IÖR-Schriften / Band 38

**Karin Gruhler, Ruth Böhm,
Clemens Deilmann, Georg Schiller**

Stofflich-energetische Gebäudesteckbriefe – Gebäudevergleiche und Hochrechnungen für Bebauungsstrukturen

Herausgeber:
Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.
Direktor Prof. Dr. Bernhard Müller
Weberplatz 1
D-01217 Dresden
Tel.: (0351) 4679-0
Fax: (0351) 4679-212
E-Mail: Raumentwicklung@ioer.de
Homepage: http://www.ioer.de

©2002 IÖR

Inhaltsverzeichnis

Einleitung		**1**
1	**Umweltorientiertes Berechnungsverfahren für Gebäudetypen**	**3**
1.1	Baustoff-Berechnungs-Programm	4
1.1.1	Teil I – Stoffberechnungen für Bauteile	5
1.1.2	Teil II – Stoffberechnungen für Baustoffgruppen	9
1.1.3	Ableitung von Umweltkennwerten	12
1.1.4	Rahmenbedingungen zum Baustoff-Berechnungs-Programm	13
1.2.	Gebäudetypologie	16
1.2.1	Sinn und Zweck von Gebäudetypologien	16
1.2.2	Geeignete Gebäudetypologien	17
1.2.3	Auswahl konkreter Gebäudetypen	20
2	**Stofflich-energetische Kennwerte unterschiedlicher Gebäudetypen – Dokumentation**	**25**
2.1	Mehrfamilienhäuser	28
2.1.1	Viergeschossiges Mehrfamilienhaus vor 1918 in Fachwerkbauweise – Typenvertreter IMF 1	28
2.1.2	Dreigeschossiges Mehrfamilienhaus von 1870 bis 1918 in Ziegelbauweise – Typenvertreter IMZ 2	38
2.1.3	Viergeschossiges Mehrfamilienhaus von 1870 bis 1918 in Ziegelbauweise – Typenvertreter IMZ 3	48
2.1.4	Viergeschossiges Mehrfamilienhaus von 1919 bis 1945 in Ziegelbauweise – Typenvertreter IMZ 4	58
2.1.5	Viergeschossiges Mehrfamilienhaus nach 1945 in Ziegelbauweise – Typenvertreter IMZ 5	68
2.1.6	Viergeschossiges Mehrfamilienhaus von 1961 bis 1970 in Block- und Streifenbauweise – Typenvertreter IMI 1	78
2.1.7	Fünfgeschossiges Mehrfamilienhaus nach 1970 in Plattenbauweise – Typenvertreter IMI 2	88
2.1.8	Elfgeschossiges Mehrfamilienhaus nach 1970 in Plattenbauweise – Typenvertreter IMI 3	97
2.1.9	Achtzehngeschossiges Mehrfamilienhaus nach 1970 in Plattenbauweise – Typenvertreter IMI 4	106
2.1.10	Dreigeschossiges Mehrfamilienhaus nach 1990 in Ziegelbauweise – Typenvertreter GWB	116

2.2	Einfamilienhäuser	126
2.2.1	Eingeschossiges Einzelhaus nach 1960 mit ausgebautem Dachgeschoss – Typenvertreter E-EH 1	126
2.2.2	Eingeschossiges Einzelhaus nach 1960 mit nicht nutzbarem Dachgeschoss – Typenvertreter E-EH 2	135
2.2.3	Eingeschossiges Einzelhaus nach 1990 mit nicht ausgebautem Dachgeschoss – Typenvertreter E-EH 3	145
2.2.4	Eingeschossiges Doppelhaus nach 1960 mit ausgebautem Dachgeschoss – Typenvertreter E-DH 1	154
2.2.5	Eingeschossiges Doppelhaus nach 1960 mit ausgebautem Dachgeschoss – Typenvertreter E-DH 2	164
2.2.6	Zweigeschossiges Reihenhaus nach 1960 mit nicht ausgebautem Dachgeschoss – Typenvertreter E-RH 1	174
2.2.7	Zweigeschossiges Reihenhaus nach 1960 mit nicht nutzbarem Dachgeschoss – Typenvertreter E-RH 2	184
2.2.8	Zweigeschossiges Reihenhaus nach 1990 mit nicht ausgebautem Dachgeschoss – Typenvertreter E-RH 3	194
3	**Vergleich unterschiedlicher Gebäudetypen**	**203**
3.1	Mehrfamilienhäuser	203
3.1.1	Grundflächen und Volumen	203
3.1.2	Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität	208
3.1.3	Heizenergiebedarf	212
3.1.4	Umweltkennwerte	213
3.2	Einfamilienhäuser	216
3.2.1	Grundflächen und Volumen	216
3.2.2	Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität	220
3.2.3	Heizenergiebedarf	224
3.2.4	Umweltkennwerte	226
3.3	Orientierungswerte und Kernaussagen	228
4	**Anwendung stofflich-energetischer Kennwerte auf Ebene von Bebauungsstrukturen**	**236**
4.1	Verbindungselement Gebäudemix	236
4.2	Stofflich-energetische Kennwerte für Stadtstrukturtypen der Wohnbebauung	238
4.2.1	Stadtstrukturtypen und Gebäudemix	238
4.2.2	Stoffkennwerte für Stadtstrukturtypen – Stoffintensität	242
4.2.3	Energiekennwerte für Stadtstrukturtypen – Kumulierter Energieaufwand	249
4.2.4	Kernaussagen	254

Zusammenfassung **259**

Anhang A **263**
Baustofftabelle 264
Umweltkennwerte 267

Anhang B **271**
Rahmenbedingungen zum Baustoff-Berechnungs-Programm 272

Literaturverzeichnis **285**

Tabellenverzeichnis **289**

Abbildungsverzeichnis **296**

Abkürzungsverzeichnis **305**

Einleitung

Die Entwicklung des Wohnungsbestandes wird vorrangig von wirtschaftlichen und wohnungsmarktbezogenen Kriterien geprägt, umweltbezogene Aspekte finden bisher nur wenig Berücksichtigung. Durch die Nachhaltigkeitsdiskussion unterstützt, gewinnt jedoch die Betrachtung der ökologischen Effekte des Bauens und Wohnens in der Stadt- und Raumforschung an Bedeutung. Um Strategien zur umweltorientierten Erhaltung und Fortführung des Wohnungsbestandes anregen und umsetzen zu können, werden als Entscheidungsgrundlage ökologische, ressourcenbezogene Aussagen benötigt. D. h., Informationen und Kennwerte zu stofflich-energetischen Größen wie Stofflager, Stoffintensität, Kumulierter Energieaufwand oder Heizenergiebedarf sind für die Einschätzung und Bewertung von Sanierungs-, Umbau- und Neubaumaßnahmen unabdingbar und bilden die Grundlage für ein vorausschauendes Stoffstrommanagement. An dieser Stelle soll die vorliegende IÖR-Schrift einen Beitrag leisten.

Grundlage für die stofflich-energetische Einschätzung des Wohnungsbestandes ist seine Untergliederung in Gebäudetypen. Gebäudetypen werden anhand definierter Unterscheidungsmerkmale, wie z. B. Baujahr, Bauweise und Geschossigkeit, gebildet und teilen die Gesamtheit der Wohngebäude in charakteristische Gruppen. Die einzelnen Gebäudetypen weisen spezielle stofflich-energetische Kennwerte auf. Durch entsprechende Grundaussagen über vorhandene Gebäudetypen sowie die Kenntnis über deren Häufigkeit innerhalb städtebaulicher Strukturen können Hochrechnungen auf Quartiers-, Wohngebiets-, Stadtteil- bzw. Stadtebene erfolgen.

Zur Ermittlung der stofflich-energetischen Kennwerte wurde ein EXCEL-gestütztes Baustoff-Berechnungs-Programm entwickelt. Das Programm ermöglicht es, unterschiedliche Gebäudetypen hinsichtlich ihrer stofflichen und energetischen Qualitäten zu beschreiben und zu bewerten. So lassen sich die in den Gebäudetypen vergegenständlichten Stoffe und Energien (Stofflager, Stoffintensität, Kumulierter Energieaufwand für die Herstellung) sowie damit verbundene mögliche Umweltwirkungen (Versauerungs- und Treibhauspotenzial) berechnen und abbilden.

Hauptinhalt der Schrift sind die Beschreibung des Baustoff-Berechnungs-Programms sowie die Dokumentation der mithilfe dieses Programms ermittelten stofflich-energetischen Kennwerte unterschiedlicher Mehr- und Einfamilienhaus-Gebäudetypen.

In **Kapitel 1** wird die Methodik des Baustoff-Berechnungs-Programms beschrieben. Dabei werden die einzelnen Programmteile, Gliederungen, Rechenschritte, Zusammenfassungen sowie Verknüpfungen detailliert dargestellt und erläutert sowie ent-

sprechende Rahmenbedingungen im Sinne notwendiger Festlegungen geschildert. Diese Erläuterungen dienen einerseits dem Verständnis der Gebäudetypen-Dokumentation in Kapitel 2, andererseits führen sie in die Programmstruktur ein und erleichtern dem Nutzer den Einstieg. Das Baustoff-Berechnungs-Programm kann als Software auf Anfrage beim IÖR angefordert werden.

Kapitel 2 macht den Hauptteil der IÖR-Schrift aus und beinhaltet die Gebäudetypen-Dokumentation. Innerhalb dieser Dokumentation werden zehn Mehrfamilienhäuser der Baujahre 1880-1990 und acht Einfamilienhäuser des Zeitraumes 1960-1990 vorgestellt. Für jedes Gebäude sind die mithilfe des Baustoff-Berechnungs-Programms ermittelten stofflich-energetischen Kennwerte dargestellt. Neben allgemein gebäudebeschreibenden Angaben werden Aussagen zu gebäudetypischen Flächen und Volumen, Bauteilaufbauten und Baustoffmengen, zum Heizenergiebedarf sowie zu ausgewählten Umweltindikatoren gemacht. Die einzelnen stofflich-energetischen Kennwerte tragen Sachdatencharakter, d. h., hinsichtlich ihrer quantitativen und qualitativen Ausprägung werden im Rahmen der Dokumentation keine Einschätzungen und Wertungen vorgenommen. Die Gebäudetypen-Dokumentation ist damit eher ein Nachschlagewerk, das auf Basis „neutraler" Grunddaten die Möglichkeit bietet, eigene Kalkulationen und Hochrechnungen vorzunehmen.

Inhalt von **Kapitel 3** sind vergleichende Betrachtungen zwischen den einzelnen Gebäudetypen. Die ermittelten stofflich-energetischen Kennwerte werden sowohl innerhalb der Mehr- und Einfamilienhäuser als auch übergreifend einander gegenübergestellt.

In **Kapitel 4** wird die Umsetzung stofflich-energetischer Kennwerte von der Gebäudeebene auf höhere Maßstabsebenen beschrieben. Als Beispiel wird die Hochrechnung stofflich-energetischer Kennwerte auf Stadtstrukturtypen-Ebene vorgestellt. Im Rahmen dieser Hochrechnungen werden die entsprechenden Gebäudekennwerte auf die Gesamtheit der in den Gebieten vorhandenen Gebäudetypen (Gebäudemix – Gebäudetyp und Häufigkeit) und damit unterschiedliche Bebauungsstrukturen übertragen. Als Ergebnis dieser Arbeit können Aussagen zum Stofflager, zur Stoffintensität und zu relevanten Umweltindikatoren für charakteristische Bebauungsformen abgeleitet sowie entsprechende Einschätzungen und Bewertungen vorgenommen werden.

1 Umweltorientiertes Berechnungsverfahren für Gebäudetypen

Die Erläuterungen zum Baustoff-Berechnungs-Programm dienen einerseits dem Verständnis der Gebäudetypen-Dokumentation in Kapitel 2. Andererseits führen sie in die Programmstruktur ein und erleichtern dem Software-Nutzer den Einstieg.

Das Baustoff-Berechnungs-Programm wurde entwickelt, da vorhandene Programme und Verfahren als Werkzeuge der Entscheidungsoptimierung konzipiert sind und sich weniger für die Bilanzierung des Wohnungsbestandes eignen. Zwar sind die gebotenen Programme von der Handhabung her meist sehr anwenderfreundlich, bieten dem Anwender jedoch häufig nicht die Möglichkeit, die Verarbeitung eingegebener Daten, d. h. Berechnungsschritte und -formeln, nachzuvollziehen.

