Biomasse, Geothermie / Umweltwärme und Bioöl in entsprechenden marktreifen technischen Systemen, die angepasst auf das jeweilige Gebäude zur Anwendung kommen können, erfolgen. Mit Solarenergie müssen es mindestens 15% sein und mit Biogas mindestens 30%.

Die Forschung im Bereich des Energieoptimierten Bauens, unterstützt und gefördert durch das BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) im Förderschwerpunkt EnOB, zeigt, wie Gebäude-Konzepte für die Zukunft aussehen (www.enob.de). Sowohl für den Neubau als auch für den Gebäudebestand für Nichtwohngebäude wird ein primär- energetisches Ziel von 100 kWh/(m²a) bei übli-

chen Baukosten realisiert und im Betrieb nachgewiesen. Verglichen mit konventionellen Neubauten in Deutschland werden Einsparungen bei den Energiekosten von 50 - 65% möglich. In den Demonstrationsprojekten werden Gebäudehülle und Gebäudetechnik ganzheitlich betrachtet mit dem Ziel die Energieeffizienz und den Nutzerkomfort zu steigern.

3 GEBÄUDETYPOLOGIE UND BAUWEISEN IN KASACHSTAN

3.1 Bauweisen Außenwände

Die moderne architektonische Geschichte von Almaty beginnt Ende des 19. Jahrhunderts, nachdem die Stadt durch ein Erdbeben 1887 fast völlig zerstört wurde. Aus dieser Zeit existieren allerdings nur noch wenige repräsentative Bauten wie Theater oder Museen. Die Stadt wird dominiert durch Gebäude aus den 50-er bis 80-er Jahren sowie durch Neubauten, die mit Beginn des Wirtschaftswachstums seit Anfang des 21. Jahrhunderts entstanden sind. Im Wesentlichen lassen sich die Gebäude in sechs Typologien und Bauweisen gliedern:

1. Mauerwerksbauten



Bild 7 Wohngebäude in Ziegelbauweise

Der Gebäudetypus bestimmt die 50er und 60er Baujahre und ist in der Regel nicht höher als drei Vollgeschosse. Die Außenwandkonstruktion ist mit einer Stärke von ca. 50 cm monolithisch und auf der Innen- wie der Außenseite verputzt. Etwa 23 Prozent des Gebäudebestands der Stadt Almaty sind Mauerwerksbauten.

2. Stahlbeton-Skelettbauten mit Ziegelausfachungen



Bild 8 Wohngebäude in Stahlbetonskelettbauweise

Die Stahlbetonskelett-Bauweise macht ca. 20% der Bebauung in Almaty aus. Mit dieser Konstruktion werden Gebäude mit zehn bis zwölf Geschossen realisiert. Stützen, Riegel und Geschossdecken bilden das Stahlbetonskelett. Die nicht tragenden Ausfachungen sind in der Regel monolithisch vermauert und erreichen eine Gesamtstärke von ca. 50 cm. Nach außen sind die Gebäude verputzt oder mit Vorsatzschalen aus Betonfertigteilen z.B. Waschbeton verkleidet.

3. Stahlbeton-Fertigteilbauten (Beton-Großplattenbau)



Bild 9 Wohngebäude in Fertigteilbauweise

Diese Gebäude sind in Zeiten des Baubooms zwischen den 70er und 80er Jahren entstanden. Üblich sind vier bis zehn Geschosse mit leicht variierenden Wandaufbauten. Typisch sind eine Betontragschale aus Fertigteilen, eine Isolierung aus Keramsitbeton und eine Vorsatzschale aus Waschbeton. Die Konstruktion erreicht

Bauteilstärken von 25 bis 35 cm. Die Fenster bestehen üblicherweise aus zweifach verglasten Holzrahmen. Die geschätzte Lebensdauer der tragenden Bauteile liegt zwischen 100 und 150 Jahren. Der Anteil an der Stadtbebauung liegt bei knapp 40 Prozent.

4. Holzbauten



Bild 10 Wohngebäude in Holzbauweise

Die traditionelle Holzbauweise findet sich nach wie vor im Stadtbild Almatys. Die überwiegend eingeschossigen Häuser sind aber nur noch zu ca. 10 Prozent vertreten. Neben den Lehmhäusern sind es die ältesten Gebäude der Stadt, die in Holzblock- bzw. Holzrahmenbauweise erstellt konstruiert sind und mit stabiler und tragfähiger Beplankung verschalt sind.

5. Lehmbauten (Ziegel oder Stampflehm)

Die Lehmbauweise ist typisch für die frühen Gebäude in Almaty und ganz Kasachstan, macht aber nur noch 2 Prozent des Gebäudebestands aus.



Bild 11 Wohngebäude in Lehmbauweise

Für die Wohnnutzung wurden sie häufig als eingeschossige „Einfamilienhäuser“ realisiert. Stampflehm ist als traditionelle Lehmbauweise bekannt, aber aufgrund des hohen Instandhaltungsaufwands und der geringen Wärmedämmung heute nicht mehr üblich.

6. Stahlbetonbauten



Bild 12 Neubauten in Stahlbetonskelettbauweise

Mit Beginn eines erhöhten Wirtschaftswachstums seit Anfang des 21. Jahrhunderts verdrängen moderne Stahlbetongebäude die Bestandsbauten im Stadtkern und zu-

nehmend auch in den Randgebieten Almatys. Die Wohnbebauungen werden neun- bis zehngeschossig realisiert. Kommerziell genutzte Gebäude werden größtenteils als zeitgenössische Hochhausneubauten mit hohem Glasanteil errichtet. Mit wachsendem Anteil machen sie derzeit ca. 5% der Baustruktur Almatys aus.

Konstruktionsart/ Gebäudetypologie	Anteil am Gebäudebestand [%]
Bauweise 1: Mauerwerksbauten	23
Bauweise 2: Stahlbetonskelett-Bauweise	20
Bauweise 3: Stahlbeton-Fertigteiltbauten (Beton-Großplattenbau)	40
Bauweise 4: Holzbauten	10
Bauweise 5: Lehmbauten	2
Bauweise 6: Moderne Stahlbetonbauten	5

Tabelle 6 *Anteile der Gebäudetypologien am Gebäudebestand der Stadt Almaty*

Die Innenstadt Almatys wird zur Analyse des Gebäudebestands in drei Bezirke (Almaty 1 – 3) aufgeteilt, in denen die beschriebenen Bauweisen eins bis vier verstärkt vorkommen. In jedem Bezirk werden jeweils ca. 100 Gebäude von Studenten der Deutsch-Kasachischen-Universität (DKU) ausgewählt und hinsichtlich des baulichen Zustands und der energetischen Qualität untersucht. Die Erfassung und Zusammenstellung der Daten erfolgt über Fragebögen und Fotodokumentation.



Bild 13 *Innenstadt Almaty mit den gewählten Bezirken 1 (li.), 2 (mi.) und 3 (re.)*

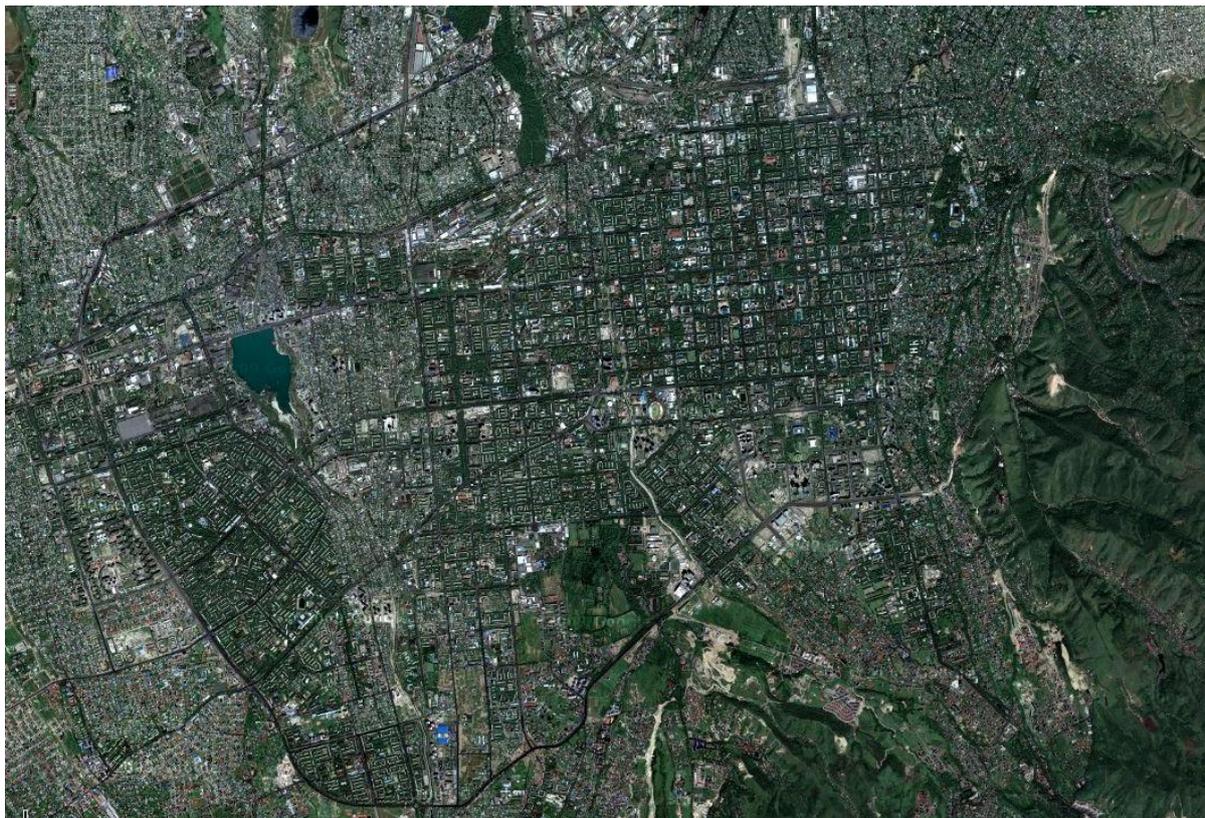


Bild 14 Luftbild Almaty, Quelle: google.de

3.2 Gebäudetypologien im städtischen und ländlichen Raum

3.2.1 Einfamilienhaus

Der Bezirk 3 wurde von Einfamilienhäusern in Holzbauweise (Bauweise 4) dominiert. Vereinzelt sind noch Lehmbauten (Bauweise 5) vorhanden. Der älteste Gebäudebestand Almatys wird zunehmend durch moderne Bauformen aus dem Innenstadtbereich verdrängt. So existieren diese Gebäude nur noch in kleinen Siedlungsräumen im Stadtgebiet bzw. weitläufige Siedlungen am Stadtrand und im ländlichen Raum.



Bild 15 Typische Einfamilienhäuser am Stadtrand oder in kleinen Siedlungen

3.2.2 Mehrfamilienhäuser

Der überwiegende Teil der Stadtbezirke besteht aus Mehrgeschosswohnungsbauten. Im Bezirk Almaty 1 bestimmen Ziegelbauten (Bauweise 1) aus den 60-er Jahren das Stadtbild. Seit ihrer Errichtung wurden nur minimale Instandhaltungsarbeiten wie der Ersatz von Fenstern vorgenommen. Die Erdgeschosse sind häufig kommerziell mit Büro- oder Einzelhandelsflächen belegt. Darüber befinden sich in der Regel drei- bis vier Wohngeschosse.

Die Mehrfamilienhäuser im Bezirk Almaty 2 lassen sich der Bauweise 3, Stahlbeton-Fertigteiltbauten, zuordnen. Diese sind in den 80-er Jahren entstanden, ausgeführt mit maximal 9 Etagen und zum Teil im Erdgeschoss mit Geschäften und Büros.

In fast jedem Gebäude aller Bauweisen herrscht eine gemischte Struktur aus Wohnungen in Privatbesitz und städtischem Besitz.



Bild 16 Mehrfamilienhäuser: links Bauweise 1, rechts Bauweise 3

3.2.3 Büro- und Verwaltungsgebäude

Im Stadtgebiet Almatys sind Büro- und Verwaltungsbauten aller Baualtersklassen vertreten. In den untersuchten Bezirken (Almaty 1 bis 3) ist die Anzahl der Nichtwohngebäude aber eher gering. Die Erdgeschossetagen sind wie in den Wohngebäuden häufig durch Handel- und Gewerbeflächen belegt. Derzeit überwiegen noch die Ziegelbauten (Bauweise 1).



Bild 17 Büro- und Verwaltungsgebäude, links Bestand (Bauweise 1), rechts Neubau (Bauweise 5)

Im Bezirk Almaty 2 sind die Nichtwohngebäude in Stahlbeton-Skelettbauweise (Bauweise 2) konstruiert. Neubauten, die nach 2000 errichtet wurden, verdrängen den Gebäudebestand allerdings zunehmend. Die Veränderung der Fassaden im Stadtbild sind in Bild 18 beispielhaft dargestellt.



Bild 18 Fassadenbeispiele von kommerziell genutzten Gebäuden
links: Fenster mit Einfachverglasung, mitte: Kastenfenster, rechts: Glasdoppelfassade

4 WÄRME- UND KÄLTEERZEUGUNG KASACHSTAN- STAND DER TECHNIK

4.1 Zentrale Versorgung

In den Städten Kasachstans erfolgt die Wärmeversorgung hauptsächlich über Fernwärme. Der Ausbau der Fernwärme wurde in der Zeit der UdSSR politisch entschieden und steht im inhaltlichen Zusammenhang mit den städteplanerischen Vorstellungen des Sozialismus, wie er auch in anderen osteuropäischen Ländern zu finden ist. Mit der Umsetzung eines durch Plattenbauten und Hochhäusern dominierten Wohnungsbaus wurde auch die zentrale Wärmeversorgung der Gebäude festgelegt. Auf einen ökonomischen oder ökologischen Vergleich dezentraler und zentraler Beheizung wurde weitestgehend verzichtet. Jedes Gebäude wurde als Wärme-

verbrauchseinheit betrachtet, das ein Gas-, Kohle- oder Ölbefeuertes Kraftwerk zentral mit Wärme versorgt.

Die Heizwerke in der ehemaligen Sowjetunion wurden zum größten Teil Ende der 40er Jahre in den Großstädten mit einer Leistung von mehreren Hundert - Megawatt erbaut. Überwiegend braunkohlebefeuert erreichen die Kesselanlagen der Heizwerke Wirkungsgrade von nicht einmal 60 Prozent. Ungenügende Filtertechniken verursachen sehr hohe Kohlen- und Schwefeldioxidemissionen sowie einen großen Ausstoß an Feinstaubpartikeln. Auch die später errichteten Fernwärmeanlagen sind technisch kaum weiterentwickelt. Somit sind mehr als die Hälfte der Heizwerke inzwischen abgängig und erneuerungsbedürftig.

Die Bereitstellung der Fernwärme für die Stadt Almaty wird von den folgenden zwei Energieunternehmen übernommen:

- 1.) AO „Almatzkomunenergo“
- 2.) AO „Almatinskije teplovije seti“.



Bild 19 Beispiel eines Kohleheizwerks in Kasachstan

Die Wärmeverteilung erfolgt zum größten Teil durch ein überirdisch verlegtes Fernwärmenetz auf Heißwasserbasis. Der Zustand ist vergleichbar sanierungsbedürftig wie die Wärmeerzeugeranlagen. Wartung und Instandhaltung wurden stark vernachlässigt. Der Prozess wurde durch die Privatisierung der Wärmenetze noch verstärkt. Durch leichte Verbesserungen im Wärmeschutz der Gebäude und der daraus resultierenden Reduzierung des Energieverbrauchs verlor der seit den 80er Jahren dringend erforderliche Aus- und Umbau der Wärmeversorgung und -verteilung an zwingendem Nachdruck.

Die derzeit wichtigste Aufgabe ist daher die Gewährleistung der Wärmebereitstellung durch die existierenden Versorgungsanlagen. Im Mittel werden jährlich auf 100 Netzkilometern etwa 70 Beschädigungen registriert. Etwa 30 Prozent der Wärme geht beim Transport durch ungenügende Isolierung oder Defekte an der Rohrleitung verloren. Mehr als 80 Prozent der Rohrleitungen sind reparaturbedürftig. Etwa 15 Prozent der Netzanlagen befinden sich in einem so maroden Zustand, dass die sofortige Erneuerung notwendig wäre.

Hauptursache für den schlechten Zustand der Wärmeversorgungssysteme ist eine dauerhafte Unterfinanzierung. Die Einnahmen aus dem Wärmeverkauf sind nicht kostendeckend und die staatlichen Subventionen nicht ausreichend für eine zielgerichtete Wartung und Instandhaltung oder Erneuerung. Entsprechend perspektivlos kann nur der Missstand verwaltet werden.



Bild 20 Zustands der Fernwärmeverteilungen in Kasachstan

Die Fernwärmeversorgung in Kasachstan weist folgende Mängel auf:

- schlechter Korrosionsschutz der Versorgungsleitungen (Stahlrohre),
- geringe bis keine Wärmedämmung der Rohre,
- unzureichende Technik zur Systemregelung,
- keine Möglichkeit der Temperaturregelung,
- veralteter Zustand der technischen Anlagen,
- ungenügende Abgasreinigung.

Die Kosten für die Instandsetzung der vorhandenen Fernwärmenetze erreichen inzwischen die Größenordnung einer kompletten Erneuerung.

Die Bestandsanlagen mit niedrigen Kraftwerkswirkungsgraden und extrem hohen Wärmeverteilungsverlusten können die Vorteile von Fernheizungen, die z.B. in Deutschland durch eine günstige primärenergetische Bewertung erzielt werden, nicht bzw. nicht mehr realisieren.

Dezentrale Wärmeversorgungssysteme auf Gebäude- oder Quartiersebene mit deutlich verbesserter Energieeffizienz können unter den vorhandenen Umständen und Bedingungen eine Alternative zur bisherigen Versorgungsstruktur sein.



Bild 21 oberirdisch geführte Fernwärmeleitung

4.2 Dezentrale Versorgung

Die dezentrale Wärmeversorgung ist eine auf den Wärmebedarf ausgerichtete, verbrauchernahe konventionelle Lösung. Aus technischer Sicht und politischer Vorgabe wurde im städtischen Bereich auf eine dezentrale Wärmeversorgung (Einzelhausheizung) größtenteils verzichtet. Nur in kleinen Siedlungen und Stadtteilen mit privaten Einfamilienhäusern wird dezentral über Holz-, Kohle- bzw. Ölheizkessel Wärme erzeugt. Moderne Brennwertgeräte oder Niedertemperaturkessel werden bislang nur vereinzelt in neu errichteten modern ausgestatteten Einfamilienhäusern eingesetzt.

4.3 Wärmeverteilung

Die Wärmeverteilung in den Gebäuden erfolgt hauptsächlich über die sogenannte Einrohrheizungen. Dabei werden die Heizkörper in den Wohnungen in einer Ringleitung der Reihe nach mit Warmwasser durchströmt. Der Wasserumlauf erfolgt durch eine ungeringelte Umwälzpumpe. Da während der Heizperiode alle Rohrleitungen ständig vom Heizwasser durchströmt werden, wird während dieses Zeitraumes auch

permanent Wärme abgegeben. Bei zu hoch gewählter Vorlauftemperatur kann allein durch die Wärmeabgabe der Rohrleitungen der gesamte Wärmebedarf des Gebäudes gedeckt werden. Eine Regelung der Raumtemperatur über Thermostatventile (Dreiwegeventil) ist in der Regel nicht vorhanden. Wärmeüberschuss muss über die Fenster abgelüftet werden. Bild 22 zeigt den technischen Ausbildungsgrad und den Zustand der Wärmeverteilung und Übergabe auf Gebäudeebene.



Bild 22 Technische Ausstattung von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Heizkörper, Fernwärmeübergabestation)

4.4 Kältebedarf in Gebäuden

Aufgrund des kontinentalen Klimas in Kasachstan mit hohen Außentemperaturen in den Sommermonaten und hoher solarer Einstrahlung auf die Fassaden kommt es insbesondere bei Nichtwohngebäuden zu Einschränkungen beim sommerlichen Komfort. Der Kühlbedarf in den Bestandsgebäuden wird häufig durch die Nachrüstung von dezentralen Splitgeräten gedeckt. Bauliche Maßnahmen zur Reduzierung des sommerlichen Wärmeeintrags, wie z. B. ein außenliegender Sonnenschutz, werden nur selten vorgenommen. Ebenso wenig wird planerisch auf den Standortbedingungen bei den modernen hoch verglasten Bürotürmen reagiert. Zentrale Kompressionskältemaschinen sorgen für die gewünschten Raumtemperaturen ohne Berücksichtigung oder Bewertung des energetischen Aufwands.

Der inhaltliche Schwerpunkt der Studie liegt auf der Wärmeversorgung der Gebäude. Daher wird an dieser Stelle nur auf die Einschränkungen in Bezug auf den sommerlichen Komfort hingewiesen.

4.5 Warmwasserbereitung

In den Wohngebäuden erfolgt die Warmwasserbereitung in der Regel zentral über die Heizungsanlage bzw. über die Fernwärmeversorgung. Im mehrgeschossigen Wohnungsbau reduzieren systemintegrierte Pufferspeicher die Verbrauchsspitzen. Da die Warmwasserbereitung nicht bedarfsorientiert, sondern zeitabhängig erfolgt, kommt es insbesondere in den Abendstunden häufig zu Versorgungsengpässen und Komforteinbußen. Für den Einsatz regenerativer Energien zur Warmwasserbereitung durch solarthermische Kollektoren gibt es kaum Beispiele.

Der Warmwasserbedarf kann in Nichtwohngebäuden vernachlässigt werden. Sollte die Ausstattung eine Warmwasserbereitstellung erfordern, kommen dezentrale elektrische Durchlauferhitzer oder Elektro-Boiler zum Einsatz, siehe Bild 23.



Bild 23 Warmwasserbereitung in Wohn- und Nichtwohngebäuden (links: dezentrale Bereitung, mitte: zentrale Warmwasserbereitung, rechts: Warm- und Kaltwasserübergabe)

4.6 Einsatz regenerativer Energien in Kasachstan

Solarthermie

Das kontinentale Klima in Kasachstan mit langen Sommern und bis zu 3.000 Sonnenscheinstunden bietet ein großes Potenzial an solarer Strahlungsenergie, das aber bisher weitestgehend ungenutzt bleibt. Die südwestlichen Gebiete des Landes weisen dabei die höchsten Globalstrahlungssummen auf. Der schlechte Gebäudestandard mit hohen Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten und ineffizienter Anlagentechnik macht die Erschließung solarthermischer Energie unter den gegebenen Bedingungen nur bedingt sinnvoll. Kollektoren zur Warmwasserbereitung oder Heizungsunterstützung kommen nicht zum Einsatz.

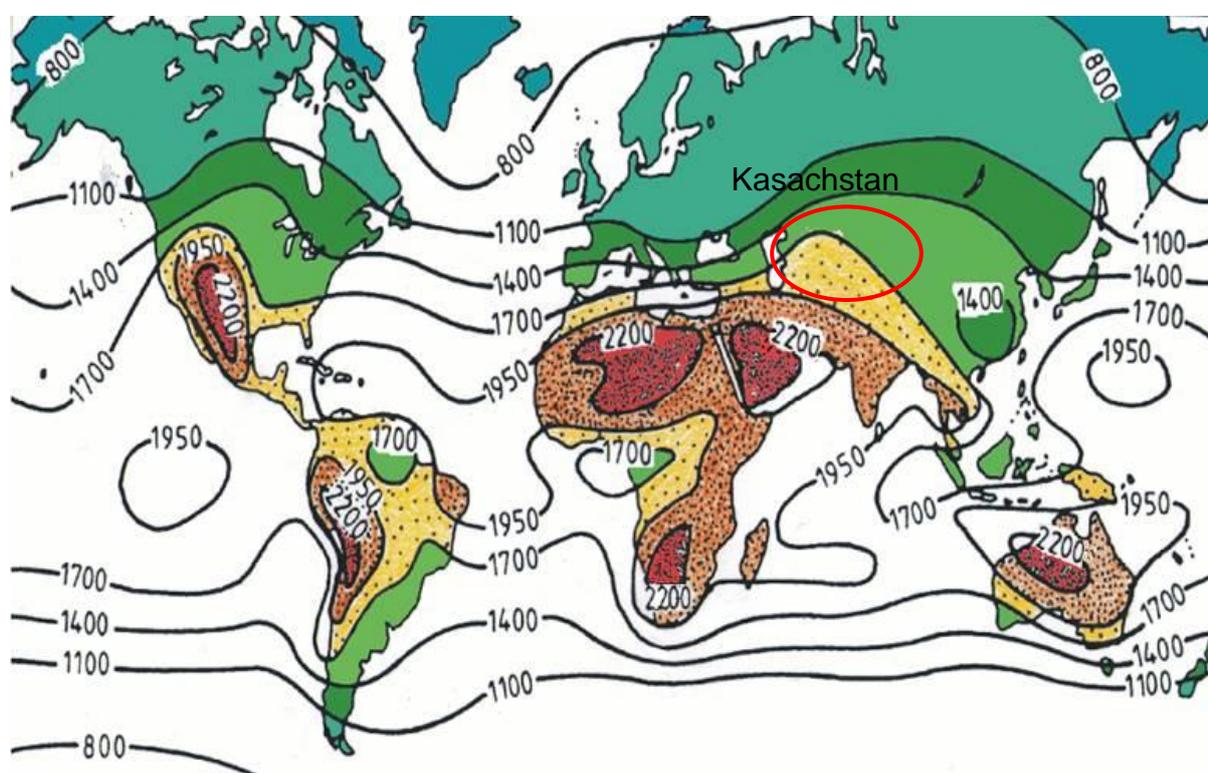


Bild 24 Globalstrahlungskarte, mittlere jährliche Sonneneinstrahlung auf eine horizontale Fläche in kWh/m²

Biomasse

Holz als regenerativer Primärenergieträger wird neben den fossilen Brennstoffen Gas, Öl und Kohle am häufigsten genutzt. In Kaminen oder einfachen Holzöfen wird Wärme für kleine Wohneinheiten mit niedrigen Gesamtwirkungsgraden erzeugt und

wenig effizient im Gebäude verteilt. Größere Wärmeerzeugungsanlagen, die feste oder gasförmige Biomasse verbrennen, sind ebenso wie die Kraftwerksanlagen der Fernwärme überaltert und dringend erneuerungsbedürftig. Die erzeugte Prozesswärme kann durch die insgesamt marode Anlagentechnik nur unzureichend genutzt werden. Im Nordosten Kasachstans werden hauptsächlich Holzhackschnitzel zu Heizzwecken verwendet. In weiten Landesteilen werden darüber hinaus die landwirtschaftlichen Abfallprodukte als Energiequelle genutzt.

Geothermie

In Forschungsarbeiten wird der Einsatz von Geothermie und Tiefengeothermie erprobt. Die natürliche Wärmequelle soll über zentrale Heizwerke nutzbar gemacht und verteilt werden. Innovative Konzepte für Pilotprojekte befinden sich in Planung.

Windenergie

Durch die geografischen und meteorologischen Standortbedingungen ergibt sich für Kasachstan ein hohes Potenzial zur Windenergienutzung. Insbesondere in der östlich gelegenen „Dschungarischen Pforte“ (im Bezirk Alakolskij) und auf einem flachen Gebirgspass an der Grenze zu China machen beständige Winde eine Installation von Windkraftanlagen sinnvoll. Derzeit hat die Anwendung nur untergeordneten Charakter.

4.7 Technologietransfer

Durch die Entwicklung und Nutzung innovativer Produkte zur Energieerzeugung in Deutschland steht eine Vielzahl marktgängiger, effizienter Systeme zum Heizen und Kühlen zur Verfügung, so z.B. Brennwerttechnik und Biomassekessel, Wärmepumpen, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (BHKW), Solarthermieanlagen, Kompressions- und Absorptionskälteanlagen etc.

Westeuropäische und ostasiatische Firmen nutzen die Marktchancen und den Technologievorsprung und exportieren energieeffiziente Technik nach Kasachstan. Die Einsatzbereiche sind nahezu unbegrenzt, vom kleinen Einfamilienhaus über den Ge-

schosswohnungsbau bis hin zu öffentlichen und kommerziellen Gebäuden sowie für Gewerbe- und Industrieanwendungen.

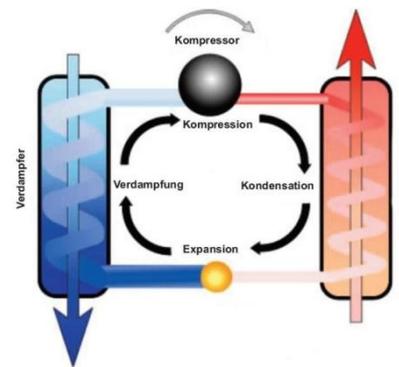
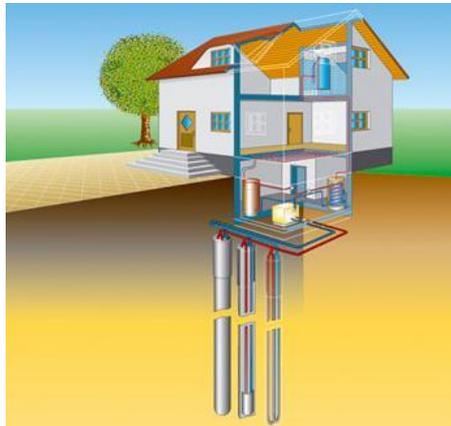


Bild 25 Beispiele für energieeffiziente technische Gebäudeausrüstung zum Heizen/Kühlen und Lüften (Erdsonden, BHKW, Solarthermische Anlage, Wärmepumpe)

5 REFERENZGEBÄUDE AUS GEBÄUDETYPOLOGIE

Die für eine energetische Untersuchung und Bewertung des Gebäudebestands ausgewählten Geschosswohnungsbauten gehören zur Bauweise 2, Stahlbeton-Skelettbau und Bauweise 3, Stahlbeton-Fertigteilebauten, auch Plattenbauten genannt, siehe auch Kapitel 3. Die Wohnbauten in Osteuropa und der UdSSR lassen sich durch Bauserien voneinander unterscheiden. Als Referenz für die Typologie Wohngebäude werden vier Bestandsgebäude der Serien WP, 1KZ, 69 und 158 aufgenommen. Zusätzlich werden zwei Nichtwohngebäude erfasst. Vor Ort erfolgen die Aufnahme der Geometrie, der Gebäudehülle sowie der Zustand von Außenwand, Fenster und Dachkonstruktion. Anhand der aufgenommenen Daten können die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte in $[W/m^2K]$) der entsprechenden Bauteile ermittelt werden. Eine Zusammenstellung der Gebäudedaten ist in der Tabelle 7 dargestellt. Die einzelnen Gebäude sind im Folgenden ausführlich beschrieben. Neben der Dokumentation der Gebäudehülle wird die Anlagentechnik zur Wärme- und Trinkwarmwasserversorgung aufgenommen.

Gebäudeart	Wohnge- bäude	Wohnge- bäude	Wohnge- bäude	Wohnge- bäude	Verwal- tungs- gebäude	Verwal- tungs- gebäude
Bezeichnung	Serie "WP"	Serie "1KZ"	Serie "69"	Serie "158"	Aeroclub	DKU
Baujahr	1978	1985	?	1978/79	ca. 1965	?
Nettogeschoss- fläche [m ²]	972	887	1.451	4.040	1.904	3.052 / 2.054 ¹⁾
Geschosshöhe [m]	2,92	3,00	3,00	3,00	3,26	3,2 / 4,35
Geschosse (ohne DG)	5	5	6	9	4	4 / 2 ¹⁾
Brutto-Volumen V _e [m ³]	3.130	2.927	4.788	13.332	6.778	18.280
Eingänge/ Treppenhäuser	1	1	2	2	1	2 / 3
Anzahl Wohnein- heiten (WE)	20	15	20	36	-	-
U-Werte Bestand						
<i>Außenwand</i> [W/m ² K]	0,99	1,67	1,51	1,5	1,5	1.0 - 1.5
<i>Dach/ oberste</i> <i>Geschossdecke</i> [W/m ² K]	1,53	1,32	1,36	1,28	0,8	0.8 - 1.0
<i>Fenster</i> [W/m ² K]	5,7	5,7	5,7	5,7	2,8 - 4,5	3.5 - 4.5
<i>Bodenplatte/ Kellerdecke</i> [W/m ² K]	1,95	1,89	1,64	1,89	2,0	0.6 - 0.8
Gebäudetechnik						
Beheizung	Fernwärme					
Lüftung	Manuelle Fensterlüftung					

Tabelle 7 Übersicht der Gebäudedaten Wohn- und Nichtwohngebäude
¹⁾ Anteil Erweiterung

5.1 Gebäudebeschreibung und -bewertung mehrgeschossiger Wohnungsbau

Vier verschiedene Plattenbauten der Serien 1KZ, 69 und 158 sowie ein Gebäude des Typs WP werden als repräsentativ für die Bausubstanz in Almaty detaillierter untersucht. Die ausgewählten Wohnungsbauten orientieren sich als rechteckige Gebäuderiegel mit den Längsseiten nach Osten und Westen. Zentrale Treppenhäuser erschließen je Geschoss zwischen zwei und vier Wohneinheiten.

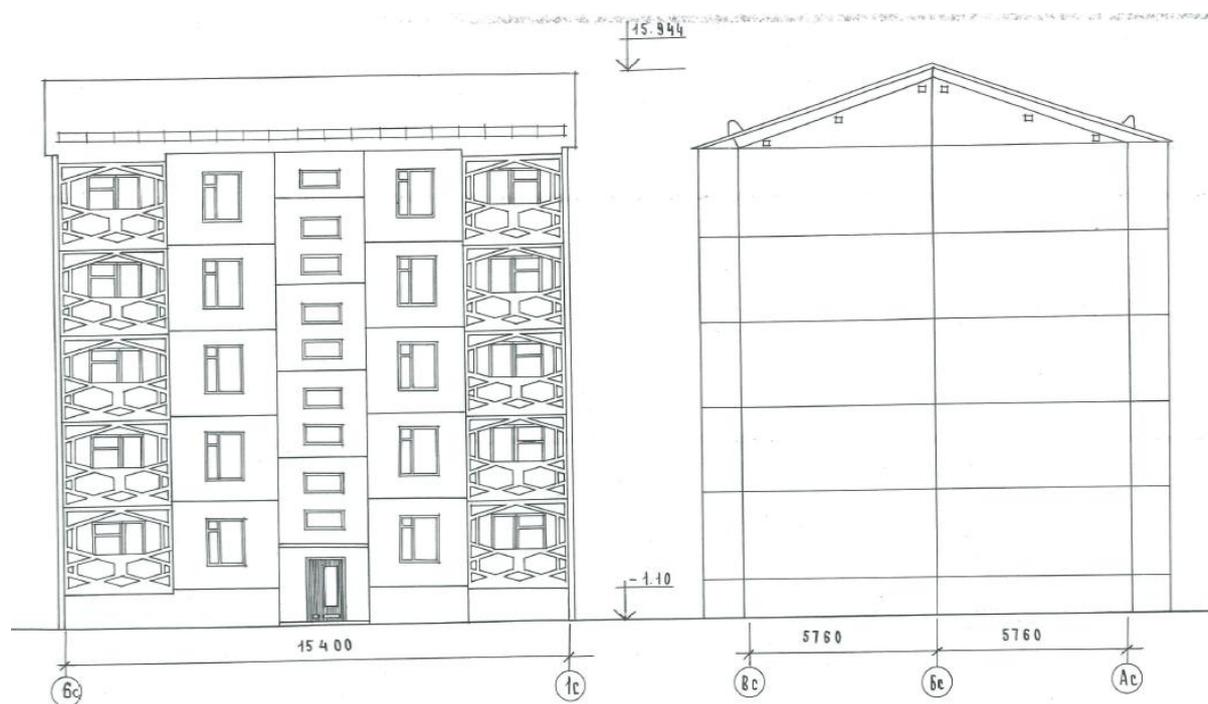


Bild 26 Schnitt und Ansicht Gebäudetyp 1KZ, Baujahr 1985

Die Gebäude sind fünf- bis zehngeschossig. Der Keller nimmt als teilabgegrabenes Sockelgeschoss Abstell- und Technikfläche sowie Gemeinschaftsräume auf. Nach oben wird das beheizte Volumen durch die oberste Geschosdecke begrenzt. Kaldachkonstruktionen als geneigte oder flache Dächer bilden den Witterungsschutz. Die verbleibenden Dachräume sind nicht ausgebaut. Alle Wohnungen der ausgewählten Plattenbauten besitzen Balkone oder Loggien, deren Größen von der Systemlänge des Gebäudetypus bestimmt werden. Die individuelle Nutzung zeigt sich durch offene oder nachträglich geschlossene Ausführung.



Bild 27 Beispiel für individuell verschlossene Balkone und Loggien

Baukonstruktion der Bauserien 1KZ, 69 und 158

Der Außenwandaufbau der Plattenbauserien 1KZ, 69 und 158 ist vergleichbar. Statistisch tragend ist eine innere Beton- oder Stahlbetonschale mit ca. 10-15 cm Stärke. Als äußere Wetterschale sind Betonplatten oder Waschbeton vorgehängt, dazwischen befindet sich eine ca. 15-20 cm starke Wärmedämmschicht aus Keramsitbeton.

Das tragende und aussteifende Gerüst sowie die Innenwände der Plattenbauten bestehen aus vorgefertigten Stahlbetonelementen, die als Fertigteil in festen Systembreiten verbaut sind. Die Geschossdecken sind ebenfalls auf die Maße der Bauserien abgestimmt und als 14 cm starke Stahlbeton- oder Spannbetonelemente vorgefertigt.

Für die obersten Geschossdecken sind zusätzlich 20 cm Keramsit als Wärmedämmung versehen.

Baukonstruktion der Bauserie WP

Die Plattenbauserie WP ist als Stahlbetonskelettbau mit Ziegelausfachungen konstruiert. Das Mauerwerk erreicht eine Stärke von etwa 50 cm, zusätzlich ist der Außenwandaufbau mit Beton- oder Waschbetonplatten verkleidet. Die Ausfachungen der längs- und quergerichteten Innenwände bestehen aus Ortbeton, je nach statischen Erfordernissen mit einer Stärke zwischen 10 und 22 cm.

Die Geschosdecken sind aus Stahlbeton vor Ort hergestellt, der Gesamtaufbau erreicht bis zu 32 cm. Die Decke zum nicht ausgebauten Dachraum ist zusätzlich gedämmt.

