

Modell HEAT | *Kurzbeschreibung*

Version Januar 2026

Modellzweck, Modellkonzept & Hauptmerkmale

Das Modell HEAT (Household Energy and Appliances modelling Tool) dient der Projektion und Energie- und Emissionsbilanzierung im Haushalts- und Kleinverbrauchssektor (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen). Es ermöglicht eine detaillierte Abbildung des Energieverbrauchs, der Treibhausgasemissionen sowie der Wirkungen von Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand, deren Kosten- und deren Materialinputs.

Kern des Modells ist ein Bottom-up-Ansatz, der den deutschen Gebäudebestand (Wohn- und GEG-relevante Nichtwohngebäude) auf Grundlage von sogenannten *Gebäudetypen* bauphysikalisch statistisch repräsentiert, die räumlich auf unterschiedlicher Weise gebildet werden können (Deutschland, Bundesländer, Kommunen, usw.). Dabei werden die Gebäudegröße/-art und das Baualter (z.B. Einfamilienhaus, erbaut zwischen 1978 – 1982) als wesentliche Indikatoren für die jeweiligen Bauweisen und deren thermischer Wärmebedarf genutzt.

HEAT integriert bauteilspezifische Gewerke­daten (Dach, Außenwand, Kellerdecke, Fenster) sowie Daten zu Heizungs- und Warmwassersystemen. Darüber hinaus werden bis zu 400 gebäudespezifische Einspar- und Effizienzmaßnahmen berücksichtigt, die energetische Effekte, Materialeinsatz und Kosten im Detail erfassen.

HEAT ist modular aufgebaut und erlaubt die Erweiterung um verschiedene Ansätze (z. B. Siedlungstypologien, Integration eines volkswirtschaftlichen Multiregionalen-Input-Output-Ansatzes zur Erfassung von internationalen Handelsketten, Arbeitsplatzeffekte usw.). HEAT ist geeignet, sowohl technische Effizienzmaßnahmen als auch Suffizienz-orientierte Verhaltensänderungen im Gebäudebereich zu bewerten.

Modell-Architektur

HEAT berücksichtigt eine große Vielzahl von Einflussfaktoren und Einsparmaßnahmen. Das Einsparpotenzial von Maßnahmen hinsichtlich Material- und Energiebedarf kann mittels HEAT abgestuft vom theoretischen Potenzial bis zum Umsetzungspotenzial ermittelt werden.

Berücksichtigte Einflussfaktoren und Einsparmaßnahmen

HEAT ist darauf ausgerichtet, Maßnahmen auf den verschiedensten Ebenen der politischen Eingriffe in das Energiesystem abzubilden. Ansatzpunkte zur Reduzierung des Energie- und Materialbedarfs können recht unterschiedlich sein und reichen von rein technischen Maßnahmen (Effizienzmaßnahmen) bis hin zu

Veränderungen im Umgang mit Energie und Lebensstilen (Suffizienz-Maßnahmen, z. B. Lüftungsverhalten usw.). Die geeignete Ebene politischer Maßnahmen im Bereich der Raumwärmeversorgung privater Haushalte liegt vor allem auf der technischen Regulierungsebene, etwa durch Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG), das frühere Regelungen der Energieeinsparverordnung (EnEV), des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes sowie der Heizanlagenverordnungen zusammenführt. Flankiert wird dieser Bereich durch Instrumente einer ökologischen Strukturpolitik, etwa Maßnahmen zur Förderung von Verhaltensänderungen oder durch die Vorgabe ambitionierter Effizienzstandards (z. B. Passivhausniveau) in Bebauungsplänen.

Verhaltensfaktoren

Verschiedene dynamische Veränderungsprozesse auf dem Wohnungsmarkt sind durch das HEAT-Modell analysierbar, die durch Veränderungen exogener Variablen verursacht sind – darunter, z.B. volkswirtschaftliche und wohnungspolitische Rahmenbedingungen:

- demographische Entwicklung,
- Entwicklung von Leerständen,
- Veränderungen der Komfortansprüche bzw. Wohnflächeninanspruchnahme,
- Neubautätigkeit,
- Veränderungen der Stadt-/Land-Bewegungen / Perforierungen oder
- Umsetzungsraten und
- Niveau von baulichen Mindeststandards.
- Innentemperatur (Siehe auch Gradtagszahl)
- Lüftungswärmeverluste: Verluste von Innenraumwärme von Gebäude durch Fugen-Undichtigkeit sowie Lüftungswärmeverluste durch mechanische (Fenster/Tür-) Lüftung (siehe auch Transmissionswärmeverluste).
- Benutzungsumfang: Benutzungsumfänge von Heizungssystemen beschreiben das Verhältnis von beheizter Wohnfläche und verwendetem Heizungssystem.¹

Ökonomische Faktoren

- Investitionskosten von gebäudeseitigen Sanierungsmaßnahmen (Gesamtkosten/Mehrkosten, wo möglich aufgeteilt in Arbeitskosten und Materialkosten)
- Zinsen
- Energiepreise
- Lebensdauer (Nutzungsphase) von Sanierungsmaßnahmen: diese beeinflussen die Amortisationsrate sowie die Höhe der Re-Investitionen
- CO₂-Abgaben.

¹ Zum Beispiel bei der Einzelraumheizung kommt es vor, dass nicht alle Räume gleichermaßen geheizt werden, sondern nur Küche und 'Gute Stube'.

Potenzialpyramide

Der Aufbau des HEAT-Modells ist analog zur *Potenzialpyramide* gestaltet, also alle Einsparmaßnahmen werden von Grund auf entsprechend ihrer technischen, wirtschaftlichen und ihrer Umsetzungspotenziale untersucht (Abbildung 1):

- Das *technische Potential* umfasst Maßnahmen, die unter Berücksichtigung der heute eingesetzten und bekannten Techniken zur Verfügung stehen. Techniken, die zum Beispiel erst unter Laborverhältnissen Anwendung finden – also zwar mit den derzeitigen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Kenntnissen begründet werden können, aber noch nicht marktfähig sind –, werden unter dem Begriff *theoretisches Potential* zusammengefasst.
- Das *wirtschaftliche Potential* berücksichtigt, ob Maßnahmen im Zeitraum bis 2060 wirtschaftliches Einsparpotenzial bieten. Das wirtschaftliche Potenzial reflektiert somit, dass trotz zeitweise hoher Energiepreise und verfügbarer Förderprogramme viele Maßnahmen nicht umgesetzt werden (Stand 2024/2025). Dies liegt vor allem an den hohen Investitionskosten, langen Amortisationszeiten sowie Unsicherheiten über zukünftige Preisentwicklungen und regulatorische Rahmenbedingungen.
- Das *Umsetzungspotenzial* berücksichtigt darüber hinaus eine Vielzahl von Umsetzungshemmnissen aufgrund derer sich die Umsetzungsraten weiter reduzieren. Zum großen Teil sind die detaillierten Informationen über Einsparmaßnahmen an der Gebäudehülle oder die Möglichkeiten, das eigene Verhalten zu korrigieren, nicht bekannt, oder es besteht eine Ungleichheit von Aufwendungen zum Nutzen von Energieeinsparungen („Investor-Nutzer-Dilemma“).



Abbildung 1: Potenzialpyramide (Quelle: Wuppertal-Institut, 2022)

Stoffliche Bewertung von Einsparmaßnahmen

Als Grundlage für die *stoffliche Bewertung* von Einsparmaßnahmen sind a) die wichtigsten *Wandaufbauten* in HEAT mittels einer Gewerke-Berechnung sowie b) auf der Ebene der *Heizungsanlagen* im Rahmen einer Stoffstrombilanz auf ihre Material-Zusammensetzung bilanziert worden.

Die Abbildung 2 zeigt beispielsweise den Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) zweier verschiedener Dämmvarianten einer Ziegel-Außenwand. Hieraus lässt sich die Menge der Dämmstoffe ableiten, die für die Ökobilanz benötigt werden.