Im IÖR-Baustoff-Berechnungs-Programm sind alle Daten und Rechenschritte einsehbar und lassen sich von der Eingabe bis zum Ergebnis verfolgen. Hinsichtlich der Ableitung umweltorientierter Größen ist das Baustoff-Berechnungs-Programm mit dem allgemein akzeptierten und frei im Internet verfügbaren Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) gekoppelt. Durch diese Verknüpfung können Daten für unterschiedliche Umweltindikatoren (Kumulierter Energieaufwand, Versauerungspotenzial, Treibhauspotenzial) abgeleitet werden.

Mithilfe des Baustoff-Berechnungs-Programms wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Gebäudetypen berechnet. Im Rahmen der Dokumentation werden jedoch nur einige ausgewählte vor allem vor 1990 gebaute Mehr- sowie Einfamilienhäuser der neuen Bundesländer vorgestellt. Im Falle der Mehrfamilienhaus-Gebäudetypen dient der Gebäudeatlas (Schulze, Walther 1990 a und b) als Grundlage, im Falle der Einfamilienhaus-Typen wird auf die Eigenheim-Projektauswahl (IfLB 1984 und 1987) zurückgegriffen.

Im Rahmen der methodischen Beschreibung des Baustoff-Berechnungs-Programms werden zur Visualisierung der einzelnen Rechenschritte und Ergebnisse Tabellen und Grafiken eingefügt. In diesen ist als Beispiel stets das dreigeschossige Mehrfamilienhaus von 1870 bis 1918 in Ziegelbauweise (Typenvertreter IMZ 2) dargestellt.

Der Programm-Anwender sollte in jedem Fall zusätzlich Anhang A und vor allem Anhang B der Publikation lesen. Die Modalitäten der Bauteilflächenermittlung und Grund-Modulerarbeitung sind bei der Eingabe eigener Daten zu beachten, damit die Ergebnisse der Gebäudetypen-Dokumentation miteinander verglichen werden können.

1.1 Baustoff-Berechnungs-Programm

Das Baustoff-Berechnungs-Programm (BBP) für Gebäude besteht aus zwei Teilen, zum einen den Stoffberechnungen für Bauteile und zum anderen den Stoffberechnungen für Baustoffgruppen (Abb. 1-1).

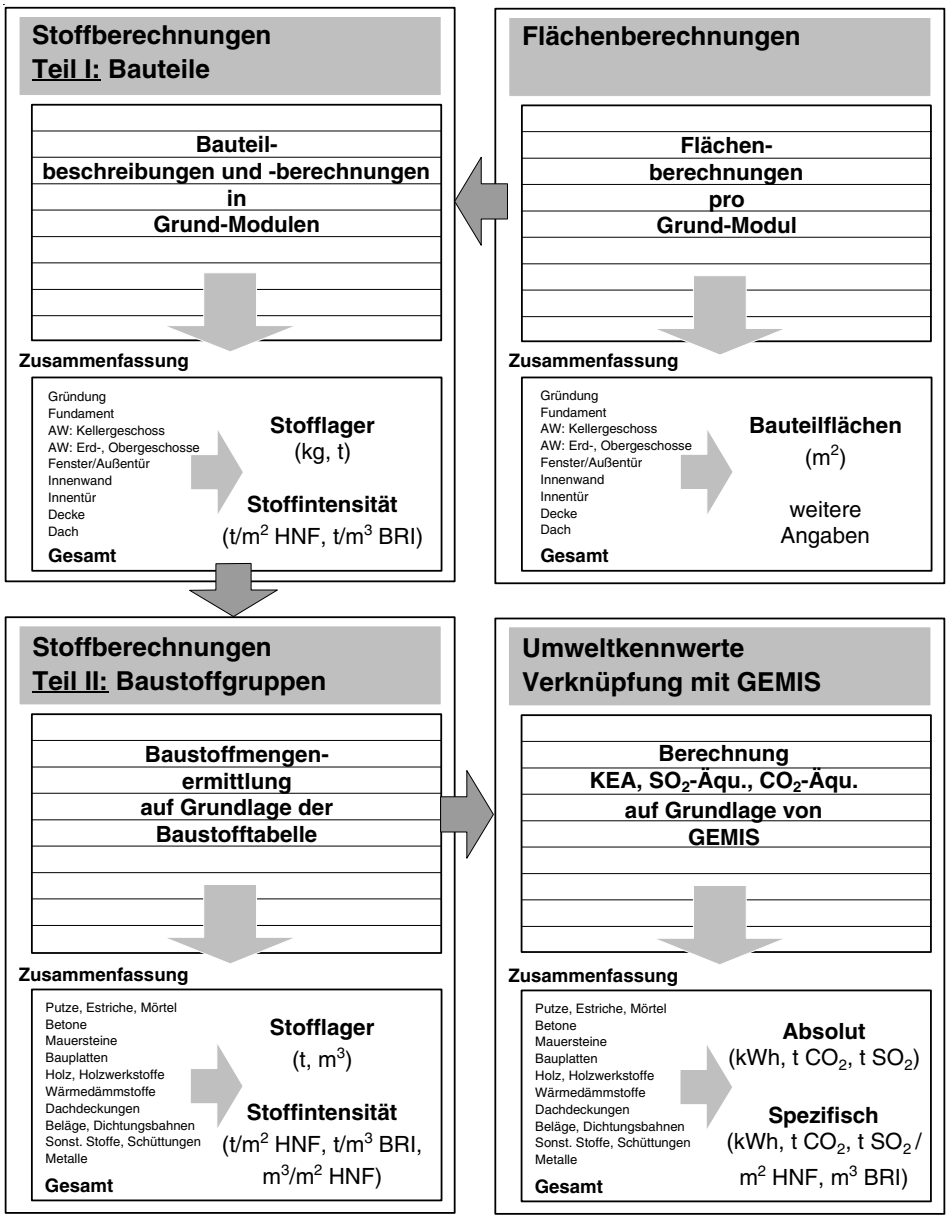


Abb. 1-1: Baustoff-Berechnungs-Programm – Systematische Darstellung (Quelle: Eigener Entwurf)

Im Teil I des Baustoff-Berechnungs-Programms, **Stoffberechnungen für Bauteile**, werden die in einem Gebäude verbauten Stoff- bzw. Materialmengen nach Bauteilen geordnet ermittelt. Die unterschiedlichen Bauteile des Gebäudes werden dazu hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Dimensionierung in so genannten Grund-Modulen beschrieben und mengenmäßig bestimmt. Zur Ableitung spezifischer Baustoffmengen werden die Stoffberechnungen für Bauteile mit den parallel laufenden Flächenberechnungen verknüpft.

Im Teil II, **Stoffberechnungen für Baustoffgruppen**, erfolgt die Zuordnung der in Teil I ermittelten Stoffmengen für Bauteile zu Baustoffgruppen. Die bauteilbezogenen Stoff- bzw. Materialmengen werden dabei mithilfe codierter Suchbefehle einer nach Baustoffgruppen gegliederten Baustofftabelle zugeordnet. Das Ergebnis sind Baustoffmengen einzelner Baustoffe bzw. Baustoffgruppen. Des Weiteren ist der zweite Teil des Baustoff-Berechnungs-Programms hinsichtlich der ökologischen Wirkungen der eingesetzten Stoffe und Materialien mit Grunddaten zu relevanten Umweltindikatoren aus dem Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS 1998[1]) gekoppelt.

1.1.1 Teil I – Stoffberechnungen für Bauteile

Zu Beginn der Berechnungen wird das zu analysierende Gebäude in unterschiedliche Bauteile unterteilt. Dabei wird in Anlehnung an die DIN 276 „Kosten im Hochbau“ (Weiß 1995) nach der folgenden Gliederung vorgegangen:

- Gründung,
- Fundament,
- Außenwand: Kellergeschoss,
- Außenwand: Erd- und Obergeschosse,
- Fenster / Außentür,
- Innenwand,
- Innentür,
- Decke,
- Dach.

Innerhalb dieser Unterteilung wird jedes Bauteil anhand so genannter Grund-Module beschrieben. Je nach Art und Ausführung der einzelnen Bauteile sind ein oder meh-

[1] Das Computermodell GEMIS wurde als Instrument zur vergleichenden Untersuchung von Umwelteffekten der Energiebereitstellung und -nutzung vom Öko-Institut e. V. und der Gesamthochschule Kassel (GhK) in den Jahren 1987-1989 entwickelt und seitdem kontinuierlich weiterentwickelt und aktualisiert. GEMIS umfasst Grunddaten zur Bereitstellung von Energieträgern, zu Technologien zur Bereitstellung von Wärme und Strom, zur Stoffbereitstellung sowie zu Transportprozessen. (GEMIS 1999, Z-1)

rere unterschiedliche Grund-Module erforderlich. So lassen sich die Bauteile Gründung und Fundament in der Regel durch jeweils ein Modul beschreiben, wobei innerhalb dieses Moduls nochmals Differenzierungen in unterschiedliche Baustoffkombinationen, z. B. Fundament aus Ziegelmauerwerk, Bruchsteinmauerwerk oder Beton, möglich sind. Außen- und Innenwände hingegen sind aufgrund häufigerer unterschiedlicher Stärken und Materialzusammensetzungen bzw. Baustoffkombinationen im Allgemeinen in mehrere Module zu untergliedern. Jedes Grund-Modul ist nach dem gleichen Prinzip aufgebaut (Tab. 1-1).

Tab. 1-1: Grund-Modul für das Bauteil Fundament – Beispiel dreigeschossiges Gründerzeitgebäude
(Quelle: Eigene Berechnung)

Fundament								
(1) Index	(2)	(3)	(4) Anteil %	(5) Höhe/ Dicke m	(6) Dichte kg/m³	(7) Menge kg/m²	(8) Menge kg	(9)
	Fundament							
	Ziegelmauerwerk		35	0,600				
32	– Vollziegel %	75		0,450	1 800	283,5	14 238,2	
12	– Mörtel %	25		0,150	2 000	105,0	5 273,4	
	Bruchsteinmauerwerk		35	0,600				
39	– Bruchstein %	80		0,480	2 200	369,6	18 562,3	
12	– Mörtel %	20		0,120	2 000	84,0	4 218,7	
21	Beton B5		30	0,600	2 400	432,0	21 696,2	
						1 274,1	Summe	**63 988,9**
Gesamt								**63 988,9**

Jedes Grund-Modul besteht aus 9 Spalten, wobei die ersten sechs Spalten der Dateneingabe (Stoffbezeichnungen, Zahlenwerte) dienen. Die letzten drei Spalten werden durch das Programm berechnet.

In den Spalten 1 und 2 werden die unterschiedlichen Baustoffschichten bzw. -kombinationen des Bauteiles benannt (Spalte 2) und mit einem Index (Spalte 1) versehen. Der Index wird dabei einer vorgegebenen Baustofftabelle (Anhang A) entnommen. Er stellt eine Art Code dar und dient im zweiten Teil des Baustoff-Berechnungs-Programms der Zuordnung der bauteilbezogen ermittelten Stoffmengen zu Baustoffgruppen.

In den Spalten 3 und 4 werden die Anteile der einzelnen Baustoffschichten beschrieben. Dabei wird eine Unterscheidung vorgenommen. Zum einen wird beschrieben, wie häufig bestimmte Baustoffschichten bzw. -kombinationen bezogen auf die Gesamtheit des betrachteten Gebäudetyps vorkommen (Spalte 4). So wird z. B. eingeschätzt, dass bei den gründerzeitlichen Gebäudetypen die Fundamentvarianten

Ziegelmauerwerk, Bruchsteinmauerwerk und Stampfbeton ähnlich vertreten sind, nämlich Ziegelmauerwerk zu einem Anteil von 35 %, Bruchsteinmauerwerk zu 35 % und Stampfbeton zu 30 %. Zum anderen werden die Anteile einzelner Stoffe in Stoffkombinationen beschrieben, z. B., dass der Anteil des Mörtels im Ziegelmauerwerk für Fundamente 25 % beträgt (Spalte 3).