Der industriell errichtete Wohnungsbau, ob komplett oder nur teilweise vorgefertigt, zeigt in vielen Ausführungsdetails bauphysikalische und baukonstruktive Schwächen. Die Bausubstanz erweist sich im Wesentlichen als äußerst robust. Typologische Probleme tauchen bei Ausbildung der Fugen zwischen den Bauteilen oder z.B. bei den auskragenden Balkonplatten der Serie WP auf. Sanierungsbedarf bedingt durch das Bualter und das Ende der Lebenswartung einiger Bauteile, insbesondere bei Fenster und Türen, ist für alle Typologien gleichermaßen vorhanden. Holzfenster und Türen aus der Bauzeit sind überwiegend einfach verglast und luftundicht. Neben den hohen Transmissionswärmekoeffizienten und den daraus resultierenden großen Wärmeverlusten, können die Bauteile aufgrund des Bualters auch die mechanische Funktion nicht mehr erfüllen. Das Verriegeln oder Verschließen ist häufig nicht mehr gewährleistet.

Die Qualität der Gebäudehülle wird mit Thermographieaufnahmen untersucht und dokumentiert. Hierzu sind am 15.02.09 bei einer Außentemperatur von 2,3°C die Fassaden der verschiedenen Bauserien aufgenommen worden.

Datum	Außentemperatur	Uhrzeit
15.02.09	2,3°C	10:00 – 14:00 Uhr

Tabelle 8 Randbedingungen der Thermographieaufnahmen

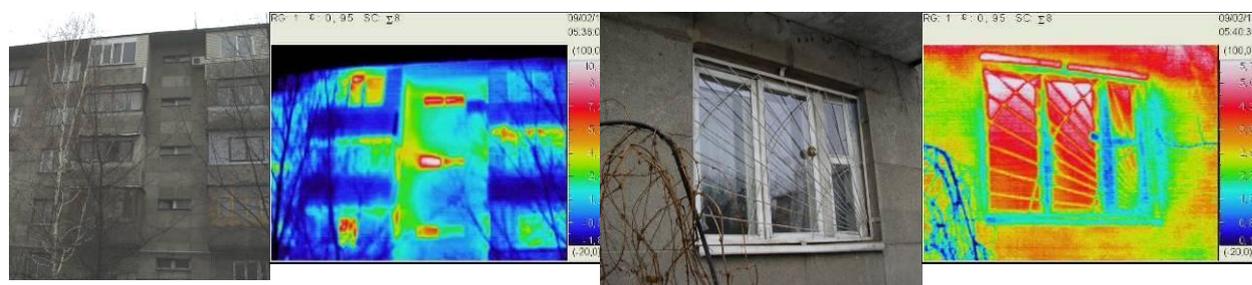


Bild 28 Mehrfamilienhaus der Serie WP – Visuelle und Infrarotaufnahmen der Westfassade und eines Fensterdetails

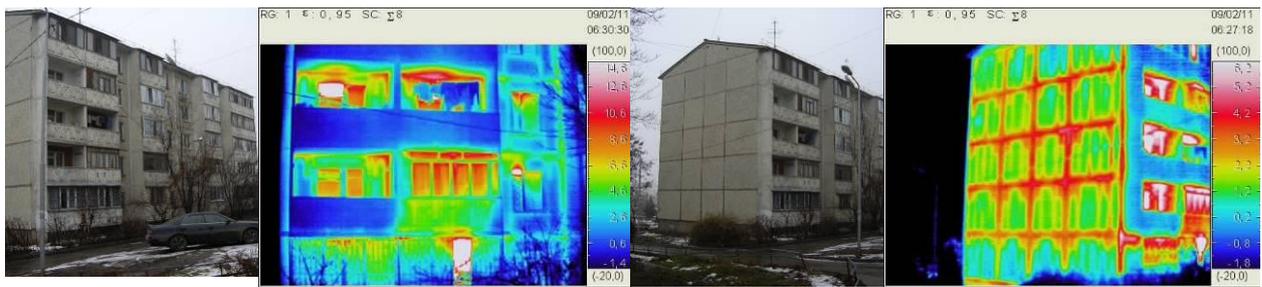


Bild 29 Mehrfamilienhaus der Serie 1KZ – Visuelle und Infrarotaufnahmen der West- und Südfassade

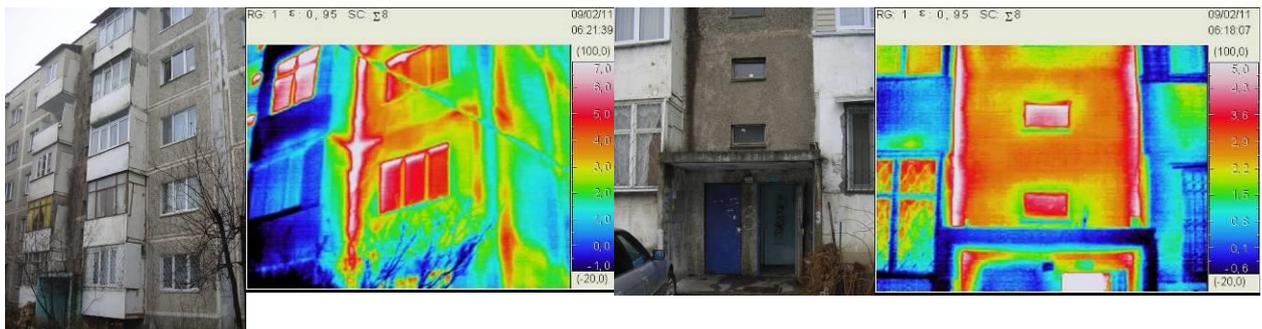


Bild 30 Mehrfamilienhaus der Serie 69 – – Visuelle und Infrarotaufnahmen der Westfassade und des Gebäudeeingangs

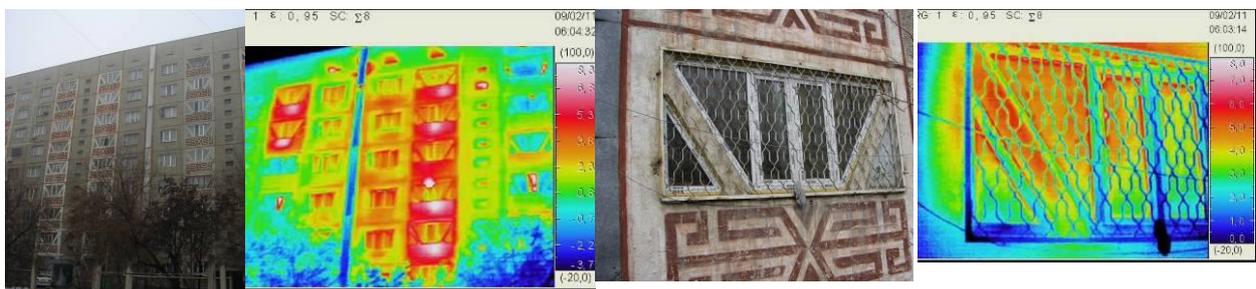


Bild 31 Mehrfamilienhaus der Serie 158 – – Visuelle und Infrarotaufnahmen der Westfassade und eines Fensterdetails

Die Thermographieaufnahmen zeigen die zum größten Teil erwarteten Schwachstellen der Gebäudehülle. Durchstoßende konstruktive und tragende Bauelemente wie Stützen und einbindende Geschossdecken führen zu erhöhten Wärmeverlusten durch Wärmebrücken. Schlechte Verglasung und undichte Fenster sowie undichte Bauteilanschlüsse sind ebenfalls Ursache für einen hohen Energieverbrauch.

Die Wärmeversorgung der Geschosswohnungsbauten wird wie oben beschreiben, durch den Anschluss an das Fernwärmenetz gesichert. Schlechter Zustand der Leitungen, Leckagen im System sowie fehlende oder abgängige Dämmung führen zu

hohen Verteilverlusten. Das gesamte Heizungssystem kann im Wesentlichen nicht reguliert werden. Ungeregelte Umwälzpumpen laufen bedarfsunabhängig. Innerhalb der Wohnungen muss das Fenster zur Anpassung der Raumtemperatur geöffnet oder geschlossen werden. Thermostatventile sind nicht vorhanden.

Der Heizenergiebedarf als Resultat der mäßigen Dämmqualität, der hohen Lüftungswärmeverluste durch Infiltration und der uneffizienten Wärmeversorgung wird mit 250-350 kWh/m²a berechnet. Bezogen auf deutsche Primärenergiefaktoren nach DIN 4701-Teil 10 ergibt sich ein Primärenergiebedarf mehr als 500 kWh/m²a.

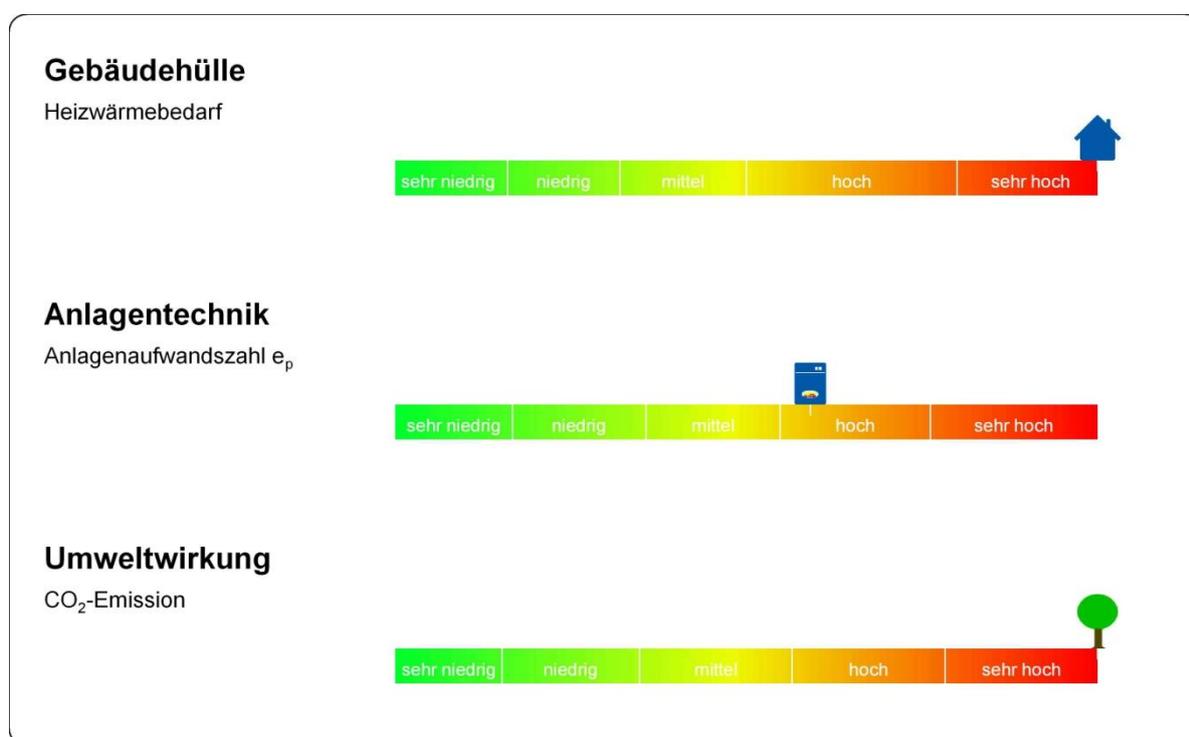


Bild 32 Bewertung der energetische Qualität der Wohngebäude nach Energieeinsparverordnung, Berechnung nach DIN 4108 Teil 6 und DIN 4701 Teil 10

5.2 Gebäudebeschreibung und -bewertung Nichtwohngebäude – Büro- und Verwaltungsgebäude

Die Nichtwohngebäude sind genauso wie der Geschosswohnungsbau als vorgefertigten Serien verschiedener Plattenbautypen errichtet worden. Im Rahmen der Untersuchung wird der ehemalige Verwaltungsbau eines Krankenhauses untersucht.

Das Gebäude AERO-Club orientiert sich mit seinen Längsseiten nach Osten und Westen. Auf vier Vollgeschossen sind Büroräume untergebracht, die als klassischer Zweibund organisiert sind. Die interne Erschließung erfolgt über ein zentrales Treppenhaus, das sich an der Nordseite des Gebäuderiegels befindet (siehe Bild 33).

Baujahr	ca. 1965
Nettogeschossfläche	1.904 m ²
Bruttoraumvolumen	6.778 m ³
Anzahl der Geschosse (nicht unterkellert)	4

Tabelle 9 Übersicht über die Gebäudedaten (siehe auch Tabelle 7)

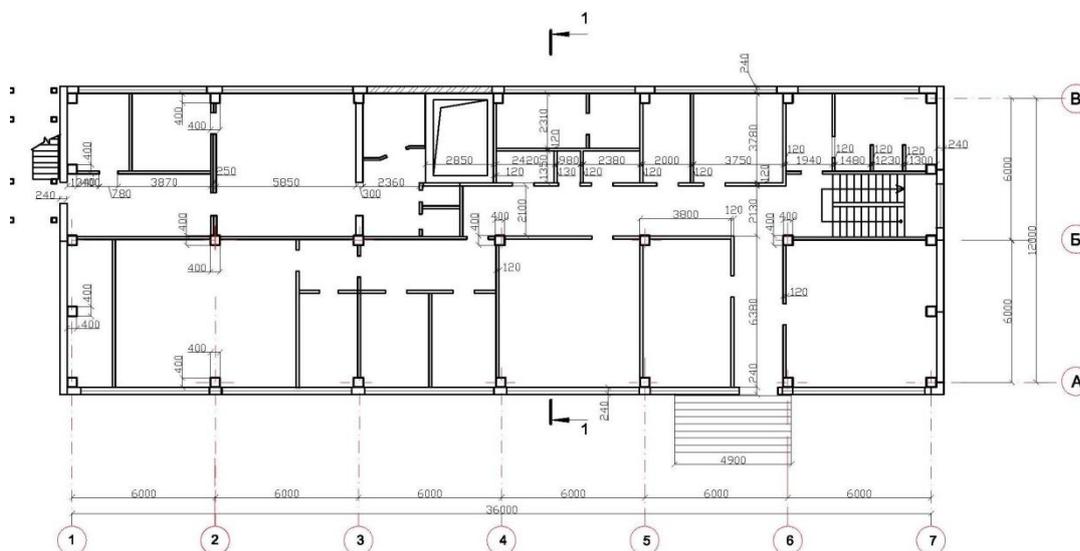


Bild 33 Grundriss des Verwaltungsgebäudes

Der Gebäuderiegel ist nicht unterkellert und schließt nach oben mit einem nach innen entwässernden und geneigten Flachdach ab. Über die Kaltdachkonstruktion wird die Attika ausgebildet.

Brüstungsbereiche und Fensterbänder gliedern die Fassade. Der Außenwandaufbau des Verwaltungsbaus ist in Stahlbetonskelettbauweise konstruiert. Fertigteilelemente aus Keramsitbeton mit einer Stärke von ca. 22 cm füllen die Gefache bis zur Brüstungshöhe aus, zusätzlich ist der Aufbau von außen verputzt. Die Fensterbänder be-

stehen aus überwiegend einfach verglasten Holzrahmen und sind mit einem Oberlicht ausgestattet. Ausführung und Bauteilanschlüsse an Brüstung und Stützen weisen baualtersbedingte Schäden und Mängel auf. Fehlende Dichtebenen führen zu hoher Luftundichtheit. Im 1. und 2. Obergeschoss sind die Fenster zum Teil mit Zweischeibenverglasung erneuert worden. Der Zeitpunkt des Einbaus und die Qualität der Bauteile ist nicht dokumentiert. Der U-Wert der Verglasung wird mit $2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Isolierverglasung) angenommen.

Die Qualität der Gebäudehülle entspricht einer wenig instandgehaltenen Fassade. Baualtersbedingte Schäden an Putz, Fenstern und Bauteilanschlüssen werden daher als gebäudetypisch angesehen. Zur Darstellung des Zustands sind die Fassaden mit einer Infrarot-Kamera fotografiert worden, siehe Bild 34. Die Tragfähigkeit der Bausubstanz ist nach äußerlichem Eindruck nicht beeinträchtigt.

Die Wärmeversorgungsanlage befindet sich in einem vergleichbar schlechten Zustand wie bei den Wohngebäuden. Der überwiegende Teil der Verteilungen ist nicht wärmegeämmt. Ungeregelte Umwälzpumpen, eine fehlende Anpassung der Systemtemperaturen und fehlende Raumthermostate machen die gesamte Heizungsanlage zu einem nicht regelbaren System. Der Heizenergieverbrauch infolge der schlechten Qualität von Gebäudehülle und Gebäudetechnik liegt über $240 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

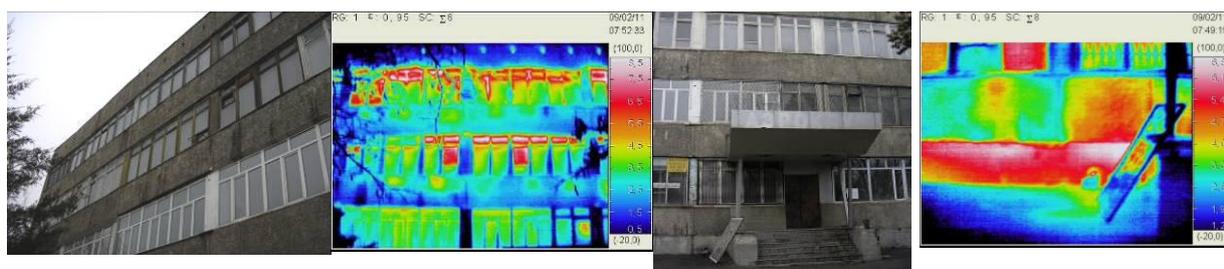


Bild 34 Verwaltungsgebäude AERO-Club – Visuelle und Infrarotaufnahmen der Ostfassade

5.3 Deutsch - Kasachische Universität (DKU) in Almaty

Der Lehr- und Verwaltungsbau der DKU ist als Ziegelbau ein typisches Gebäude für die Stadt Almaty aus den 50er und 60er Jahren. Als Zweibund organisiert, orientieren sich die Büro und Seminarräume auf drei Obergeschossen nach Osten und Westen.

Baujahr	ca. 1955
Nettogeschossfläche	3.467 m ²
Bruttoraumvolumen	10.834 m ³
Anzahl der Geschosse (inkl. Souterrain)	4

Tabelle 10 Übersicht über die Gebäudedaten (siehe auch Tabelle 7)

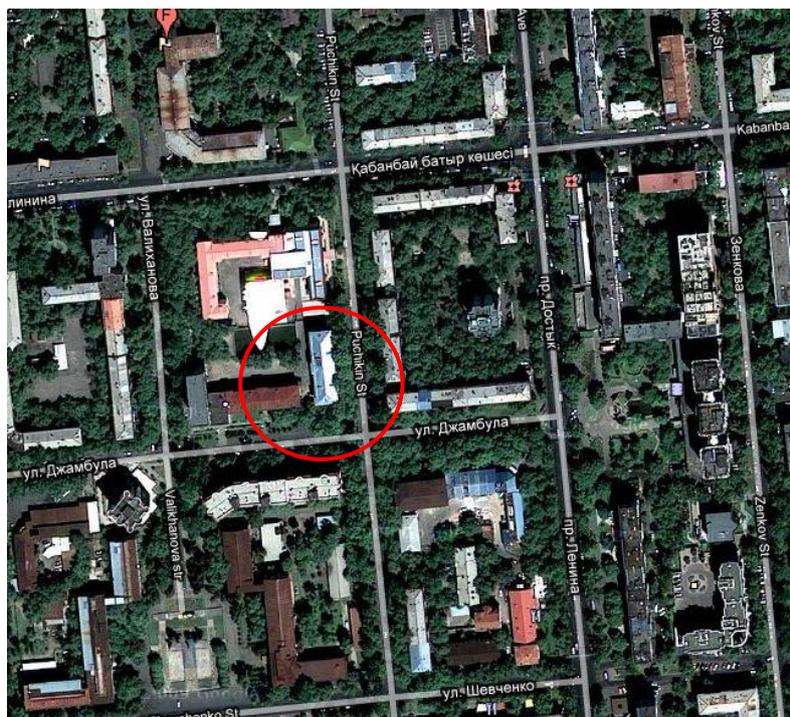


Bild 35 Luftbild DKU, Puschkin Straße Almaty, Kasachstan

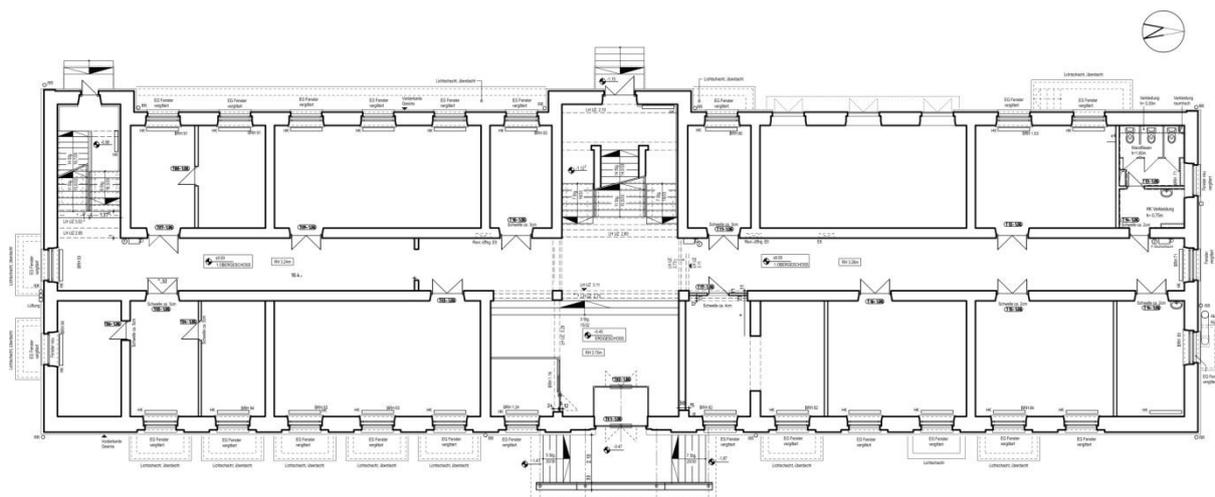
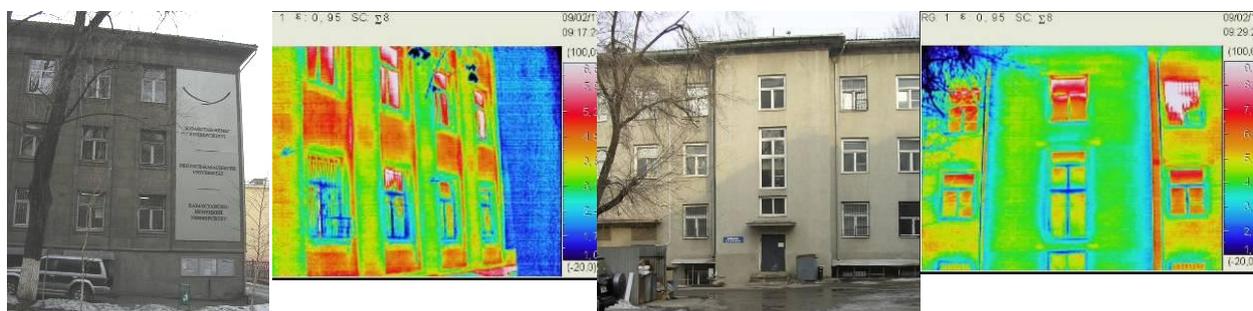


Bild 36 Geschossgrundriss Eingangsebene DKU, Bestand

Der Grundriss ist spiegelsymmetrisch aufgebaut. Mittig wird das Gebäude von der Straßenseite erschlossen. Das zentral gelegene Treppenhaus reicht vom Keller bis ins das 3. Obergeschoss. An der Südfassade ist ein zusätzliches Fluchttreppenhaus vorhanden. Im Untergeschoss befinden sich eine Kantine und Seminarräume. Die Obergeschosse werden für den Verwaltungs- und Lehrbetrieb der DKU genutzt. Das beheizte Volumen schließt mit der obersten Geschossdecke ab. Darüber liegt ein ungenutzter Dachraum unter einem hinterlüfteten Walmdach.

Die Außenwände der DKU bestehen aus einschaligem Ziegelmauerwerk, das innen- und außenseitig verputzt ist. Die Wandstärke erreicht im Maximum ca. 51 cm. Auch die tragenden Innenwände sind gemauert und haben eine Stärke von etwa 38 cm. Alle Geschossdecken sind in 22 cm Stahlbeton ausgeführt. Das Gebäude ist seit der Bauzeit nahezu unverändert. Ohne Dämmebenen in Wänden und Decken sowie mit einfachverglasten Kastenfenstern wird für das Gebäude ein Heizenergiebedarf von ca. 350 kWh/m²a ermittelt. Die hohen Wärmeverluste werden durch die Thermographieaufnahmen dokumentiert, siehe Bild 37.

Die Wärmeversorgungsanlage befindet sich in einem vergleichbar schlechten Zustand wie bei den Wohngebäuden bzw. dem Verwaltungsbau des Krankenhauses. Alle Verteilleitungen sind nicht gedämmt. Ungeregelte Umwälzpumpen, eine fehlende Anpassungsmöglichkeit der Systemtemperaturen und nicht vorhandene Raumthermostate machen die gesamte Heizungsanlage zu einem nicht regelbaren System. Die elektrischen Installationen im Gebäude entsprechen ebenfalls nicht mehr den Sicherheitsanforderungen bzw. dem Stand der Technik.



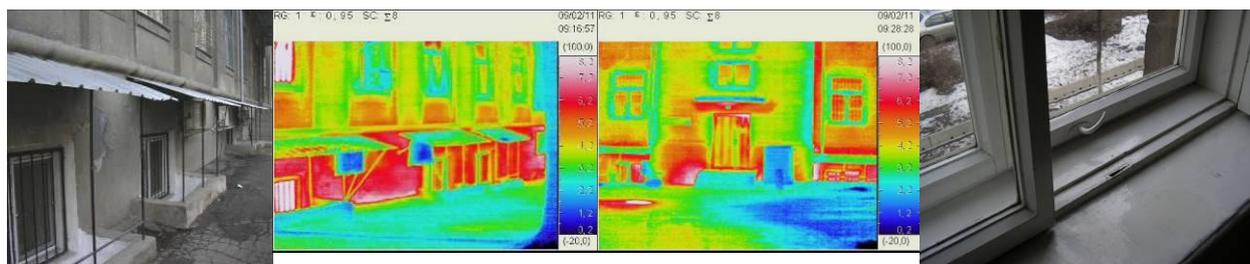


Bild 37 Instituts- und Verwaltungsgebäude der DKU – Thermographieaufnahmen ,unterschiedlicher Fassadenseiten, Kastenfenster

Die Bausubstanz ist augenscheinlich wenig durch alterungsbedingte Mängel beeinträchtigt. Dennoch kann das Ziegelmauerwerk die Anforderungen an eine Erdbebensicherheit nicht gewährleisten. Der Schwerpunkt neben einer energetischen Sanierung liegt daher auf der Herstellung einer standsicheren und gegenüber Erdbeben robusten Konstruktion.

6 SANIERUNGSSTRATEGIEN

6.1 Baulicher Wärmeschutz

Die unterschiedlichen gesetzlichen Anforderungen für den baulichen Wärmeschutz bei Neubau oder Sanierung sind in Kapitel 2 erläutert.

Im Folgenden werden für die oben beschriebene Gebäude und Gebäudetypologien Sanierungsvarianten für den baulichen Wärmeschutz nach deutscher Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) sowie einer Zukunftsvariante erarbeitet und miteinander verglichen. Die in Kasachstan aus Russland übernommene Normung SNiP, [SNiP 31-01-2003] für Mehrfamilienhäuser und [SNiP 31-05-2003] für öffentliche Bauten wird als Referenzgröße verwendet.

Nach [SNiP] sind die Anforderungsparameter an die Gebäudehülle in Abhängigkeit von den Gradtagzahl D_d [$K \cdot d/a$] definiert, siehe Tabelle 11. Damit ist eine individuelle Anpassung der Anforderungen an verschiedene klimatische Verhältnisse innerhalb des Landes möglich. Folgende Anforderungen werden definiert:

1.) Wärmedurchlasswiderstand R

Ein Material kann auch bezogen auf seinen Widerstand gegen die Wärmedurchlässigkeit berechnet werden. Die Berechnung ist mathematisch der Kehrwert des Wärmedurchlasskoeffizienten. Die Verhältnismäßigkeit zwischen Materialdicke und Wärmeleitfähigkeit erklärt somit den Wärmedurchlasswiderstand. Je höher der Wärmedurchlasswiderstand, desto besser ist die Wärmedämmeigenschaft. Die Mindestanforderung an den bauliche Wärmeschutz wird über den geringsten zulässigen Widerstandswert der Konstruktion zur Vermeidung Wasserdampfkondensation und Schimmelpilzbildung auf der Bauteilinnenoberfläche definiert (analog DIN 4108 Teil 2). Dabei wird eine ausreichende Beheizung, Lüftung und eine übliche Nutzung zugrunde gelegt.

Nach [SNIP] wird der Grenzwert des Wärmedurchlasswiderstands R_{reg} für die Gebäudehülle in Tabelle 11 in Abhängigkeit der Gradtagszahl D_d dargestellt.

Gebäudetyp, Koeffizienten a und b	Grad- tagzahl D_d [K*d/a]	Grenzwert der Außenbauteile R_{req} [m ² K/ W]				
		Außen- wände	Dächer	Decken gegen unbe- heizte Räume	Fenster, Fenster- türen, Vergla- sungen, Vor- hang- fassaden	Glas- bauteile
1. Wohngebäu- de, Gesundheits- und Kinderein- richtungen, Schulen, Hotels	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
2. Öffentliche außer o. g. und andere Gebäude im feuchten und nassen Zustand	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
3. Industriege- bäude im trocken- en und norma- len Zustand	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,4	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45

Tabelle 11 Grenzwerte des Wärmedurchlasswiderstandes nach [SNiP], 2003

2.) Spezifischer Jahresheizwärmebedarf q_h

Der Jahresheizwärmebedarf ist das Ergebnis einer Gebäudebilanz aus den Lüftungs- und Transmissionswärmeverlusten verrechnet mit den internen und den solaren Wärmegewinnen. Er kann bezogen auf eine beheizte Fläche [m²] oder auf ein beheiztes Volumen [m³] angegeben werden. Die in der [SNiP 2003] festgelegten

Grenzwerte für den spez. Jahresheizwärmebedarf q_h verschiedener Nicht-Wohngebäudetypen werden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Gebäudetyp	Anzahl der Etagen					
	1-3	4-5	6-7	8-9	10-11	>12
1. Öffentliche Gebäude, außer in Punkt 2 bis 4 genannte	42;38;36	32	31	29,5	28	-
2. Gesundheitseinrichtungen und Waisenhäuser	34;33;32	31	30	29	28	-
3. Kindereinrichtungen	45	-	-	-	-	-
4. Service-Gebäude	23;22;21	20	20	-	-	-
5. Bürogebäude	36;34;33	27	24	22	20	20

Tabelle 12 Grenzwerte des spezifischen Jahresheizwärmebedarfs nach [SNiP] [$\text{kJ/m}^2\text{a} \cdot \text{Kd}$] (Beispiel: $45 \text{ kJ/m}^2\text{a} \cdot \text{Kd} = 37,5 \text{ kWh/m}^2\text{a} \cdot \text{Kd}$)

Die Energieeinsparverordnung [EnEV] definiert für Deutschland Grenzwerte für die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und legt das Nachweisverfahren fest mit dem Ziel den Primärenergieaufwand für den Betrieb zu reduzieren.

Durch die Einführung der Bilanzgröße Primärenergiebedarf mit der EnEV 2002 und der Erweiterung der Energiebedarfsbewertung auf Heizung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung durch die Novellierung der EnEV in 2007, wird die gesamte Prozesskette von der Gewinnung der Rohstoffe bis zum endgültigen Verbrauch im Gebäude erfasst und bilanziert.

Neben der ganzheitlichen Bewertung von Gebäuden wird in der EnEV auch der maximale Wärmedurchgangskoeffizient von Bauteilen U_{max} in $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ festgelegt, der bei Änderung, Ersatz oder erstmaligem Einbau nicht überschritten werden darf. Die Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten nach EnEV 2007 und die nach der Verschärfung zum 1. Oktober 2009 geltenden Werte sind im Tabelle 13 aufgeführt.

	EnEV 2007 [W/m ²]	EnEV 2009 ¹⁾ [W/m ²]
Außenwand	0,35	0,24
Fenster	1,70	1,30
Decken, Dächer und Dachschrägen	0,30	0,24
Flachdächer	0,25	0,20
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume	0,40	0,30

Tabelle 13 Grenzwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten nach EnEV 2007 und EnEV 2009 bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (Anlage 3, Tab. 1)
¹⁾ gültig ab 01.10.2009

Die energierelevante Bilanzgrenze für Gebäude ist seit Einführung der EnEV 2002 der Jahres-Primärenergiebedarf Q_P in (kWh/m²a), mit dem nicht nur der bauliche Wärmeschutz, sondern auch die Effizienz der Energieerzeugung bewertet wird. In der aktuell gültigen Fassung der EnEV 2009 sind die Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden verschärft worden. Unter anderem wird folgendes festgelegt:

- um ca. 30 Prozent verbesserter Wärmedämmstandard gegenüber der EnEV 2007
- um ca. 30 Prozent verbesserte Anlageneffizienz zur Verringerung des Primärenergiebedarfs

Für 2012 ist eine erneute Verschärfung des Anforderungsniveaus um weitere 30 Prozent angekündigt.

Über die gesetzlichen Baustandards hinaus hat sich in Deutschland für Wohngebäude u.a. das Passivhaus etabliert.

Mit einem optimierten baulichen Wärmeschutz und einer konsequenten Nutzung passiv solarer Gewinne lässt sich im Passivhaus der Jahresheizwärmebedarf auf 15 kWh/(m²a) begrenzen. Im Vergleich benötigt ein Passivhaus bis zu 70 Prozent weniger Heizenergie als Neubauten und bis zu 90 Prozent weniger als Bestandsgebäude.

Das Konzept für das erste in Deutschland realisierten Passivhauses ist in Bild 38 dargestellt.

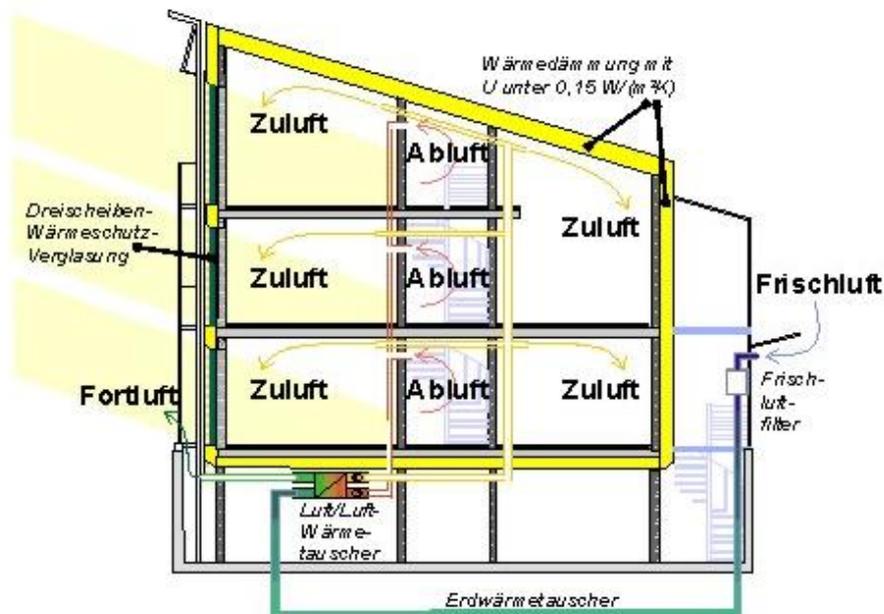


Bild 38 Darstellung der technischen und baulichen Standards eines Passivhauses (Quelle: Passivhaus Institut Dr. Feist)

Unter Einbeziehung des Haushaltsstroms liegt der Primärenergiebedarfskennwert für ein Passivhaus aber immer noch bei 120 kWh/(m²a).

Mit einem Plusenergiestandard soll eine positive jährliche Energiebilanz erreicht werden. Das Gebäude produziert unter Einsatz regenerativer Energien über ein Jahr betrachtet genauso viel oder mehr Energie als es benötigt. Das öffentliche Versorgungsnetz kann dabei als Puffer für überschüssige Energie genutzt werden.

In Deutschland und weiten Teilen Europas gibt es gesetzliche Regelungen über die Vergütung erneuerbar oder besonders energieeffizient erzeugter Energie.

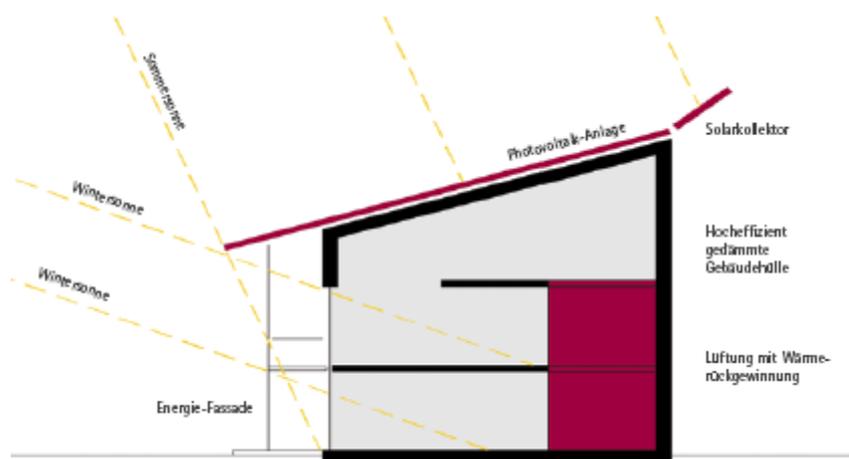


Bild 39 Systemschnitt Plusenergiehaus (Quelle: Plusenergiehaus® Rolf Disch)

6.2 Gebäudetechnik

6.2.1 Wärmeerzeugung

Die Versorgung von Städten und Quartieren mit Fernwärme bietet prinzipiell die Möglichkeit zu einer Ressourcen schonenden und energieeffizienten Lösung. Derzeit ist die Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung in Kasachstan allerdings weit vom Stand westeuropäischer Technik entfernt. Marode Heizwerke mit geringen Wirkungsgraden und defekte Leitungssysteme mit hohen Verlusten schmälern die Vorteile einer zentralen Versorgung. Für die Sanierung des Kraftwerkparcs sollte neben der Erneuerung der Technik mit konventionellen aber effizienten Heizwärmeerzeugern auf Basis fossiler Brennstoffe wie Gas, Kohle und Öl der Ausbau einer kombinierten Strom- und Wärmeproduktion über Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) unter die Nutzung regenerativer Energien (holzartiger Biomasse) in Betrachtung kommen.