Dadurch lassen sich Dämmmaßnahmen bzw. Änderungen bei Heizungsanlagen nicht nur energetisch (s.u.) sondern auch stofflich bilanzieren. Mittels einer Lebenszyklusanalyse-Analyse (LCA für Life Cycle Assessment) lassen sich die Umweltwirkung der eingesetzten Materialien bilanzieren. Die in HEAT ermittelten direkten Materialflüsse werden hierfür mit Datenbeständen vorhandener LCA-Datenbanken (im Wesentlichen von ÖKOBAUDAT und eigenen Datenbeständen des Wuppertal Instituts) verknüpft. Hiermit werden Sachbilanzen in Anlehnung an ISO 14040/14044 (ISO 14067 für Carbon Footprints) erstellt. Aus den so erstellten Sachbilanzen können weiterhin der kumulierte Energieaufwand (KEA) nach VDI 4600 sowie das (indirekte) Treibhausgas-Potenzial mit den hierfür vorhandenen Bewertungsverfahren berechnet werden.

Ziegelwand, massiv; E+R+M 18/48, M 68 EFHB, RHB, MHB, EFHC, RHC, MHC, MH_D/E					
Außenwand		Dicke (m)	Dichte (kg/m ³)	l (W/mK)	1/a bzw. 1/L (m ² K/W)
.1	EPS	Übergang innen			0,130
		Innenputz 0,015	1200	0,35	0,043
		Mauerwerk 0,25	1800	0,81	0,309
		Dämmschic 0,08	30	0,035	2,286
		Außenputz 0,02	1200	0,35	0,057
		Übergang außen			0,040
				1/k =	2,864
				k =	0,349
.2	Steinwolle	Übergang innen			0,130
		Innenputz 0,015	1200	0,35	0,043
		Mauerwerk 0,25	1800	0,81	0,309
		Dämmschic 0,089	60	0,04	2,225
		Außenputz 0,02	1200	0,35	0,057
		Übergang außen			0,040
				1/k =	2,804
				k =	0,357

Abbildung 2: Berechnung des U-Wertes und der Materialzusammensetzung bei der Dämmung einer Ziegelwand (Beispiel: EPS vs. Steinwolle) (Quelle: Wuppertal-Institut, 2000)

Energetische Bewertung von Einsparmaßnahmen

Die energetische Bilanzierung von Einsparmaßnahmen erfolgt entlang der drei Ebenen Energiedienstleistung, Nutzenergie und Endenergie (vgl. Abbildung 3).

Energiedienstleistung

Die **Energiedienstleistung (EDL)** beschreibt **nicht die Energie selbst**, sondern den **Nutzen**, den Energie für Menschen oder technische Systeme erbringt. Nach der Definition der IEA sind **Energiedienstleistungen** die *funktionalen Leistungen*, die Endenergie in Kombination mit Technik, Gebäuden und Nutzerverhalten bereitstellt².

Die wesentlichen Einflussfaktoren und Modelltreiber zur Bildung der Energiedienstleistung lassen sich aus den statistischen Daten der Wohnflächen- und aus Daten der Bevölkerungs-/Haushaltsentwicklung ablesen.

- Raumwärme: Wohnflächenentwicklung
- Warmwasser: Bevölkerungsentwicklung

Bestimmung der Nutzenergie

Die Nutzenergie ist diejenige Energie, die nach der letzten Umwandlung im Endgerät zur Erfüllung des gewünschten Zwecks – etwa Raumwärme, Licht oder mechanische Arbeit – bereitsteht³.

- Grundlage zur Differenzierung bilden ausgesuchte, signifikante Bautypen der deutschen Gebäudetypologie, nach Alters- und Größenklassen. Über eine Wärmebedarfsplanung (im Kern die SIA Norm SIA 380/1:2009) werden die gebäudetypischen spezifischen Nutzenergiebedarfe ermittelt (kWh/m²).
- **Transmissionsverluste:** Der Transmissionswärmeverlust kommt durch Wärmeübertragung zustande und wird zur Bestimmung der Energieverluste eines Raumes oder Gebäudes bestimmt. Ausschlaggebend für die Berechnungen ist die DIN EN 12831 (als Ersatz für die DIN 4701) mit nationalem Anhang.
- **Gradtagzahl (GTZ):** Die Gradtagzahl nach VDI 2067 ist ein Maß für den Wärmebedarf eines Gebäudes während der Heizperiode mit der Einheit [Kd/a]. Sie stellt den Zusammenhang zwischen der gewünschten Raumtemperatur (im Mittel 20 °C) zur Außenlufttemperatur dar. Die GTZ ist ein Hilfsmittel zur Bestimmung des Wärmebedarfs eines Wohnraumes und wird (ortsabhängig) gemessen, sobald die Außentemperatur unter 15 °C liegt. Sie ist das Produkt aus der Anzahl von Heiztagen und der Differenz der durchschnittlichen Tages-Außentemperaturen bei einer festgelegten Raumtemperatur von 20 °C.