In Spalte 5 ist die Dicke der jeweiligen Baustoffschicht in Metern angegeben. In Spalte 6 wird die Dichte der jeweiligen Baustoffschicht in Kilogramm pro Kubikmeter entsprechend der vorgegebenen Baustofftabelle eingetragen.

Nach Eingabe der Daten in die Spalten 1 bis 6 erfolgen in den Spalten 7 bis 9 die eigentlichen Stoffmengenberechnungen. In Spalte 7 wird für jede Baustoffschicht die Stoffmenge in Kilogramm bezogen auf den Quadratmeter Bauteilfläche ermittelt. Dies erfolgt stets durch Multiplikation der Dicke bzw. Höhe der jeweiligen Baustoffschicht mit ihrer Dichte. Die Stoffmengen bezogen auf den Quadratmeter Bauteilfläche werden danach jeweils mit der tatsächlichen Bauteilfläche, die den im Modul beschriebenen Aufbau hat, zu absoluten Stoffmengen in Kilogramm multipliziert (Spalte 8). Die dafür notwendigen Bauteilflächen werden der für jedes Grund-Modul parallel laufenden Flächenberechnung entnommen. In Spalte 9 werden die absoluten Stoffmengen zu einem absoluten Wert für das entsprechende Grund-Modul addiert.

Sind alle Bauteile in der dargestellten Art und Weise erfasst, beschrieben und berechnet, erfolgt eine bauteilbezogene Zusammenfassung, wie hier am Beispiel eines dreigeschossigen Gründerzeitgebäudes dargestellt (Tab. 1-2, Abb. 1-2).

Tab. 1-2: Stoffberechnungen für Bauteile – Zusammenfassung: Beispiel dreigeschossiges Gründerzeitgebäude (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Bauteile				
	kg	**t**	**t/m² HNF**	**t/m³ BRI**
Gründung	69 877	70	0,180	0,025
Fundament	63 989	64	0,165	0,023
Außenwand: Kellergeschoss	117 524	117	0,303	0,043
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	368 502	369	0,949	0,133
Fenster / Außentür	2 437	2	0,006	0,001
Innenwand	312 716	313	0,806	0,113
Innentür	1 731	2	0,004	0,001
Decke	177 839	178	0,458	0,064
Dach	11 800	12	0,030	0,004
Gesamt	**1 126 417**	**1 127**	**2,902**	**0,407**

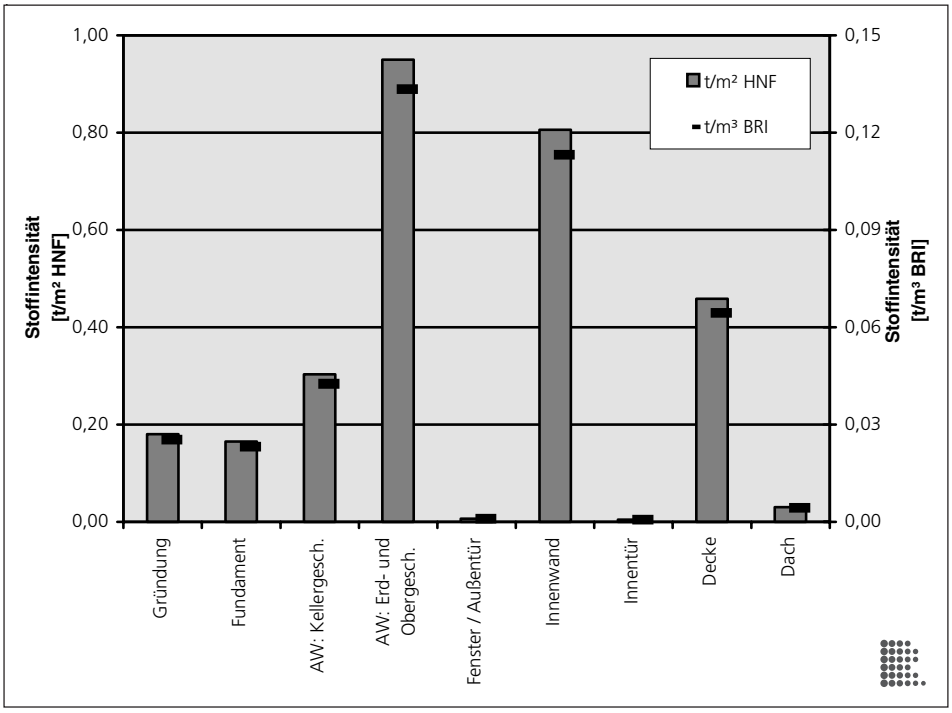


Abb. 1-2: Bauteilbezogene spezifische Baustoffmengen – Stoffintensität eines dreigeschossigen Gründerzeitgebäudes (Quelle: Eigener Entwurf)

Die für die Bauteile ermittelten Baustoffmengen lassen sich sowohl als absolute als auch als spezifische Größen ableiten. Die absoluten Größen beschreiben das Stofflager, die spezifischen Größen hingegen liefern Aussagen zur Stoffintensität. Stofflager und Stoffintensität sind wie folgt definiert:

Das **Stofflager** ist eine absolute Größe und spiegelt die Baustoffmenge in Kilogramm oder Tonnen wider, die in einem Bauteil bzw. einem Gebäude vergegenständlicht ist. Die **Stoffintensität** ist eine spezifische Größe und beschreibt die in einem Bauteil bzw. einem Gebäude vergegenständlichte Baustoffmenge bezogen auf den Quadratmeter einer gebäudetypischen Fläche oder den Kubikmeter eines gebäudetypischen Volumens.

Zur Bildung der Stoffintensität wurden als Bezugsgrößen die Hauptnutzfläche (HNF) und der Brutto-Rauminhalt (BRI) gewählt. Andere Bezugsgrößen wie z. B. Brutto-Grundfläche (BGF), Netto-Grundfläche (NGF) oder Nutzfläche (NF) sind auch möglich. Sie werden in den parallel laufenden Flächenberechnungen ermittelt und können jederzeit in die Betrachtungen einbezogen werden.

1.1.2 Teil II – Stoffberechnungen für Baustoffgruppen

Um die im Teil I für die einzelnen Bauteile ermittelten Baustoffmengen differenzierter einschätzen und bewerten zu können, werden sie im Teil II des Baustoff-Berechnungs-Programms der jeweiligen Baustoffgruppe zugeordnet. Dabei wird auf Grundlage einer definierten Baustofftabelle[2] nach folgender Gliederung vorgegangen:

1 – Putze, Estriche, Mörtel,

2 – Betone,

3 – Mauersteine,

4 – Bauplatten,

5 – Holz, Holzwerkstoffe,

6 – Wärmedämmstoffe,

7 – Dachdeckungen,

8 – Beläge, Dichtungsbahnen,

9 – Sonstige Stoffe, Schüttungen,

10 – Metalle.

Diesen zehn Baustoffgruppen werden die in den einzelnen Bauteilen vergegenständlichten Baustoffe zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt mithilfe des bereits erwähnten Indexes. Dieser ist in der Baustofftabelle festgelegt und wird wie folgt gebildet:

Der erste Teil des Indexes gibt durch eine Ziffer wieder, welcher Baustoffgruppe der jeweilige Baustoff angehört. So ist z. B. Kalksandstein der Baustoffgruppe 3 „Mauersteine" zuzuordnen und erhält als ersten Teil des Indexes die Ziffer 3. Der zweite Teil des Indexes ergibt sich aus der laufenden Nummerierung der in dieser Stoffgruppe registrierten Baustoffe. Kalksandstein ist an fünfter Stelle aufgeführt und erhält somit als zweiten Teil des Indexes die Ziffer 5. Der Index für Kalksandstein ist damit 35 (Tab. 1-3).

Die so ermittelten Indexe werden im ersten Teil des Baustoff-Berechnungs-Programms im Rahmen der Grund-Module (Spalte 1) allen aufgeführten Baustoffen zugeordnet. Über einen indexabhängigen Suchbefehl erfolgt die summarische Zusammenfassung aller dem gleichen Index zugeordneten absoluten Stoffmengen (Spalte 4). Damit wird für jeweils gleiche aber in unterschiedlichen Bauteilen verwendete Baustoffe eine absolute Gesamtmenge ermittelt. Diese absolute Baustoffmenge lässt sich als Masse in Kilogramm (Spalte 4) bzw. Tonnen (Spalte 5) sowie als Volumen in Kubikmeter (Spalte 6) abbilden. Die Berechnung des Volumens erfolgt durch

[2] In der Baustofftabelle sind unterschiedliche Baustoffe, nach Baustoffgruppen sortiert, aufgeführt. Jeder Baustoff wird dabei durch einen Index sowie seine, im Rahmen der Berechnungen relevante Dichte definiert. Die vollständige Baustofftabelle befindet sich im Anhang A.

Tab. 1-3: Ausschnitt aus der Baustofftabelle – Beispiel dreigeschossiges Gründerzeitgebäude (Quelle: Eigene Berechnung)

(1) Index	(2)	(3) Dichte kg/m³	(4) Menge kg	(5) Menge t	(6) Menge m³
3	**Mauersteine**				
31	Klinker	2 200	0	0	0
32	Vollziegel	1 800	560 413	560	311
33	Hochlochziegel	1 400	0	0	0
34	Leichthochlochziegel	800	0	0	0
35	Kalksandstein	2 000	0	0	0
36	Gasbeton-Blocksteine	600	0	0	0
37	Beton-Hohlblocksteine	1 500	0	0	0
38	Beton-Hüttensteine	1 800	0	0	0
39	Bruchstein	2 200	18 562	19	8
310	...	...			
311	...	...			
Summe			**578 975**	**579**	**320**

Multiplikation der Dichte (Spalte 3) mit der absoluten Stoffmenge in Kilogramm (Spalte 4). Weiterhin werden die absoluten Baustoffmengen unterschiedlicher Baustoffe innerhalb ein und derselben Stoffgruppe zu einem Gesamtwert pro Baustoffgruppe (Summe) zusammengefasst.

Sind alle absoluten Baustoffmengen entsprechend der dargestellten Art und Weise zugeordnet und erfasst, erfolgt abschließend, adäquat der bauteilbezogenen Zusammenfassung in Teil I des Baustoff-Berechnungs-Programms, eine baustoffgruppenbezogene Zusammenfassung. Sie ist, wie die bauteilbezogene Zusammenfassung, in der Darstellung flexibel. Die ermittelten Werte können sowohl als absolute als auch als spezifische Größen ausgewiesen werden (Tab. 1-4, Abb. 1-3).

Die Zusammenstellung der Stoffmengen ist auch aus abfallwirtschaftlicher Perspektive aufschlussreich. Die erarbeitete Baustofftabelle ist mit einer Unterteilung in zehn Baustoffgruppen breiter angelegt als der Abfallschlüssel des Europäischen Abfallkataloges (EAKV 1996), der eine Differenzierung in mineralische, anorganische, organische, Verbund- und sonstige Baustoffe vorsieht. Die Zuordnung der gewählten Baustoffgruppen zu den im Abfallschlüssel definierten ist damit trotzdem gegeben. Darüber hinaus sind durch die differenzierteren Betrachtungen im Rahmen der Baustofftabelle detaillierte Aussagen zur Zusammensetzung von Bauteilen und Gebäuden möglich, die weit über die dargestellte Zusammenfassung der Stoffgruppen hinausgehen. In Sonderauswertungen lassen sich Mengengerüste zu Fragen der Weiterverwertung bzw. des Recyclings aufstellen, die für einzelne Branchen der Bauindustrie von Bedeutung sind.