Die Wärmebereitstellung in Heizzentralen mit angeschlossenen Nahwärmeleitungen oder in kleinen dezentralen Heizzentralen von großen Wohnblocks kann vornehmlich mit folgender Technik bedient werden. Mit Wirkungsgraden bei der Stromerzeugung von bis zu 35% und einem Gesamtnutzungsgrad von 80 bis 90% stellt die Kraft-Wärme-Kopplung im Blockheizkraftwerk (BHKW) ein sehr effizientes System zur rationellen Energieverwendung dar. BHKW Module für Nahwärmenetze gibt es bis in den hohen Leistungsbereich, d.h. > 500 kW. Für Mehrfamilienhäuser sind derzeit schon Geräte mit $12 \text{ kW}_{\text{therm}}$ und $5 \text{ kW}_{\text{elektr}}$ auf dem Markt verfügbar. BHKW-Anlagen

sind kompakte KWK-Anlagen mit Verbrennungsmotoren (z.B. Ottomotor, Zündstrahlmotor) oder Gasturbinen, welche die bei der Stromerzeugung anfallende Wärme des Abgases und des Kühlwasserkreislaufes zur Aufheizung von Heizungswasser verwenden. Als Brennstoffe kommen sowohl fossile wie auch regenerative Kohlenwasserstoffe (z.B. Pflanzenöl, Biodiesel, Biogas) zum Einsatz. Nachwachsende holzartige Rohstoffe werden in Stirling- Motoren und Dampfkraftanlagen mit externer Verbrennung genutzt.

Die Wärmebereitstellung über einen Holzpelletkessel ist für einen Leistungsbereich von 10 kW für Einfamilienhäuser bis ca. 500 kW für die dezentrale Versorgung von Gebäuden und Nahwärmenetzen, in einem Temperaturbereich bis 95°C möglich. Der Holzhackschnitzelkessel ist in einem Leistungsbereich von 300 bis 2.000 kW und einem Temperaturbereich bis 130°C möglich. Holz als Energieträger in Form von Holzhackschnitzeln kann aufgrund der landschaftlichen Strukturen in großen Mengen dem nordöstlichen Bereich der Republik entnommen werden. Aufgrund ausgedehnter Agrarindustrie stellt feste Biomasse landesweit ebenso ein großes Potenzial zur Biogas- und/ oder Biodieselherstellung dar. Biomassekessel können auch monovalent eingesetzt werden und bis herunter auf 20 % bis 30% der Leistung geregelt und auf den Wärmebedarf des Gebäudes angepasst werden. Grundsätzlich sollten Biomasseheizungen wie Holzpellet- oder Holzhackschnitzelkessel für Grundlast und Mittelast genutzt werden, je nach Anlagengröße sollte die Spitzlastabdeckung über konventionelle Technik erfolgen.

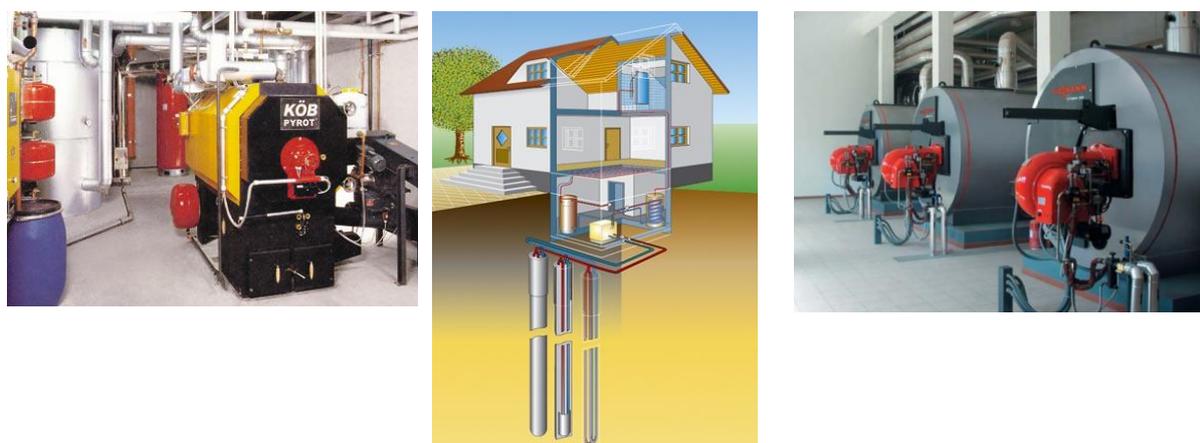


Bild 40 Holzpelletkessel mit 540 kW von KÖB, Wärmepumpe mit Erdwärmesonden (BWP) und Gaskessel von Viessmann

Darüber hinaus gewinnt die Wärmepumpe immer mehr an Bedeutung, vorwiegend versorgen sie Einfamilienhäusern und in ansteigender Zahl auch Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude über die Umweltquellen Luft, Wasser oder Erdwärme. Auf dem Markt gibt es Geräte im kleinen Leistungsbereich ab 5 bis 50 kW und im großen Leistungsbereich bis ca. 500 kW. Wärmepumpen können sehr effizient arbeiten, wenn die Heizwärme auf einem niedrigen Temperaturniveau (z.B. Flächenheizungen mit 35-40°C) verteilt wird.

In den hier meist vorliegenden Fällen sind jedoch ganzjährig Vorlauftemperaturen von mindestens 65-70 °C erforderlich, damit auch das erforderliche Temperaturniveau zur Warmwasserbereitung zur Verfügung steht. Die Erwärmung auf die erforderlichen Temperaturen erfolgt daher durch einen konventionellen Kessel, welcher auch die winterliche Spitzenlast abdeckt. Als Spitzenlastkessel können bei großen Heizflächen mit niedrigeren Vorlauftemperaturen (Flächenheizungen), Öl- oder Gas-Brennwertkessel mit einem sehr guten Wirkungsgrad eingesetzt werden. Die Technik der Niedertemperatur-Kessel (NT-Kessel) bietet dagegen eine höhere Vorlauftemperatur für die verhältnismäßig kleinen kompakten statischen Heizkörper, bei einem relativ guten Wirkungsgrad und geringen Investitionskosten.

6.2.2 **Kälteversorgung für Nichtwohngebäude**

Moderne Gebäudekonstruktionen mit großflächiger Verglasung, die Zunahme von Wärmequellen innerhalb der Gebäude, steigende Außentemperaturen in den Sommermonaten und der Anspruch auf ein komfortables und angenehmes Raumklima bewirkten, dass der Markt "Gebäudeklimatisierung" in den letzten Jahren enorm gewachsen ist. Klimatisierung bedeutet einerseits behaglicheres Wohnen und Arbeiten und andererseits einen bedeutend höheren Energieverbrauch, vor allem zur Deckung des Kühlbedarfs im Sommer. Zurzeit werden Kälteanlagen fast ausschließlich mit Strom betrieben.

Um Kälte zu produzieren bzw. einem System Wärme zu entnehmen, wird ein thermodynamischer Kreisprozess mit einem Kühlmedium realisiert. Verschiedene physi-

kalische Prozesse liegen der Realisierung des thermodynamischen Kreisprozesses zu Grunde, wie:

- der Kompressionskälteprozess, unter Zufuhr mechanischer Energie,
- der Sorptionswärmeprozess, unter Zufuhr von Wärmeenergie und
- der thermoelektrische Kälteprozess, unter Zufuhr elektrischer Energie

Zur Kälteversorgung der Gebäude finden Kälteanlagen ihre Anwendung. Sie sind und werden auch heutzutage noch zu 90 % als Kompressions-Kälteanlagen ausgeführt.

Als Kühlsystem auf Basis regenerativer Energieträger ist die Solare Kühlung ausgelegt. Um Gebäude mit Solarenergie zu kühlen, stehen heute mehrere Verfahrenstechnologien zur Auswahl. Dennoch werden hauptsächlich zentrale solarthermisch angetriebene Anlagen technisch realisiert. Bei der Verwendung von geschlossenen Kältemaschinen wird Kaltwasser aus thermischer Energie bereitgestellt, welches zur Raumklimatisierung verwendet werden kann. Folgende Technologien finden hauptsächlich Anwendung: Ab- und Adsorptionskältemaschinen und Dampfstrahlkältemaschinen. Einen weiteren sinnvollen Ansatz bittet die Versorgung der Gebäude mit Fernkälte über ein gesondertes Kältenetz. Die Erzeugung des Kaltwassers erfolgt dabei durch Absorptionskältemaschinen mit Abwärme aus benachbarten Heizkraftwerken, aus dem Fernwärmenetz oder Industrieprozesswärme. Die Anlagen mit einem zusätzlichen Kältespeicher sorgen für den optimalen Betrieb der Kälteerzeuger sowie die Spitzenlastdeckung an Hochsommertagen.

Ein weiteres Kühlsystem ist die Wärmepumpenkühlung. Eine Wärmepumpen-Heizungsanlage kann optional auch zur Kühlung genutzt werden. Hierfür kommen nachrüstbare passive Kühlsysteme zum Einsatz, die in der Lage sind, mit geringsten Betriebskosten zu kühlen (Naturkühlung). Das Verfahren "Natural Cooling" nutzt die Gegebenheit, dass das Grundwasser oder das Erdreich im Sommer kühler ist als die Temperaturen der Innenräume. So können Erdreich und Grundwasser ein Gebäude natürlich und direkt kühlen. Einige Wärmepumpen bieten in ihrer Regelung die Funktion "Natural Cooling" an. Lediglich die Klasse der Luft/Wasser- Wärmepumpen kann wegen der hohen Außenlufttemperaturen im Sommer "Natural Cooling" nicht ausreichend realisieren.

6.2.3 Regelung

Der Wärmeverbrauch eines Gebäudes ist aufgrund der Änderung von Außentemperatur und Windverhältnissen und den daraus resultierenden Wärmeverlusten sowie den Wärmegewinnen aus Sonneneinstrahlung und internen Wärmegewinnen zeitlichen Schwankungen unterworfen. Zur kontinuierlichen Anpassung der Heizleistung der Wärmeerzeuger und der Wärmeabgabe der Raumheizflächen an den veränderlichen Wärmebedarf ist das Wärmeversorgungssystem mit einem Regelsystem auszustatten. Insbesondere bei entsprechend der [EnEV] im Niedrigenergie-Standard konzipierten Gebäuden ist zur Reduktion des Heizenergiebedarfs die optimierte Nutzung der Wärmegewinne gefordert, was zu höheren Anforderungen an die Flinkheit und die Regelfähigkeit des Systems führt. Bei der Wahl der Raumtemperatursollwerte ist zwischen Komfortbedürfnis und den Heizkosten abzuwägen.

Aufzunehmen, nach [EnEV] für Zentralheizungen, sind in die Regelung der Gebäudetechnik die Außentemperatur, Vorlauf- und Rücklaufemperatur der Heizung bzw. die Raumtemperatur und –feuchte, wobei die Vorlaufemperatur und somit die Raumtemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur je nach Jahreszeit geregelt werden kann. Allgemein aufzunehmen in die zentrale Technik ist zudem eine automatische Anpassung (Verringerung und Abschaltung) der Wärmezufuhr.

Folgende Regelparameter werden als wichtig angesehen:

- Betriebszeit (Nachtbetrieb, um z.B. einen günstigeren Nachtтарif für den Strom zu nutzen)
- Wassertemperatur (Regelung in Abhängigkeit von der Außentemperatur (Heiz- und Kühlkurve) ist optimaler für die Behaglichkeit, Raumtemperatur in Regelalgorithmus einfließen lassen)
- Wassermenge / Massenstrom
- Totband einstellen, um An-/Ausschaltung zu vermeiden

Auf eine vorausschauende oder prognosegesteuerte Regelung ist des Weiteren zu achten. Mit der Regelung ist zudem ein starkes Absinken oder Ansteigen der Raumtemperatur zu umgehen. Aktuelle Wetterdaten, prognostizierte Wetterdaten und auch die Belegungsdichte des Raumes können zur Festlegung des Durchflusses und zur gewählten VL-Temperatur positiv beitragen.

Der Standard bei Nichtwohngebäuden ist der Einsatz einer zentralen Gebäudeleittechnik. Heizung, Kühlung, Lüftung, Sonnenschutz und Beleuchtung werden zentral über die Gebäudeleittechnik (GLT) gesteuert und geregelt. Zudem kann die Arbeitsplatzbeleuchtung präsenz- und tageslichtabhängig gedimmt werden. Um den Strombedarf für künstliche Beleuchtung zu reduzieren, steuert die GLT in Abhängigkeit vom Sonnenstand den Lamellenwinkel des Sonnenschutzes. So wird blendfreies Arbeiten bei größtmöglicher Tageslichtausnutzung gewährleistet. Alle weiteren Funktionen der Gebäudetechnik werden ebenfalls präsenz- und zeitabhängig gesteuert.

6.2.4 **Wärmeverteilung und Wärmeabgabe**

Die Übergabe der Wärme aus dem Nah- bzw. Fernwärmenetz erfolgt in sog. Hausstationen, die das Bindeglied zwischen dem Versorgungsnetz und der Heizanlage des Gebäudes (Hausanlage) darstellen. Die Hausstation besteht aus der Übergabestation (in der Regel Eigentum des Versorgungsunternehmens) sowie der Hauszentrale. Der Anschluss der Hausanlage kann entweder indirekt über einen Wärmetauscher oder direkt erfolgen. Während größere Übergabestationen aus Einzelkomponenten zusammengesetzt sind, werden für Leistungsgrößen bis etwa 300 kW Kompaktstationen mit allen notwendigen hydraulischen und regelungstechnischen Bauteilen anschlussfertig angeboten. Im Falle des Betriebes des Fernwärmenetzes mit Heißwasser bei Temperaturen von etwa 140 °C und Drücken im Bereich von 5 bis 15 bar im Vorlauf oder mit Thermalöl auf entsprechendem Temperaturniveau ist eine hydraulische Trennung von Fernwärmenetz und Hausanlage erforderlich. Durch den indirekten Anschluss sind die Betriebsparameter der Hausanlage in diesem Fall vom Netz unabhängig. Die Heizflächen sind entsprechend der im Nahwärmenetz herrschenden Temperaturen auszulegen. Mit verbessertem Wärmestandard des Gebäudes fällt der Anteil der Wärmeverluste des Heizverteilungssystems stärker ins Gewicht. Neben der Temperatur des Heizungswassers sind Länge und Durchmesser der Rohrleitungen sowie die Dämmung von Bedeutung.

Die Wärmeabgabe in Räumen erfolgt bei Warmwasser-Heizsystemen über freie oder integrierte Heizflächen. Als freie Heizflächen werden alle Arten von Heizkörpern (Plattenheizkörper, Radiatoren und Konvektoren) bezeichnet, die in der Regel frei vor

Wänden oder Fußboden eingeordnet sind und ihre Wärme über Strahlung und Konvektion abgeben. Bei integrierten Heizflächen bzw. Flächenheizungen erfolgt die Wärmeabgabe in den Räumen durch beheizte Raumflächen, wie z.B. den Fußboden, die Wände oder die Decke. Der Strahlungsanteil und damit die Behaglichkeit ist hier in der Regel größer als bei freien Heizflächen. Denn die Hauptanforderung an Heizsysteme besteht in der Bereitstellung eines thermisch behaglichen Raumklimas. Die wesentlichen Einflussgrößen sind hierbei die vier klassischen, den Wärmehaushalt des Menschen beeinflussenden Parameter Raumlufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur der Raumumschließungsflächen, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte. Die Komfortanforderungen in einem Raum gelten dann als erfüllt, wenn 90% der Personen das Raumklima als akzeptabel bezeichnen. Die typischen Verläufe der Lufttemperatur entlang der Raumhöhe für verschiedene Raumheizeinrichtungen zeigt Bild 41.

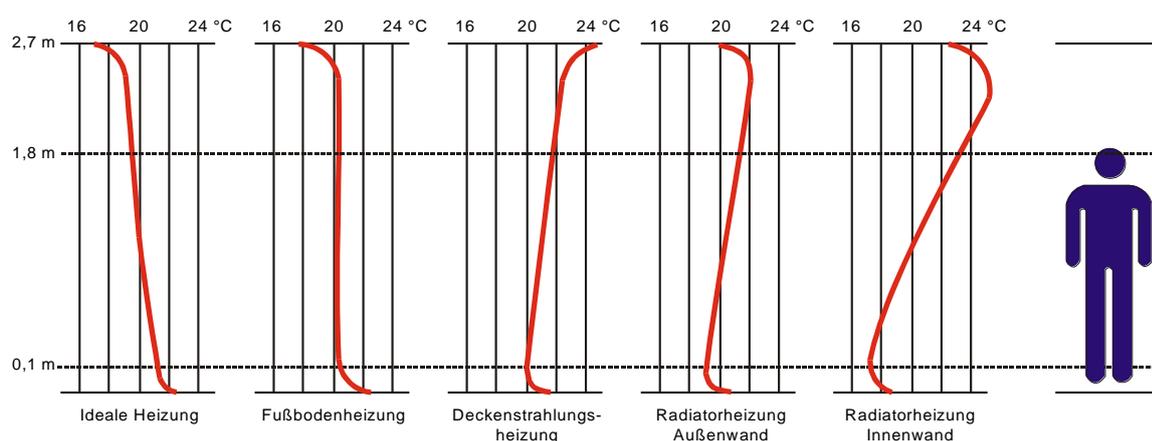


Bild 41 Temperaturverlauf verschiedener Heizsysteme über die Raumhöhe

In Niedrigenergie-Gebäuden können grundsätzlich alle Wärmeabgabe-Systeme wie z.B. Radiatoren, Konvektoren, Fußboden- und Wandheizungen etc. zum Einsatz kommen. Im Vergleich zum Gebäude-Bestand mit höherem Wärmebedarf ergeben sich jedoch aufgrund der Reduktion der Wärmeverluste veränderte Randbedingungen bzgl. des Aufstellortes sowie der Wahl der Anlagentemperaturen. Die Art und Ausführung eines ggf. eingesetzten Lüftungssystems beeinflusst ebenfalls die Wahl und Auslegung der Wärmeabgabeeinrichtung.

Die Fußbodenheizung kommt, wie in Bild 41 zu erkennen dem idealen Verlauf der Raumlufttemperatur in Abhängigkeit von der Raumhöhe am nächsten. Die wesentli-

chen Vorteile der Fußbodenheizung gerade bei Sanierungen gegenüber Plattenheizkörpern oder Radiatoren ergeben sich durch das Wegfallen des Platzbedarfs für Heizkörper und den kleineren Temperaturunterschied über die Raumhöhe (siehe Bild 41) bei geringerer Lufttemperatur und somit günstigerer Erwärmung des Menschen. Dagegen weist das System eine größere Trägheit und geringere Regelfähigkeit auf und bietet kaum Möglichkeiten zur nachträglichen Änderung der Heizflächen.

Der Einbau sollte in jedem Fall unter dem Fenster und dabei der Fensterbreite angepasst erfolgen, um den dort anfallenden Kaltluftstrom sofort kompensieren zu können. Bei Verwendung dichter Fenster mit geringen Wärmedurchgangskoeffizienten ist jedoch auch eine Montage an den Rauminnenflächen möglich.

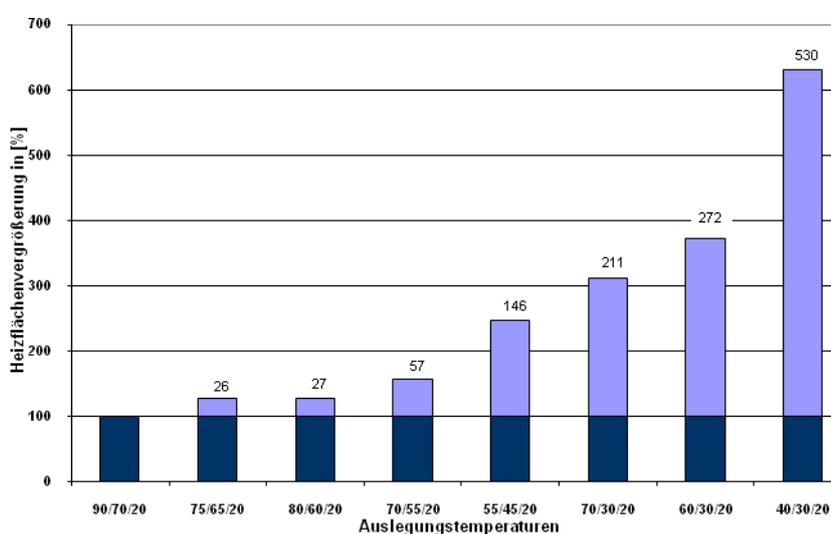


Bild 42 Prozentuale Vergrößerung der Heizflächen bei verschiedenen Systemtemperaturen

Die Wärme- und Kälteabgabe in Nichtwohngebäuden kann ebenso über Heiz-/ Kühldecken oder Segel erfolgen. Segel sind abgehängte Teilbereiche der Decken, die mit Wasser kühlen. Die Restdeckenflächen können mit einem abgehängten Deckensystem ergänzt werden, oder sie bleiben als evtl. farbbehandelte Rohdecke sichtbar. Durch das Entfallen der vollflächigen Zwischendecke können die Geschosshöhen reduziert werden und unter Umständen mehr Stockwerke bei gleicher Gebäudehöhe realisiert werden. Weiterhin ist die kompakte Integration von Einbauten wie zum Beispiel Beleuchtung, Sprinkler, Rauchmelder, Lautsprecher und andere Kommunikationselemente möglich.



Bild 43 Darstellung Fußbodenheizung (Quelle:Kermi), Heiz-/Kühlsegel mit integrierter Beleuchtung

Abgehängte Decken werden häufig zur Erfüllung innenarchitektonischer, raumakustischer und lichttechnischer Funktionen sowie zur Verkleidung von technischen Installationen im Deckenhohlraum eingesetzt. Durch die Anordnung von wasserdurchflossenen Rohrsystemen auf ihrer Oberseite lassen sie sich mit geringem Aufwand in aktive Kühl- und Heizflächen verwandeln.

6.3 Sanierungsvarianten mit verschiedenen Wärmedämmstandards

Für die Sanierung der ausgewählten Gebäude werden in Bezug auf den baulichen Wärmeschutz drei Sanierungsstandards miteinander verglichen:

- Standard 0 - Gebäudebestand
- Standard 1 - EnEV 2009
- Standard 2 - EnEV 2009 -30%
- Standard 3 - Passivhausstandard (PH).

Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Sanierungsvariante sind in Tabelle 14 gegenübergestellt.

	Standard 0	Standard 1	Standard 2	Standard 3
--	------------	------------	------------	------------

	Bestand [W/m ² K]	EnEV 2009 Anlage 3 Tab. 1 [W/m ² K]	EnEV 2009 Anlage 3 Tab. 1 abzügl. 30 % [W/m ² K]	Passivhaus- standard [W/m ² K]
Außenwand	0,90 - 1,30	0,24	0,17	0,15
Fenster	2,80 - 5,70	1,30	0,91 ¹⁾	0,80 ¹⁾
Flachdach	0,80 - 1,20	0,20	0,14	0,10
Oberste Geschossdecke	0,80 - 1,30	0,30	0,21	0,15
Boden gegen unbeheizt	ca. 1,00	0,30	0,21	0,12
Boden an Erdreich	ca. 1,00	0,30	0,21	0,12

Tabelle 14 Vergleich der Wärmedurchgangskoeffizienten der verschiedene baulichen Standards
¹⁾ Dreischeibenverglasung

Baulicher Wärmeschutz

Die baukonstruktiven Anschlussdetails bei der Aufbringung einer äußeren Dämmebene zwischen ca. 12 cm bei einer Sanierung nach EnEV 2009 und bis zu 30 cm zur Erreichung des Passivhausstandards werden hier nicht analysiert. Es wird davon ausgegangen, dass auf die Gebäudehülle ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) aufgebracht werden kann. Die Dämmmöglichkeiten der obersten Geschossdecke sowie der Kellerdecke werden vorausgesetzt.

Da für alle transparenten Bauteile (Fenster und Fenstertüren) die Lebenserwartung erreicht bzw. überschritten ist, wird ein kompletter Austausch vorgeschlagen. Die Wahl der Verglasungsqualität ist dabei in Abhängigkeit von der Orientierung und der Nutzung zu wählen. Insbesondere für die Nichtwohngebäude ist auf die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes zu achten. Die Notwendigkeit wirksamer Sonnenschutzmaßnahmen wie ein außenliegender Sonnenschutz ist im Zusammenhang eines integral geplanten und ganzheitlichen Sanierungskonzepts für das jeweilige Gebäude zu prüfen.

Gebäude- und Anlagentechnik

Bei den Sanierungsvarianten nach [EnEV] erfolgt die Konditionierung der Räume über statische, regelbare Beheizung und Fensterlüftung. Für den Passivhausstandard müssen die Lüftungswärmeverluste zusätzlich durch den Einbau einer mechanischen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ($\eta_{WRG} \geq 85\%$) reduziert werden. Neben der Verringerung der Verluste kann durch eine kontrollierte Lüftung eine erhebliche Verbesserung der Luftqualität und des thermischen Komforts erreicht werden. Der Feuchtgehalt in der Raumluft bleibt unterhalb bauphysikalisch kritischer Konzentrationen. Schimmelbildung als Folge geringerer unkontrollierter Luftwechselraten durch die verbesserte Dichtheit der Gebäudehülle kann damit vermieden werden.

Die Gebäudestandards 1 bis 3 (EnEV `09, EnEV `09 -30% und Passivhausstandard) werden exemplarisch für die Plattenbauserie 1KZ mit drei Varianten zur Wärmeversorgung kombiniert:

- Variante 0 – Basisversorgung Almaty (ohne Berechnung)
- Variante 1 – Fernwärme
- Variante 2 – Fernwärme und solare Trinkwarmwasserbereitung
- Variante 3 – Gas-Blockheizkraftwerk (BHKW) und Gas-Brennwertkessel.

Die Varianten 2 und 3 werden hinsichtlich der Versorgungsanteile so ausgelegt, dass die Anforderungen des deutschen Erneuerbaren-Energien-Wärme-Gesetz [EEWärmeG] eingehalten werden. Der solarthermische Deckungsanteil in Variante 2 liegt über 15 Prozent, das BHKW in Variante 3 deckt mindestens 50 Prozent des Gesamtwärmebedarfs

In Variante 3 wird das Erdgas-BHKW als Grundlastherzeuger und der Brennwertkessel als Spitzenlastherzeuger eingesetzt. Die Fernwärme wird zentral in Heizwerken erzeugt, über Fernwärmeleitungen transportiert und an Übergabestationen zentral an die Gebäude übergeben. Für die Variante 2 muss für die Wärmepumpe eine Energiequelle erschlossen werden. Dies soll durch ein Erdsondenfeld pro Gebäude erfolgen. Variante 3 geht von einer dezentralen Nahwärmeversorgung auf Gebäude- oder

Quartiersebenen aus. Die Wärmebereitstellung erfolgt über ein Erdgas-BHKW in Kombination mit einem Spitzenlastkessel (Gas-Brennwertkessel).

Ausgangsbasis für die Ermittlung der Einsparpotentiale durch die energetische Sanierung ist die rechnerische Bestimmung von Heizlast und Jahresheizwärmebedarf für den Bestand. Dazu werden die Gebäude im Simulationsprogramm [TRNSYS] abgebildet und unter Verwendung des für den Standort gültigen Wetterdatensatzes dynamisch simuliert. Die extremeren Klimabedingungen in Kasachstan führen dabei zu einem vergleichsweise hohen Bedarfsniveau.

Die Ergebnisse lassen durch die Berücksichtigung der Wärmebereitstellung eine primärenergetische Bewertung der Sanierungsvarianten zu. Darüber hinaus werden durch die ganzheitliche Betrachtung Aussagen zu den Emissionen (CO₂, SO_x etc.) sowie zu den Kosten und zur Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen möglich. Die Angaben sind in Anhang A zusammengestellt.

6.4 Energetische, ökologische und ökonomische Bewertung

Zur Durchführung des Vergleichs der verschiedenen Systemvarianten erfolgt eine Bewertung hinsichtlich Jahresheizwärmebedarf, Primärenergiebedarf, CO₂-Emissionen sowie der Wirtschaftlichkeit. Die für den Vergleich erforderlichen Parameter zum Betriebsverhalten der Anlagen sowie die resultierenden Energiebedarfskennwerte werden aus den Simulationsrechnungen ermittelt.

In Anlehnung an die [EnEV] erfolgt die Bewertung der energetischen Effizienz der Anlagentechnik zur Lüftung, Heizung und Warmwasserbereitung des Gebäudes durch das Verhältnis von erhaltener Nutzwärme zum Energieaufwand. Des Weiteren werden die energetischen Parameter wie folgt definiert.

- Der Heizwärmebedarf kennzeichnet den rechnerisch ermittelten Wärmeeintrag über ein Heizsystem, der zur Aufrechterhaltung eines vorgegebenen Niveaus der Raumtemperatur erforderlich ist.
- In der Ermittlung des Gesamt-Wärmebedarfs zur Heizung und Warmwasserbereitung werden die Wärmeverluste ab Wärmeerzeuger bis zur Abgabe an den Heizflächen (Speicherung, Verteilung, Übergabe) sowie die Erzeugungs-

verluste bei der Wärmebereitstellung selbst berücksichtigt. Bei der Ermittlung wird ebenfalls der Anteil der Hilfsenergie für Pumpen, Brenner etc. erfasst.

- Der Gesamt-Primärenergiebedarf stellt diejenige Energiemenge dar, die zur Deckung des Heizenergie- und Warmwasserbedarfs sowie zur Lüftung erforderlich ist, wobei der Energieaufwand zur Gewinnung, Umwandlung und Verteilung dieser Energie inkl. der Hilfsenergien zusätzlich berücksichtigt werden.
- Der Jahres-Heizwärmebedarf ergibt sich aus der Summe der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste abzüglich der nutzbaren solaren und internen Gewinne (z.B. Abwärme von Personen, Beleuchtung).
- Der Nutzwärmebedarf zur Warmwasserbereitung ergibt sich aus dem jährlichen Warmwasserbedarf sowie der Differenz aus Warm- und Kaltwassertemperatur.

Für Wohngebäude wird in der [EnEV] ein pauschal zu berücksichtigender Wärmebedarf zur Warmwasserbereitung von 12,5 kWh/(m²·a) zzgl. 6,25 kWh/m² nicht nutzbarer Verluste angegeben.

Ein vereinfachtes Bewertungsverfahren zur leichteren Handhabbarkeit in der praktischen Anwendung wird mit folgenden wesentlichen Kriterien angewendet.

- Wirtschaftlichkeit (Vollkostenrechnung)
- Primärenergiebedarf
- CO₂ - Emissionen
- Thermische Behaglichkeit im Gebäude

Die wirtschaftliche Bewertung der verschiedenen Systemvarianten muss von bestimmten jeweiligen Investitions-, Brennstoff- und Wartungskosten sowie Zinssätzen ausgehen, die regional unterschiedlich sind und deren Entwicklung über einen Betrachtungszeitraum von z.B. 20 Jahren nicht vorhersehbar ist. Die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der Systeme erfolgt entsprechend [VDI 2067] über eine dynamische Amortisationsrechnung. Bei der Kostenermittlung werden Investitions-, Energie- sowie Wartungs- und Unterhaltskosten berücksichtigt. In der Wirtschaftlichkeitsrechnung wird ein Zinssatz von 5 Prozent angesetzt, die Nutzungsdauern der Anlagenkomponenten werden wie auch die Wartungskosten entsprechend [VDI 2067] be-

rücksichtigt. Die Datenbasis der für die einzelnen Komponenten berücksichtigten Investitions- und Energiekosten sind im Anhang A zusammengestellt.

Über Primärenergiefaktoren f_P wird die Prozesskette der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung zur Endenergiebereitstellung berücksichtigt. Gemäß [DIN EN 4701-10] werden die Primärenergiefaktoren angesetzt. Die Berechnung der äquivalenten endenergiebezogenen CO₂-Emissionen erfolgt auf der Basis von [IWU] genannten Werte (siehe Tabelle 15).

	f_P	f_{CO_2} [g/kWh]
Strom-Mix	2,7	647
Erdgas H	1,1	247
Erdgas-BHKW (Nahwärme)	0,7	119
Fernwärme (fossil) aus Heizwerken	1,3	407

Tabelle 15 Primärenergiefaktoren ([DIN 4701-10]) und CO₂-Äquivalent-Emissionen [IWU] für elektrischen Strom, Erdgas und Fernwärme

Die nachfolgende Bewertung der Systeme erfolgt unter Berücksichtigung der genannten Kenngrößen. Die Primärenergiefaktoren, die Basisdaten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowie die Faktoren zur Berechnung der CO₂-Emissionen sind in einer entwickelten Auswertesoftware hinterlegt. Der Ablauf der Ermittlung der Bewertungsgrößen über die Modellbildung bis zur Ausgabe über die Auswertesoftware ist in Bild 44 dargestellt.

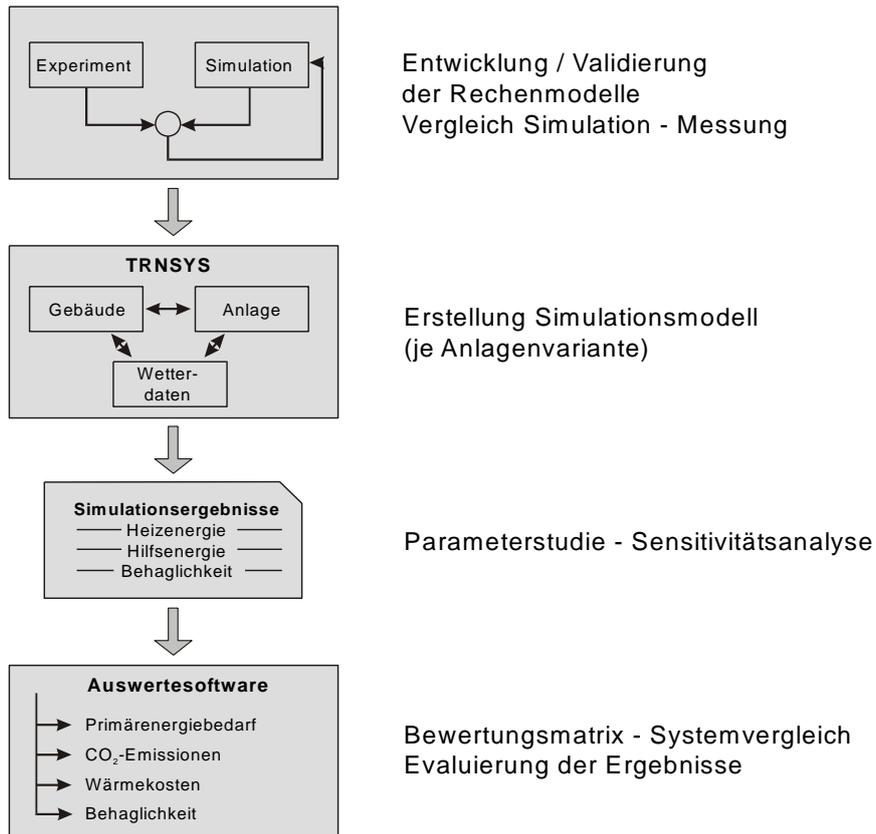


Bild 44 Ablauf der Ermittlung der Bewertungsgrößen für die Anlagenvarianten

7 ENERGETISCHE POTENZIALE REFERENZGEBÄUDE

7.1 Modellbildung

Zur Ermittlung der aus den verschiedenen Maßnahmen resultierenden Reduzierungen des Energieverbrauchs werden die Gebäude in einem Simulationsmodell abgebildet. Das Gebäude ist innerhalb des Modells in Zonen gleicher Nutzung bzw. gleicher thermischer Anforderungen untergliedert. Der Aufbau des Modells orientiert sich an den zu untersuchenden Maßnahmen, so dass z.B. Austausch der Fenster, Dämmung der Außenwand, Dämmung der obersten Geschossdecke bzw. der Dachkonstruktion sowie Dämmung der Kellerdecke abgebildet werden. Bei den Wohngebäuden werden 3 Zonen (Dachboden, Wohnraum, Kellergeschoss), bei den Nichtwohngebäuden erheblich mehr Zonen (Büroräume, Seminarräume, Verkehrsflächen, unbeheizte Treppenhäuser, Technikräume, Küche, WC usw.) abgebildet.

Das Modell berücksichtigt die Nutzung des Gebäudes mit den resultierenden inneren Lasten über Personen und Geräteabwärme sowie die solaren Gewinne über die Fenster. Innerhalb der Simulation wird der für Almaty gültige Standard- Wetterdatensatz von Meteororm verwendet. Die Daten liegen hierbei in Stundenschritten vor. Die Gebäude werden zunächst in der Bestandssituation modelliert und der resultierende Jahres-Heizenergiebedarf berechnet. Der Wert für den berechneten Bedarf muss den abgerechneten Energiekosten entsprechen. Nach der Validierung des Modells werden die verschiedenen energetischen Sanierungsmaßnahmen innerhalb des Modells abgebildet und die resultierenden Bedarfswerte für die Jahres- Heizenergie bestimmt.

Simulationswerkzeug, Wetterdaten

Die Untersuchung wird mit dem Simulationswerkzeug TRNSYS 16.1 (A Transient System Simulation Program) ausgeführt. Mit dem Programm kann über eine Benutzeroberfläche ein Mehrzonen Modell eines Gebäudes erstellt werden. [TRNSYS] ist seit 1975 verfügbar und wurde an der Universität von Wisconsin, USA am Solar Energy Laboratory ursprünglich für die dynamische Simulation von aktiven Solarsystemen auf der Basis der Programmiersprache Fortran entwickelt. [TRNSYS] ist ein in der Systemsimulation anerkanntes und verbreitetes Programm und ermöglicht durch

seine Modularität die Integration verschiedener Rechenmodelle für Anlagenkomponenten der Technischen Gebäudeausrüstung (vgl. [Bach, Kondermann, Madjidi] und [Breer et al.]). Durch die internationale Anwendung im Rahmen verschiedener IEA-Arbeitskreise wird das Simulationswerkzeug [TRNSYS] ständig erweitert, weiterentwickelt sowie validiert und stellt damit ein für diese Aufgabenstellung geeignetes Softwaretool dar.