Bestimmung der Endenergie

Die Endenergie ist die Energie, die dem Verbraucher nach Umwandlung und Transport zur Verfügung steht und von ihm genutzt wird⁴. Die Endenergie wird

² **IEA (2014):** *Energy Efficiency Market Report 2014 – Market Trends and Medium-Term Prospects*. Paris: International Energy Agency.

³ **Umweltbundesamt (o. J.):** . *Energiebegriffe einfach erklärt: Endenergie und Nutzenergie*. Dessau-Roßlau.

⁴ ebenda.

basierend auf der Nutzenergie unter Berücksichtigung der Effizienz von Heizungsanlagen ermittelt. Hierfür werden herangezogen:

- Heizungsart
- Energieträger,
- Wirkungsgrad.

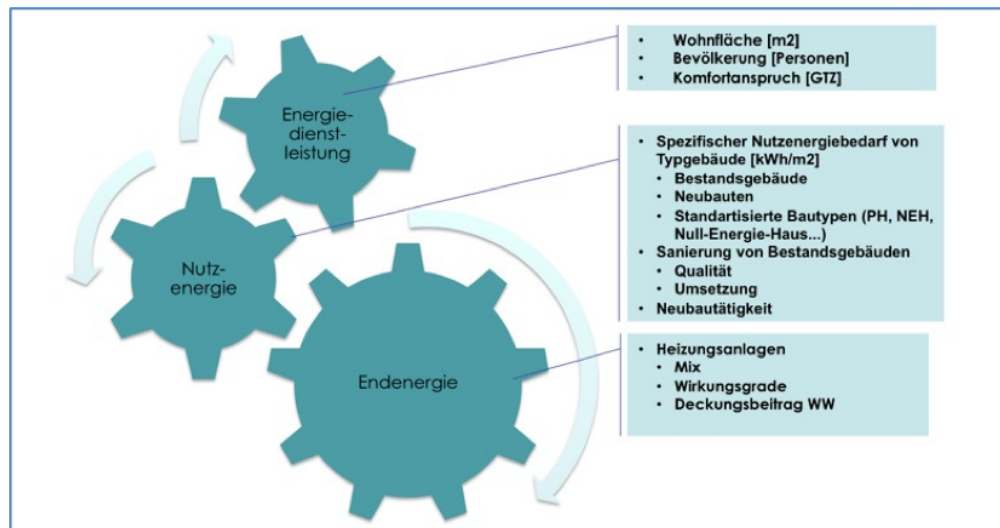


Abbildung 3: Schnittstellen & Systemelemente sowie deren Parametrisierung
(Quelle: Wuppertal-Institut, 2020)

Vor- und Nachteile des Modellansatzes

Zu den Vorteilen der technischen (Bottom-up)Modellierung zählen die sehr detaillierte Modellierung einzelner technischer Maßnahmen, einschließlich ihrer Kosten und Materialströme im Gebäudebereich sowie die präzise Darstellung des Geräte- und Anlagenbestands nach Jahrgängen und Effizienzklassen.

Auswirkungen von Markttransformationen durch informatorische Maßnahmen und durch Ordnungsrecht lassen sich sehr präzise in ihren Wirkungen analysieren und abbilden. Dies gilt mit Einschränkungen auch für fiskalische Instrumente, deren Wirkungen aber zum Teil in der Modellierung vorgeschalteten Analysen auf die technische Ebene „übersetzt“ werden müssen.

Die Nachteile des Modellansatzes sind die fehlenden (mathematischen) Rückkopplungsmechanismen sowie die erforderliche hohe Datenbreite. Durch die offene und modulare Modellstruktur ergeben sich keine (mathematisch) definierbaren Schnittstellen, an denen sich eine Rückbezüglichkeit bzw. dynamische Rückkopplung herstellen lassen kann. Der ‚Modellbauer‘ muss das System ‚von Außen‘ so steuern, dass die Inputparameter der nächsten Zeitscheiben diese Rückkopplungseffekte enthalten.

Kontakt

Thomas Hanke – thomas.hanke@wupperinst.org