Tab. 1-4: Stoffberechnungen für Baustoffgruppen – Zusammenfassung: Beispiel dreigeschossiges Gründerzeitgebäude (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Stoffgruppen					
	t	m³	t/m² HNF	t/m³ BRI	m³/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	304	164	0,784	0,110	0,424
Betone	63	26	0,161	0,023	0,067
Mauersteine	579	320	1,492	0,209	0,824
Bauplatten	0	0	0,000	0,000	0,000
Holz, Holzwerkstoffe	43	72	0,111	0,016	0,185
Wärmedämmstoffe	7	16	0,017	0,002	0,041
Dachdeckungen	7	3	0,017	0,002	0,009
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0,000	0,000	0,000
Sonst. Stoffe, Schüttungen	124	76	0,320	0,045	0,196
Metalle	0	0	0,000	0,000	0,000
Gesamt	**1 127**	**677**	**2,902**	**0,407**	**1,745**

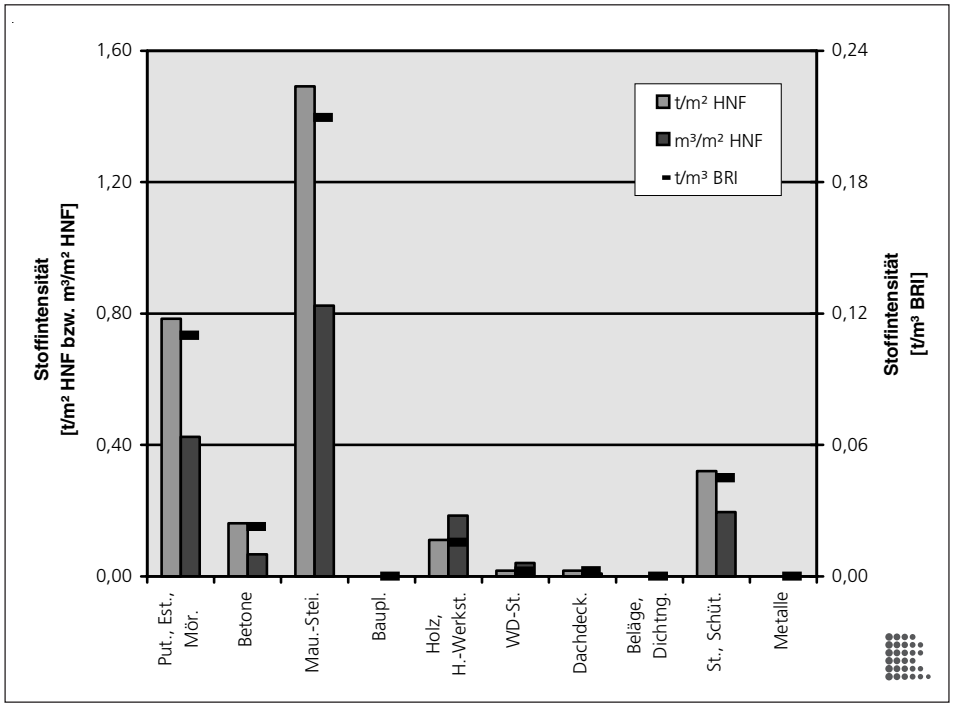


Abb. 1-3: Baustoffgruppenbezogene spezifische Baustoffmengen – Stoffintensität eines dreigeschossigen Gründerzeitgebäudes (Quelle: Eigener Entwurf)

Die Baustofftabelle ist erweiterungsfähig aufgebaut. Sowohl das Einfügen neuer Baustoffgruppen als auch das Eintragen weiterer Baustoffe in vorhandene Baustoffgruppen ist möglich. In beiden Fällen ist der jeweils zutreffende Teil des Indexes zu erweitern. Für die Integration neuer Baustoffgruppen wird die den ersten Teil des Indexes bestimmende, laufende Nummerierung mit den Ziffern 11, 12 usw. fortgesetzt. Für die Aufnahme neuer Baustoffe in eine vorhandene Baustoffgruppe muss der zweite Teil des Indexes in seiner Nummerierung erweitert werden.

1.1.3 Ableitung von Umweltkennwerten

Zur Einschätzung und Bewertung der von den verwendeten Baustoffen ausgehenden ökologischen Effekte und Wirkungen ist das im Teil II des Baustoff-Berechnungs-Programms ermittelte baustoffgruppenbezogene Mengengerüst mit Daten zu unterschiedlichen Umweltindikatoren gekoppelt (vgl. Abb. 1-1). Als relevante Umweltindikatoren werden der **Kumulierte Energieaufwand**, das **Versauerungspotenzial** sowie das **Treibhauspotenzial** gewählt. Sie sind wie folgt definiert:

– **Kumulierter Energieaufwand (KEA)**

  Der Kumulierte Energieaufwand gibt die Gesamtheit des primärenergetisch bewerteten Aufwandes an, der im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines Produktes oder einer Dienstleistung entsteht bzw. dieser ursächlich zugewiesen werden kann. Er setzt sich dementsprechend aus den kumulierten Energieaufwendungen für die Herstellung (KEA_H), für die Nutzung (KEA_N) und für die Entsorgung (KEA_E) zusammen. Die vergegenständlichte Energie von Produkten, die sich aus unterschiedlichen Stoffen zusammensetzen, entspricht dem Kumulierten Energieaufwand, der für die Herstellung dieser Stoffe erforderlich ist (KEA_H). Ende der 80er Jahre wurde der Begriff des Kumulierten Energieaufwandes zur Beschreibung der energetischen Aufwendungen für Produkte über ihre Lebensdauer eingeführt.

  $KEA = KEA_H + KEA_N + KEA_E$ (VDI 4600 1995).

– **Versauerungspotenzial (Ap – Acidification Potential)**

  Das Versauerungspotenzial beschreibt das Ausmaß möglicher Schadwirkungen in Gewässern und Böden durch saure Gase. Saure Gase sind Schwefeldioxid (SO_2), Stickoxide (NO_X), Ammoniak (NH_3), Chlorwasserstoff (HCl) sowie Fluorwasserstoff (HF). Für sie liegen relative Versauerungspotenziale (Ap_i) in SO_2-Äquivalenten vor. Die Berechnung des Versauerungspotenzials als SO_2-Äquivalent erfolgt durch Multiplikation der einzelnen Mengen m_i der entsprechenden atmosphärischen Emissionen mit dem jeweiligen Ap_i-Wert.

  $$Ap = \sum_{i=1}^{n} (m_i * Ap_i)$$ (UBA 1995, 51).

– **Treibhauspotenzial (GWP – Global Warming Potential)**

Das Treibhauspotenzial beschreibt das Ausmaß der allmählichen Erwärmung der Erdatmosphäre durch treibhauseffektfördernde Gase. Als relevante Treibhausgase werden bisher Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffmonoxid (N_2O), die technisch wichtigsten Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) sowie einige persistente Chlorkohlenwasserstoffe (CKW) erfasst. Für sie liegen relative Treibhauspotenziale (GWP_i) in CO_2-Äquivalenten vor. Die Berechnung des Treibhauspotenzials als CO_2-Äquivalent erfolgt durch Multiplikation der einzelnen Gasmengen m_i mit dem jeweiligen Treibhauspotenzial (GWP_i).

$$GWP = \sum_{i=1}^{n} (m_i * GWP_i)$$ (UBA 1995, 42).

Für die beschriebenen Umweltindikatoren wird als Datenquelle das Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) herangezogen. Im GEMIS sind u. a. für eine Vielzahl von Grundstoffen und Baumaterialien entsprechende Daten aufgeführt. Die Daten beziehen sich jeweils auf die Bereitstellung der entsprechenden Grund- oder Baustoffe inklusive deren vorgelagerter Prozesse und werden in Kilogramm und/oder Kilowattstunde pro Tonne Grund- bzw. Baustoff ausgewiesen. Vor der Verknüpfung des Baustoff-Berechnungs-Programms mit diesen Daten wird geprüft, inwieweit für die in der Baustofftabelle aufgeführten Stoffe Umweltindikator-Grunddaten (KEA, SO_2-Äquivalent, CO_2-Äquivalent) im GEMIS vorliegen. Sind für einen Baustoff keine Grunddaten vorhanden, können keine konkreten Werte berechnet und damit die Umweltbelastungen für das betreffende Gebäude nicht vollständig abgebildet werden. Die Liste der betreffenden Baustoffe ist im Anhang A aufgeführt (Tab. A-2). Sind für einen Baustoff Umweltindikator-Grunddaten ausgewiesen, werden diese dem Aufbau der Baustofftabelle entsprechend in das Baustoff-Berechnungs-Programm übertragen und mit den ermittelten Baustoffmengen verknüpft. Durch diese Verknüpfung lassen sich den absoluten Stoffmengen unterschiedlicher Baustoffe Umweltbelastungen in Form von KEA- sowie SO_2-Äquivalenz- und CO_2-Äquivalenz-Werten zuordnen. Dies erfolgt durch Multiplikation der absoluten Baustoffmengen mit den entsprechenden baustoffbezogenen Grundwerten. Das Ergebnis sind absolute Umweltindikator-Werte für einzelne Baustoffe, Baustoffgruppen bzw. das gesamte Gebäude. Diese lassen sich je nach Wahl der Bezugsgröße in spezifische und damit vergleichbare Werte umwandeln (Tab. 1-5, Abb. 1-4).

1.1.4 Rahmenbedingungen zum Baustoff-Berechnungs-Programm

Für das Baustoff-Berechnungs-Programm müssen zum einen typische **Grundflächen und Rauminhalte**, die als Bezugsgrößen zur Bildung spezifischer stofflich-energetischer Kennwerte von Bedeutung sind, hinsichtlich ihrer Begriffe und Berechnungsgrundlagen definiert werden. Zum anderen sind die **Grund-Module** der einzelnen Bauteile differenziert zu beschreiben sowie flächenmäßig zu bestimmen.

Tab. 1-5: Umweltindikatoren – Zusammenfassung: Beispiel dreigeschossiges Gründerzeitgebäude
(Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – spezifische Umweltindikator-Werte			
	KEA kWh/m² HNF	SO_2-Äquivalent g/m² HNF	CO_2-Äquivalent kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	220	272	135
Betone	24	31	14
Mauersteine	1 041	644	285
Bauplatten	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	293	294	78
Wärmedämmstoffe	21	32	6
Dachdeckungen	18	22	7
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0
Sonst. Stoffe, Schüttungen	17	30	5
Metalle	0	0	0
Gesamt	**1 634**	**1 325**	**531**

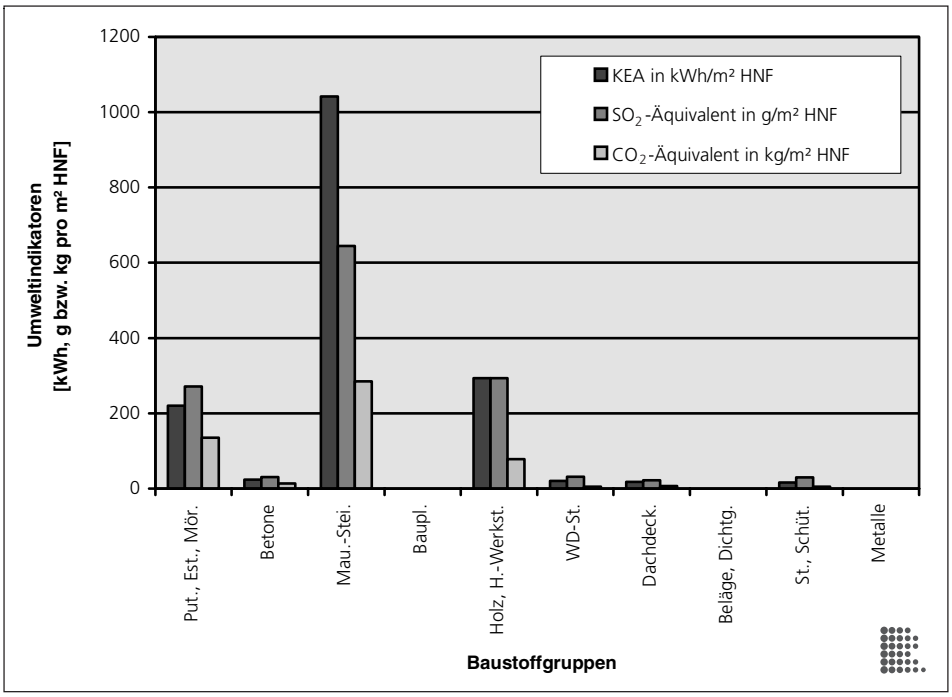


Abb. 1-4: Umweltindikatoren – Spezifische Werte: Beispiel dreigeschossiges Gründerzeitgebäude
(Quelle: Eigener Entwurf)

Festlegungen zu Grundflächen und Rauminhalten

Bei der Berechnung typischer Flächen und Rauminhalte wird von der DIN 277 „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau" (Weiß 1995) ausgegangen. Wichtige Flächen- und Rauminhalts-Bezüge sind die Brutto-Grundfläche (BGF), die Netto-Grundfläche (NGF), die Hauptnutzfläche (HNF), die Nebennutzfläche (NNF), die Funktionsfläche (FF), die Verkehrsfläche (VF) sowie der Brutto-Rauminhalt (BRI). Die Begriffe und Berechnungsgrundlagen der einzelnen Größen sind im Anhang B erläutert, wobei neben grundsätzlichen Ausführungen zur DIN 277 „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau" weiterhin speziell für das Baustoff-Berechnungs-Programm notwendige Festlegungen zu Begriffsinterpretationen sowie Berechnungsvereinfachungen aufgeführt sind. So definiert die DIN 277 z. B., dass bei der Berechnung der Brutto-Grundfläche bzw. der Netto-Grundfläche von den Außenkanten bzw. lichten Innenmaßen auszugehen ist. Für die Berechnungen innerhalb des Baustoff-Berechnungs-Programms wird jedoch festgelegt, dass die äußeren und inneren Putzschichten nicht berücksichtigt werden.