Der für die Simulationsrechnungen verwendete Wetterdatensatz entspricht dem Standort Almaty. Der Wetterdatensatz beschreibt den Wetterverlauf (Strahlung, Temperatur, relative Feuchte, ...) in Stundenschritten jeweils über ein volles Jahr.

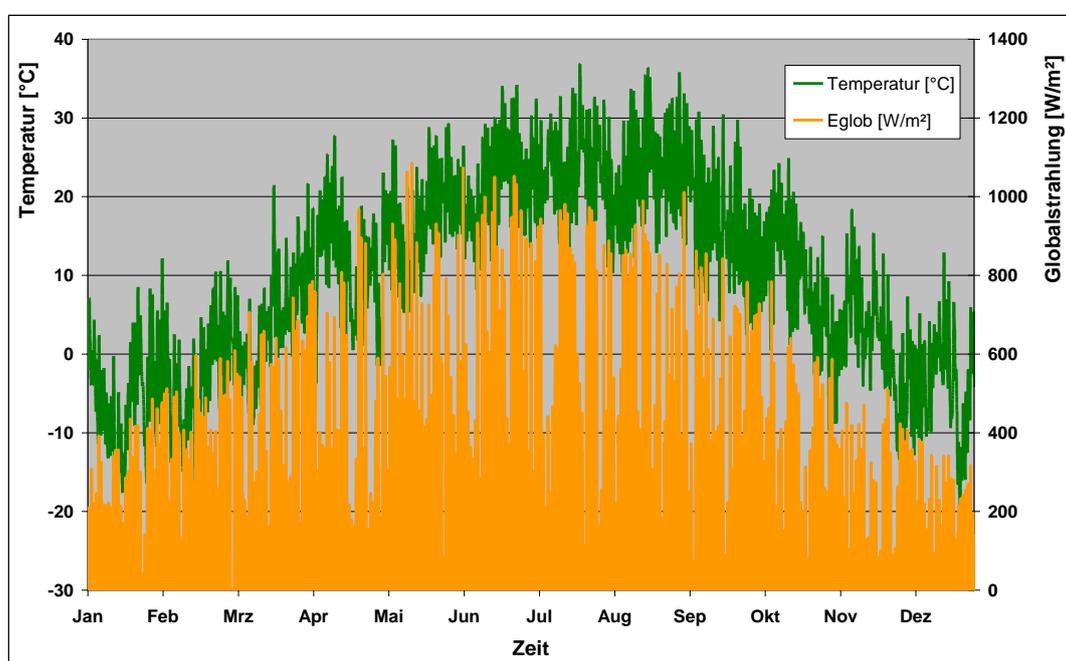


Bild 45 Verwendung eines Standard-Wetterdatensatzes TM2 – Standort Almaty – erstellt mit Meteororm

Das Klima ist geprägt durch kalte Winter mit Temperaturen im Bereich von -20°C sowie heißen Sommern mit Temperaturen von knapp 40°C. Hieraus ergeben sich entsprechende Anforderungen an die Anlagentechnik hinsichtlich der Heizung und Kühlung des Gebäudes.

Zonierung des Gebäudes

Die Referenzgebäude werden in unterschiedlichen Zonen abgebildet. Die Einteilung erfolgt in Abhängigkeit der zugrunde gelegten thermischen Bedingungen sowie der Nutzung der Räume. Funktional ähnliche Räume mit gleichen thermischen Bedingungen werden in einer Zone zusammengefasst. Bestimmte Räume (z.B. Hörsäle) werden zur Auslegung der entsprechenden Technik separat betrachtet. Über die einzelne Abbildung der Zonen kann jeweils der Einfluss der West- und Ostrichtung auf den Wärme- bzw. Kältebedarf bestimmt werden.

Festlegung der Randbedingungen der Simulation

Das Gebäude wird entsprechend dem aktuellen Planungsstand – Flächen, Volumen, erforderlicher Luftwechsel sowie der Aufbau der Bauteile Außenwand, Dach, Fenster, Türen etc. – als Modell abgebildet. Zudem werden die Hauptbetriebszeiten und die Verteilung der Belegungen in Büroräumen oder Privaträumen festgelegt. Die entsprechenden internen Lasten für die Personen werden mit den Lasten aus der Beleuchtung und dem teilweise vorhandenen EDV-Betrieb und in der Simulation berücksichtigt.

7.2 Mehrfamilienhäuser

7.2.1 Festlegung der Randbedingungen der Simulation

Nachfolgend werden die Plattenbauserien 1KZ, 69, 158 und WP thermisch simuliert, um die Einsparpotentiale für den Jahresheizwärmebedarf und die Heizleistung durch eine energetische Sanierung zu bestimmen. Der Gebäudebestand wird jeweils mit den Zielwerten der Sanierungsvarianten EnEV 2009, EnEV 2009 minus 30 Prozent und Passivhausstandard verglichen

Die Zonen in den Wohngebäuden sind unterteilt nach Dachraum, Wohnfläche (gesamte Wohngeschosse) und Keller. Das Nutzungsverhalten wird nach Wochentag und Wochenende sowie in Abhängigkeit von der Tageszeit differenziert betrachtet. So wird gemäß der nachfolgenden Aufstellung eine mittlere Anwesenheit der Bewohner angenommen. Für eine 2-Zimmer-Wohnung werden 3 Personen berücksichtigt, für eine 1-Zimmer-Wohnung 2 Personen.

Daraus ergibt sich für das Gebäude 1KZ aufgrund der vorhandenen Wohnungsanzahl und –größe die nachfolgend aufgeführte Belegung.

Wochentags

- 00:00 bis 07:00 Uhr 90 Personen
- 07:00 bis 18:00 Uhr 15 Personen
- 18:00 bis 00:00 Uhr 90 Personen

Wochenende

- 00:00 bis 08:00 Uhr 90 Personen
- 08:00 bis 16:00 Uhr 50 Personen
- 16:00 bis 00:00 Uhr 90 Personen

Die resultierenden internen Lasten aus Personen- und Geräteabwärme und künstlicher Beleuchtung (13 W/m^2) werden in der Simulation berücksichtigt.

In der folgenden Tabelle sind die Profileinstellungen für den Heizbetrieb und die Luftwechselraten aus Infiltration und hygienischem Mindestluftwechsel zusammengestellt.

	Dachgeschoss	Wohnfläche	Kellergeschoss
Heizbetrieb	-	6 – 22h (22°C)	-
Ansenkbetrieb	-	22 – 6h (15°C)	-
Infiltration	0,40 [1/h]	0,25 [1/h]	0,30 [1/h]
Bauphysikalischer/ hygienischer Mindestluftwechsel	0,30 [1/h]	0,70 [1/h]	0,30 [1/h]

Tabelle 16 Randbedingungen der thermischen Gebäudesimulation (Wohngebäude)

7.2.2 Simulationsergebnisse

In einer dynamischen Ganzjahressimulation mit dem Programm [TRNSYS] werden unter Verwendung des Wetterdatensatzes für Almaty der Jahresheizwärmebedarf Q_h in $\text{kWh/m}^2\text{a}$ und die spezifische Heizleistung in W/m^2 für die Wohngebäude ermittelt. Die Auswertung erfolgt separat für die Plattenbauserien 1KZ, 69, 168 und WP. Jeder Gebäudetyp wird im Bestand und unter Berücksichtigung dreier verschiedener

Dämmstandards abgebildet, siehe Abschnitt 6.3. Tabelle 17 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der untersuchten und berechneten Varianten.

	Bauserie	Jahresheizwärmebedarf Q _h [kWh/m ² a]	Spezifische Heizleistung [W/m ²]
Bestand	1KZ	171	137
	69	172	138
	158	132	114
	WP	146	125
Standard 1 EnEV 2009	1KZ	75	79
	69	56	84
	158	43	57
	WP	45	58
Standard 2 EnEV 2009 -30%	1KZ	56	69
	69	37	52
	158	37	52
	WP	36	52
Standard 3 Passivhausstandard	1KZ	19	36
	69	8	35
	158	10	30
	WP	10	34

Tabelle 17 Vergleich des Jahresheizenergiebedarf und der Heizleistung in Abhängigkeit von den Sanierungsvarianten (Wohngebäude)

In Bild 46 sind die Bedarfswerte grafisch aufbereitet und die Einsparpotentiale in Abhängigkeit von den Sanierungsvarianten dargestellt.

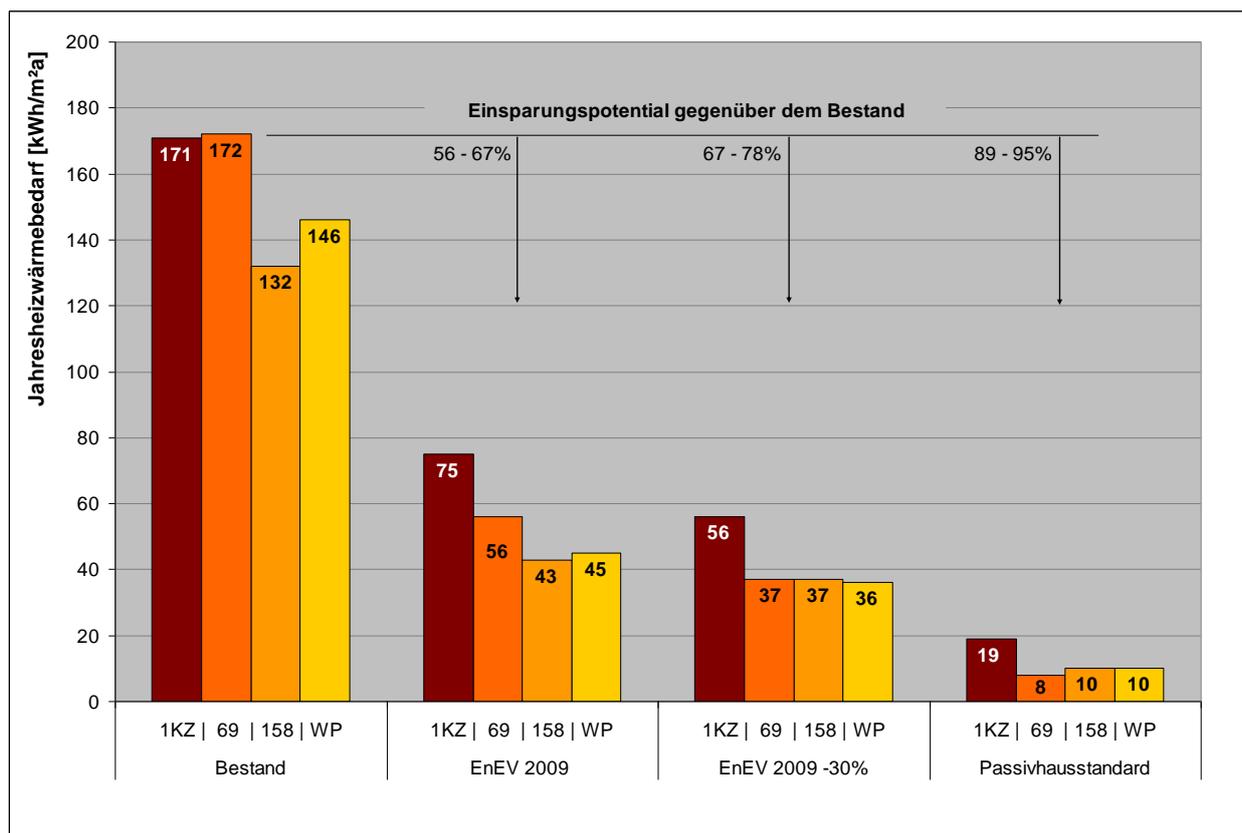


Bild 46 Vergleich des Jahresheizenergiebedarf und der Heizleistung in Abhängigkeit von den Sanierungsvarianten (Wohngebäude)

Bewertung

Die Bedarfswerte zeigen im Bestand die erwarteten Größenordnungen, die den Bauweisen und den Baualtersklassen entsprechen. Gegenüber vergleichbaren Wohngebäuden in Deutschland fällt der Bedarf um bis zu 20 Prozent höher aus. Die geringen Energiekosten und die politischen Vorgaben für einen industriell gefertigten Wohnungsbau in Serien führten zu den Defiziten in der Ausführung und dem Komfort.

Durch die Dämmstandards EnEV 2009, EnEV 2009 minus 30 Prozent und den Passivhausstandard, lassen sich die Jahresheizwärmebedarfswerte und die resultierenden Heizleistungen deutlich verringern. Die Basisanierung entspricht dabei dem in Deutschland gesetzlich vorgeschriebenen Niveau. In Abhängigkeit von der Bauserie beträgt das Einsparpotential zwischen 56 Prozent für den Typ1KZ und 67 Prozent für den Bautyp 158. Das zusätzlich notwendige Dämmniveau für die darüber hinausgehenden Standards führt zu einer weiteren Reduzierung. Für die Passivhausvarianten

können die Verluste um ca. 90 Prozent reduziert werden. Bedarfswerte von 8 bis 19 kWh/m²a setzen allerdings zusätzlich eine kontrollierte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung voraus. Tendenziell nimmt der wirtschaftliche Aufwand für einen deutlich erhöhten Wärmeschutz überproportional zu. Die ökonomischen Aspekte der Sanierung werden im Kapitel Wirtschaftlichkeit bewertet.

7.2.3 **Wirtschaftlichkeitsberechnung**

Die vorgestellten Sanierungskonzepte, Dämmstandard 1 bis 3, zeigen die größte Einsparung für die Variante EnEV 2009. Für die Wohngebäude liegt die Reduzierung der Verluste bei durchschnittlich über 60 Prozent gegenüber dem Bestand. Ein verbesserter Wärmeschutz führt grundsätzlich zu weiteren Einsparungen, jedoch zu einem ungünstigerem Kosten/Nutzen-Verhältnis. Die nachfolgenden Darstellungen bilden daher die Ergebnisse für eine Sanierung der Gebäude entsprechend der EnEV 2009 ab.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird die Anzahl der Berechnungsvarianten auf den sanierten Wohng Gebäudetyp 1KZ reduziert. Die Ergebnisse können auf die anderen Gebäudetypen übertragen werden.

In einer Wirtschaftlichkeitsberechnung wird die Basissanierung als Mindeststandard angenommen und mit drei Versorgungsvarianten (A1 bis A3, siehe Bild 47) hinsichtlich der entstehenden Kosten für Wärmebereitstellung, Wartung, Betrieb und Finanzierung verglichen. Die Funktionsfähigkeit der Fernwärmeerzeugung und Verteilung wird vorausgesetzt, der Investitionsbedarf für die Erneuerung der Anlagen an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

Projekt: Kasachstan DBU Projekt-Nr.: IGS 438 Tabelle A 2	Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 Mehrfamilienhaus Typ 1KZ	TU Braunschweig Institut für Gebäude und Solartechnik
<p><u>Varianten</u></p> <p>Variante A1 (Fernwärme, EnEV 2009)</p> <p>Heizung: Fernwärme, Heizkörper 70 kW Kühlung: - 0 kW</p> <p>Variante A2 (Fernwärme + Solar, EnEV 2009)</p> <p>Heizung: Fernwärme + Solaranlage, Heizkörper 70 kW Kühlung: - 0 kW</p> <p>Variante A3 (BHKW + GBK, EnEV 2009)</p> <p>Heizung: Blockheizkraftwerk + Spitzenlastkessel, Heizkörper 70 kW Kühlung: - 0 kW</p>		

Bild 47 Übersicht Versorgungsvarianten (Dämmstandard EnEV 2009)

Variante A1 sieht die Erneuerung des Fernwärmeanschlusses im Gebäude vor, in Variante A2 wird die Versorgung regenerativ durch eine thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung ergänzt. In Variante A3 wird die Energie durch ein dezentrales BHKW in Kombination mit einem Spitzenlastkessel auf Gasbasis erzeugt. Die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage deckt die Grundlast des Wärmebedarfs, der generierte Strom wird im Gebäude genutzt, eine Gutschrift erfolgt zu den Konditionen des Strombezugs. Es ist vorgesehen, die Überschüsse in das öffentliche Stromversorgungsnetz einzuspeisen. Die angenommenen Kosten als Datenbasis für die Berechnung sind in Bild 48 zusammengestellt.

Projekt: Kasachstan DBU Projekt-Nr.: IGS 438 Tabelle A 4		Auslegung / Dimensionierung Mehrfamilienhaus Typ 1KZ			TU Braunschweig Institut für Gebäude und Solartechnik	
1. Wärmeerzeugung						
Fernwärme (Variante 1)						
Erneuerung Fernwärmeanschluss						5.000 €
Übergabestation						15.000 €
					19%	23.800 €
Fernwärme + Solaranlage (Variante 2)						
Erneuerung Fernwärmeanschluss						5.000 €
Übergabestation						15.000 €
Solaranlage 35 m ² Aperturfläche mit Einbindung, Solarstation					35,0 m ²	850 €/m ²
					19%	59.203 €
Gas-BHKW+ BWK (Variante 3)						
Modul (12,5 kW _{th} / 5,5 kW _{el})						30.000 €
Inbetriebnahme + elektr. Anschluss						1.500 €
Pufferspeicher					1 m ³	1.500 €/m ³
Abgassystem + Abgasschalldämpfer						2.500 €
Gas-Brennwert-Kessel (60 kW)						7.500 €
Abgassystem						3.000 €
Gasanschluss pauschal						5.000 €
					19%	60.690 €
2. Lüftung für Passivhausbauweise						
Luftechnische Anlagen KG430		Zu-/Abluftanlage	BGF	887 m ²	50 €/m ²	44.400 €
Gebäudeautomation KG480		Zu-/Abluftanlage	BGF	887 m ²	5 €/m ²	4.400 €
					19%	58.072 €

Bild 48 Zusammenstellung der Kosten für die Erneuerung der Wärmeerzeugung Wohngebäudetyp 1KZ, saniert auf den Standard EnEV 2009

Bild 49 zeigt die Datengrundlage für die Wirtschaftlichkeitsberechnung. Die Energiekosten entsprechen dem deutschen Niveau. In den angesetzten Kosten ist der gültige Mehrwertsteuersatz von 19 Prozent berücksichtigt.

Projekt: Kasachstan DBU Projekt-Nr.: IGS 438 Tabelle A 1	Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 Mehrfamilienhaus Typ 1KZ	TU Braunschweig Institut für Gebäude und Solartechnik	
Grundlagen			
Neubau		Segment Mehrfamilienhaus 1KZ	
Energiebezugsfläche		887 m ²	
Volumen V _e		2.661 m ³	
Hüllfläche		1.209 m ²	
A/V-Verhältnis		0,45 1/m	
Heizwärmebedarf / Heizleistung			
	Heizwärmebedarf		Heizleistung
Bestand	171 kWh/m ² a	152 MWh/a	137 W/m ² 122 kW
EnEV 2009	75 kWh/m ² a	67 MWh/a	79 W/m ² 70 kW
EnEV 2009 -30%	56 kWh/m ² a	50 MWh/a	69 W/m ² 61 kW
Passivhaus	19 kWh/m ² a	17 MWh/a	36 W/m ² 32 kW
Brauchwasser-Bedarf nach Personenzahl, VDI 2067 Blatt 4			
Anzahl Personen			45 P.
mittl. Warmwasserbedarf Liter/Tag, Pers.			30 l/(P.*d)
45 °C			440 kWh/(P*a)
nicht nutzbare Verluste	6,0 kWh/m ² a		20 MWh/a
WW-Bedarf ab Kessel			5,3 MWh/a
			25 MWh/a
Kühlleistung / Kühlenergiebedarf			
	Kühlenergiebedarf (Strom)		Kühlleistung (Kälte)
Bestand	0 kWh/m ² a	0,0 MWh/a	0 W/m ² 0 kW
EnEV 2009	0 kWh/m ² a	0,0 MWh/a	0 W/m ² 0 kW
EnEV 2009 -30%	0 kWh/m ² a	0,0 MWh/a	0 W/m ² 0 kW
Passivhaus	0 kWh/m ² a	0,0 MWh/a	0 W/m ² 0 kW
Beleuchtung / Lüftung			
	Beleuchtung (Strom)		Lüftung (Strom)
Bestand	0,0 kWh/m ² a	0 MWh/a	0,0 kWh/m ² a 0,0 MWh/a
EnEV 2009	0,0 kWh/m ² a	0 MWh/a	0,0 kWh/m ² a 0,0 MWh/a
EnEV 2009 -30%	0,0 kWh/m ² a	0 MWh/a	0,0 kWh/m ² a 0,0 MWh/a
Passivhaus	0,0 kWh/m ² a	0 MWh/a	6,0 kWh/m ² a 5,3 MWh/a
Wirtschaftlichkeit			
Kapitalkosten			5,0%
jährliche Energiepreissteigerung Strom, Gas, Flüssiggas, Holzpellets			5 und 10 %
Berücksichtigung der Mehrwertsteuer			19%
			7% Holzpellets
Tarife November 2009: Braunschweiger Versorgungs-AG & Co. KG			
Strom	Arbeitspreis	0,1948 €/kWh	
	Grundpreis	57 €/a	Leistungspreis 0,0 €/kW je Monat
Stromgutschrift	Arbeitspreis	0,1666 €/kWh	
	Grundpreis	0,00 €/a	
Holzpellets	Arbeitspreis (Anlieferung 24 t)	0,0000 €/kWh	
	Einblaspauschale	0,00 €/Abladestelle	
Fernwärme	Arbeitspreis	0,0838 €/kWh	Grundpreis 327 €/a
	Grundpreis	0,00 €/kW je Jahr	FW-Anschlusskosten (Netto) 5.000 €
Erdgas	Arbeitspreis	0,0599 €/kWh	Grundpreis 120 €/a
	Leistungspreis	0,00 €/kW	Gasanschlusskosten (Netto) 5.000 €
	Steuerrückerstattung Erdgas BHKW	0,0000 €/kWh	
	KWK-Zulage nach KWKG	0,0000 €/kWh	
	Einspeisevergütung (Baseload-Strompreis)	0,1666 €/kWh	

Bild 49 Grundlagen für den Wirtschaftlichkeitsvergleich der Versorgungsvarianten (Dämmstandard EnEV 2009)

Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit erfolgt nach der Annuitäten-Methode. Der Vergleich wird in Anlehnung an die [VDI 2067] durchgeführt und beinhaltet die Investitions- bzw. Kapital- sowie die Wartungs-, Instandhaltungs- und die Energiekosten.

Hieraus werden die jeweils resultierenden Jahresgesamtkosten und die über einen Betrachtungszeitraum 20 Jahren kumulierten Kosten betrachtet. Dabei werden zwei Preissteigerungsszenarien abgebildet. Szenario 1 geht von einer Teuerung der Energiekosten von durchschnittlich fünf Prozent pro Jahr aus, im Szenario 2 werden zehn Prozent angenommen.

In Bild 50 sind die Jahresgesamtkosten für die drei Versorgungsvarianten über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren aufgetragen. Die Investitionskosten liegen für die Varianten 2 und 3 deutlich über der Grundausstattung (Variante A1, Erneuerung des Fernwärmeanschlusses). Die Variante A2 kann die Investitionsmehrkosten durch die Einsparungen im Betrieb nicht erwirtschaften. Variante A3 erreicht nach 13 Jahren einen Gleichstand bei den Jahresgesamtkosten.

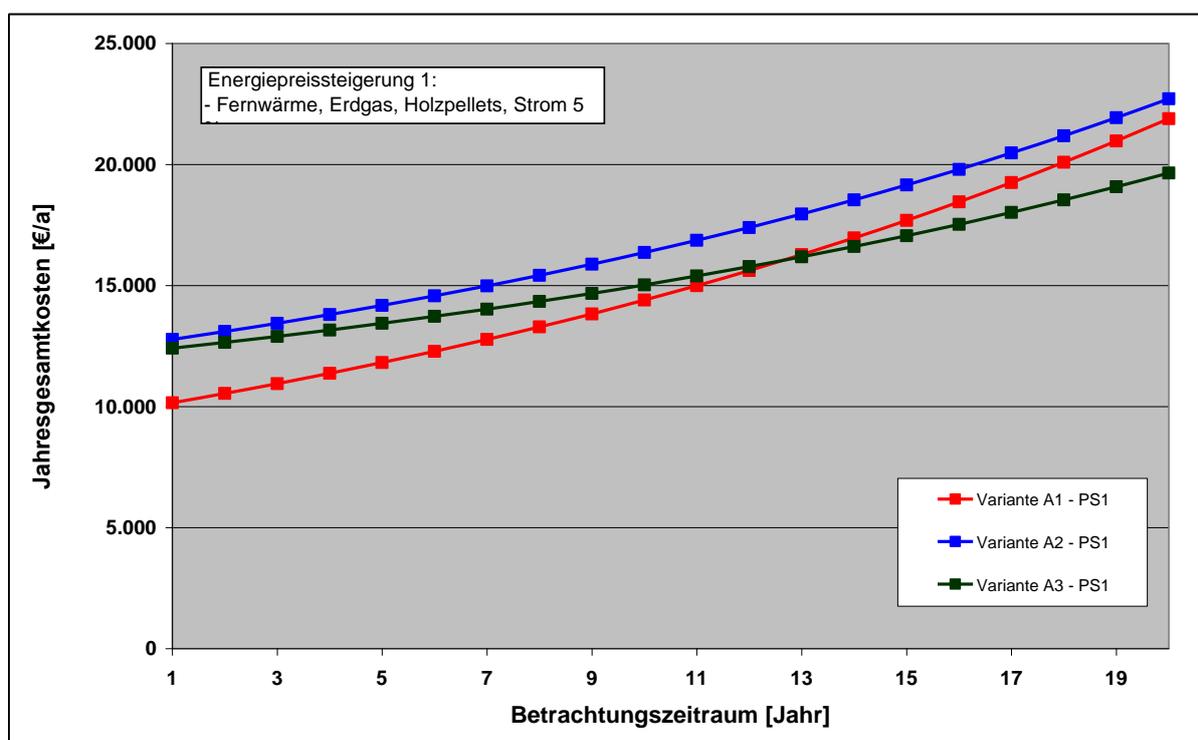


Bild 50 Jahresgesamtkosten über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren unter der Berücksichtigung einer Teuerungsrate für Energiekosten von 5 Prozent pro Jahr

Eine Amortisation der Variante A3 stellt sich nach Ablauf des Betrachtungszeitraums von 20 Jahren noch nicht ein, siehe Bild 51. Die kumulierten Jahresgesamtkosten

aus Betriebs- und Investitionskosten sind bei Variante A1 am geringsten. Variante A2 weist die höchsten kumulierten Kosten über den Betrachtungszeitraum auf.

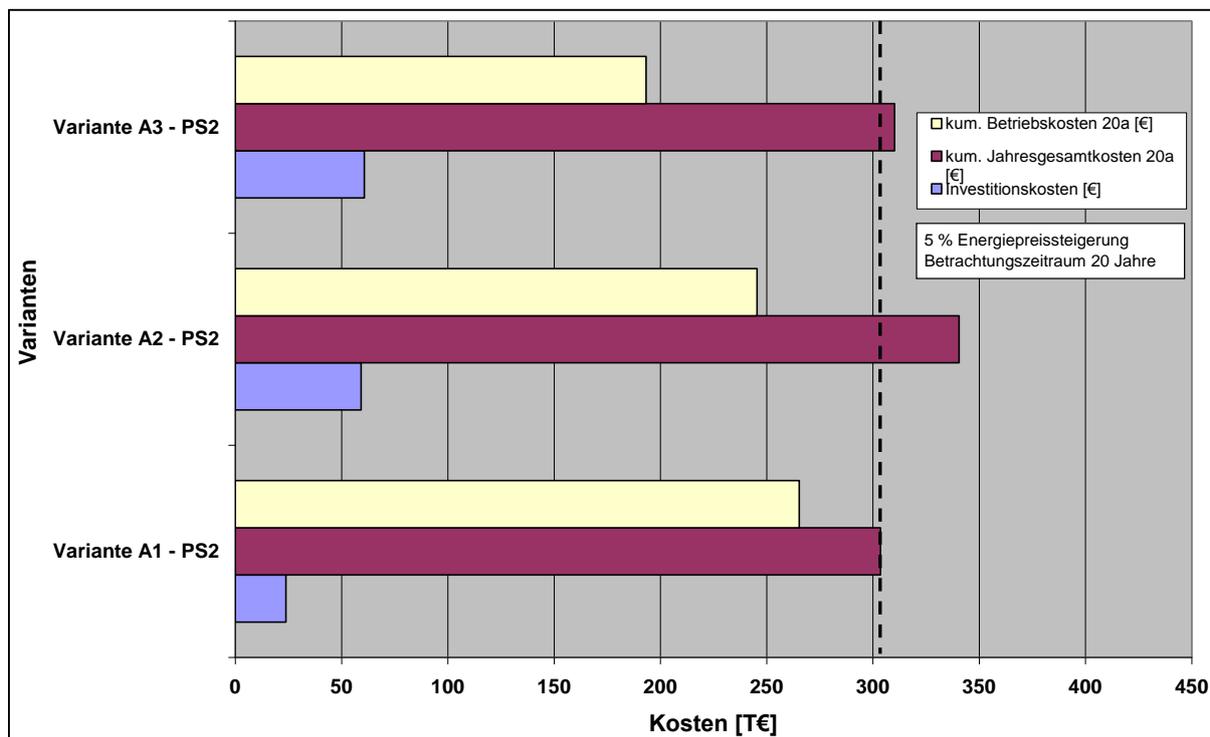


Bild 51 Betriebskosten, Investitionskosten und kumulierte Jahresgesamtkosten über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren unter der Berücksichtigung einer Teuerungsrate für Energiekosten von 5 Prozent pro Jahr

Unter der Annahme einer Preissteigerungsrate von zehn Prozent pro Jahr für die Energiekosten ergibt sich Kostengleichheit der Varianten A1 und A3 nach sieben Jahren (s. Bild 52), die Mehrkosten amortisieren sich nach ca. zehn Jahren. Bild 53 zeigt für die Variante A3 die geringsten kumulierte Jahresgesamtkosten. Variante A2 erreicht zwar nach ca. 13 Jahren eine Kostengleichheit zu Variante A1, über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren bleibt sie aber die unwirtschaftlichste Lösung. Regenerative Anteile an der Energieversorgung können ca. 20 Prozent des Energiebedarfs decken. Unter den gewählten Randbedingungen, ohne zusätzliche Fördermaßnahmen, wird eine wirtschaftliche Nutzung knapp verfehlt.

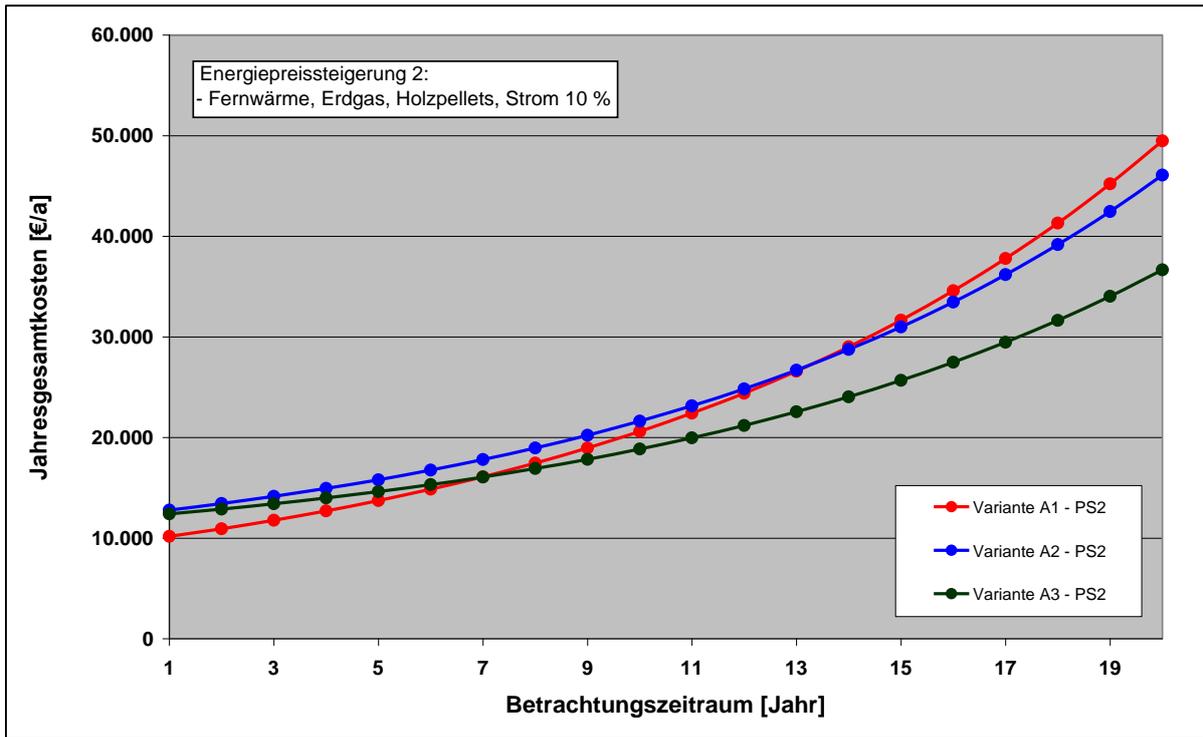


Bild 52 Jahresgesamtkosten über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren unter der Berücksichtigung einer Teuerungsrate für Energiekosten von 10 Prozent pro Jahr

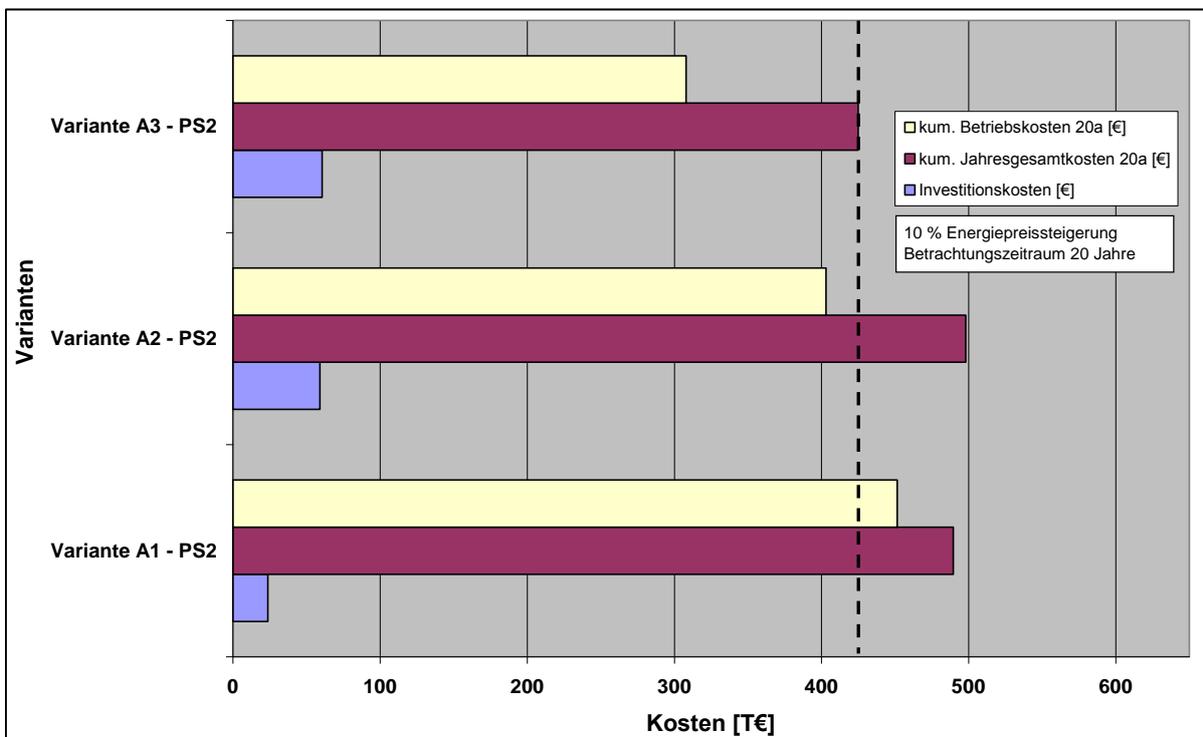


Bild 53 Betriebskosten, Investitionskosten und kumulierte Jahresgesamtkosten über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren unter der Berücksichtigung einer Teuerungsrate für Energiekosten von 10 Prozent pro Jahr

7.3 Nichtwohngebäude – Büro- und Verwaltungsgebäude

7.3.1 Festlegung der Randbedingungen der Simulation

Das Verwaltungsgebäude wird entsprechend der Nutzung in die Zonen Verwaltung, Verkehrsfläche und Sanitärräume aufgeteilt.

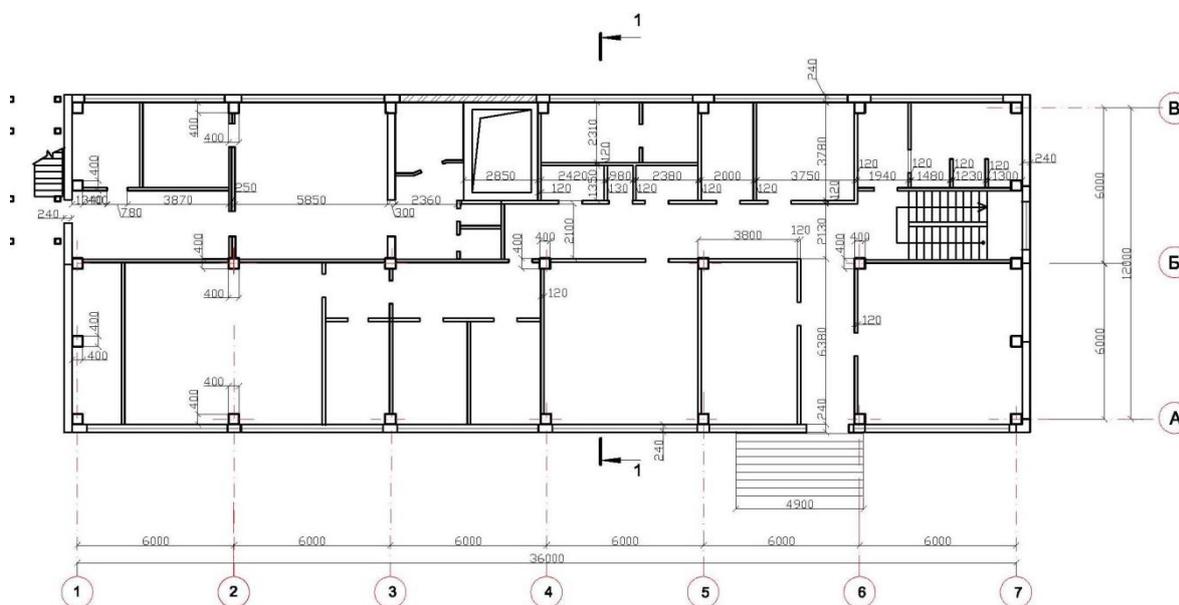


Bild 54 Grundriss Erdgeschoss des Verwaltungsgebäudes (AEROClub)

In der folgenden Tabelle sind die Randbedingungen der thermischen Simulation wie Nutzungszeiten, Profileinstellungen des Heizbetriebs und Luftwechselraten zusammengestellt.

	Verwaltung	Verkehrsfläche	Sanitärräume
Nutzungszeit	8 – 18h		
Heizbetrieb	7 – 20h (22°C)		
Ansenkbetrieb	20 – 7h (15°C)		
Wochenendbetrieb	0 – 24h (15°C)		
Künstliche Beleuchtung	13 W/m ²		
Interne Wärmequelle	100 W/Pers. 230 W/AP	- -	- -
Infiltration	0,25 [1/h]	0,30 [1/h]	0,25 [1/h]

Hyg. Mindestluftwechsel	1,50 [1/h]	0,50 [1/h]	2,50 [1/h]
Verschattung	außenl. Sonnenschutz	-	-

Tabelle 18 Randbedingungen der thermischen Gebäudesimulation (AEROclub)

Die Ergebnisse der Gebäudesimulation für den Jahresheizwärme- (Q_h in kWh/m²a) und den Kühlenergiebedarf werden in Bild 55 verglichen. Die Einsparpotenziale ergeben sich in Abhängigkeit von dem Dämmstandard und reichen von 41 Prozent für den Standard 1 (EnEV 2009) bis zu 53 Prozent für die Passivhausvariante.

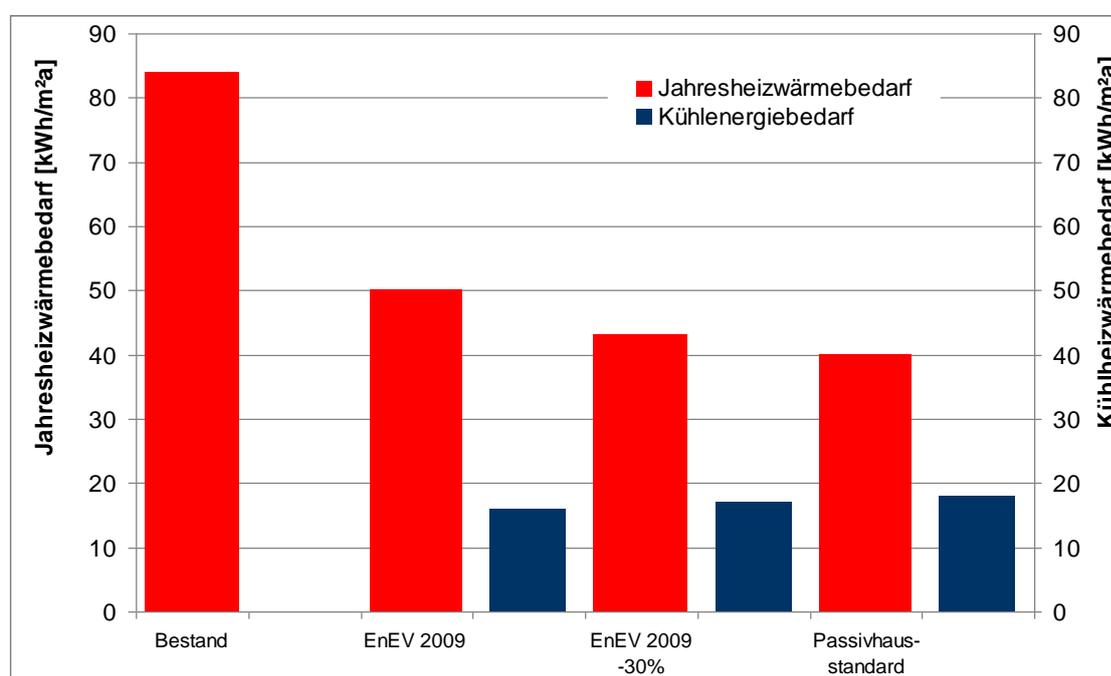


Bild 55 Vergleich Dämmstandards in Bezug auf den des Jahresheizenergiebedarf und den Kühlenergiebedarf

Im Bestand kann der sommerliche Komfort nicht gewährleistet werden. Voraussetzungen wie angepasste Verglasungsparameter oder Sonnenschutzmaßnahmen sind nicht vorhanden. Für die Sanierungsvarianten wird für das Verwaltungsgebäude zusätzlich der Kühlenergiebedarf ermittelt. Durch aktive Konditionierung wird die operative Raumtemperatur von 26°C im Sommer nur an wenigen Stunden überschritten.

	Jahresheizwärmebedarf Q_h [kWh/m²a]	Spezifische Heizleistung [W/m²]	Jahreskühlenergiebedarf Q_k [kWh/m²a]
Bestand	84	94	n. vorh.
Standard 1 EnEV 2009	50	74	16
Standard 2 EnEV 2009 -30%	43	70	17
Standard 3 Passivhausstandard	40	69	18

Tabelle 19 Vergleich des Jahresheizenergiebedarfs und des Kühlenergiebedarfs für das Verwaltungsgebäude AERO-Club (Nichtwohngebäude)

Bewertung

Für das Verwaltungsgebäude wird im Vergleich ein geringerer Jahresheizwärmebedarfs ermittelt als für die Wohngebäude. Das kann im Wesentlichen auf die internen Wärmelasten und das veränderte Nutzungsprofil zurückgeführt werden.

Eine Sanierung auf dem Niveau EnEV 2009 führt zu einer Reduzierung der Verluste um ca. 40 Prozent. Da das Verwaltungsgebäude nicht unterkellert ist, kann eine nachträgliche Dämmung der Bodenplatte nur in geringem Ausmaß erfolgen. Die über die Basissanierung hinausgehenden Varianten zeigen in Folge dessen nur eine mäßige zusätzliche Verbesserung. So unterschreitet der Standard 2 die Bestandsvariante um 49 Prozent, das Passivhausniveau erreicht eine Verbesserung um 53 Prozent. Da die erhöhten Dämmmaßnahmen nicht durch die Einsparungen kompensiert oder amortisiert werden können, wird die Variante EnEV 2009 als wirtschaftlich empfohlen.

7.4 Deutsch-Kasachische Universität – DKU, Almaty

7.4.1 Thermische Gebäude- und Anlagensimulation der DKU



Bild 56 Perspektive der DKU nach Erweiterung und Sanierung, Architektur Dohle + Lohse, Braunschweig

Das Universitätsgebäude der DKU wird in der Sanierungsvariante in 18 Zonen unterteilt und abgebildet, darunter Lager, Kantine, Küche, Technik, EDV-Seminar, Gruppenbüros, Seminarräume Ost, Seminarräume West, Verkehrsflächen. Bild 57 zeigt beispielhaft die Lage der Zonen 3 bis 10 im 1. Obergeschoss.

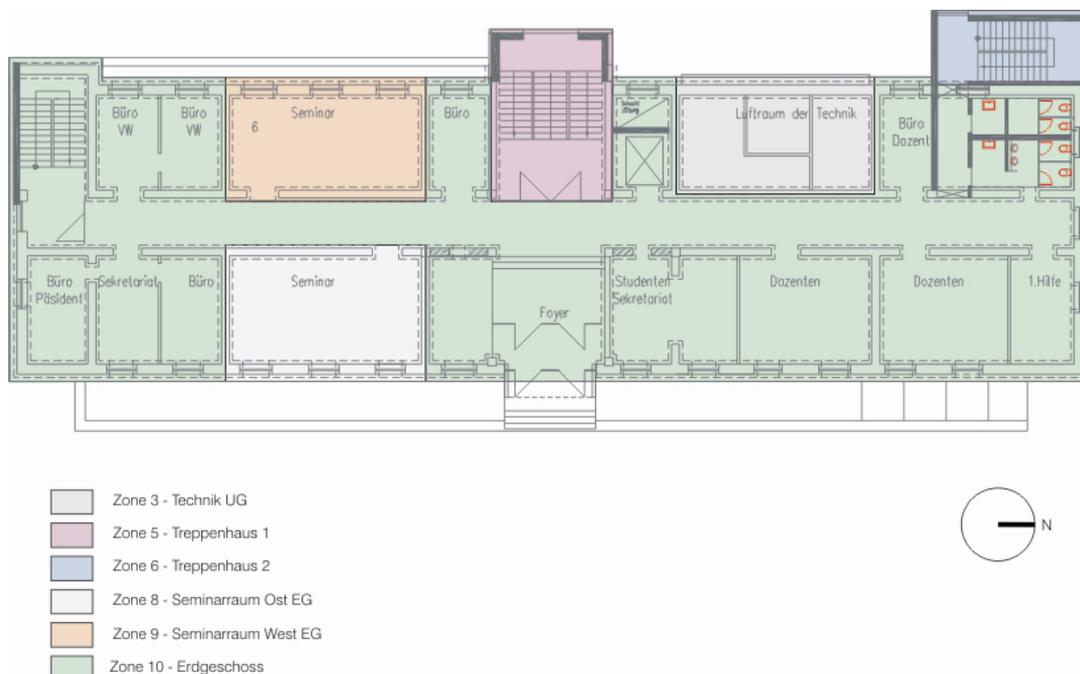


Bild 57 Lage der Zonen 3 bis 10

Die Randbedingungen thermischen Simulation sind nachfolgend zusammengestellt:

- Sollwert operative Raumtemperatur Mo-Fr innerhalb der Heizzeit von 07:00 bis 20:00 Uhr 22°C, außerhalb der Nutzungszeit, Sa und So 15°C
- Schließen des Sonnenschutzes bei Globalstrahlung > 180 W/m²
- Einschalten Kunstlicht bei Globalstrahlung <120 W/m²; Ausschalten bei Globalstrahlung >200 W/m²
- Lüftung über mech. Lüftungsanlage mit WRG 83,5 % bzw. Fensterlüftung der Räume werktags von 08:00 bis 18:00 Uhr, Luftwechsel siehe Zusammenstellung; Simulationsparameter: nachts Infiltration (über Undichtigkeiten der Gebäudehülle) $n = 0,15$ 1/h,
- Verglasungsqualitäten WSV (Wärmeschutzverglasung) Qualität WSV 71/53 (τ -Wert / g-Wert), Rahmenanteil 20 %
- Süd, Ost- und Westfassade mit außenliegenden Sonnenschutz, Nordfassade mit innenliegenden Blendschutz mit Reflexionsgrad 0,6, im OG teilweise Verschattung über PV-Module
- U-Werte der Bauteile siehe Zusammenstellung Anhang B
- Wetterdaten für Standort Almaty (tm2)
- Bewertung: operative Temperaturen über 28°C in den Räumen, in 10% der Aufenthaltszeit max. zulässig (2.600 h/a Arbeitszeit – 260 h/a Toleranzwert) – DIN 4108-2

In der Simulation wird ein Seminarbetrieb von 08:00 – 18:00 Uhr berücksichtigt. Es wird von einer Belegung der Seminarräume von insgesamt ca. 750 Personen - ausgegangen. Die entsprechenden internen Lasten für die Personen werden mit den Lasten aus dem EDV-Betrieb und der Beleuchtung in der Simulation berücksichtigt.

Die Randbedingungen der Nutzung sind zusammenfassend in Anhang B dargestellt.

7.4.2 Simulationsergebnisse

Raumtemperaturen

In einer Ganzjahressimulation werden die sich in den Räumen einstellenden operativen Raumtemperaturen (Mittelwert aus Temperaturen der Raumumschließungsflächen und Lufttemperaturen) ermittelt.

Während die Räume im Altbaubereich hinsichtlich einer möglichen Überhitzung relativ unkritisch sind, ergeben sich durch den höheren Verglasungsanteil der Erweiterung entsprechend höhere Raumtemperaturen. Bei Außentemperaturen von bis zu 37°C wird jedoch ein Niveau von 28°C nur an wenigen Stunden im Jahr überschritten (siehe Bild 58).

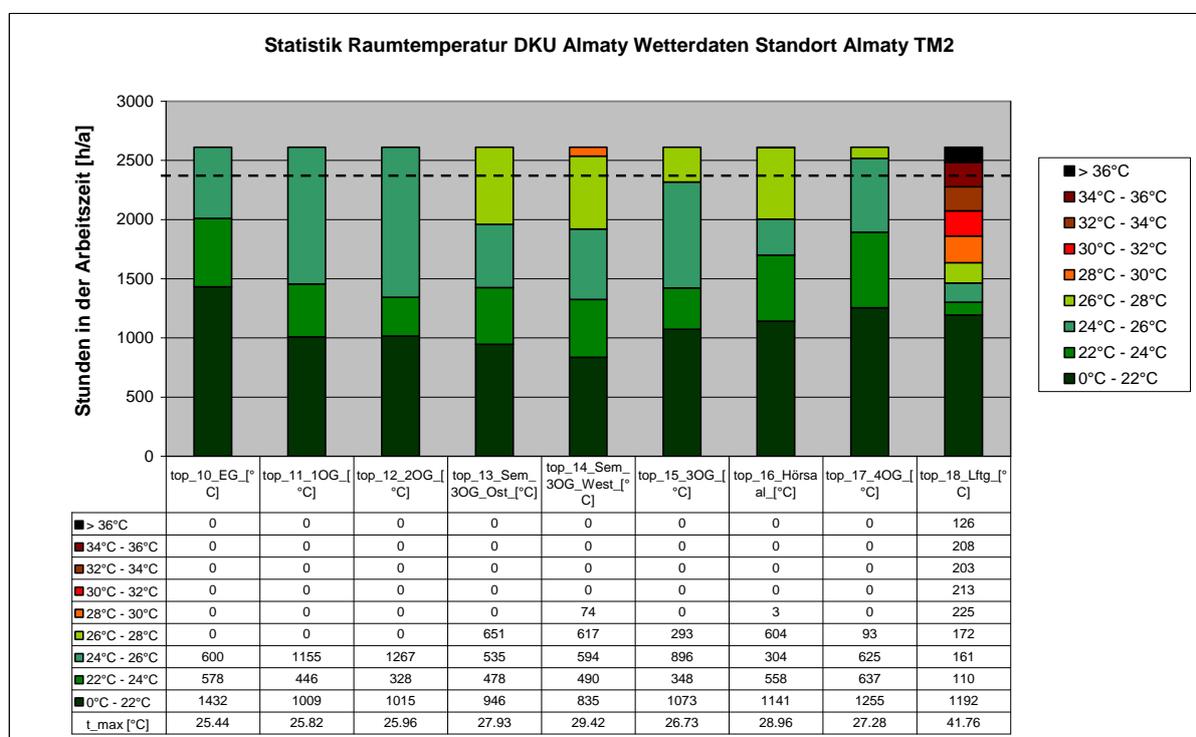


Bild 58 Statistik der operativen Raumtemperaturen in den untersuchten Zonen - Extremwetter

Heiz- und Kühllast

Die für die gesetzten Randbedingungen der einzuhaltenden Raumtemperaturen ermittelten Kühl- und Heizlasten sind Bild 59 zu entnehmen.

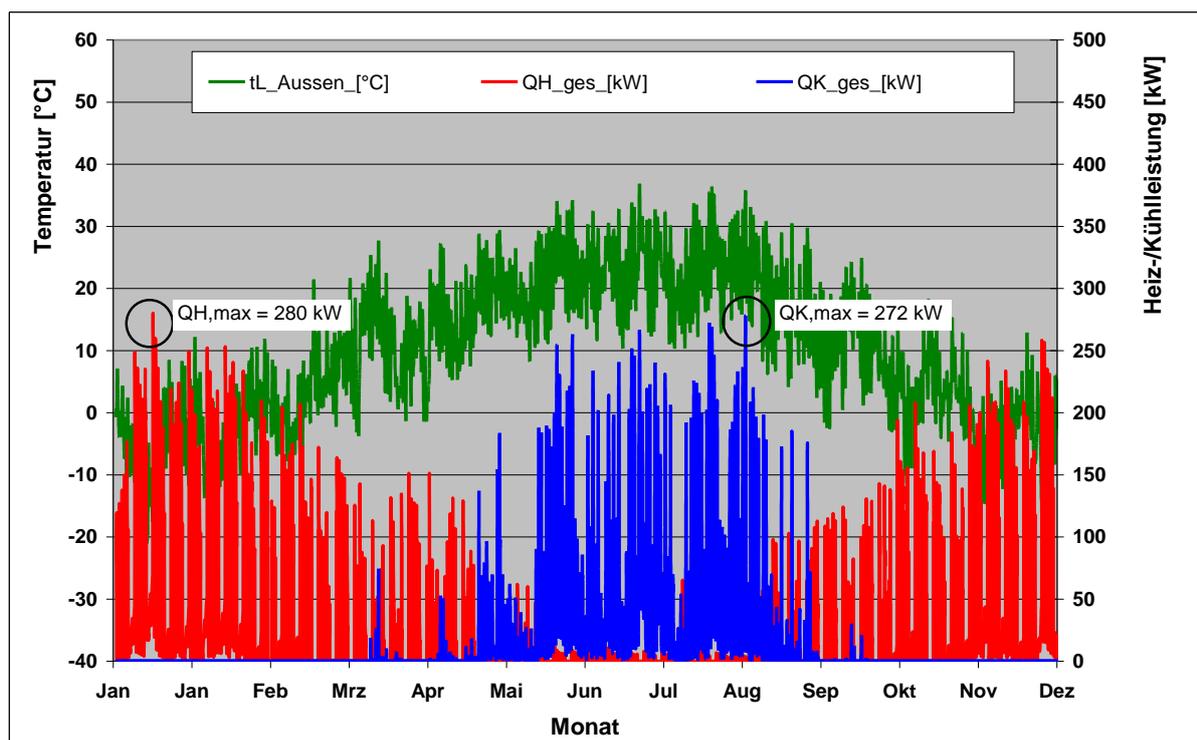


Bild 59 Jahresverlauf der Heiz- und Kühllast in Abhängigkeit der Außentemperatur

Einer maximal erforderlichen Heizleistung von etwa 280 kW steht eine maximale Kühlleistung von ebenfalls rd. 280 kW gegenüber (Soll-Raumtemperatur im Sommer 28°C). Die hohen sommerlichen Außentemperaturen führen bei einer Begrenzung der Raumtemperatur zu den entsprechend hohen Kühlbedarfswerten.

Energiebilanz

Auf Basis der angenommenen Nutzung und der elektroseitig zu versorgenden Verbraucher sowie des Heiz- und Kühlenergiebedarfs wird eine Energiebilanz des Gebäudes erstellt (siehe Bild 60). Unter Annahme der in Tabelle 20 aufgeführten Betriebsparameter ergibt sich bei Berücksichtigung der Primärenergiefaktoren Fernwärme 1,3 und Strom 2,7 der Primärenergiebedarf des Gebäudes zu etwa 100 kWh/(m²a) – nur Gebäudebetrieb, ohne Berücksichtigung des Energiebedarfs für Ausstattung.

Strom Lüftung, 30 kW (1.400 h/a)	42 MWh/a
Strom Server, 10 kW (6.000 h/a)	60 MWh/a
Strom EDV 200 PC, 90 W/Stk., 18 kW (2.200 h/a)	40 MWh/a
Strom Beleuchtung, 4.300 m ² , 10 W/m ² , 43 kW, (1.200 h/a)	52 MWh/a

Tabelle 20 Vergleich des Jahresheizenergiebedarfs und des Kühlenergiebedarfs für das Verwaltungsgebäude AERO-Club (Nichtwohngebäude)

Der Strom zum Betrieb der PC's und des Servers sind hierbei nicht berücksichtigt.

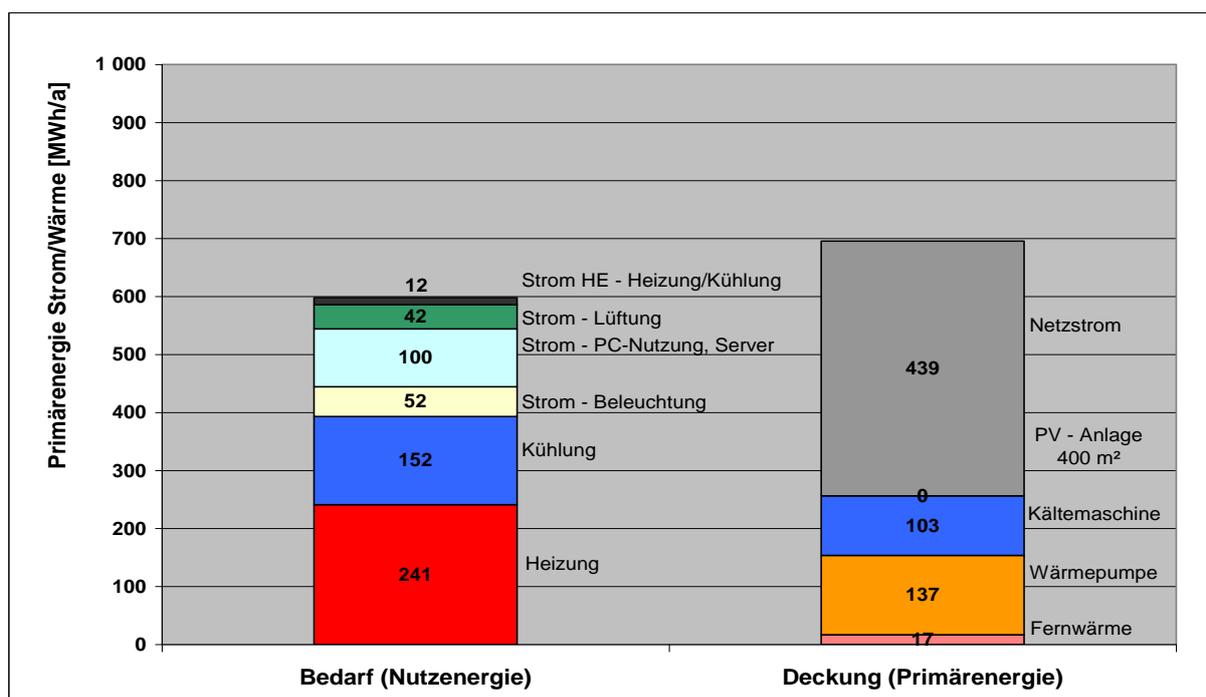


Bild 60 Energiebilanz Nutzenergie der DKU

8 POTENZIALE ENERGETISCHER SANIERUNG IN KASACHSTAN

8.1 Reduzierung des Energieverbrauchs und der Emissionen

Durch die energetische Sanierung des Gebäudebestands lassen sich erhebliche Einsparpotenziale erzielen. Die Plattenbauweise ermöglicht dabei eine standardisierte Herangehensweise auf der Basis von Musterprojekten. Schon der nach deutschen Maßstäben niedrigste Dämmstandard nach EnEV 2009 führt zu einer Verringerung der Verluste von deutlich über 50 Prozent. Aufgrund der Versorgungsstruktur in Kasachstan mit Fernwärme aus zentralen Kraftwerksanlagen sind für die Reduzierung des Primärenergieverbrauchs und der Emissionen zusätzlich Investitionen in die Sa-

nierung der Energieerzeugungsanlagen und die Verteilungsnetze notwendig. Geringe Wirkungsgrade und hohe Verteilverluste lassen ohne eine Instandsetzung der Anlage eine Erschließung der Einsparpotentiale nur in Teilen zu. Dabei sind die Leistungen der Kraftwerke an den verringerten Bedarf nach energetischer Sanierung anzupassen, Überkapazitäten sollten vermieden werden.

Neben der Verringerung der Verluste auf Gebäudeebene lässt sich der Wohnkomfort entscheidend verbessern. Eine luftdichte Gebäudehülle und höhere Oberflächentemperaturen in Kombination mit einer einfachen aber regelbaren Beheizung der Räume ermöglichen einen Maßstabssprung für die Behaglichkeit ohne zusätzliche Umweltbelastungen.

8.2 Reduzierung der Energiekosten

Das Preisniveau für die Energieversorgung in Kasachstan liegt deutlich unter dem westeuropäischen Niveau. Das ist vor allem auf die eigenen, großzügig vorhandenen Bodenschätze und Rohstoffreserven wie auf staatliche Subventionen zurückzuführen. Die Sanierung des Gebäudebestands führt zu einer erheblichen Verringerung der Verluste. Da neben der Dämmung der Gebäudehülle auch die Wärmeübergabesysteme sowie die Wärmeerzeugung und Verteilung in großen Teilen erneuert werden müssen, ist zu erwarten, dass sowohl die Energiekosten steigen als auch der Mietzins für einen verbesserten Wohnkomfort angepasst werden muss. Im günstigsten Falle können durch die Einsparungen im Energieverbrauch die Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen finanziert werden. Tendenziell ist aber mit höheren Kosten zu rechnen.

9 ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG

9.1 Gesetzliche Anforderungen an baulichen Wärmeschutz und Gebäudetechnik

Das Vorgehen, die Berechnungsergebnisse und die Simulationen haben gezeigt, dass die Sanierungsstandards im wirtschaftlichen Rahmen umgesetzt und für den Gebäudebestand erhebliche Einsparpotenziale erschlossen werden können. Aspekte der deutschen Energieeinsparverordnung wie das Berechnungsverfahren und die

Bilanzgrenze Primärenergie lassen sich auf Kasachstan übertragen. Die unterschiedlichen Klimazonen innerhalb des Landes erfordern aber eine differenzierte Betrachtung der Grenzwerte. Mit dem Referenzgebäudeverfahren lassen sich die Bedingungen individuell abbilden. Die Voraussetzung sind aber angepasste Klima- und Wetterdaten, die den abweichenden Anforderungen Rechnung tragen. Ergänzend sollten die Anteile regenerativer Energien an der Energieversorgung auch für Bestandsgebäude vorgegeben werden. Die Berechnungen belegen, dass nach energetischer Sanierung solarthermische Deckungsanteile von 15 bis 20 Prozent erreichbar sind. Die günstigen Voraussetzungen am Standort Kasachstan sollten genutzt werden.

9.2 Energieausweise für Bestand und Neubau

Die Dokumentation des Energieverbrauchs durch transparente Erfassungsstrukturen und Veröffentlichung von energetischen Gebäudestandards in Form von Energieausweisen kann die Akzeptanz der Eigentümer und der Nutzer für die Notwendigkeit der Erneuerungsmaßnahmen und Preissteigerungen bei den Energiekosten deutlich erhöhen. Nationale Klimaschutzziele können über dieses Instrument erfasst und belegt werden. Die Eindeutigkeit und Verständlichkeit des Energieausweises ist vor Einführung festzulegen. Eine Wahlmöglichkeit zwischen Bedarfs- und Verbrauchsausweis wie in Deutschland erscheint nur bedingt sinnvoll und sollte zugunsten der planungsorientierten Bedarfsvariante ausfallen.

9.3 Erneuerung der Wärme-Versorgungsstrukturen

Die Erneuerung der maroden Kraftwerksanlagen sowie der Verteilnetze für die Fernwärme führt zu einem erheblichen Investitionsbedarf. Bei gleichzeitig verringertem Energiebedarf durch die energetische Sanierung des Gebäudebestands müssen sowohl die notwendigen Feuerungsleistungen als auch das Preisgefüge angepasst werden. Der Zustand der Kraftwerksanlagen erfordert eine kurzfristige Sanierung, langfristig wird sich durch die energetische Sanierung der Wärmebedarf aber reduzieren. Überkapazitäten sind unter Umständen die Folge. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen zur beispielhaft ausgesuchten Wohngebäudeserie 1KZ zeigen, dass eine dezentrale Energieversorgung auf Basis der Kraft-Wärme-Kopplung eine Alter-

native zur bisherigen Struktur mit einigen Großkraftwerken sein kann. Die notwendigen Investitionen werden in Abhängigkeit des Bedarfs vor Ort getätigt. Neben dem angepassten und leistungsorientierten Ausbau einer dezentralen Versorgungsstruktur, kann die Versorgungssicherheit erhöht werden. Als Investoren kommen Privatpersonen, die Versorgungsunternehmen oder Betreiber im Contracting-Modell in Frage.

Ebenfalls alternativ zur Erneuerung der Fernwärmeversorgung kann der Ausbau einer leitungsgebundenen Gasversorgung geprüft werden. Hier sind die Investitionskosten der Leitungsnetze miteinander zu vergleichen und der Wert des Erdgases als Exportgut separat zu bestimmen bzw. bewerten.

9.4 Potenziale Technischer Zusammenarbeit Deutschland / Kasachstan

Die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts haben gezeigt, dass eine energetische Sanierung der Plattenbautypen wirtschaftlich sinnvoll möglich ist. In Demoprojekten lassen sich vor Ort die Potenziale der Sanierung verdeutlichen und die Akzeptanz der Nutzer für die notwendigen Maßnahmen erhöhen. Durch den Transfer von Technologien wird es möglich, die Energieeffizienz der Gebäudeversorgung in Kasachstan deutlich zu verbessern. Mit ausländischem/ deutschem Know-How lassen sich in Kooperation mit kasachischen Institutionen zukunftsfähige Strukturen für die Sanierung von Gebäude und die Energieversorgung entwickeln. Dazu gehört unter anderem die Schulung von Personal, der Lehraustausch von Universitäten im Rahmen von internationalen Studiengängen etc.

Literatur

[DIN EN 4701-10]

DIN V 4701-10: "Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung", DIN Deutsches Institut für Normung e.V, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 08/03

[EnEV]

Energieeinsparverordnung 2007

Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden - Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil 1 Nr. 34, ausgegeben zu Bonn am 26.07.2007

Energieeinsparverordnung 2009

Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung – Bonn, 29. April 2009

[EEWärmeG]

Gesetz zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare Energien Wärmegesetz) - Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008 Teil I Nr. 36 vom 18. August 2008, S. 1658

[IWU]

Gloßklos, M.: „Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und –versorgungen“, IWU – Institut für Wohnen und Umwelt Darmstadt, PDF-Dokument, 14.01.2009

[Lehm]

Internetrecherche: <http://www.lehmbau-online.de/> vom 27.05.09

[KEGOK]

Internetrecherche: <http://www.kegok.kz> vom Mai 2009

Dispatch Department of JSC "KEGOK", 010000 Astana, Kasachstan

[SNIP]

Norm: „Stroitelnye normy i pravila Kasachstana“, Sistema normativnyx dokumentov v stroitelstve, Stand 1999.

[TRNSYS]

Klein, S.; Beckmann, B; Duffle, J.: „TRNSYS – A Transient System Simulation Program“, Version 14.2, Solar Energy Laboratory in Madison, University of Wisconsin / USA, Februar 1996

[VDI 2067]

VDI 2067 Blatt 1: “Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen -

Grundlagen und Kostenberechnung”, Verein Deutsche Ingenieure, VDI – Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung, Düsseldorf, 12/1997

10 ANHANG

Anhang A – Weitere Auslegungsdaten der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Projekt: Kasachstan DBU Projekt-Nr.: IGS 438 Tabelle A 5		Kosten Wärmeschutz Energiekonzept		TU Braunschweig Institut für Gebäude und Solartechnik			
1. Verglasung / Dämmung							
Bauteil	Bestand	U-Wert	U-Wert	Basis EnEV 2009	U-Wert		
	Dämmung mm	W/m ² K	W/m ² K	Dämmung mm	W/m ² K		
	WLK			WLK			
Außenwand	0	-	-	110	0,300		
Decken und Dächer	0	-	-	50	0,300		
Kellerdecke	0	-	-	85	0,300		
Fenster	zweifach	-	-	zweifach	1,30		
Bauteil	EnEV 2009 -30%	U-Wert	U-Wert	Passivhaus	U-Wert		
	Dämmung mm	W/m ² K	W/m ² K	Dämmung mm	W/m ² K		
	WLK			WLK			
Außenwand	170	0,300	-	185	0,300		
Decken und Dächer	90	0,300	-	250	0,300		
Kellerdecke	130	0,300	-	230	0,300		
Fenster	dreifach	0,90	-	dreifach	0,80		
Außenwand							
Wärmedämm-Verbundsystem							
1. Baustelleneinrichtung, Gerüstflächen							
				6 €/m ²	4.400 €		
2. Untergroundarbeiten							
				4 €/m ²	3.000 €		
3. Wärmedämm-Verbundsystem (Polystyrol-Hartschaumplatten oder Mineralfaserplatten)							
geklebt, gedübelt, einschließlich aller Eckprofile, Gewebebewehrung, Mineral- oder Kunststoff-Reibputz, Schlussanstrich							
				70 €/m ²	51.800 €		
				80 €/m ²	59.200 €		
Fenster							
Kunststofffenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung							
1. Demontage und Abtransport der Altfenster							
2. Montage der neuen Fenster							
			pauschal	425 €/m ²	48.200 €		
				425 €/m ²	48.200 €		
Oberste Geschossdecke							
Erneuerung Dämmung oberste Geschossdecke							
1. oberseitige Deckendämmung (Polystyrol-Hartschaumplatten oder Mineralfaserplatten)							
				20 €/m ²	3.500 €		
2. Material							
				15 €/m ²	2.700 €		
3. Entfernen und Aufstellen von Einbauten							
				10 €/m ²	1.800 €		
				45 €/m ²	8.000 €		
Kellerdecke							
unterseitige Deckendämmung (Polystyrol-Hartschaumplatten oder Mineralfaserplatten)							
geklebt, gedübelt, Mineral- oder Kunststoff-Reibputz oder wasserfeste Gipskartonplatte							
1. Material							
				15 €/m ²	2.700 €		
2. Montage							
				25 €/m ²	4.400 €		
3. Sonstiges (z.B. Verlegung von Versorgungsleitungen)							
				25 €/m ²	4.400 €		
				65 €/m ²	11.500 €		
Gesamtsumme							
				126.900 €			
				19%	151.011 €		
2. Mehrinvestitionen Wärmeschutz							
Bauteil	Bauteilfläche	EnEV 2009		EnEV 2009 -30%		Passivhaus	
Außenwand	740 m ²	80 €/m ²	59.200 €	9 €/m ²	6.700 €	11 €/m ²	8.300 €
OGD	177 m ²	45 €/m ²	8.000 €	6 €/m ²	1.100 €	30 €/m ²	5.300 €
Kellerdecke	177 m ²	85 €/m ²	11.500 €	7 €/m ²	1.200 €	22 €/m ²	3.900 €
Fenster	113 m ²	425 €/m ²	48.200 €	150 €/m ²	17.000 €	200 €/m ²	22.700 €
	1.209 m ²						
Mehrinvestitionen gesamt							
				26.000 €		40.200 €	
flächenbezogen EBF: 887 m ²							
				29 €/m ²		45 €/m ²	
				EnEV 2009 -30%		Passivhaus	
Dämmung				9.000 €		17.500 €	
Fenster				17.000 €		22.700 €	
Sonnenschutz				€		€	
19%				30.940 €		47.838 €	

Bild 61 Zusammenstellung der Baukosten für die Sanierung und Wärmedämmung der Gebäudehülle

Projekt: Kasachstan DBU Projekt-Nr.: IGS 438 Tabelle A 6		Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 Energiekonzept Sanierung Variante A1 (Fernwärme, EnEV 2009)		TU Braunschweig Institut für Gebäude und Solartechnik	
Energiebilanz Wärme					
Wärmebedarf Gebäudeheizung				67 MWh/a	
Wärmebedarf Warmwasserbereitung				25 MWh/a	
Anteil Holzpellets		0%		0 MWh/a	
Brennstoffbedarf Holzpelletkessel		Nutzungsgrad		85%	
				0 MWh/a	
				0 MWh/a	
Anteil Fernwärme		100%		92 MWh/a	
Brennstoffbedarf Fernwärme		Nutzungsgrad		100%	
				92 MWh/a	
				92 MWh/a	
Anteil BHKW Wärme		0%		0 MWh/a	
Anteil BHKW Strom				0 MWh/a	
Brennstoffbedarf BHKW		Nutzungsgrad		85%	
				0 MWh/a	
				0 MWh/a	
Anteil Wärmepumpe		0%		0 MWh/a	
Strombedarf Wärmepumpe		Arbeitszahl		3,5	
				0 MWh/a	
				0 MWh/a	
Energiebilanz Beleuchtung / Lüftung / Kühlung					
Strombedarf Beleuchtung				0 MWh/a	
Strombedarf Lüftung				0 MWh/a	
Strombedarf Kühlung				0,0 MWh/a	
1. Kapitalkosten, kalkulator. Zins:					
Position	Investition €	5% Nutzungsdauer a	Annuität	Jahreskosten €/a	
Holzpelletkessel (incl. Abgassystem, ...)	0	15	9,63%	0	
Brennwertkesselanlage (incl. Regelung, ...)	0	20	8,02%	0	
Fernwärmeversorgung	23.800	20	8,02%	1.910	
Wärmepumpe (incl. Pufferspeicher, Regelung, ...)	0	20	8,02%	0	
Radiatoren	0	30	6,51%	0	
Fußbodenheizung	0	30	6,51%	0	
Fensterlüftung	0	20	8,02%	0	
Hybridlüftung	0	20	8,02%	0	
Zu- und Abluftanlage mit WRG	0	20	8,02%	0	
Sondenanlage	0	20	8,02%	0	
Kompressionskältemaschine	0	20	8,02%	0	
Verglasung / Wärmeschutz	0	30	6,51%	0	
Summe	23.800			1.910	
2. Laufende Kosten					
Position	Bezugsgröße	Faktor	Jahreskosten €/a		
2.2 Wartung, Instandsetzung					
Holzpellet-Kesselanlage	0	3,0%	0		
Brennwertkesselanlage (incl. Regelung, ...)	0	1,5%	0		
Fernwärmeversorgung	23.800	1,0%	238		
WP-Heizanlage	0	1,5%	0		
Neuanschaffung Wärmeerzeuger nach 20 Jahren	Inflation:	2,0%	0		
Radiatoren / Fußbodenheizung	0	1,0%	0		
Lüftung	0	0,5%	0		
Kompressionskältemaschine	0	2,0%	0		
Verglasung / Wärmeschutz	0	0,0%	0		
2.3 Energiekosten					
Holzpellets Arbeitspreis	0 MWhHu/a	0,00 €/kWh	0		
Einblaspauschale	0,0 LKW/a	0 €/Abladest.	0		
Fernwärme Arbeitspreis	92 MWh/a	0,08 €/kWh	7.684		
Fernwärme Leistungspreis		326,85 €/a	327		
Erdgas Arbeitspreis	0 MWhHo/a	0,06 €/kWh	0		
Erdgas Leistungspreis	0 kW	0,00 €/kW	0		
Steuerrückerstattung Gas-BHKW	0 MWhHo/a	0,000 €/kWh	0		
KWK-Zulage nach KWKG < 50 kWel	0 MWhel/a	0,00 €/kWh	0		
Einspeisevergütung (Baseload-Strompreis)	0 MWhel/a	0,17 €/kWh	0		
Strom Wärmepumpe Arbeitspreis	0 MWh/a	0,17 €/kWh	0		
Strom Wärmepumpe Grundpreis		0,00 €/a	0		
Strom Beleuchtung	0 MWh/a	0,19 €/kWh	0		
Strom Lüftung	0,0 MWh/a	0,19 €/kWh	0		
Strom Kühlung	0,0 MWh/a	0,19 €/kWh	0		
Summe laufende Kosten			8.249		
Jahresgesamtkosten Heizung und Kühlung		€/a	10.159		
... bezogen auf beheizte Grundfläche (NGF)		€/m²a	11,45		
... pro Monat		€/m²mon	0,95		