Bei der Berechnung typischer Flächen und Rauminhalte bleiben Balkone, Loggien, Schornsteine, Rauchrohre, Dachrinnen, Fallrohre und Treppenläufe unberücksichtigt. Für sie ist in nachfolgenden Untersuchungen die Erfassung in Form von Zusatzmodulen geplant.

Festlegungen zur Bestimmung der Grund-Module

Zur Bestimmung der Grund-Module müssen sowohl hinsichtlich der **stofflich-konstruktiven Beschreibung** der einzelnen Bauteile als auch ihrer **Bauteilflächenberechnungen** Festlegungen getroffen werden. Diese sind im Anhang B im Detail aufgeführt.

Für die **stofflich-konstruktive Beschreibung** der einzelnen Bauteile sind allgemeingültige Angaben über die Zusammensetzung kombinierter Baustoffschichten zu definieren. Auch anzunehmende Dicken bei geometrisch unregelmäßig gestalteten Bauteilen müssen festgelegt werden. So besteht z. B. die kombinierte Baustoffschicht Ziegelmauerwerk zu 75 % aus Ziegelsteinen und zu 25 % aus Mörtel. Das geometrisch unregelmäßig ausgebildete Bauteil Fenster hingegen kann unterschiedliche Rahmendicken aufweisen. So wird bei einem isolierverglasten Einfachfenster aus Holz die anzusetzende durchschnittliche Rahmendicke mit 0,045 m angenommen. Bei einem einfach verglasten Verbundfenster gleichen Materials wird von durchschnittlich 0,070 m Rahmendicke ausgegangen.

Des Weiteren sind Festlegungen hinsichtlich der **Bauteilflächenberechnungen** erforderlich. Diese regeln vor allem im Bereich von Schnittstellen bzw. Überschneidungspunkten die Berechnung der Bauteilflächen und -volumen. So ergibt sich z. B.

die Außenwandfläche einzelner Geschosse durch Multiplikation von Gebäudelänge und Geschosshöhe, obwohl die Außenwände im Bereich der Deckenanschlüsse in ihrem Aufbau reduziert sind. Für die Deckenflächenberechnungen hingegen werden die Gebäudelängen und -tiefen um die entsprechenden Außenwanddicken verringert, obwohl die Decken je nach Größe des Auflagers bis in die Außenwände reichen.

Sowohl bei den stofflich-konstruktiven Beschreibungen der einzelnen Bauteile als auch bei den Bauteilflächenberechnungen bleiben Balkone, Loggien, Schornsteine, Rauchrohre, Dachrinnen, Fallrohre und Treppenläufe bisher unberücksichtigt. Für sie ist die Erfassung in Form von Zusatzmodulen geplant.

1.2 Gebäudetypologie

1.2.1 Sinn und Zweck von Gebäudetypologien

Wohnungsbestände werden durch eine Vielzahl unterschiedlicher Gebäude gebildet. Dabei gleicht kein Haus dem anderen. Alle Gebäude entstammen einem speziellen, individuellen Ideen-, Entwurfs- sowie Ausführungsprozess und sind im Ergebnis i. d. R. Einzelstücke, sprich Unikate. Dementsprechend lassen sich Wohnungsbestände als eine Ansammlung von Unikaten unterschiedlichen Baualters bezeichnen. Um diese Unikate sowohl hinsichtlich der in ihnen verbauten Stoffe und Energien als auch hinsichtlich der Stoff- und Energieflüsse, die für ihre Nutzung und Fortentwicklung notwendig sind, abbilden und beschreiben zu können, wären unrealistisch aufwendige Erhebungen vor Ort erforderlich. Durch die Bildung bzw. Anwendung von Gebäudetypologien gelingt es, den Wohnungsbestand trotz seiner Vielfältigkeit, Differenziertheit und Größe treffend zu charakterisieren sowie transparent und nachvollziehbar abzubilden.

Die Gebäudetypologie ist ein Auswahlverfahren, bei dem aus einer Grundgesamtheit von Gebäuden typische Vertretereinheiten ausgewählt werden (Jochem 1983). Ziel der Gebäudetypologie ist es, die Grundgesamtheit der bestehenden Gebäude in Teilgesamtheiten aufzugliedern, die, trotz Heterogenität zwischen den einzelnen Gebäuden, in sich homogen sind. Die Aufgliederung in Teilgesamtheiten erfolgt auf Grundlage von definierten Merkmalen, die eine Klassifizierung der bestehenden Gebäude ermöglichen (vgl. u. a. Friedrichs 1973, 89). Den definierten Merkmalen entsprechend müssen die gebildeten Teilgesamtheiten, sprich Gebäudetypen, innerhalb eines Typs möglichst homogen, im Vergleich zwischen den Typen jedoch deutlich voneinander abgrenzbar sein. In diesem Sinne ist die Gebäudetypologie eine gezielte Auswahl von Gebäudetypen zur Repräsentation homogener Teilgesamtheiten von Gebäuden. Die einzelnen Gebäudetypen werden i. d. R. durch einen Gebäuderepräsentanten bzw. Gebäudetypenvertreter widergespiegelt. Im Gegensatz zu

Auswahlverfahren, die dem Prinzip der Zufallsauswahl folgen (Wollmann, Hellstern 1976), ist die Gebäudetypologie ein nicht zufälliges, sondern bewusstes Auswahlverfahren, mit dem Repräsentativität und Generalisierbarkeit der Ergebnisse angestrebt werden.

1.2.2 Geeignete Gebäudetypologien

Die Gebäudetypologie ist eine wichtige Grundlage, um den Wohnungsbestand hinsichtlich verschiedener stofflich-energetischer Kennwerte einschätzen und beurteilen zu können. In diesem Zusammenhang finden bereits eine Vielzahl von Typologien Anwendung, so u. a.:

- Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU 1994 und 1995),
- die vom Fraunhofer Institut für Bauphysik verwendete Gebäudetypologie (Erhorn, Reiß 1994),
- die Gebäudetypologie Öko-Institut im Rahmen des Stoffstrommodells (UBA 1999),
- Gebäudekatalog für das Prognosemodell Bauabfälle (Görg 1997),
- Gebäudetypologie im Rahmen der Gebäude- und Wohnungszählung 1996 (GWZ 1996),
- Gebäudeatlas – Mehrfamilienwohngebäude der Baujahre 1880 bis 1980 (Schulze, Walther 1990a, 1990b),
- Zusammenstellung Eigenheime – Typenprojekte unterschiedlicher Einfamilienhäuser (IfLB 1984 und 1987),
- Gebäuderepräsentanten der Mehrfamilienhaussubstanz der Stadt Leipzig (GEWOS 1992),
- Heidelberger Gebäudetypologie (Stadt Heidelberg 1996).

Je nach Anwendungsfall unterscheiden sich die Gebäudetypologien mehr oder weniger durch entsprechende Klassifizierungskriterien. Vor allem die Frage, welchem Ziel die Anwendung der Gebäudetypologie dienen soll, bestimmt die räumliche Bezugsebene, die Art und Tiefe der typenbildenden Unterteilungen sowie die notwendigen Dokumentationsinhalte. So gibt es Gebäudetypologien, die auf Grundlage nur einzelner Unterteilungskriterien in eine relativ geringe Anzahl von Gebäudetypen unterscheiden, aber auch solche, die mithilfe einer breiteren Palette von Unterteilungskriterien viel stärker differenzieren und neben Haupttypen auch noch Unter-

typen definieren. Auch hinsichtlich der räumlichen Bezugsebene zeigen sich Unterschiede. Im Allgemeinen gibt es Typologien, die sich auf die alten und/oder die neuen Bundesländer beziehen, aber auch einzelne Städte sind Ziel von Betrachtungen.

Im Rahmen der Einschätzung des Wohnungsbestandes müssen Mehrfamilien- sowie Einfamilienhaus-Gebäudetypen Berücksichtigung finden. Um den Bearbeitungsaufwand zur Berechnung der entsprechenden Gebäudetypen auf ein vertretbares Maß zu reduzieren, aber vor allem aufgrund der Verfügbarkeit von Gebäudeausgangsdaten wird auf Gebäudetypologien der neuen Bundesländer zurückgegriffen. Im Bereich der Mehrfamilienhäuser wird der Gebäudeatlas für Mehrfamilienwohngebäude (Schulze, Walther 1990 a und b) als Datengrundlage gewählt. Im Bereich der Einfamilienhäuser wird auf die Projektauswahl für Eigenheime (IfLB 1984 und 1987), die typische Einzel-, Doppel- und Reihenhäuser enthält, zurückgegriffen. Beide Typologien werden im Folgenden kurz beschrieben.

Typologie der Mehrfamilienhäuser (MFH)

Der „Gebäudeatlas. Mehrfamilienwohngebäude der Baujahre 1880 bis 1980" (Schulze, Walther 1990 a und b) enthält eine Zusammenstellung typischer mehrgeschossiger Wohngebäude der neuen Bundesländer (NBL). Auf Grundlage der Analyse von 910 Wohngebäuden wird der Bestand an Mehrfamilienhäusern der Baujahre 1880 bis 1980 repräsentiert. Die unterschiedlichen Mehrfamilienhäuser werden in neun Substanzgruppen mit weitgehend gleichen bautechnischen Eigenschaften unterteilt. Diese Substanzgruppen werden jeweils durch Indexgebäude (Gebäuderepräsentanten bzw. Typenvertreter) repräsentiert. Die Indexgebäude spiegeln häufig vorhandene geometrisch, funktionell und konstruktiv ähnliche Wohngebäude wider. Die Zuordnung von Wohngebäuden zu einem Indexgebäude bzw. damit zu einer Substanzgruppe erfolgt anhand der Kriterien Baujahr, Geschossanzahl und Bauweise (Tab. 1-6).

Jedes Indexgebäude wird einleitend durch bautechnische Parameter beschrieben. In diesem Zusammenhang werden allgemeine Angaben zum Gebäude sowie Aussagen zu Ausstattung und Fassade, zum Dach, zu den Wohnungen, zu Treppenhaus und Keller gemacht. Entsprechende Ansichten sowie bemaßte Grundrisse und Schnitte dokumentieren das Gebäude grafisch.

Typologie der Einfamilienhäuser (EFH)

Die Broschüre „Eigenheim. Projektauswahl" (IfLB 1984 und 1987) enthält eine Zusammenstellung typischer Angebotsprojekte für Reihen-, Doppel- und Einzelhäuser der neuen Bundesländer. Die aufgeführten Angebotsprojekte spiegeln ungefähr die 60er bis 80er Jahre wider, in denen im Einfamilienhaus-Bereich eine Vielzahl von Wiederverwendungsprojekten zum Einsatz kam (Tab. 1-7).