Bild 62 Variante A1, Datenbasis

Projekt: Kasachstan DBU Projekt-Nr.: IGS 438 Tabelle A 7		Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 Energiekonzept Sanierung Variante A2 (Fernwärme + Solar, EnEV 2009)		TU Braunschweig Institut für Gebäude und Solartechnik	
Energiebilanz Wärme					
Wärmebedarf Gebäudeheizung				67 MWh/a	
Wärmebedarf Warmwasserbereitung				25 MWh/a	
Anteil Holzpellets		0%		0 MWh/a	
Brennstoffbedarf Holzpelletkessel		Nutzungsgrad		85%	
				0 MWh/a	
				0 MWh/a	
Anteil Fernwärme		85%		78 MWh/a	
Brennstoffbedarf Fernwärme		Nutzungsgrad		100%	
				78 MWh/a	
				78 MWh/a	
Anteil BHKW Wärme		0%		0 MWh/a	
Anteil BHKW Strom				0 MWh/a	
Brennstoffbedarf BHKW		Nutzungsgrad		85%	
				0 MWh/a	
				0 MWh/a	
Anteil Wärmepumpe		0%		0 MWh/a	
Strombedarf Wärmepumpe		Arbeitszahl		3,5	
				0 MWh/a	
				0 MWh/a	
Energiebilanz Beleuchtung / Lüftung / Kühlung					
Strombedarf Beleuchtung				0 MWh/a	
Strombedarf Lüftung				0 MWh/a	
Strombedarf Kühlung				0,0 MWh/a	
1. Kapitalkosten, kalkulator. Zins:					
Position	Investition €	5% Nutzungsdauer a	Annuität	Jahreskosten €/a	
Holzpelletkessel (incl. Abgassystem, ...)	0	15	9,63%	0	
Brennwertkesselanlage (incl. Regelung, ...)	0	20	8,02%	0	
Fernwärmeversorgung	59.203	20	8,02%	4.751	
Wärmepumpe (incl. Pufferspeicher, Regelung, ...)	0	20	8,02%	0	
Radiatoren	0	30	6,51%	0	
Fußbodenheizung	0	30	6,51%	0	
Fensterlüftung	0	20	8,02%	0	
Hybridlüftung	0	20	8,02%	0	
Zu- und Abluftanlage mit WRG	0	20	8,02%	0	
Sondenanlage	0	20	8,02%	0	
Kompressionskältemaschine	0	20	8,02%	0	
Verglasung / Wärmeschutz	0	30	6,51%	0	
Summe	59.203			4.751	
2. Laufende Kosten					
Position	Bezugsgröße	Faktor	Jahreskosten €/a		
2.2 Wartung, Instandsetzung					
Holzpellet-Kesselanlage	0	3,0%	0		
Brennwertkesselanlage (incl. Regelung, ...)	0	1,5%	0		
Fernwärmeversorgung	59.203	2,0%	1.184		
WP-Heizanlage	0	1,5%	0		
Neuanschaffung Wärmeerzeuger nach 20 Jahren	Inflation:	2,0%	0		
Radiatoren / Fußbodenheizung	0	1,0%	0		
Lüftung	0	0,5%	0		
Kompressionskältemaschine	0	2,0%	0		
Verglasung / Wärmeschutz	0	0,0%	0		
2.3 Energiekosten					
Holzpellets Arbeitspreis	0 MWh/a	0,00 €/kWh	0		
Einblaspauschale	0,0 LKW/a	0 €/Abladest.	0		
Fernwärme Arbeitspreis	78 MWh/a	0,08 €/kWh	6.510		
Fernwärme Leistungspreis		326,85 €/a	327		
Erdgas Arbeitspreis	0 MWh/a	0,06 €/kWh	0		
Erdgas Leistungspreis	122 kW	0,00 €/kW	0		
Steuerrückerstattung Gas-BHKW	0 MWh/a	0,00 €/kWh	0		
KWK-Zulage nach KWKG < 50 kWel	0 MWh/a	0,00 €/kWh	0		
Einspeisevergütung (Baseload-Strompreis)	0 MWh/a	0,17 €/kWh	0		
Strom Wärmepumpe Arbeitspreis	0 MWh/a	0,17 €/kWh	0		
Strom Wärmepumpe Grundpreis		0,00 €/a	0		
Strom Beleuchtung	0 MWh/a	0,19 €/kWh	0		
Strom Lüftung	0,0 MWh/a	0,19 €/kWh	0		
Strom Kühlung	0,0 MWh/a	0,19 €/kWh	0		
Summe laufende Kosten			8.021		
Jahresgesamtkosten Heizung und Kühlung		€/a	12.772		
... bezogen auf beheizte Grundfläche (NGF)		€/m²a	14,40		
... pro Monat		€/m²mon	1,20		

Bild 63 Variante A2, Datenbasis

Projekt: Kasachstan DBU Projekt-Nr.: IGS 438 Tabelle A 8		Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 Energiekonzept Sanierung Variante A3 (BHKW + GBK, EnEV 2009)		TU Braunschweig Institut für Gebäude und Solartechnik	
Energiebilanz Wärme					
Wärmebedarf Gebäudeheizung					67 MWh/a
Wärmebedarf Warmwasserbereitung					25 MWh/a
Anteil Holzpellets		0%			0 MWh/a
Brennstoffbedarf Holzpelletkessel		Nutzungsgrad	85%		0 MWh/a
					0 MWh/a
Anteil Erdgas		45%			42 MWh/a
Brennstoffbedarf Ergas		Nutzungsgrad	95%		44 MWh/a
					44 MWh/a
Anteil BHKW Wärme		55%			50 MWh/a
Anteil BHKW Strom					22 MWhel/a
Brennstoffbedarf BHKW		Nutzungsgrad	86%		84 MWh/a
Anteil Wärmepumpe		0%			0 MWh/a
Strombedarf Wärmepumpe		Arbeitszahl	3,5		0 MWh/a
Energiebilanz Beleuchtung / Lüftung / Kühlung					
Strombedarf Beleuchtung					0 MWh/a
Strombedarf Lüftung					0 MWh/a
Strombedarf Kühlung					0,0 MWh/a
1. Kapitalkosten, kalkulator. Zins:					
Position	Investition €	5% Nutzungsdauer a	Annuität	Jahreskosten €/a	
Holzpelletkessel (incl. Abgassystem, ...)	0	15	9,63%	0	
Brennwertkesselanlage (incl. Regelung, ...)	60.690	15	9,63%	5.847	
Fernwärmeversorgung	0	20	8,02%	0	
Wärmepumpe (incl. Pufferspeicher, Regelung, ...)	0	20	8,02%	0	
Radiatoren	0	30	6,51%	0	
Fußbodenheizung	0	30	6,51%	0	
Fensterlüftung	0	20	8,02%	0	
Hybridlüftung	0	20	8,02%	0	
Zu- und Abluftanlage mit WRG	0	20	8,02%	0	
Sondenanlage	0	20	8,02%	0	
Kompressionskältemaschine	0	20	8,02%	0	
Verglasung / Wärmeschutz	0	30	6,51%	0	
Summe	60.690			5.847	
2. Laufende Kosten					
Position	Bezugsgröße	Faktor	Jahreskosten €/a		
2.2 Wartung, Instandsetzung					
Holzpellet-Kesselanlage	0	3,0%	0		
Brennwertkesselanlage (incl. Regelung, ...)	60.690	1,0%	607		
Fernwärmeversorgung	0	1,0%	0		
WP-Heizanlage	0	1,5%	0		
BHKW-Heizanlage	22 MWhel/a	50 €/MWhel	1.100		
Radiatoren / Fußbodenheizung	0	1,0%	0		
Lüftung	0	0,5%	0		
Kompressionskältemaschine	0	2,0%	0		
Verglasung / Wärmeschutz	0	0,0%	0		
2.3 Energiekosten					
Holzpellets Arbeitspreis	0 MWhHu/a	0,00 €/kWh	0		
Einblaspauschale	0 LKW/a	0 €/Abladest.	0		
Fernwärme Arbeitspreis	0 MWh/a	0,08 €/kWh	0		
Fernwärme Leistungspreis		326,85 €/a	0		
Erdgas Arbeitspreis	140 MWhHo/a	0,06 €/kWh	8.404		
Erdgas Leistungspreis		120,00 €/a	120		
Steuerrückerstattung Gas-BHKW	92 MWhHo/a	0,00 €/kWh	0		
KWK-Zulage nach KWKG < 50 kWel	22 MWhel/a	0,00 €/kWh	0		
Einspeisevergütung (Baseload-Strompreis)	22 MWhel/a	0,17 €/kWh	-3.665		
Strom Wärmepumpe Arbeitspreis	0 MWh/a	0,17 €/kWh	0		
Strom Wärmepumpe Grundpreis		0,00 €/a	0		
Strom Beleuchtung	0 MWh/a	0,19 €/kWh	0		
Strom Lüftung	0,0 MWh/a	0,19 €/kWh	0		
Strom Kühlung	0,0 MWh/a	0,19 €/kWh	0		
Summe laufende Kosten			6.566		
Jahresgesamtkosten Heizung und Kühlung		€/a		12.413	
... bezogen auf beheizte Grundfläche (NGF)		€/m²a		13,99	
... pro Monat		€/m²mon		1,17	

Bild 64 Variante A3, Datenbasis

Anhang B – Randbedingungen Simulation

	Küche	Kantine	Technik	EDV_Sem_UG	Treppe1	Treppe2	UG	Sem_EG_Ost	Sem_EG_Wes	EG	1OG	2OG	Sem_3OG_Ost	Sem_3OG_Wes	3OG	Hörsaal	4OG	Lftg	Gesamt
Netto-Volumen	477.4 m³	373.2 m³	442.6 m³	324.5 m³	937.9 m³	527.6 m³	974.2 m³	223.6 m³	196.8 m³	1 875.4 m³	2 454.8 m³	2 418.7 m³	466.6 m³	119.2 m³	1 859.7 m³	1 868.5 m³	1 986.7 m³	196.4 m³	17 723.8 m³
Bezugsfläche	156.5 m²	122.4 m²	69.2 m²	106.4 m²	49.3 m²	130.5 m²	311.1 m²	67.7 m²	59.6 m²	534.4 m²	722.0 m²	722.0 m²	143.6 m²	36.7 m²	537.6 m²	287.5 m²	611.3 m²	60.4 m²	4 728.2 m²
Nutzungszeit	8:00 - 18:00 Uhr	8:00 - 18:00 Uhr	-	8:00 - 18:00 Uhr	-	-	8:00 - 18:00 Uhr	-											
Personen	4	27	-	16	-	-	3	25	25	15	72	108	80	25	169	100	99	-	767
EDV (1)	-	-	-	2 240 W	-	-	-	420 W	420 W	2 100 W	6 580 W	4 060 W	1 260 W	420 W	4 760 W	420 W	2 940 W	-	
Beleuchtung	13.00 W/m²	13.00 W/m²	-	13.00 W/m²	13.00 W/m²	13.00 W/m²	13.00 W/m²	13.00 W/m²	13.00 W/m²	13.00 W/m²	13.00 W/m²	13.00 W/m²	13.00 W/m²	13.00 W/m²	13.00 W/m²	13.00 W/m²	13.00 W/m²	-	
Infiltration	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h	0.15 1/h
Zuluftmenge, hyg.	2 387 m³/h	810 m³/h	0 m³/h	480 m³/h	0 m³/h	0 m³/h	974 m³/h	750 m³/h	750 m³/h	1 875 m³/h	2 148 m³/h	3 228 m³/h	2 400 m³/h	750 m³/h	5 070 m³/h	3 000 m³/h	2 970 m³/h	0 m³/h	27 593 m³/h
Luftwechsel, hyg.	5.00 1/h	2.17 1/h	0.00 1/h	1.48 1/h	0.00 1/h	0.00 1/h	1.00 1/h	3.35 1/h	3.81 1/h	1.00 1/h	0.88 1/h	1.33 1/h	5.14 1/h	6.29 1/h	2.73 1/h	1.61 1/h	1.49 1/h	0.00 1/h	
Zuluftmenge, Lftg.	4 774 m³/h	821 m³/h	310 m³/h	487 m³/h	657 m³/h	369 m³/h	974 m³/h	894 m³/h	787 m³/h	1 875 m³/h	2 455 m³/h	3 144 m³/h	2 800 m³/h	715 m³/h	5 579 m³/h	3 737 m³/h	2 980 m³/h	137 m³/h	1 618 m³/h
Luftwechsel, Lftg.	10.00 1/h	2.20 1/h	0.70 1/h	1.50 1/h	0.70 1/h	0.70 1/h	1.00 1/h	4.00 1/h	4.00 1/h	1.00 1/h	1.00 1/h	1.30 1/h	6.00 1/h	6.00 1/h	3.00 1/h	2.00 1/h	1.50 1/h	0.70 1/h	
WRG	0.0 %	83.5 %	0.0 %	83.5 %	0.0 %	0.0 %	83.5 %	83.5 %	83.5 %	83.5 %	83.5 %	83.5 %	83.5 %	83.5 %	83.5 %	83.5 %	83.5 %	0.0 %	
resultierender Luftwechsel gegen Außen	1.65 1/h	0.36 1/h	0.70 1/h	0.25 1/h	0.70 1/h	0.70 1/h	0.17 1/h	0.66 1/h	0.66 1/h	0.17 1/h	0.17 1/h	0.21 1/h	0.99 1/h	0.99 1/h	0.50 1/h	0.33 1/h	0.25 1/h	0.70 1/h	

Anhang C – Ergebnisse thermische Simulation

1KZ Bestand

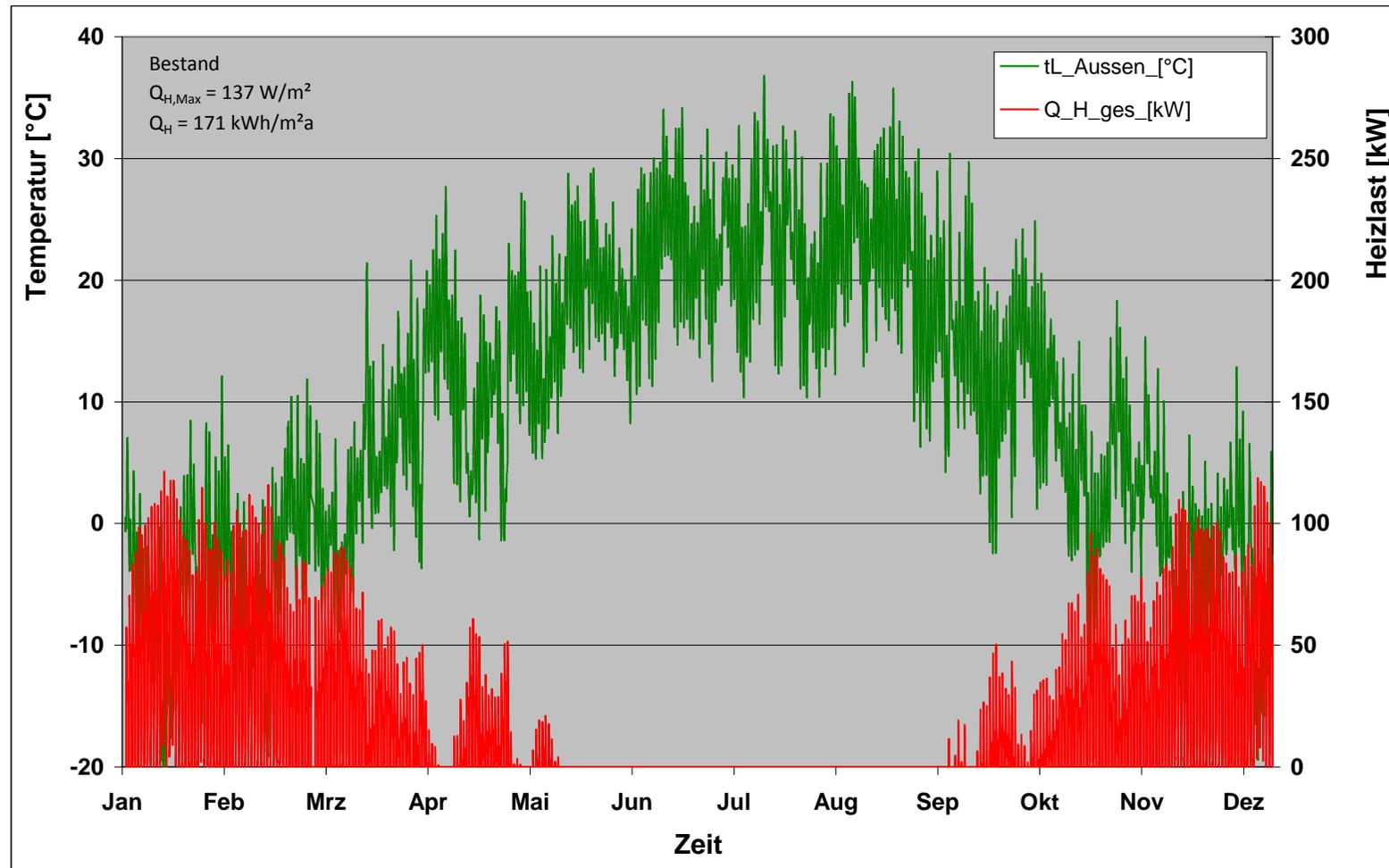


Bild 65 Gebäudesimulation Typ 1KZ, Bestand

1 KZ EnEV 2009

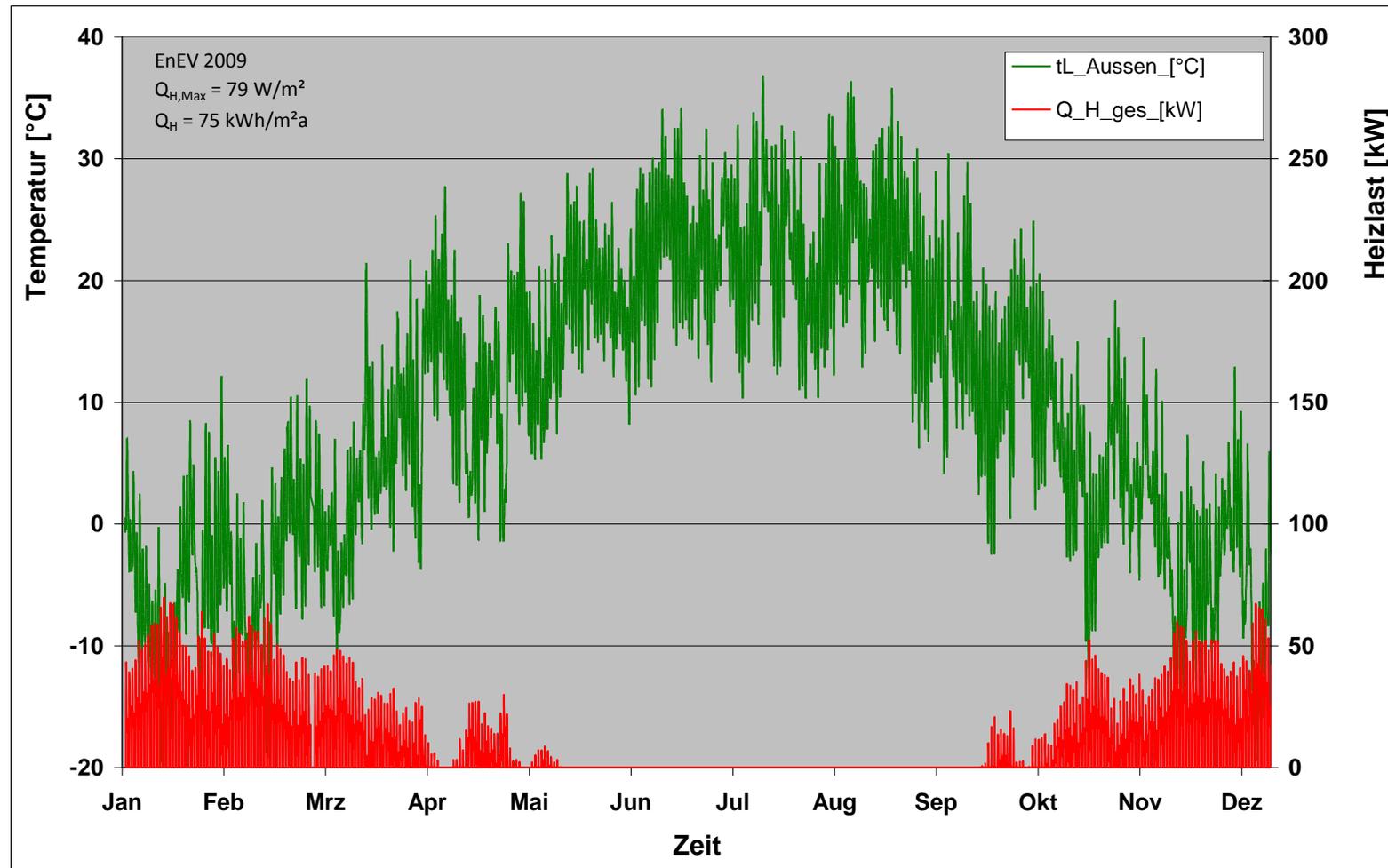


Bild 66 Gebäudesimulation Typ 1KZ, Dämmstandard EnEV 2009

1KZ EnEV 2009 minus 30 Prozent

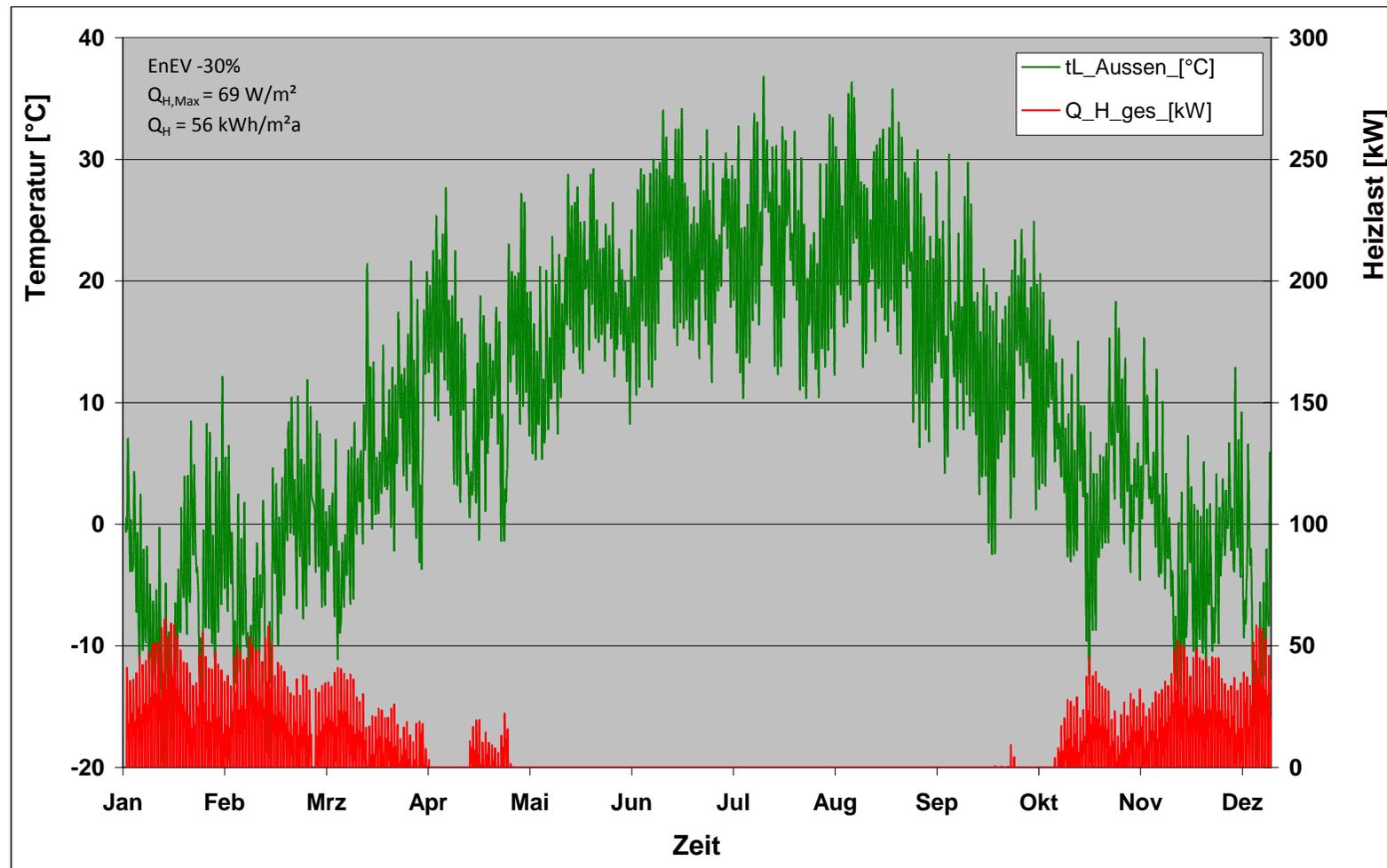


Bild 67 Gebäudesimulation Typ 1KZ, Dämmstandard EnEV 2009 minus 30 Prozent

1KZ Passivhausstandard

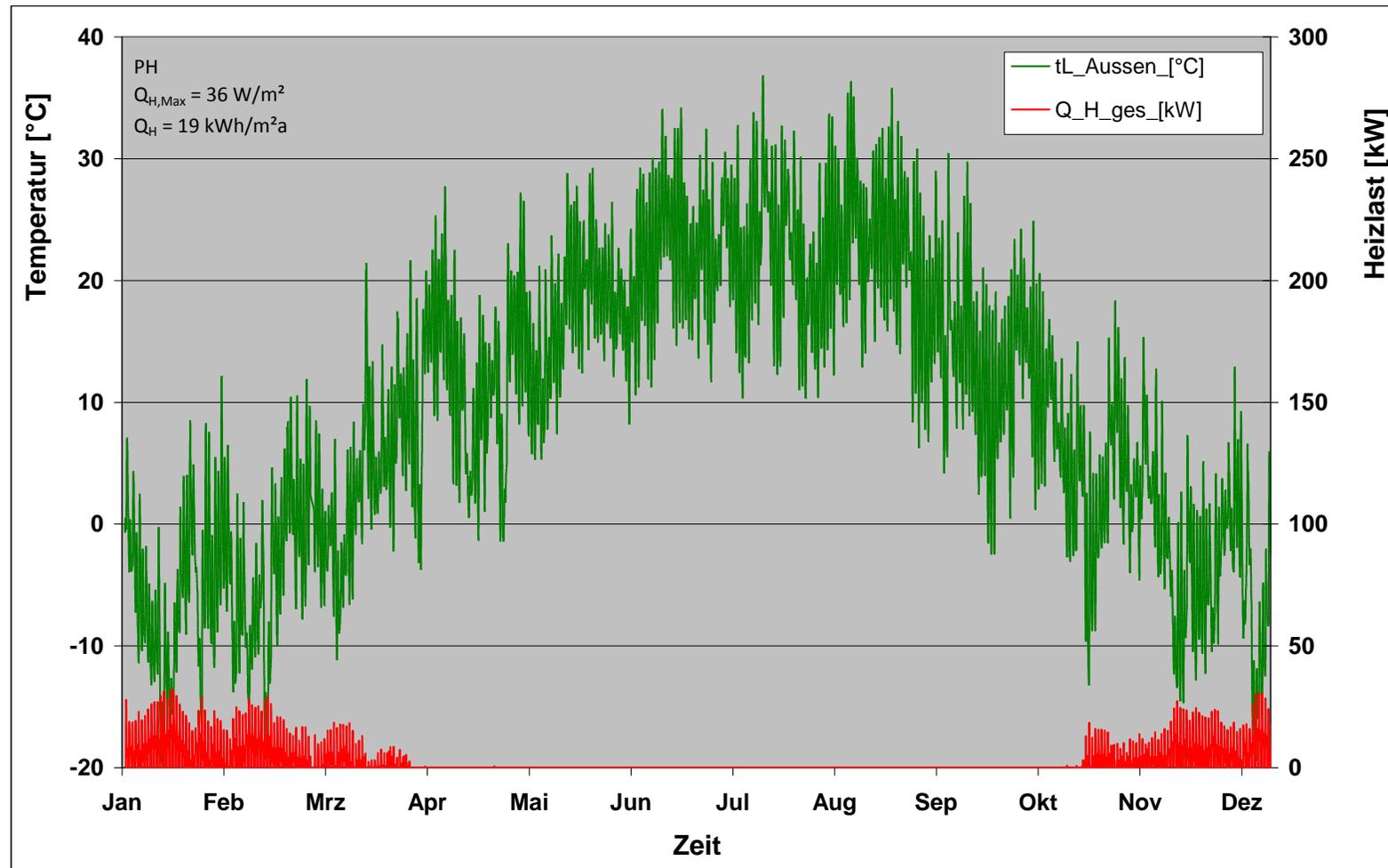


Bild 68 Gebäudesimulation Typ 1KZ, Dämmstandard Passivhaus

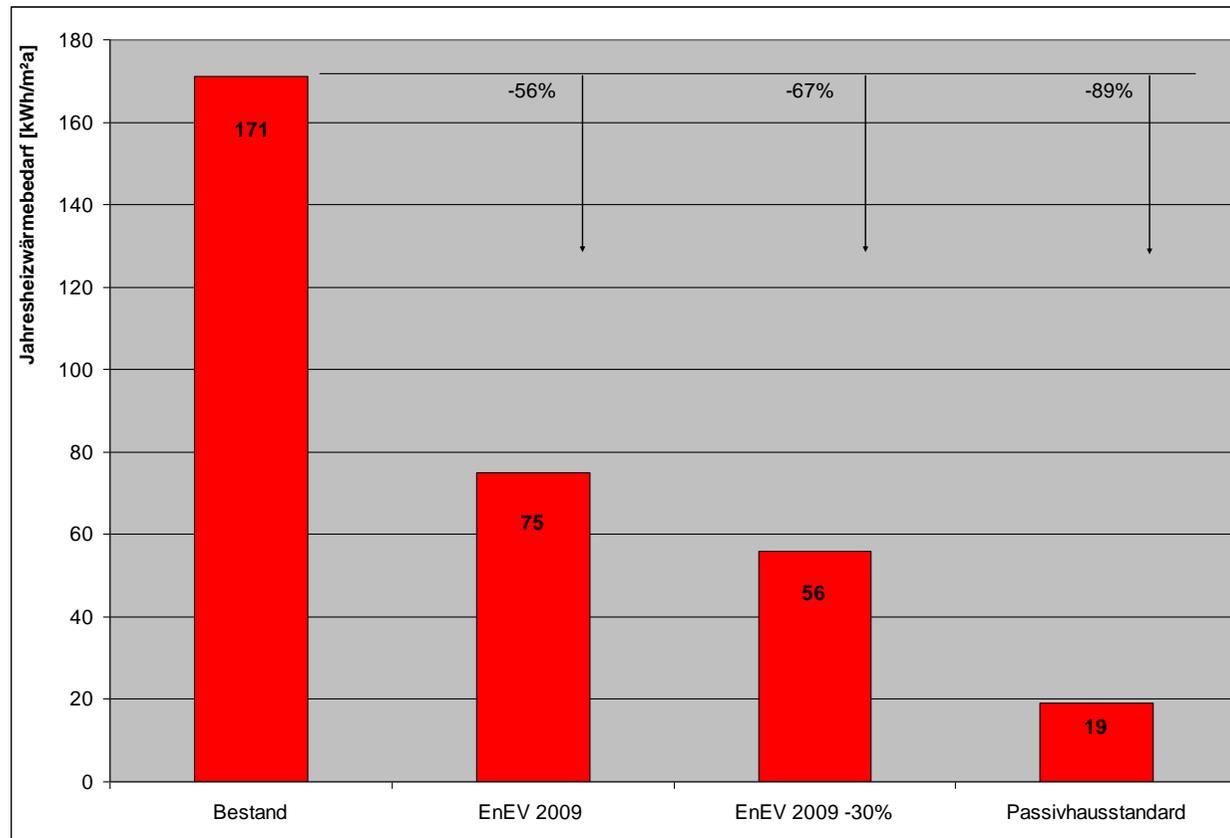


Bild 69 Gebäudesimulation Typ 1KZ, Vergleich der Dämmstandards in Bezug auf den Jahresheizwärmebedarf

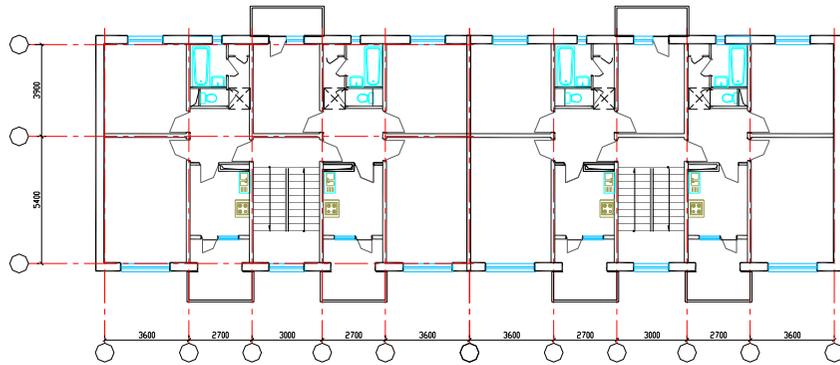


Bild 70 Grundriss Wohngebäudetyp 69(ohne Maßstab)

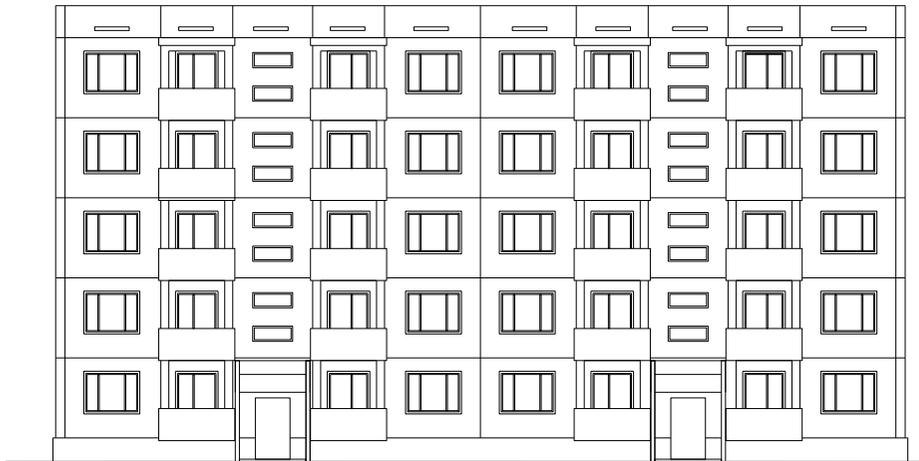


Bild 71 Ansicht Wohngebäudetyp 69(ohne Maßstab)

WG 69 Bestand

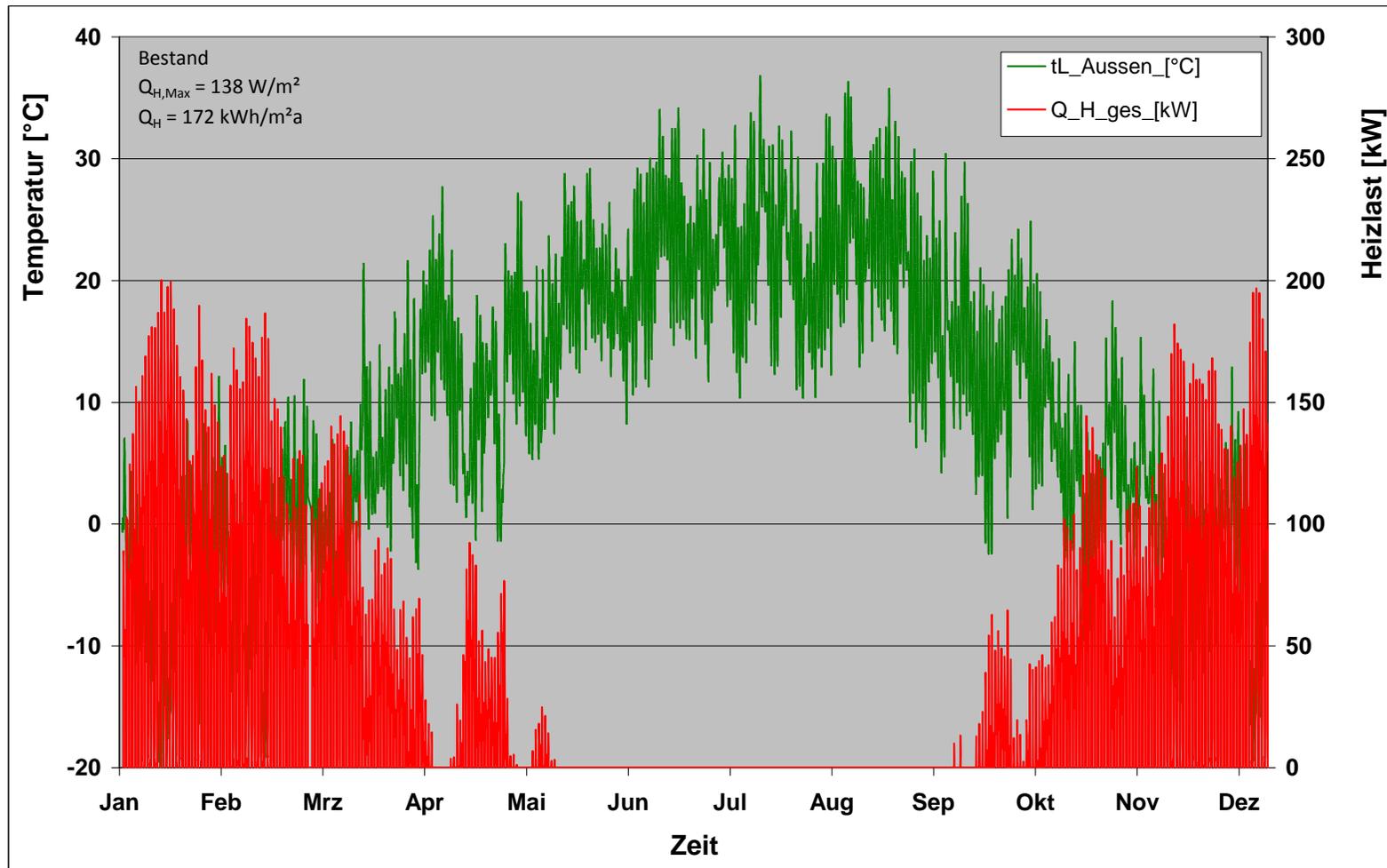


Bild 72 Gebäudesimulation Typ 69, Bestand

WG 69 EnEV 2009

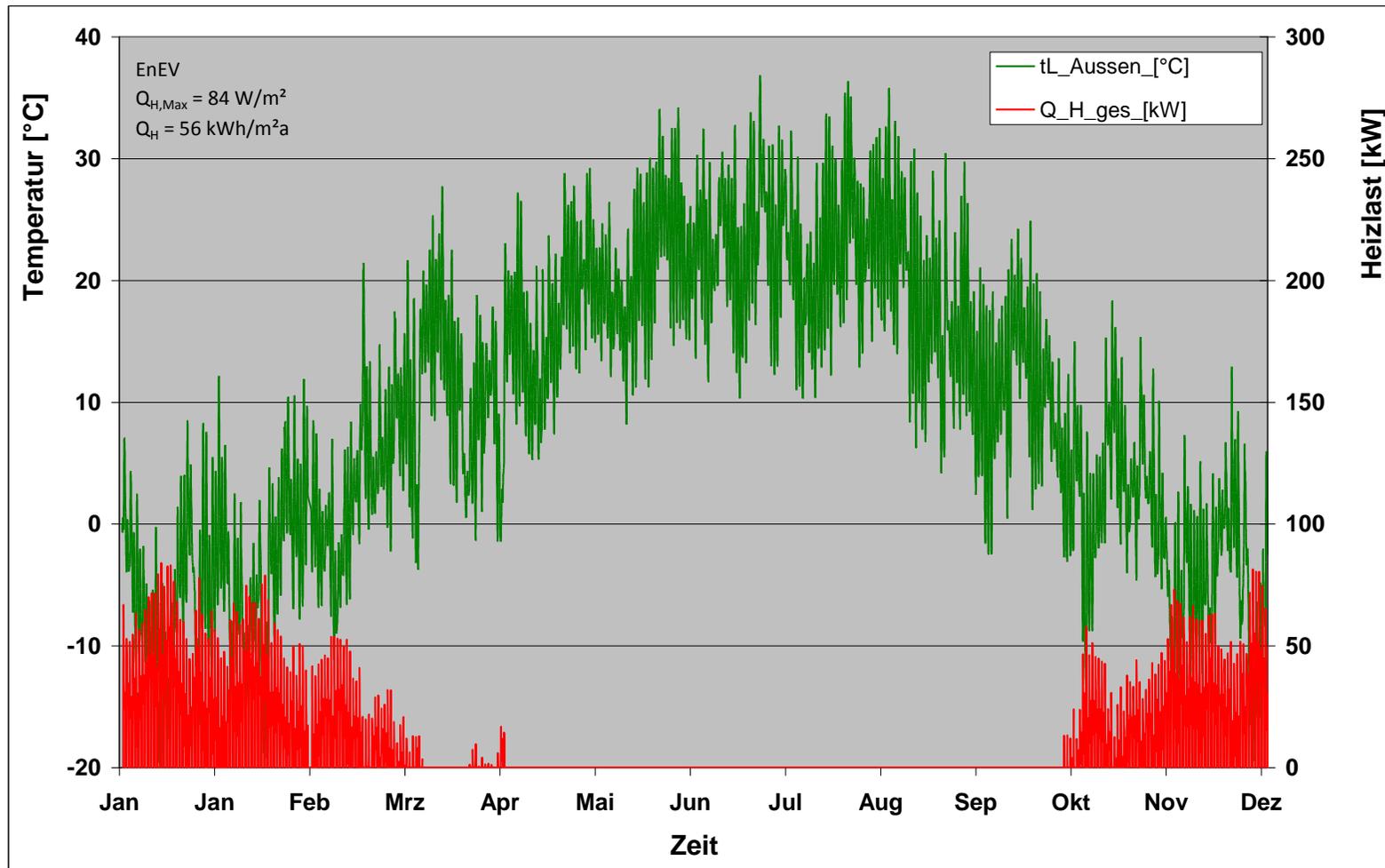


Bild 73 Gebäudesimulation Typ 69, Dämmstandard EnEV 2009

WG 69 EnEV 2009 minus 30%

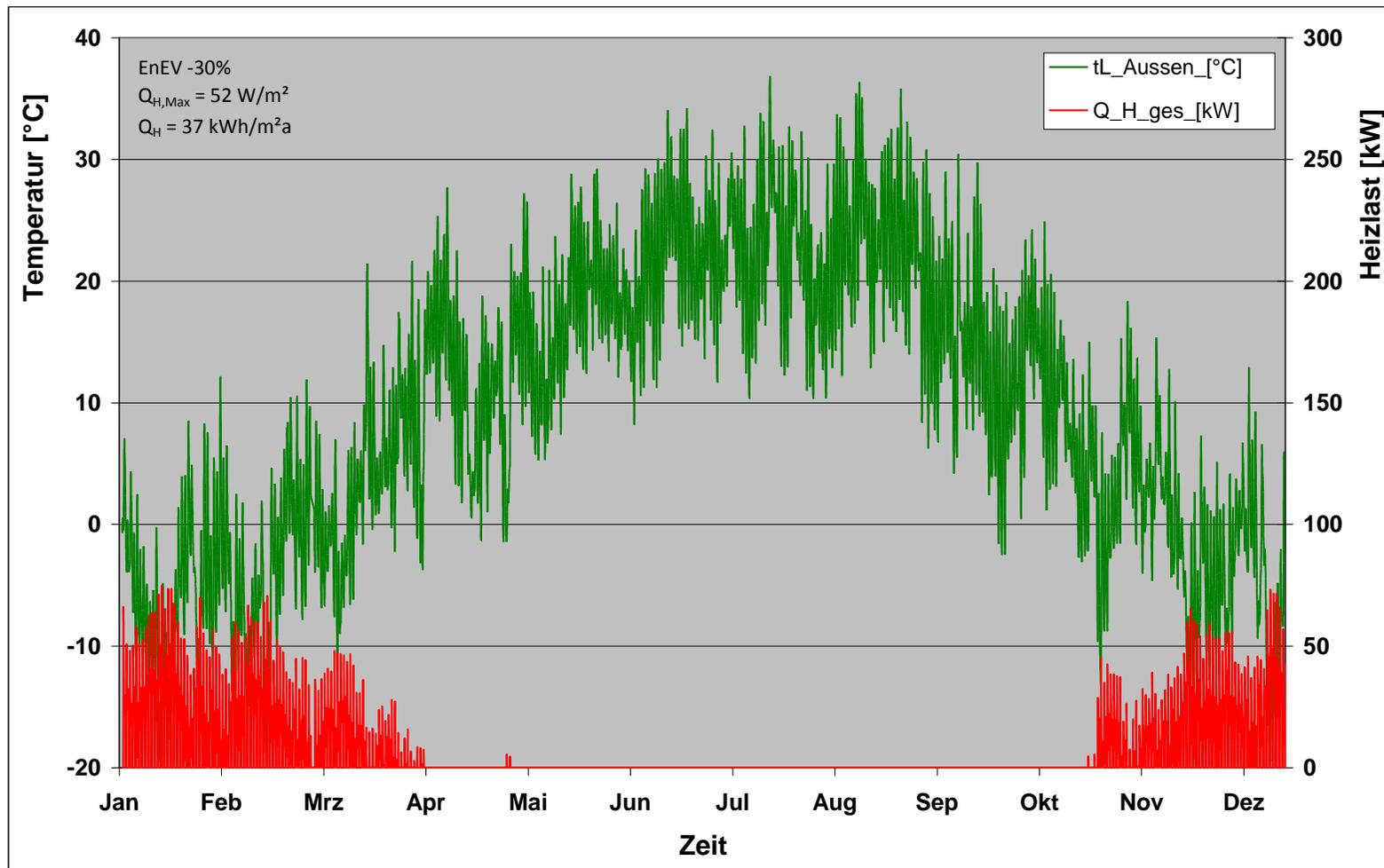


Bild 74 Gebäudesimulation Typ 1KZ, Dämmstandard EnEV 2009 minus 30 Prozent

WG 69 Passivhausstandard

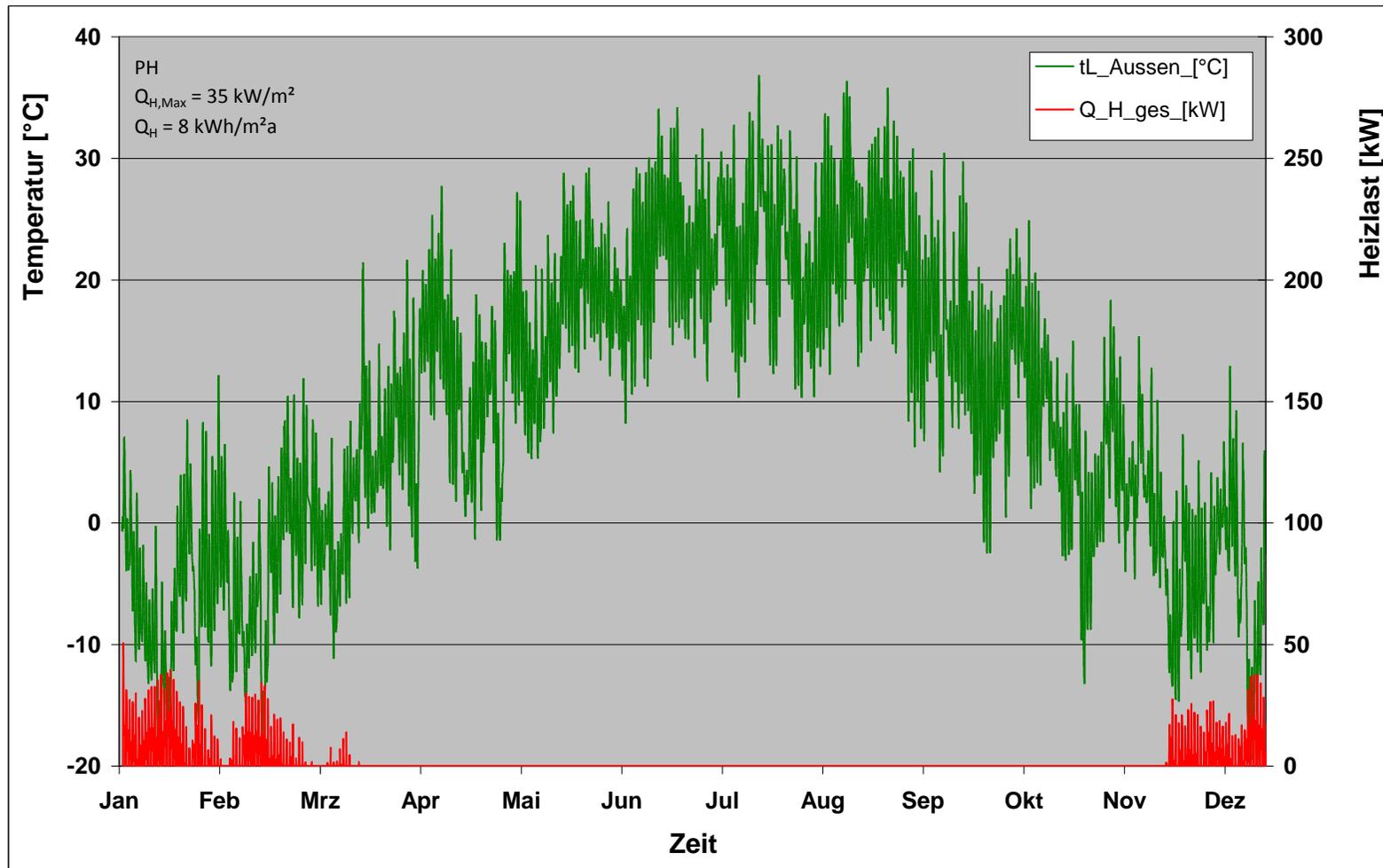


Bild 75 Gebäudesimulation Typ 69, Dämmstandard Passivhaus

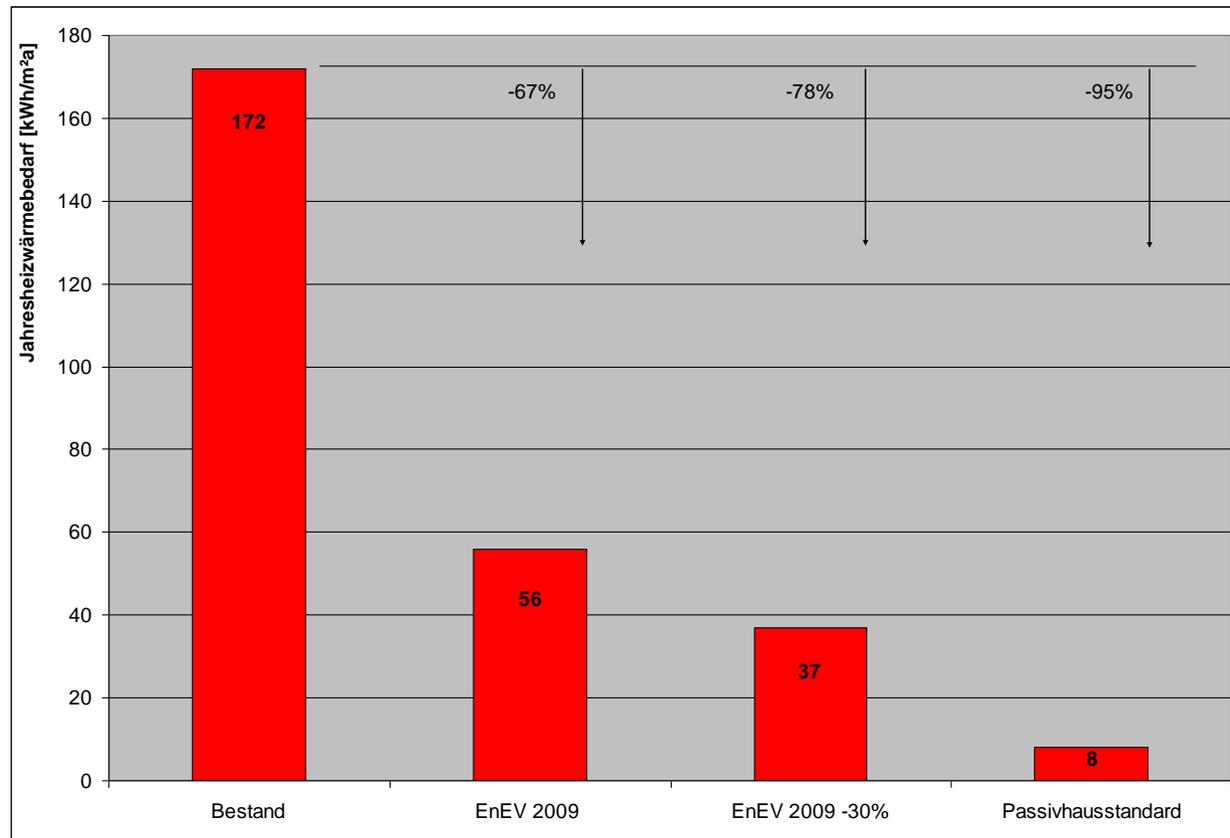


Bild 76 Gebäudesimulation Typ 69, Vergleich der Dämmstandards in Bezug auf den Jahresheizwärmebedarf



Bild 77 Aufnahme Gebäudetyp 158

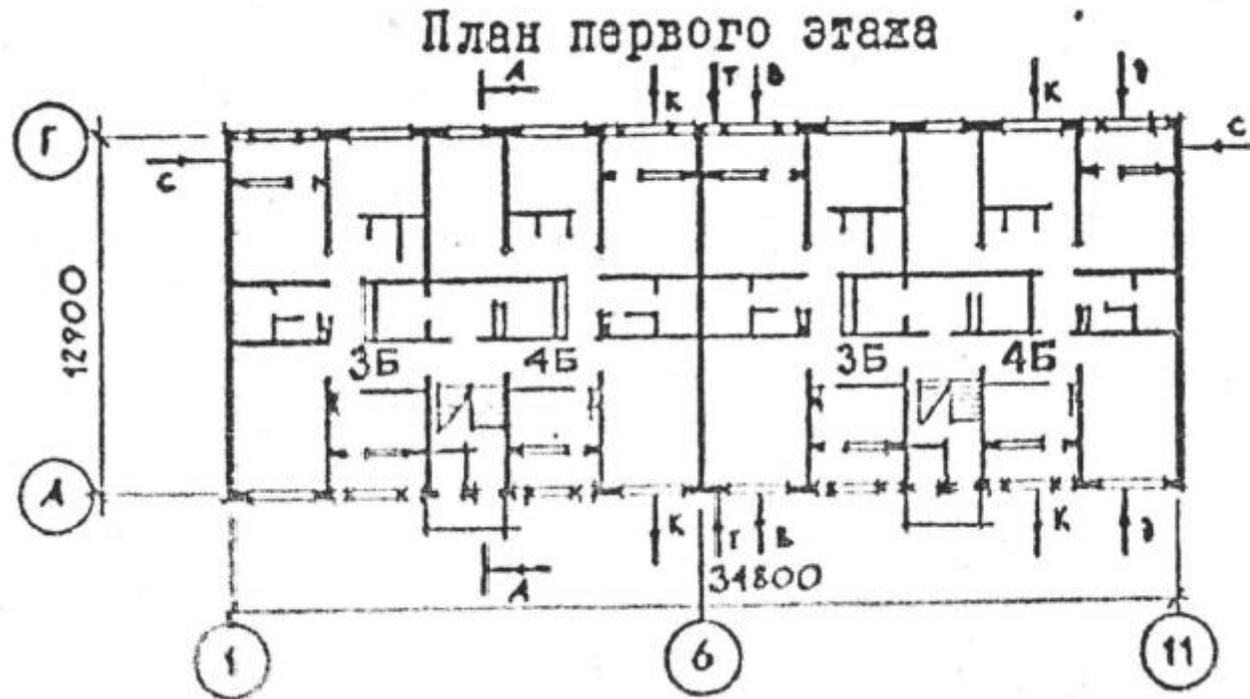


Bild 78 Grundriss Gebäudetyp 158 (ohne Maßstab)

WG 158 Bestand

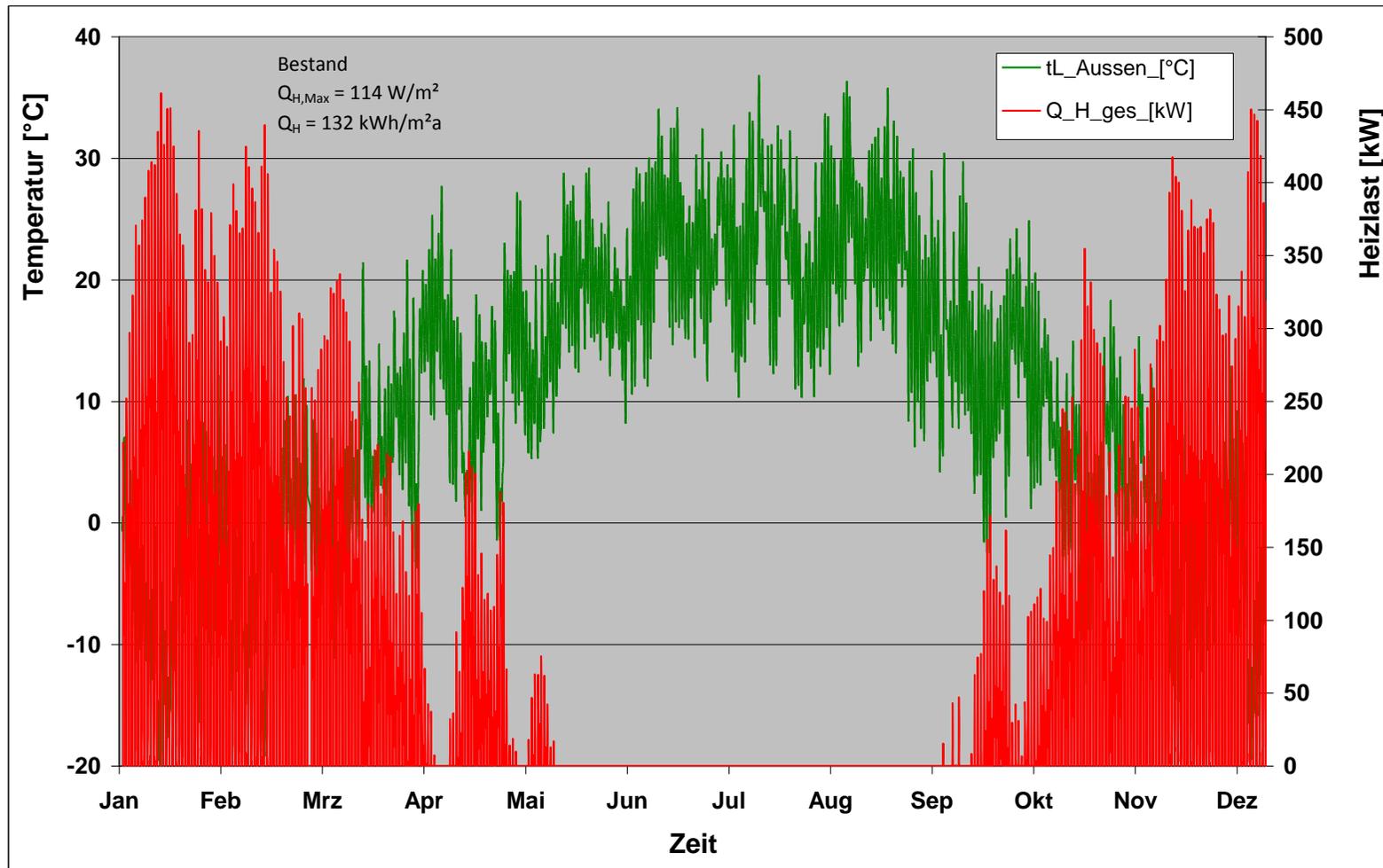


Bild 79 Gebäudesimulation Typ 158, Bestand

WG 158 EnEV 2009

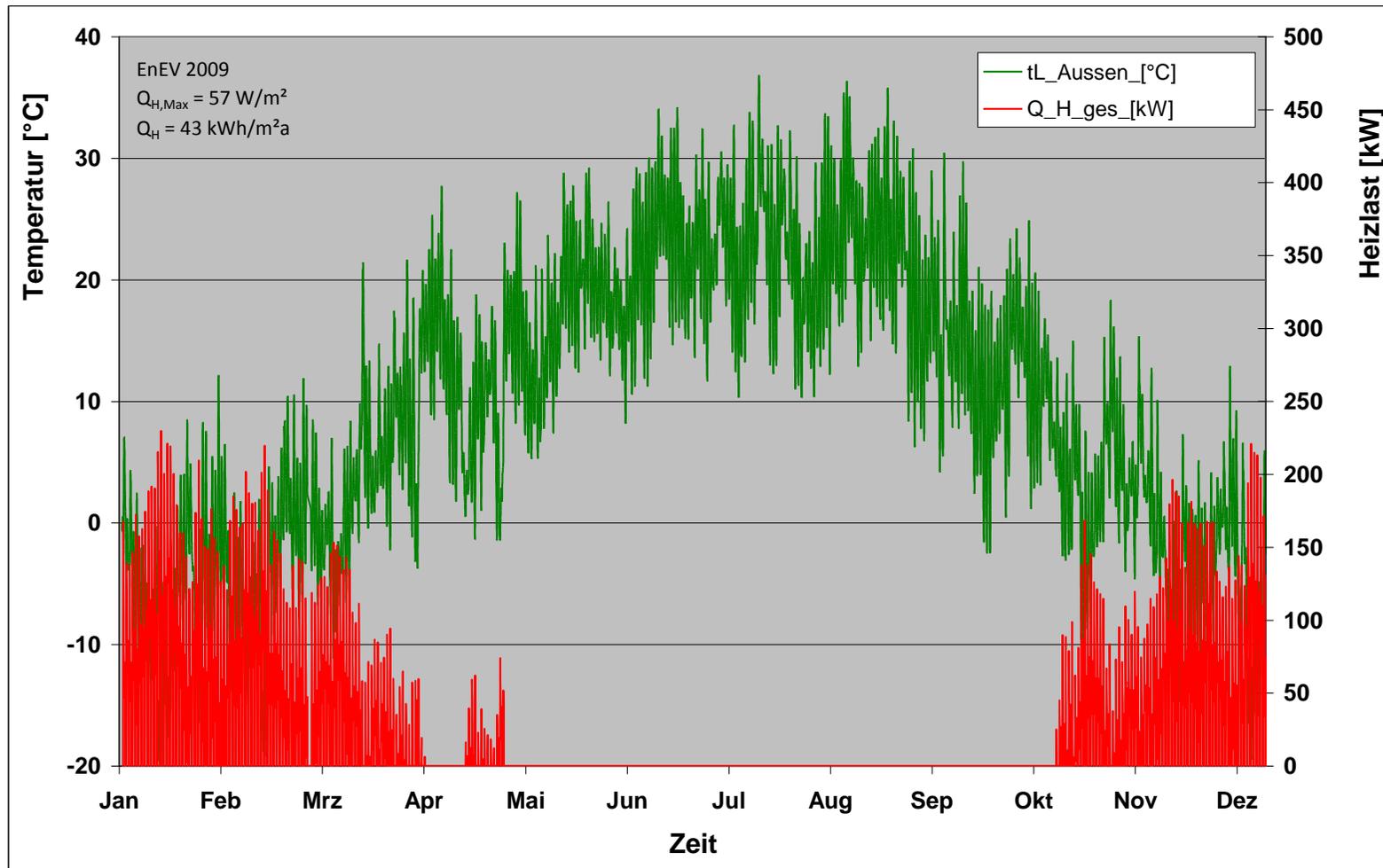


Bild 80 Gebäudesimulation Typ 158, Dämmstandard EnEV 2009

WG 158 EnEV 2009 minus 30%

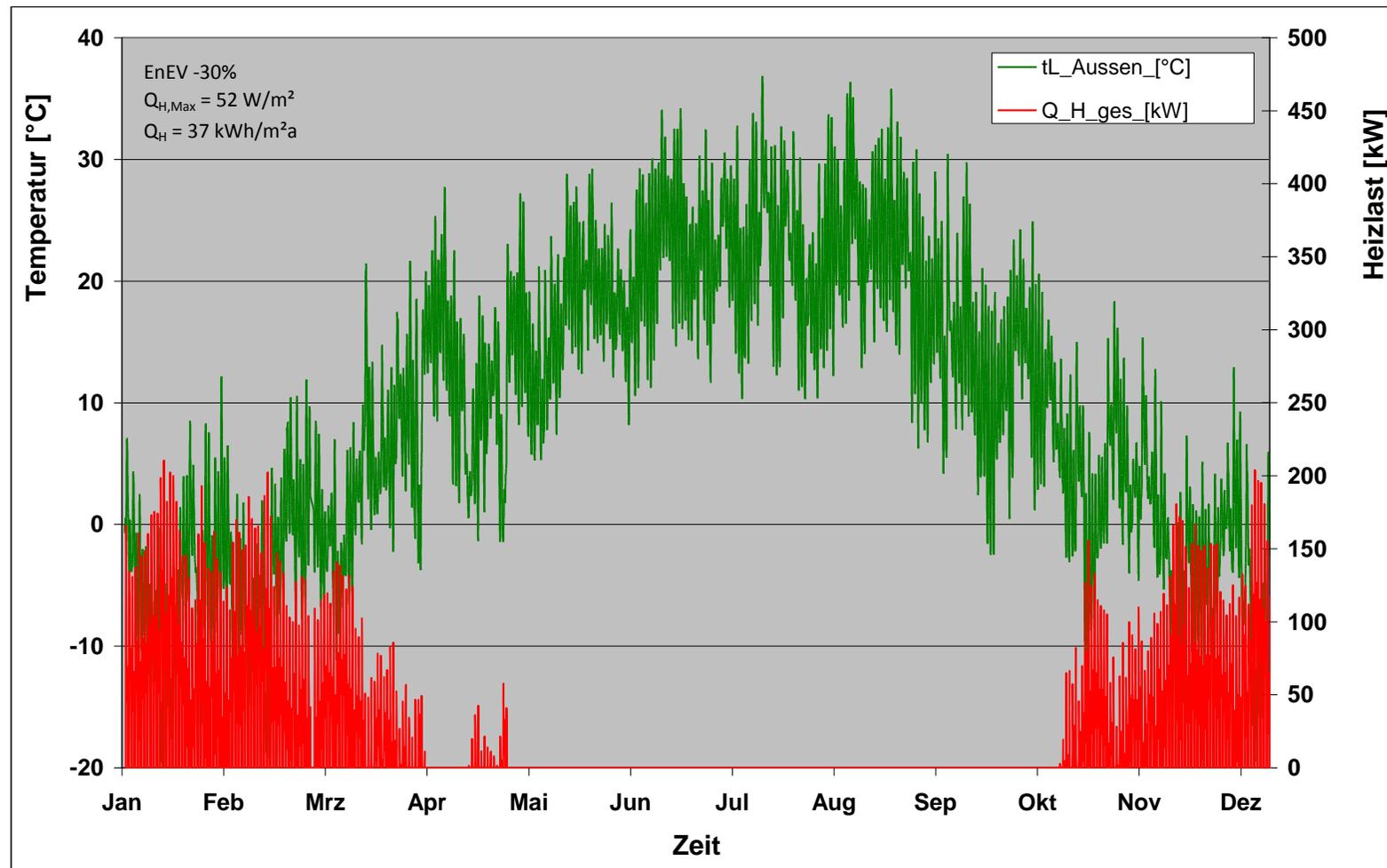


Bild 81 Gebäudesimulation Typ 158, Dämmstandard EnEV 2009 minus 30 Prozent

WG 158 Passivhausstandard

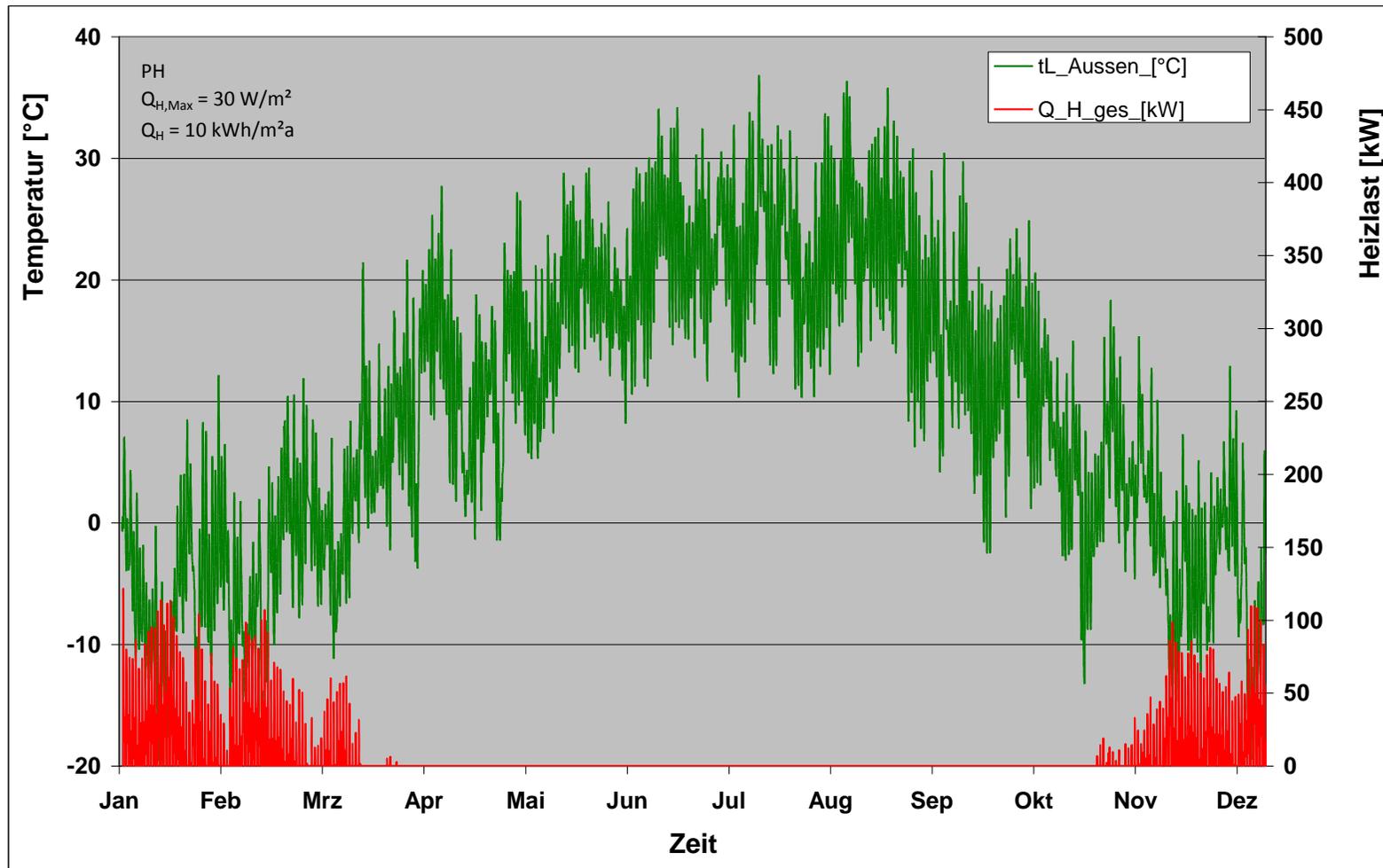


Bild 82 Gebäudesimulation Typ 158, Dämmstandard Passivhaus

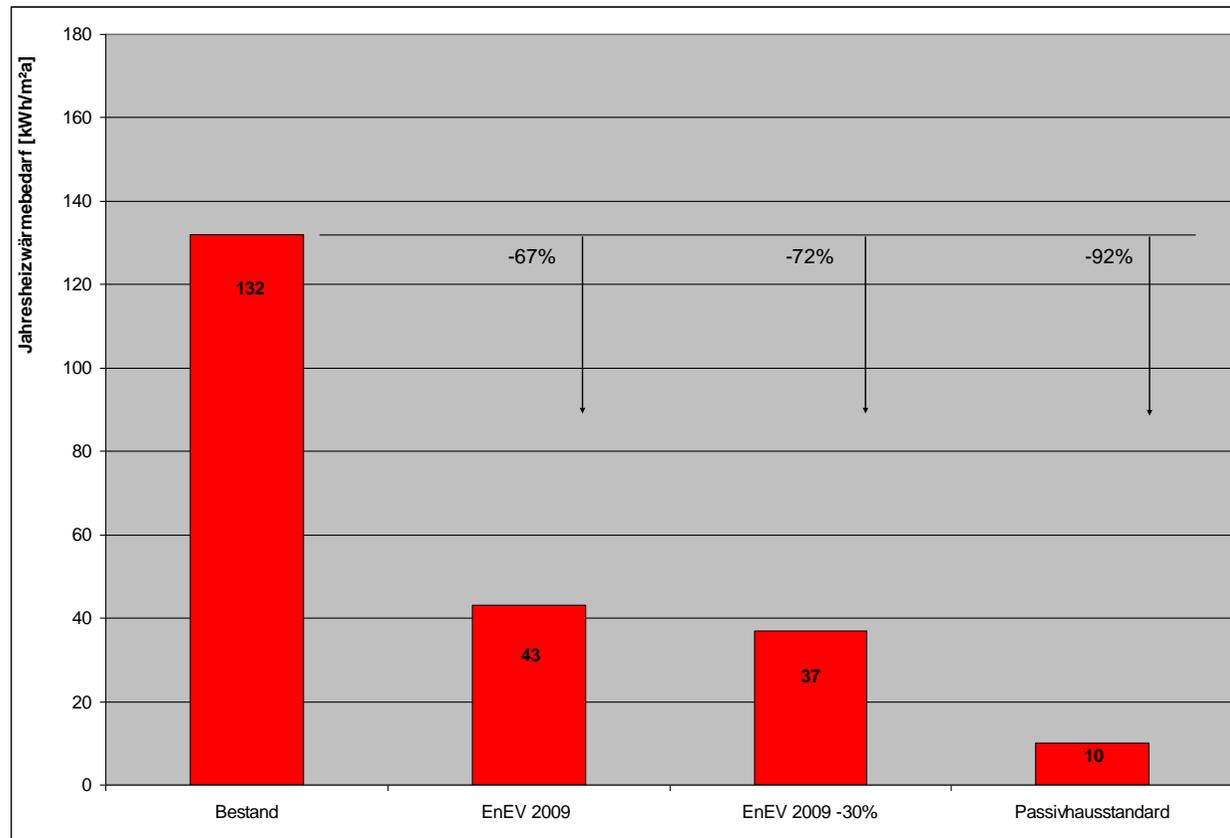


Bild 83 Gebäudesimulation Typ 158, Vergleich der Dämmstandards in Bezug auf den Jahresheizwärmebedarf