Tab. 1-6: Nomenklatur der Indexgebäude für Mehrfamilienhäuser (Quelle: Schulze, Walther 1990a, 5)

Bezeichnung	Baujahr	Geschossanzahl	Bauweise
1. Mehrfamilienhäuser in monolithischer Bauweise (Teil 1)			
IMF 1	vor 1918	2 bis 3	Fachwerk
IMZ 2	vor 1870-1918	2 bis 3	Ziegel
IMZ 3	vor 1870-1918	4 bis 5	Ziegel
IMZ 4	1919-1945	4 bis 5	Ziegel
IMZ 5	nach 1945	3 bis 5	Ziegel
2. Mehrfamilienhäuser in industrieller Bauweise (Teil 2)			
IMI 1	nach 1960	2 bis 6	Block-/Streifenbau
IMI 2	nach 1970	2 bis 6	Plattenbau
IMI 3	nach 1970	7 bis 11	Plattenbau
IMI 4	nach 1970	größer 11	Platten-/Skelettbau
Legende: IMF Indexgebäude Mehrfamilienhaus Fachwerkgebäude IMZ Indexgebäude Mehrfamilienhaus Ziegelbau IMI Indexgebäude Mehrfamilienhaus industrieller Bauweise			

Tab. 1-7: Ausgewählte Angebotsprojekte für Einfamilienhäuser – Reihenhäuser, Doppelhäuser und Einzelhäuser (Quelle: IfLB 1987, 3 und IfLB 1984)

Reihenhäuser (RH)		Doppelhäuser (DH)		Einzelhäuser (EH)	
Bezeichnung	Personen	Bezeichnung	Personen	Bezeichnung	Personen
R 42	3 bis 4	D 42	3 bis 4	E 4 S	3 bis 4
R 51	4 bis 5	D 51	4 bis 5	E 5 S	4 bis 5
RH 4 - 85	3 bis 4	EW 65 B/D	4 bis 6	EW 42	3 bis 4
RH 5 - 85	4 bis 5	D 72 Apolda	4 bis 6	EW 51	5 bis 6
B 2 - G 1 ½	3 bis 6	Göhren	4 bis 5	B 2 - EH 1	3 bis 5
B 2 - 2 a	3 bis 5	M 81 / 7,2 / S	4 bis 5	Garz	3 bis 5
B 2 - G 2 a	3 bis 5			EW 65 B	4 bis 5
RS 3	5			EWS 71	5 bis 7
EW 71 C	5			HB 3	3 bis 4
Altmark A 1 II	3 bis 4			HB 4	5
Altmark A 1 IV	5 bis 6			GU 1 - 86	4
RH 2	6 bis 7			GU 2 - 86	5

Die „Eigenheim. Projektauswahl" ist keine Gebäudetypologie im klassischen Sinn. Die in ihr aufgeführten Wiederverwendungsprojekte sind sich aufgrund der zwischen ihnen häufig nur geringfügigen Unterschiede teilweise so ähnlich, dass nicht jedes Projekt gleichermaßen als Typenvertreter interpretiert werden kann. Aus der breiten Palette der Angebotsprojekte müssen anhand charakteristischer Merkmale, wie Geschossigkeit, Dachform oder Unterkellerung, entsprechende Typenvertreter gewählt werden.

In Anlehnung an die Zusammenstellung „Eigenheim. Projektauswahl" lässt sich die Einfamilienhausbebauung in die Gebäudetypen Reihenhaus (RH), Doppelhaus (DH)

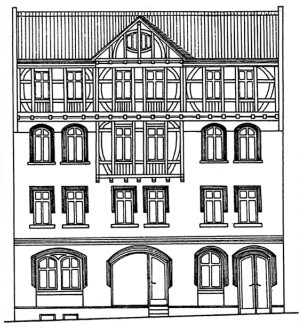
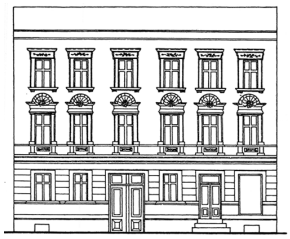
und Einzelhaus (EH) untergliedern. Jedes dieser Gliederung zugeordnete Angebotsprojekt wird durch bautechnische Parameter beschrieben. Dabei werden allgemeine Angaben zum Gebäude sowie im Sinne einer kurzen Baubeschreibung Aussagen zu Fundamenten, Wänden, Decken, Dächern, Treppen, Fußböden, Türen und Fenstern gemacht. Ansichten sowie bemaßte Grundrisse und Schnitte ergänzen die Dokumentation grafisch.

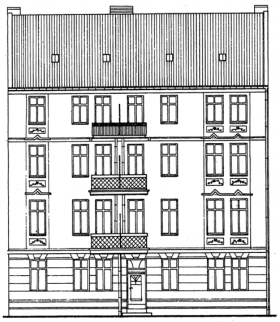
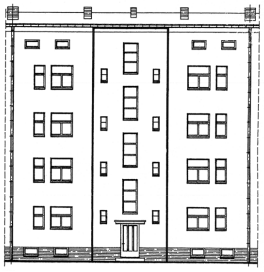
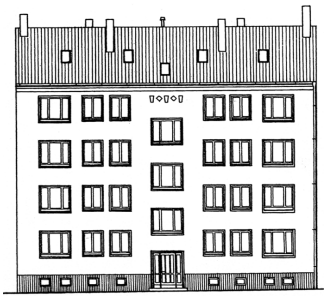
1.2.3 Auswahl konkreter Gebäudetypen

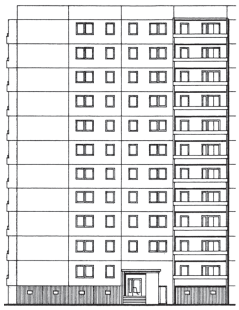
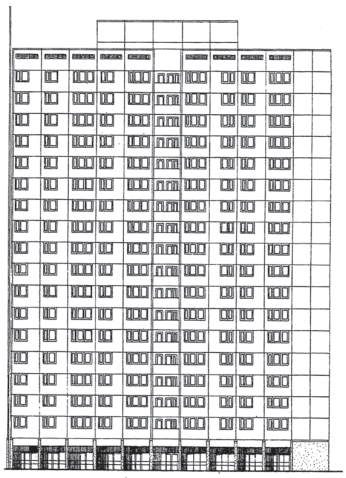
Mithilfe des unter Punkt 1.1 beschriebenen Baustoff-Berechnungs-Programms werden stofflich-energetische Kennwerte für unterschiedliche Gebäudetypen ermittelt.

Im Rahmen der Gebäudetypen-Dokumentation werden als Mehrfamilienhaus-Typen alle im Gebäudeatlas für Mehrfamilienwohngebäude aufgeführten Typenvertreter vorgestellt, da sie die bauliche Entwicklung für den Zeitraum von 1870 bis 1980 gut widerspiegeln und sich der Wohnungsbestand der neuen Bundesländer mit ihrer Hilfe relativ realistisch abbilden lässt. Zusätzlich wird, u. a. für Vergleichszwecke, ein nach 1990 errichteter Geschosswohnungsbau vorgestellt (Tab. 1-8).

Tab. 1-8: Ausgewählte MFH-Gebäudetypen im Überblick (Quelle: Eigene Zusammenstellung, Bildquellen: Schulze, Walther 1990a und b; Exposé „Leubnitzer Höhe" 1995)

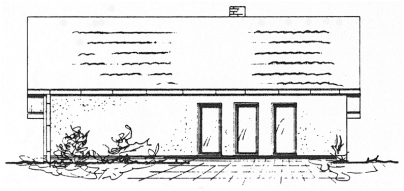
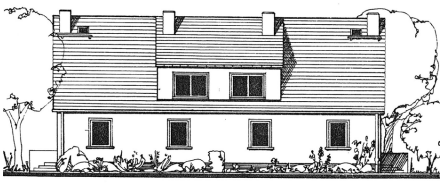
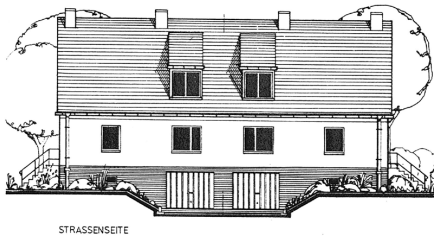
Mehrfamilienhäuser (MFH)	
Bezeichnung	Ansicht
Viergeschossiges MFH vor 1918 in Fachwerkbauweise Typenvertreter **IMF 1**	
Dreigeschossiges MFH von 1870 bis 1918 in Ziegelbauweise Typenvertreter **IMZ 2**	

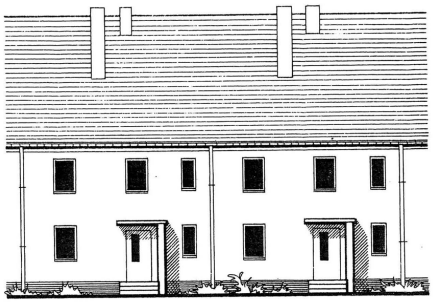
Viergeschossiges MFH von 1870 bis 1918 in Ziegelbauweise Typenvertreter **IMZ 3**	
Viergeschossiges MFH von 1919 bis 1945 in Ziegelbauweise Typenvertreter **IMZ 4**	
Viergeschossiges MFH nach 1945 in Ziegelbauweise Typenvertreter **IMZ 5**	
Viergeschossiges MFH von 1961 bis 1970 in Block- und Streifenbauweise Typenvertreter **IMI 1**	
Fünfgeschossiges MFH nach 1970 in Plattenbauweise Typenvertreter **IMI 2**	

Elfgeschossiges MFH nach 1970 in Plattenbauweise Typenvertreter **IMI 3**	
Achtzehngeschossiges MFH nach 1970 in Plattenbauweise Typenvertreter **IMI 4**	
Dreigeschossiges MFH nach 1990 in Ziegelbauweise Typenvertreter **GWB**	

Innerhalb der Einfamilienhäuser werden aus der Projektauswahl für Eigenheime jeweils zwei relevante Projekte für Einzel-, Doppel- und Reihenhäuser (EH, DH, RH) als Typenvertreter gewählt. Des Weiteren werden, wiederum für Vergleichszwecke, zwei nach 1990 errichtete Einfamilienhäuser, ein Einzel- sowie ein Reihenhaus, in die Dokumentation aufgenommen (Tab. 1-9).

Tab. 1-9: Ausgewählte EFH-Gebäudetypen im Überblick (Quelle: Eigene Zusammenstellung, Bildquellen: IfLB 1984 und 1987; BauPlan 1996, Weinböhla 2000)

Einfamilienhäuser (EFH)	
Bezeichnung	Ansicht
Eingeschossiges EH nach 1960 mit ausgebautem Dachgeschoss Typenvertreter **E-EH 1** (EW 65 B) 	
Eingeschossiges EH nach 1960 mit nicht nutzbarem Dachgeschoss Typenvertreter **E-EH 2** (GU 1-86) 	
Eingeschossiges EH nach 1990 mit nicht ausgebautem Dachgeschoss Typenvertreter **E-EH 3** 	
Eingeschossiges DH nach 1960 mit ausgebautem Dachgeschoss Typenvertreter **E-DH 1** (EW 65 B/D) 	
Eingeschossiges DH nach 1960 mit ausgebautem Dachgeschoss Typenvertreter **E-DH 2** (D 72 Apolda) 	

Zweigeschossiges RH nach 1960 mit nicht ausgebautem Dachgeschoss Typenvertreter **E-RH 1** (EW 71 C) 	 EINGANGSSEITE
Zweigeschossiges RH nach 1960 mit nicht nutzbarem Dachgeschoss Typenvertreter **E-RH 2** (RH 2) 	
Zweigeschossiges RH nach 1990 mit nicht ausgebautem Dachgeschoss Typenvertreter **E-RH 3** 	

Hinsichtlich der Typenvertreter-Bezeichnungen werden bei den Einfamilienhäusern nicht die aufgeführten Angebotsprojekt-Abkürzungen verwendet, sondern neue Kurzbezeichnungen definiert. Diese setzen sich aus drei Teilen zusammen. Das „E" zu Beginn der Kurzbezeichnung steht für Einfamilienhaus, die Buchstabenkombinationen „EH", „DH" oder „RH" nach dem Bindestrich bedeuten Einzel-, Doppel- oder Reihenhaus, die abschließende Zahl gibt in Folge die Anzahl der aufgeführten Einzel-, Doppel- oder Reihenhaustypen an.

2 Stofflich-energetische Kennwerte unterschiedlicher Gebäudetypen – Dokumentation

Die mithilfe des Baustoff-Berechnungs-Programms (BBP) für die einzelnen Gebäudetypen ermittelten stofflich-energetischen Kennwerte werden im Rahmen der Gebäudetypen-Dokumentation stets entsprechend der folgenden Gliederung dargestellt:

- Allgemeine Beschreibung,
- Grundflächen und Volumen,
- Bauteilbeschreibung,
- Stoffliche Kennwerte,
- Energetische Kennwerte,
- Umweltkennwerte.