Bild 84 Aufnahmen Gebäudetyp WP

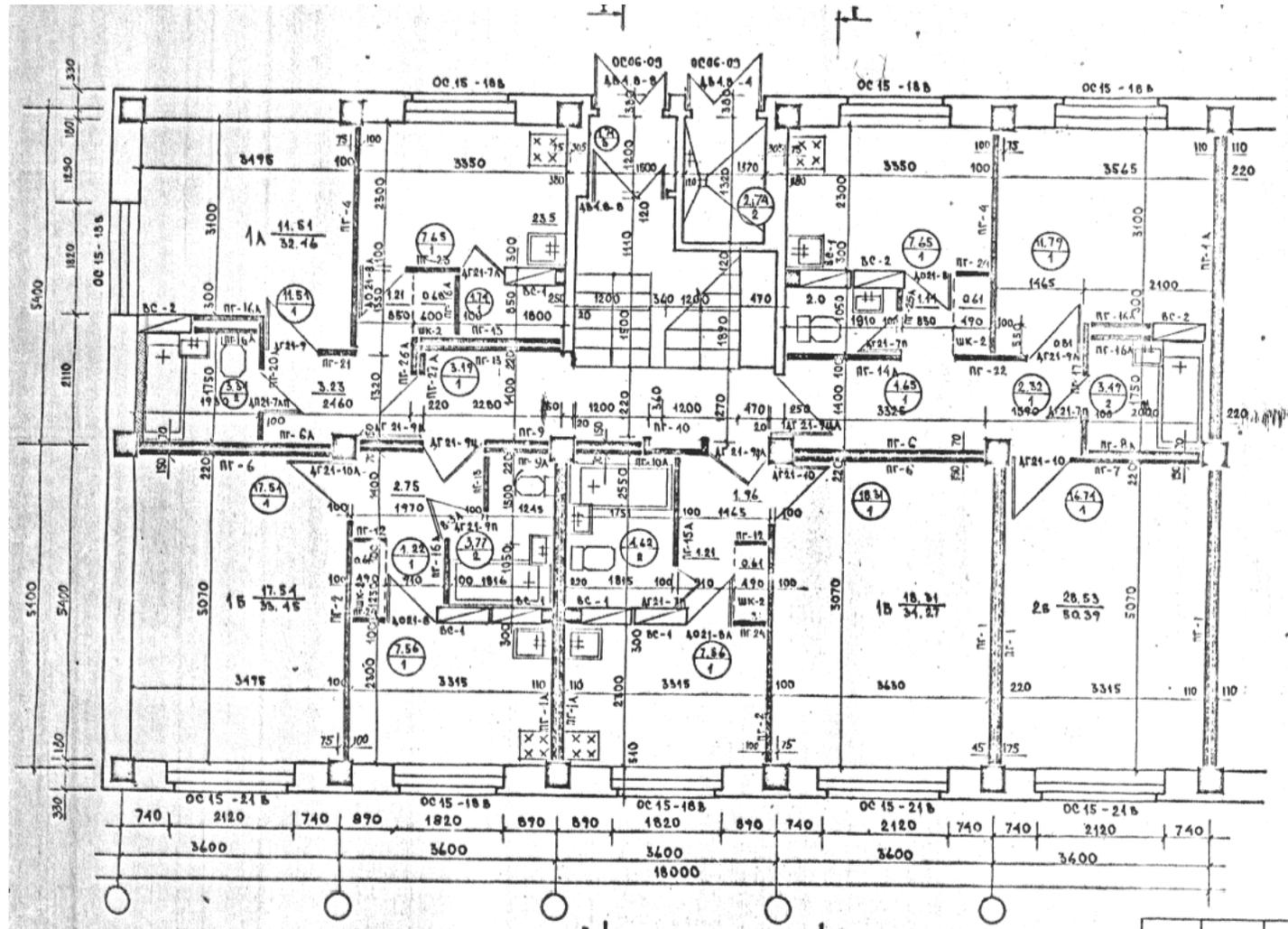


Bild 85 Grundriss Gebäudetyp WP (ohne Maßstab)

WG WP

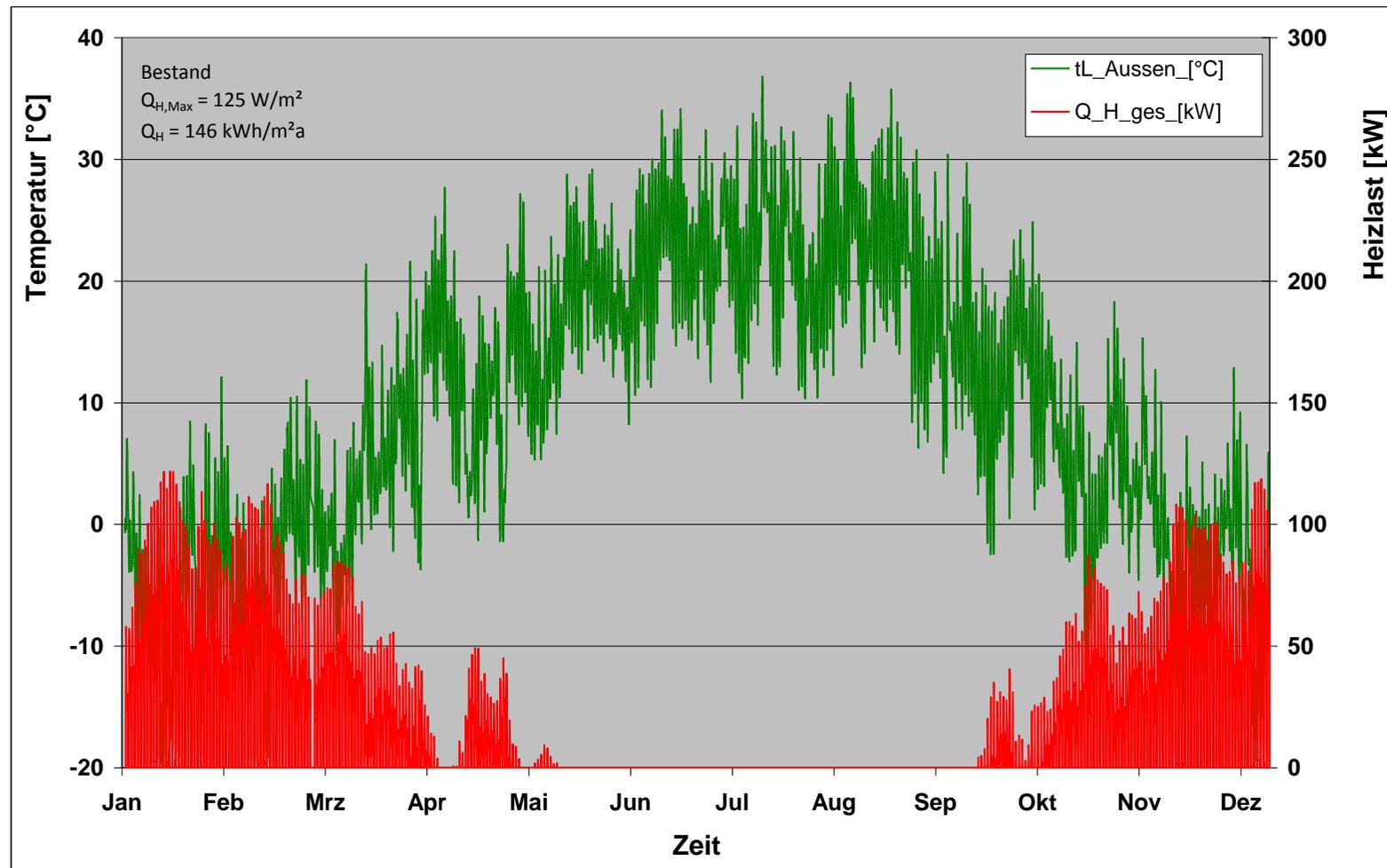


Bild 86 Gebäudesimulation Typ WP, Bestand

WG WP EnEV 2009

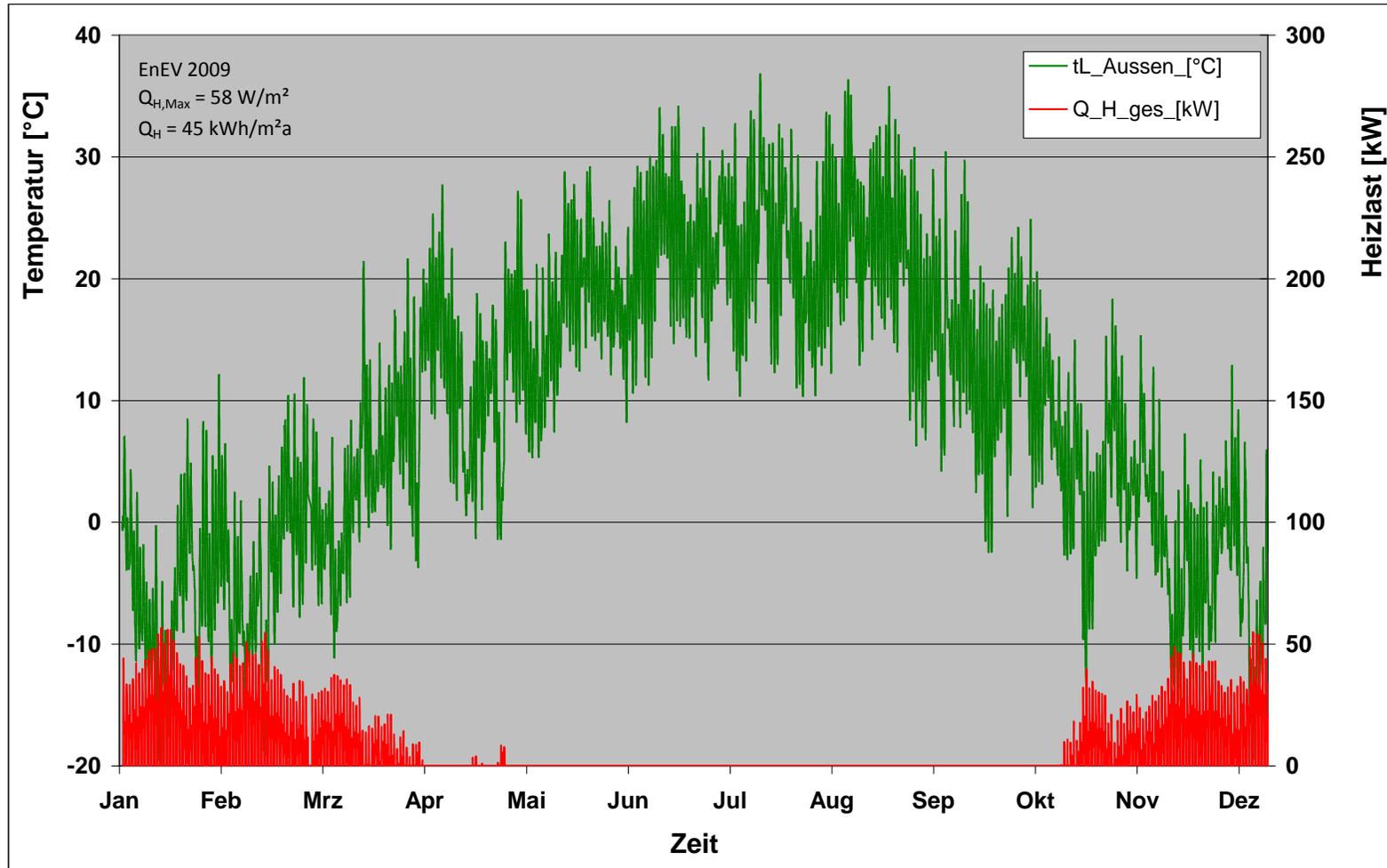


Bild 87 Gebäudesimulation Typ WP, Dämmstandard EnEV 2009

WG WP EnEV 2009 minus 30%

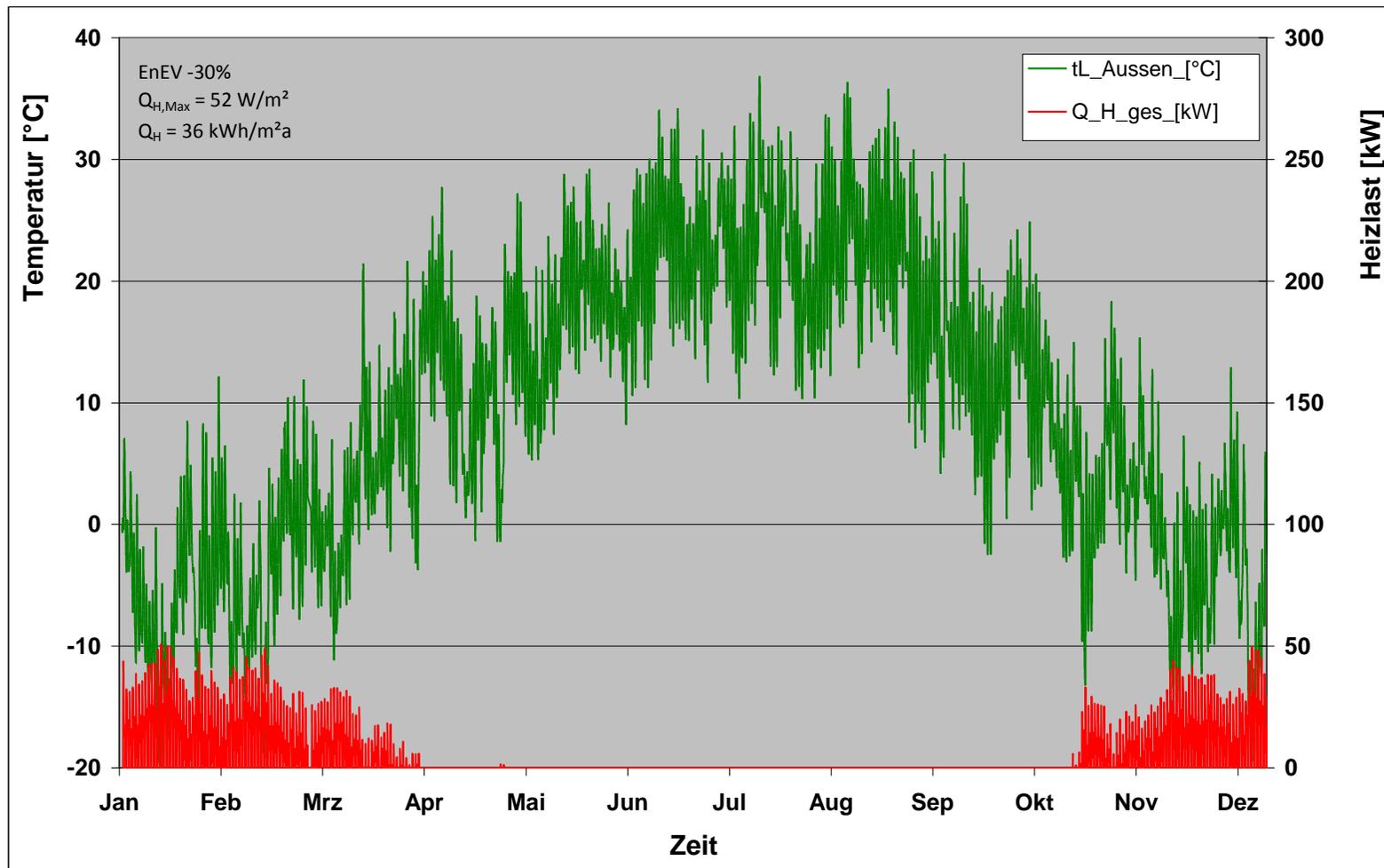


Bild 88 Gebäudesimulation Typ WP, Dämmstandard EnEV 2009 minus 30 Prozent

WG WP Passivhausstandard

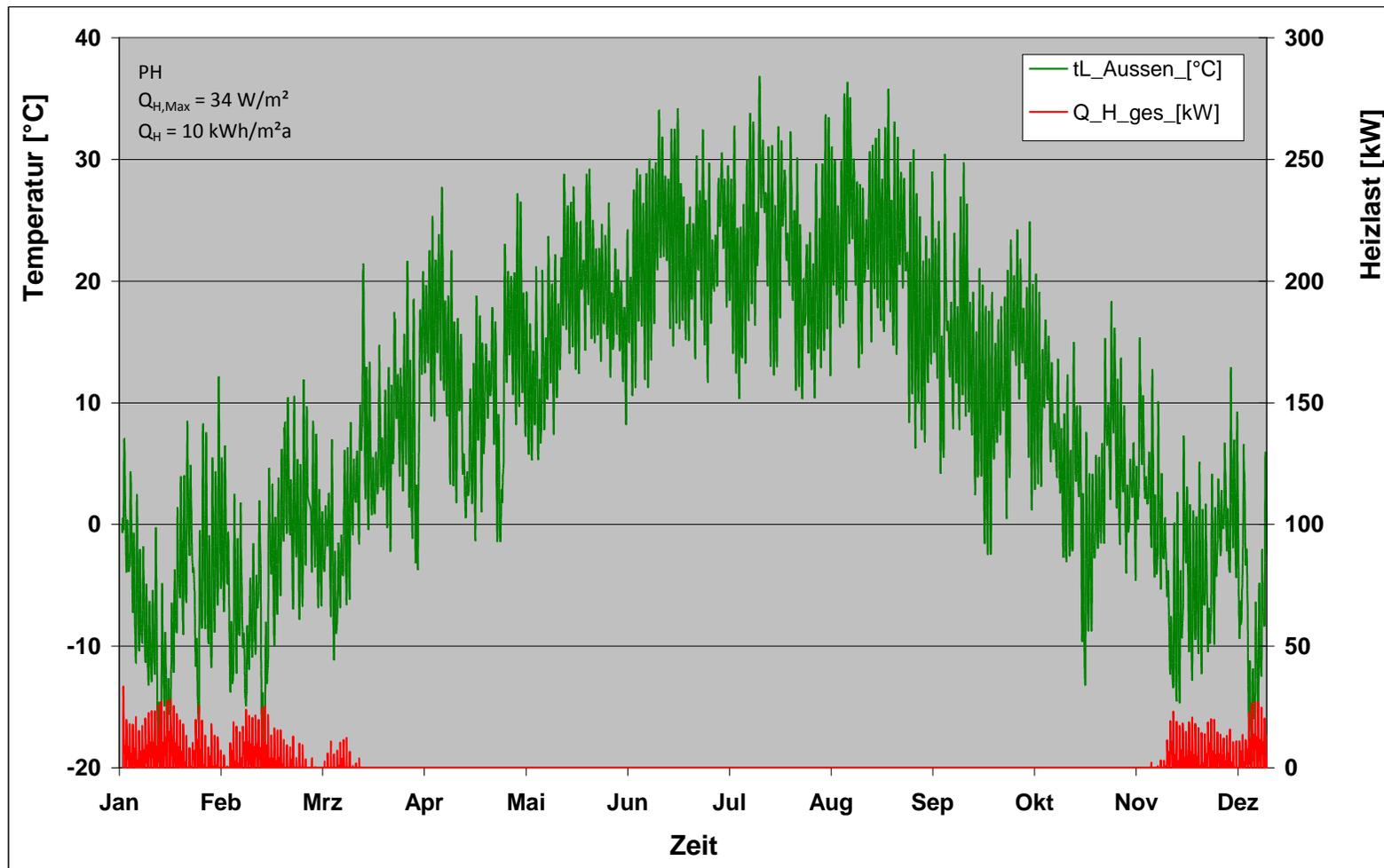


Bild 89 Gebäudesimulation Typ WP, Dämmstandard Passivhaus

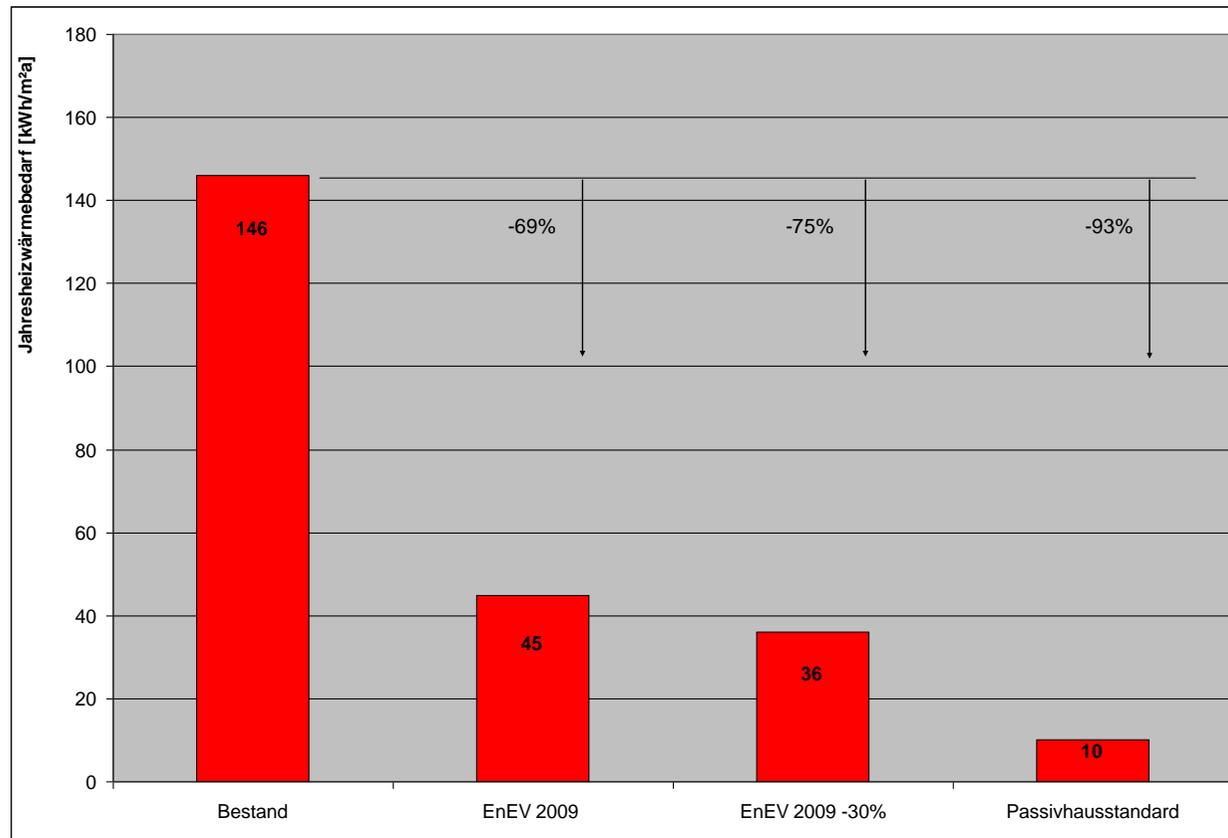


Bild 90 Gebäudesimulation Typ WP, Vergleich der Dämmstandards in Bezug auf den Jahresheizwärmebedarf

AERO Club Verwaltungsgebäude



Bild 91 Aufnahme AERO Club, Eingangsseite

AERO Club Bestand

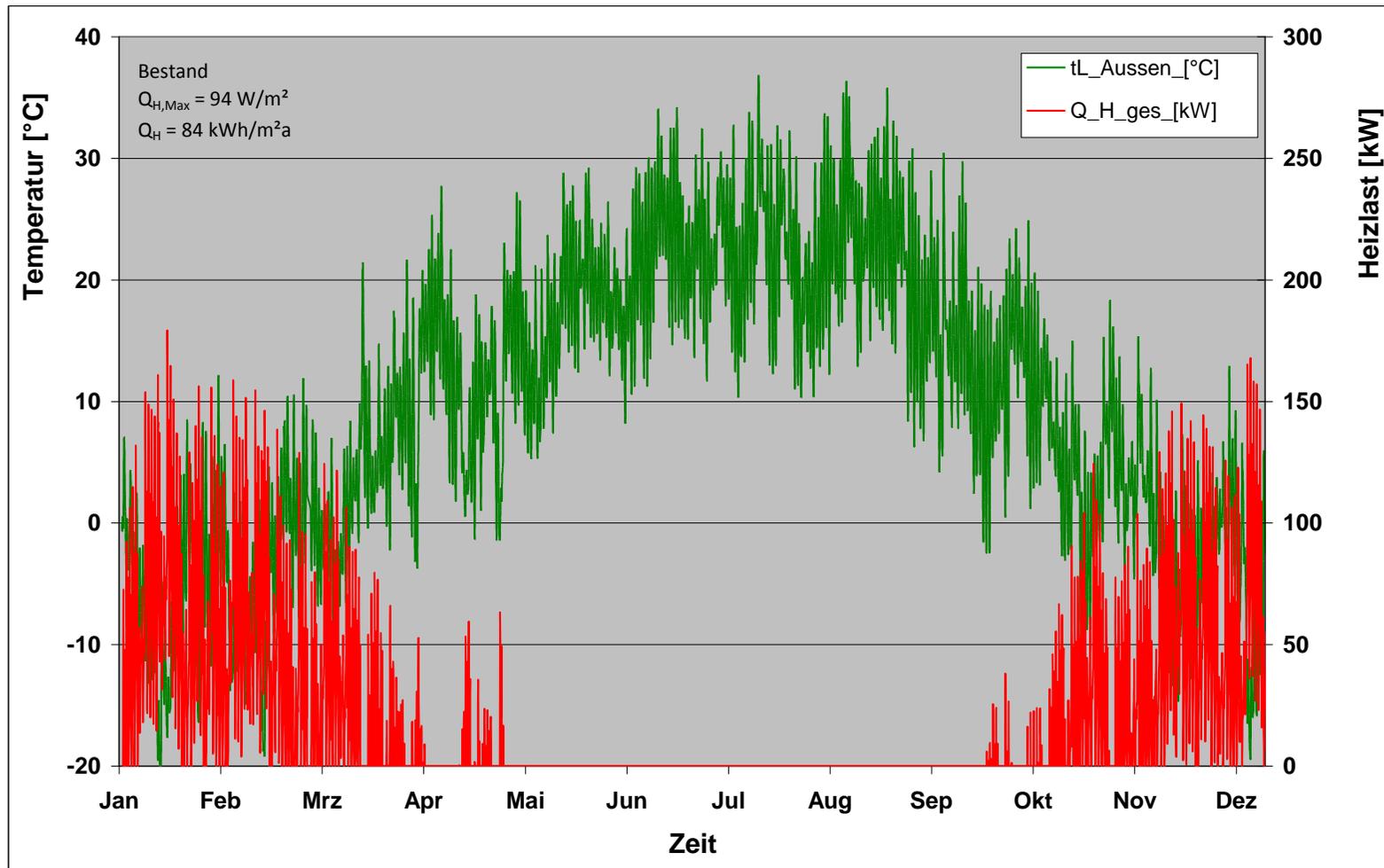


Bild 92 Gebäudesimulation Verwaltungsgebäude AERO Club, Bestand

AERO Club EnEV 2009

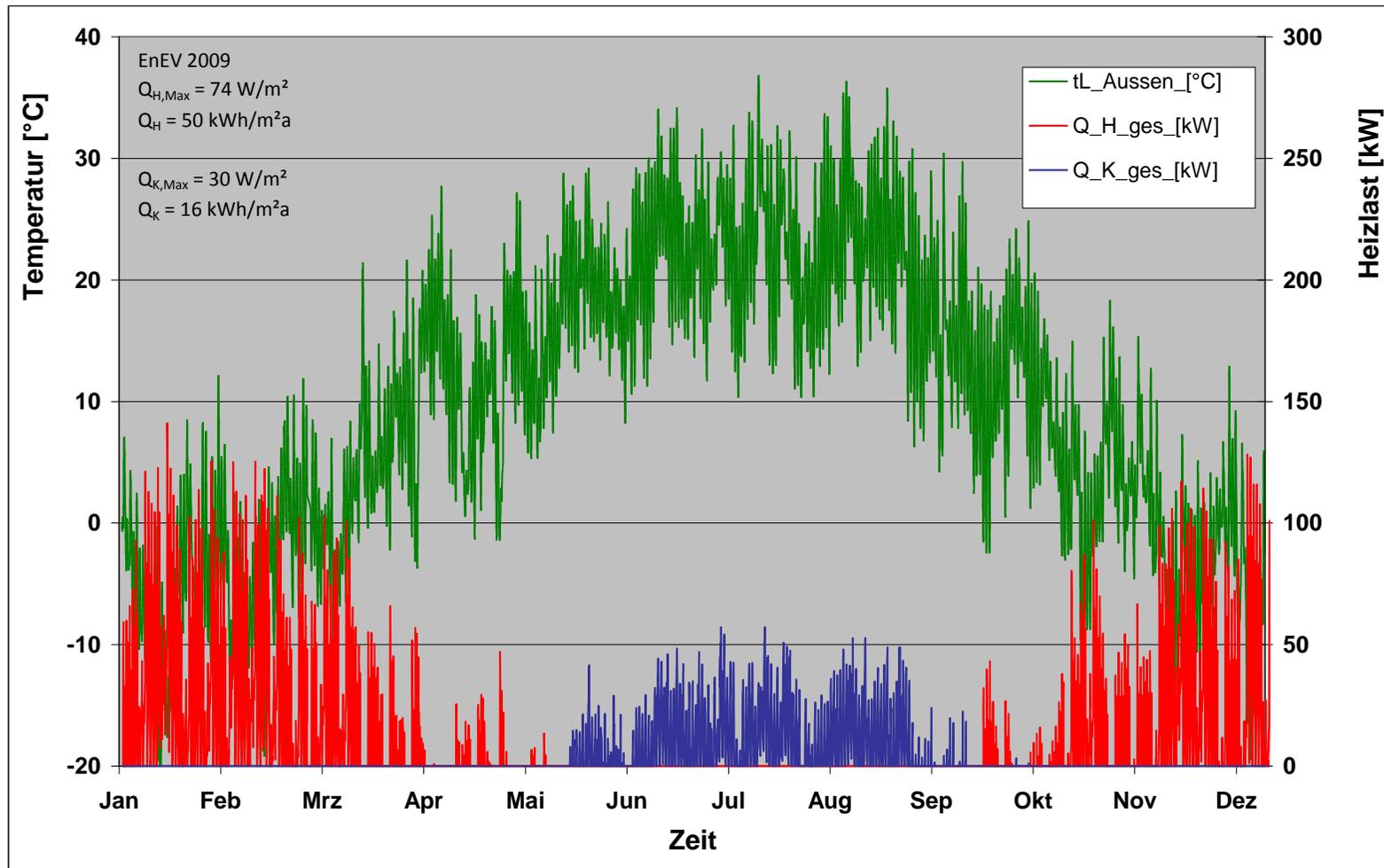


Bild 93 Gebäudesimulation Verwaltungsgebäude AERO Club, Dämmstandard EnEV

AERO Club EnEV 2009 minus 30%

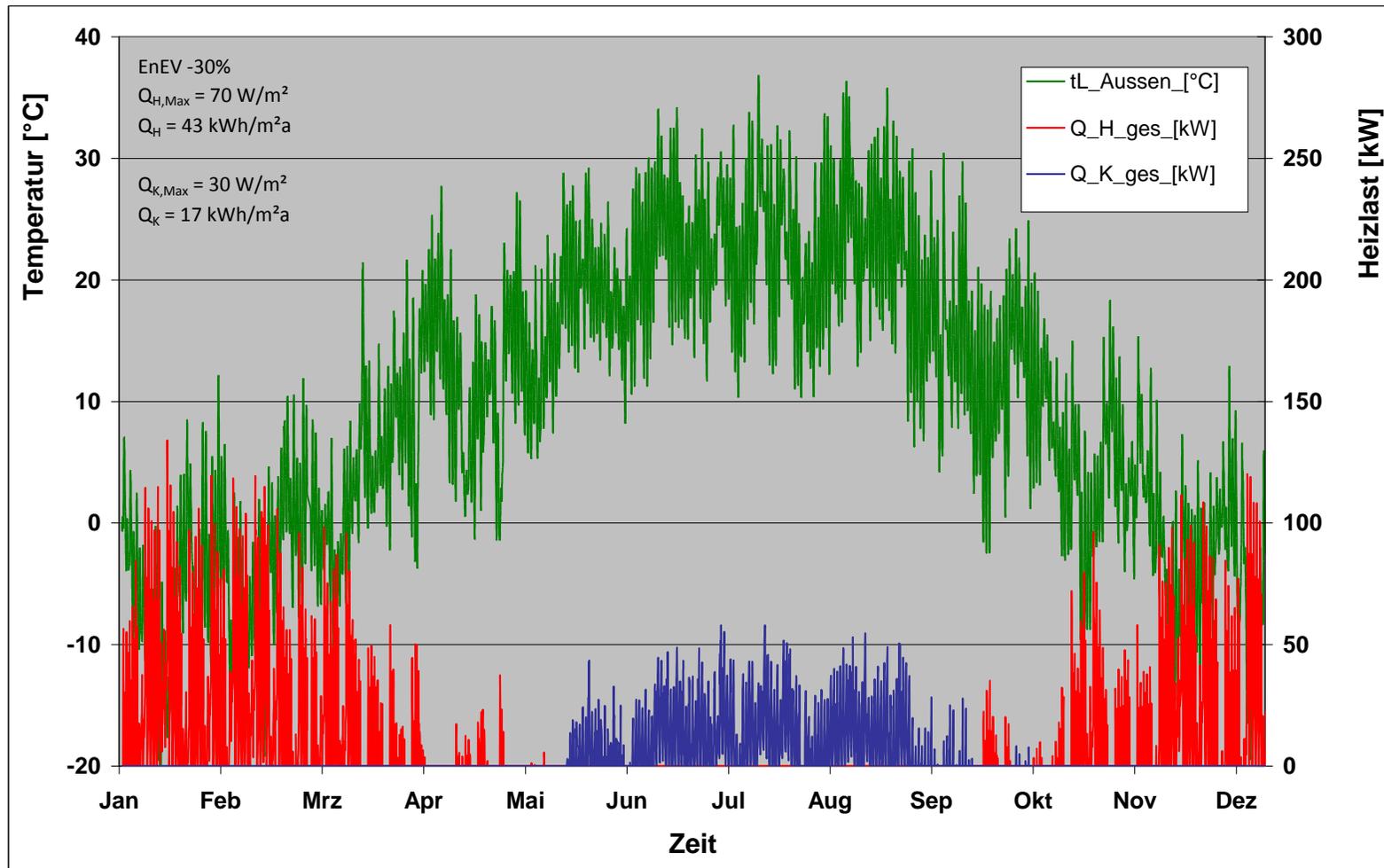


Bild 94 Gebäudesimulation Verwaltungsgebäude AERO Club, Dämmstandard EnEV minus 30 Prozent

AERO Club Passivhausstandard

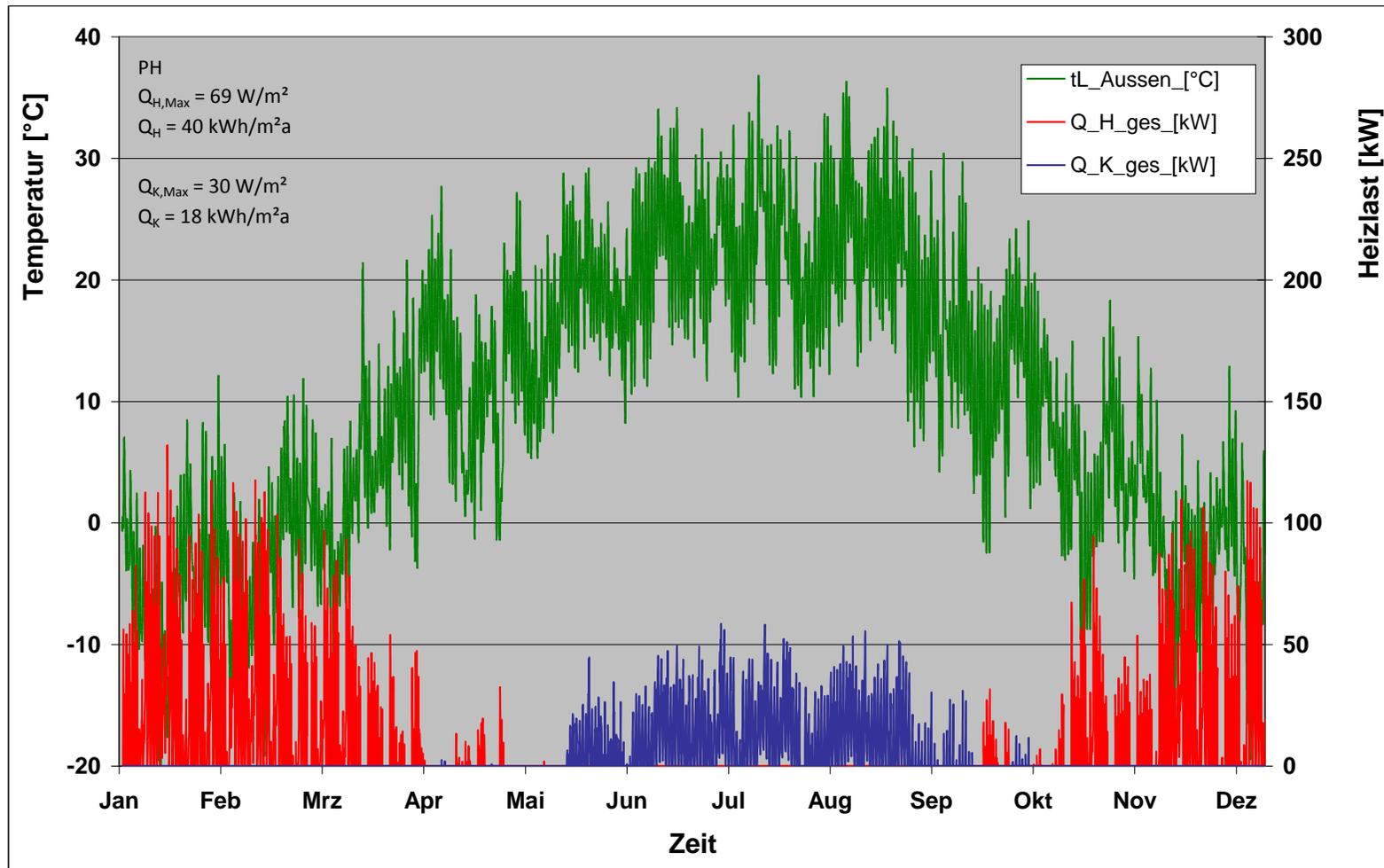


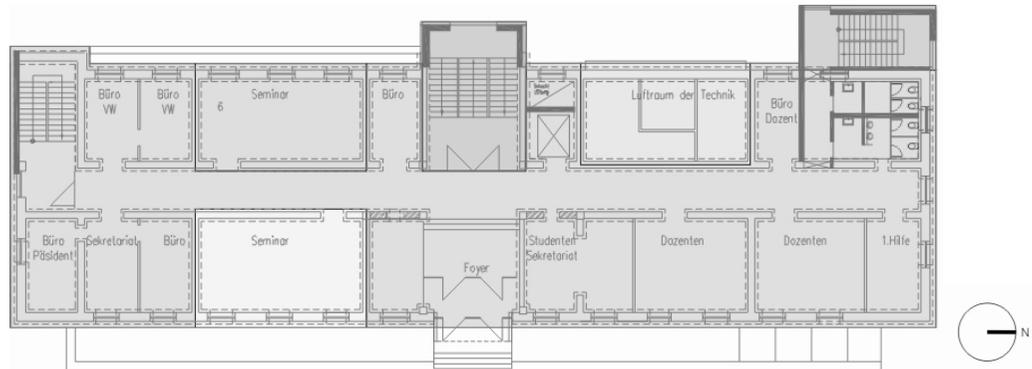
Bild 95 Gebäudesimulation Verwaltungsgebäude AERO Club, Dämmstandard Passivhaus

Deutsch-Kasachische Universität Almaty (DKU)

DKU Bestand



DKU nach Sanierung



DKU nach Sanierung