Allgemeine Beschreibung

Die allgemeine Beschreibung enthält Angaben zur Gebäudegeometrie und zur Ausstattung. Dies sind Aussagen zu Länge, Breite und Höhe des Gebäudes, zum konstruktiven Aufbau von Außenwand und Dach, zur Wohnungsanzahl und -anordnung sowie zur Heizungs- und Sanitärtechnik. Des Weiteren gibt eine Ansicht, die jeweils der Quelle der gewählten Gebäudetypologie entstammt, das äußere Erscheinungsbild des jeweiligen Gebäudetyps wieder.

Grundflächen und Volumen

Unter diesem Gliederungspunkt werden die Grundflächen und Volumen der einzelnen Gebäudetypen in Anlehnung an die DIN 277 „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau“ ermittelt und dargestellt. Dies sind die Brutto-Grundfläche, die Netto-Grundfläche mit ihren Teilflächen Hauptnutz-, Nebennutz-, Funktions- und Verkehrsfläche, die Konstruktions-Grundfläche und der Brutto-Rauminhalt. Außerdem sind Angaben zu Bauteilflächen, die innerhalb des Baustoff-Berechnungs-Programms errechnet werden, aufgeführt.

Bauteilbeschreibung

Als Bauteile werden Fundament, Gründung, Außenwand: Kellergeschoss, Außenwand: Erd- und Obergeschosse, Fenster / Außentür, Innenwand, Innentür, Decke und Dach unterschieden. Diese sind in einer Tabelle vom Aufbau her detailliert beschrieben und hinsichtlich ihrer Bauteilfläche bestimmt. Abschließend werden weitere

Angaben zu Loggien und Balkonen, Schornsteinen und Rauchrohren sowie zu Dachrinne, Fallrohr und Treppenanlage gemacht.

Stoffliche Kennwerte

Als stoffliche Kennwerte sind das Stofflager und die Stoffintensität aufgeführt. Beide Kennwerte sind als Gesamtgrößen aber auch für einzelne Bauteile sowie Baustoffgruppen tabellarisch und grafisch dargestellt.

Energetische Kennwerte

Die energetischen Kennwerte beziehen sich auf den Heizenergiebedarf während der Nutzung, der wie folgt definiert ist:

Der Heizenergiebedarf in kWh/m²a ist der jährlich erforderliche Nutzenergiebedarf, um ein Gebäude auf einer gewünschten Innentemperatur zu halten. Er ergibt sich aus dem Wärmebedarf zum Ausgleich der Transmissions- und Lüftungsverluste abzüglich der nutzbaren Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung, Personenwärme sowie Abwärme von Licht, Kraft und Prozessen (IWU 1990).

Zur Berechnung des Heizenergiebedarfs von Gebäuden stehen verschiedene geeignete Energiebilanzprogramme zur Verfügung. Außerdem liegen externe Studien vor, in denen bereits Heizenergie-Kennwerte für unterschiedliche Gebäudetypen ausgewiesen sind. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen sind die Studien „Energiebewußtes Sanieren von Wohngebäuden im Freistaat Sachsen“ (SMI 1993), „Gebäudetypologie und spezifischer Energiebedarf für den Wohnungsbestand in den neuen Bundesländern“ (FZ Jülich GmbH 1994) und „Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern“ (IWU 1994) von Bedeutung. In allen drei Studien werden für unterschiedliche Gebäudetypen Heiz- bzw. Nutzenergiebedarfe für den Originalzustand sowie zwei vom Niveau her unterschiedliche energetische Sanierungen ausgewiesen. Im Vergleich weichen die in den Studien angegebenen Werte teilweise erheblich voneinander ab. Grund dafür sind die im Rahmen der Interpretation von Wärmeschutzanforderungen vorhandenen Spielräume. Sie bedingen unterschiedliche Grundannahmen und führen zu voneinander abweichenden Bedarfsgrößen.

Innerhalb der **Mehrfamilienhäuser** wird für alle **vor 1990** errichteten Gebäudetypen auf diese drei Quellen (SMI 1993, FZ Jülich GmbH 1994, IWU 1994) zurückgegriffen. Die ausgewiesenen energetischen Kennwerte sind unter Angabe der entsprechenden Grundannahmen für jedes Mehrfamilienhaus tabellarisch und grafisch aufgeführt. Zusätzlich wird aus den Kennwerten der drei Quellen jeweils ein Mittelwert gebildet und in die Betrachtungen einbezogen. Für das **nach 1990** errichtete Mehrfamilienhaus (GWB) werden in einem separaten Energiebilanzprogramm (Gruhler 1992) eigene Berechnungen vorgenommen.

Innerhalb der **Einfamilienhäuser** kann nur auf zwei der drei ausgewiesenen Quellen (FZ Jülich GmbH 1994, IWU 1994) zurückgegriffen werden. Für alle **vor 1990** errichteten Einfamilienhäuser sind in gleicher Form wie bei den Mehrfamilienhäusern die entsprechenden Kennwerte aufgeführt. Gleichzeitig werden Kennwerte aus eigenen Berechnungen in die Untersuchungen aufgenommen, da mithilfe der externen Studien nur eine grobe, stark verallgemeinernde Heizenergiebedarfs-Zuordnung möglich ist. Für das **nach 1990** errichtete Mehrfamilienhaus werden nur die in eigenen Berechnungen ermittelten Kennwerte aufgeführt.

Bei den **vor 1990** errichteten **Mehr- und Einfamilienhaus-Gebäudetypen** bildet der bauliche Original- bzw. IST-Zustand den Ausgangspunkt und gibt den Zustand vor jeglicher wärmetechnischer Sanierung (Vor SAN) wieder. Die erste Sanierungsstufe beschreibt eine wärmetechnische Verbesserung, die annähernd dem Niveau der WSchVO 1984 gleichgesetzt werden kann (Nach SAN – Niveau 1). Die zweite Sanierungsstufe hat ein wärmetechnisch höheres Niveau und entspricht ungefähr dem Dämmstandard der WSchVO 1995 (Nach SAN – Niveau 2). Die **nach 1990** erstellten **Mehr- und Einfamilienhaus-Gebäudetypen** sind aufgrund bestehender Wärmeschutzanforderungen energetisch hochwertiger. Ihr Original- bzw. IST-Zustand entspricht dem Niveau der WSchVO 1984 (Vor SAN), der Zustand Nach SAN – Niveau 1 dem der WSchVO 1995, und der Zustand Nach SAN – Niveau 2 ist dem NEH-Standard gleichzusetzen.

Umweltkennwerte

Innerhalb der Umweltkennwerte werden die Umweltindikatoren Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) als absolute und spezifische Größen wiedergegeben. Die entsprechenden Größen werden als Gesamtwerte und für einzelne Baustoffgruppen sowohl tabellarisch als auch grafisch dargestellt.

Dieser Gliederung folgend werden die ausgewählten Mehr- und Einfamilienhaus-Gebäudetypen beschrieben und dokumentiert.

2.1 Mehrfamilienhäuser

2.1.1 Viergeschossiges Mehrfamilienhaus vor 1918 in Fachwerkbauweise – Typenvertreter IMF 1

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	vor 1918
Bauweise:	Fachwerkbauweise
Gebäudelänge:	13,88 m
Gebäudebreite:	9,15 m
Gebäudehöhe:	18,10 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	4 (plus KG und ungenutztes DG)
Außenwandkonstruktion:	Fachwerk und Ziegelmauerwerk
Dachform:	Mansarddach
Dachdeckung:	Weich- und Hartdeckung
Wohnungslage:	Zweispänner
Wohnungsanzahl:	7
Weitere Nutzung:	1 Geschäft, 1 Durchfahrt

Ausstattung

Energieträger:	Gas / Strom
Heizung:	Ofenheizung
Warmwasserversorgung:	dezentral
Sanitäre Ausstattung:	Außen-WC

Abb. 2-1:
Ansicht Typenvertreter IMF 1
(Quelle: Schulze, Walther 1990a, 7)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe vor 1918 zuzuordnen. Es ist in den unteren Geschossen in Ziegel- und in den oberen in Fachwerkbauweise errichtet. Die Fassade besteht aus Fachwerk- und Putzflächen. Neben Keller- und Dachgeschoss sind vier Wohngeschosse vorhanden, wobei der Wohnbereich im Erdgeschoss durch ein Geschäft und eine Durchfahrt reduziert ist. In jedem Wohngeschoss befinden sich zwei Wohnungen, eine 3- sowie eine 2-Raum-Wohnung. Jede Wohnung hat Küche und Außen-WC, Bad oder Dusche sind nicht vorhanden. Im Kellergeschoss befinden sich Abstell- und Lagerräume. Das Gebäude ist ofenbeheizt.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-1: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMF 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	782	100
Netto-Grundfläche (NGF)	677	87
Hauptnutzfläche (HNF)	398	51
Nebennutzfläche (NNF)	171	22
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	108	14
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	106	13
Brutto-Rauminhalt (BRI)	2 320 m³	

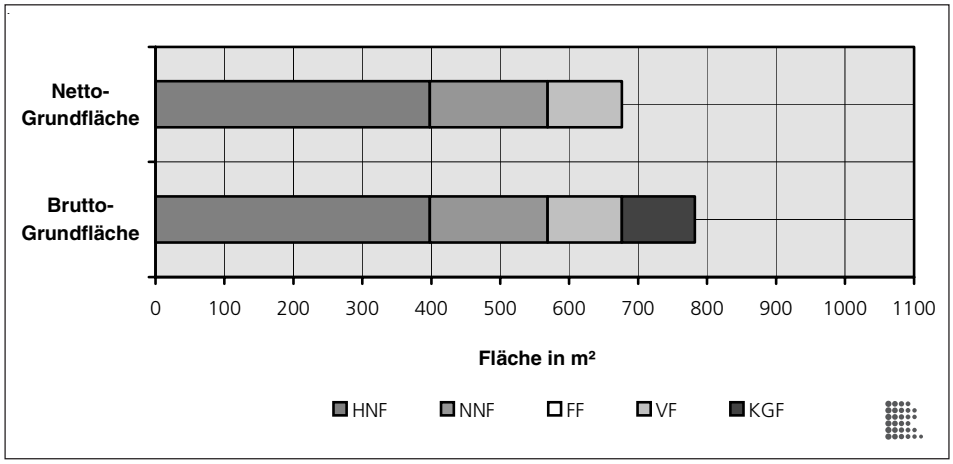


Abb. 2-2: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMF 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-2: Bauteilflächen – Typenvertreter IMF 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	73	3
Fundament	43	2
Außenwand: Kellergeschoss	108	4
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	573	24
Fenster / Außentür	104	4
Innenwand	669	28
Innentür	94	4
Decke	578	24
Dach	177	7

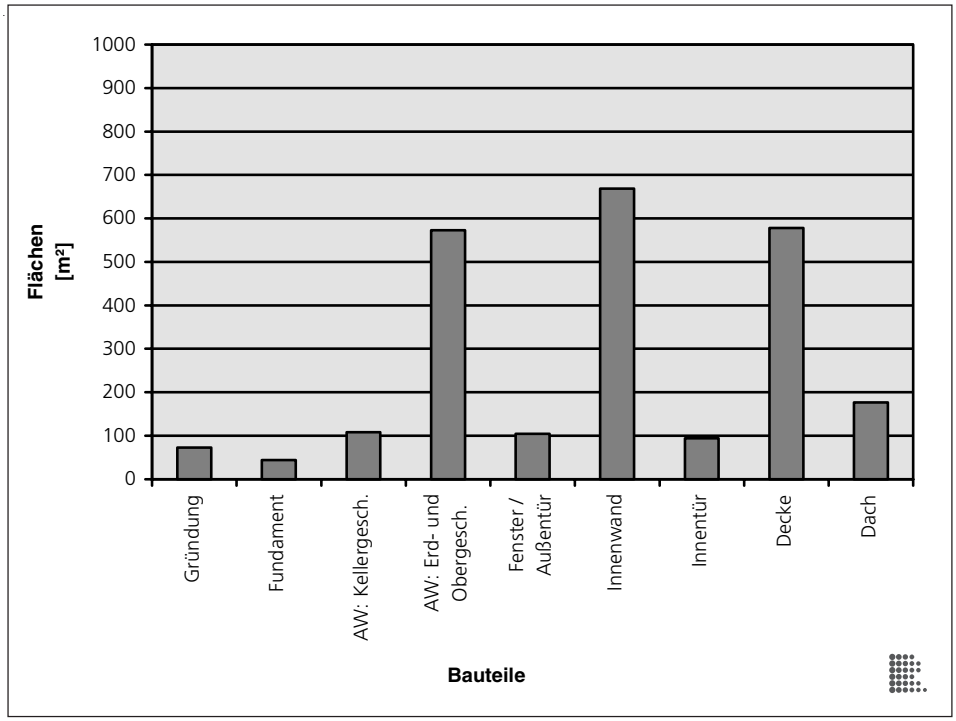


Abb. 2-3: Bauteilflächen – Typenvertreter IMF 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-3: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMF 1 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,100 m Stampfbeton B5 – 0,150 Kies	37 m²
	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Stampfbeton B5 – 0,150 m Kies	18 m²
	– 0,080 m Ziegelpflaster (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,100 m Stampfbeton B5 – 0,150 m Kies	18 m²
Fundament	– Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	15 m²
	– Bruchsteinmauerwerk (Bruchstein 80 %, Mörtel 20 %) H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	15 m²
	– Stampfbeton H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	13 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,020 m Außenputz – 0,510 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	64 m²
	– 0,380 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	44 m²
Außenwand: Erd- u. Obergeschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,380 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	45 m²
	– 0,380 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	57 m²
	– 0,020 m Außenputz – 0,130 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,120 m Fachwerk (Holzständer 18 %, Vollziegel 62 %, Mörtel 20 %) – 0,015 m Innenputz	111 m²
	– 0,130 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,120 m Fachwerk (Holzständer 18 %, Vollziegel 62 %, Mörtel 20 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	205 m²
	– 0,020 m Außenputz – 0,120 m Fachwerk (Holzständer 18 %, Vollziegel 62 %, Mörtel 20 %) – 0,130 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	69 m²

	– 0,020 m Außenputz – 0,120 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	23 m²
	– 0,020 m Außenputz – 0,120 m Fachwerk (Holzständer 18 %, Vollziegel 62 %, Mörtel 20 %) – 0,015 m Innenputz	63 m²
Fenster / Außentür	– Holzkastenfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	84 m²
	– Holztür und -tor	20 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,380 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	62 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,120 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	28 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,120 m Fachwerk (Holzständer 18 %, Vollziegel 62 %, Mörtel 20 %) – 0,015 m Innenputz	579 m²
Innentür	– Holz-Futtertür	94 m²
Decke	Holzbalkendecke (Einschubdecke) – 0,024 m Holzdielen – 0,025 m HWL-Platten – Holzbalken 180/210 – 0,100 m Sand/Lehm/Schlacke – 0,020 m Holzeinschub – 0,020 m Holzschalung – 0,015 m Innenputz	468 m²
	Steingewölbedecke (Preußische Kappen) – 0,024 m Holzdielen – 0,035 m Estrich – 0,060 m Sand/Lehm/Schlacke – 0,100 m Beton B20 – 0,120 m Vollziegel	110 m²
Dach	Mansarddach – Hartdeckung – Hartdeckung (Schiefer 20 %, Ziegel 30 %, Biber 50 %) – Holz (Schalung 20 %, Lattung 80 %) – Holzsparren 120/160	82 m²
	Mansarddach – Weichdeckung – 0,004 m Bitumendachbahn, besandet – 0,008 m Bitumenbahn, 2-lagig – 0,024 m Holzschalung – Holzsparren 120/160	95 m²

Weitere Angaben

Schornsteine	4 St.	Dachrinne	24,0 lfd. M.
Rauchrohre	8 St.	Fallrohr	67,0 lfd. M.
		Treppenanlage	28,5 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-4: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMF 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	kg	**t**	**t/m² HNF**	**t/m³ BRI**
Gründung	41 009	41	0,10	0,02
Fundament	56 035	56	0,14	0,02
AW: Kellergeschoss	95 510	95	0,24	0,04
AW: Erd- und Obergeschosse	279 721	280	0,70	0,12
Fenster / Außentür	3 159	3	0,01	0,00
Innenwand	190 854	191	0,48	0,08
Innentür	2 030	2	0,01	0,00
Decke	183 122	183	0,46	0,08
Dach	8 958	9	0,02	0,01
Gesamt	**860 398**	**860**	**2,16**	**0,37**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	t	**m³**	**t/m² HNF**	**m³/m² HNF**
Putze, Estriche, Mörtel	213	118	0,54	0,30
Betone	69	29	0,17	0,07
Mauersteine	418	231	1,05	0,58
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	52	87	0,13	0,22
Wärmedämmstoffe	4	9	0,01	0,02
Dachdeckungen	3	1	0,01	0,01
Beläge, Dichtungsbahnen	1	1	0,00	0,00
Sonst. Stoffe, Schüttungen	100	61	0,25	0,15
Metalle	0	0	0,00	0,00
Gesamt	**860**	**537**	**2,16**	**1,35**

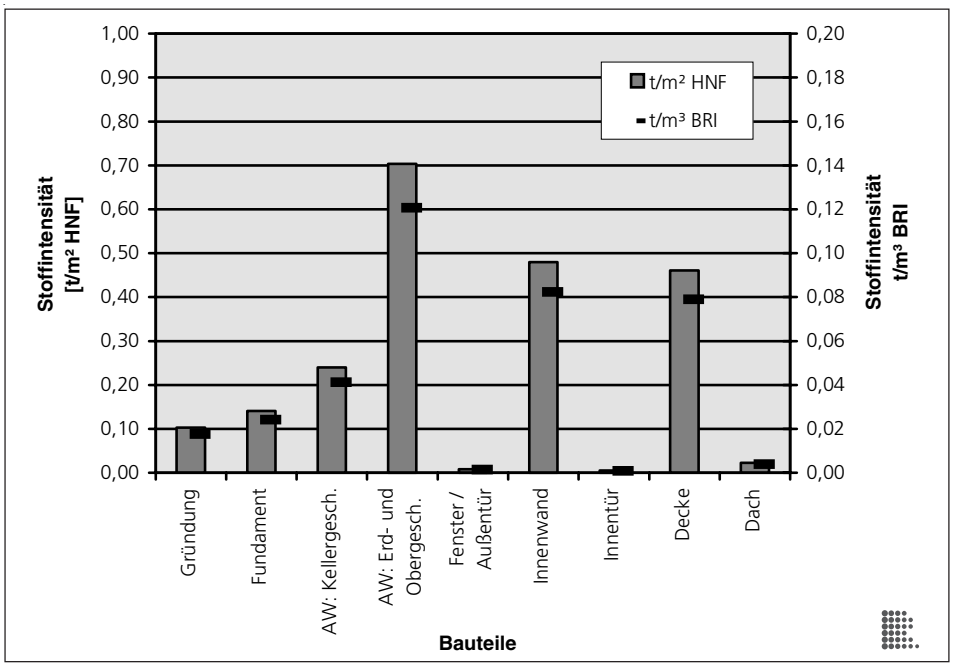


Abb. 2-4: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMF 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

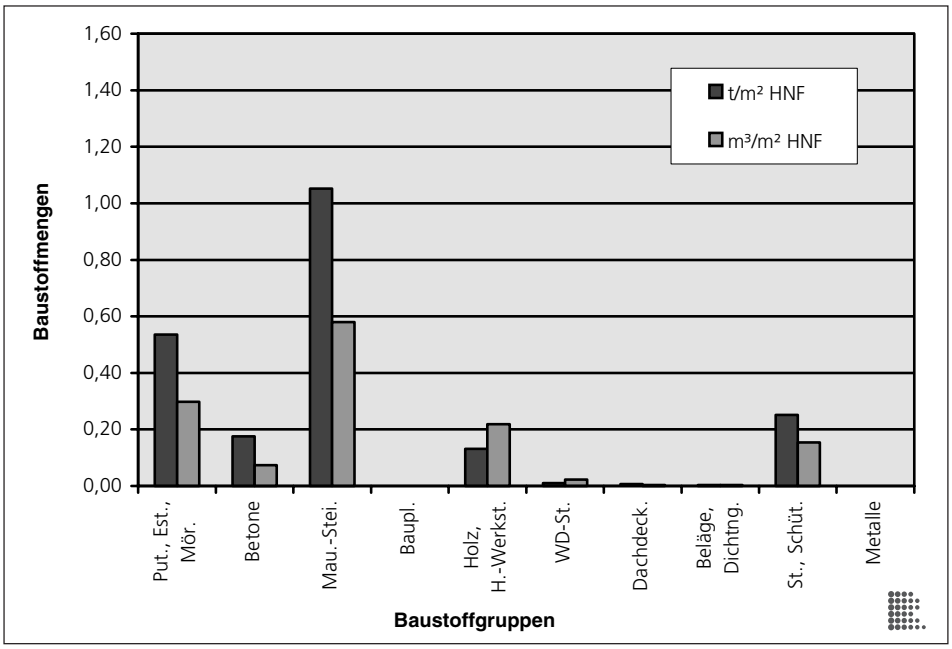


Abb. 2-5: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMF 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-5: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMF 1 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
SMI (1993)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf das Niveau der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf das Niveau „erhöhter Wärmeschutz"
	216	114	77
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf - Einzelofenheizung/Kohle - Sammelheizung/Kohle	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes entsprechend der WSchVO ´84 sowie heizungstechnischen Maßnahmen - Sammelheizung/Kohle - Sammelheizung/Öl, Gas	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes entsprechend der WSchVO ´95 sowie heizungstechnischen Maßnahmen - Sammelheizung/Kohle - Sammelheizung/Öl, Gas
	236 316	191 191	149 149
IWU (1994)	- Baulicher Originalzustand (ABL) - Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) - Energiepreis 6 Pf/kWh - Energiepreis 8 Pf/kWh - Energiepreis 13 Pf/kWh	Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL)
	216 227	87 87 87	43
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ´84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ´95)
	226	131	90
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		95	42
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		136	60

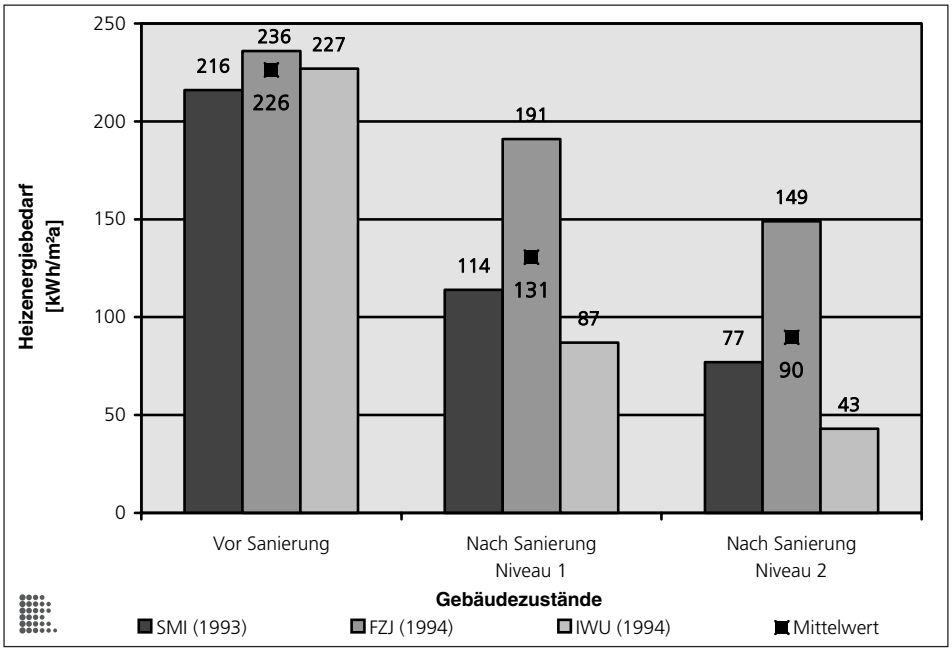


Abb. 2-6: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMF 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

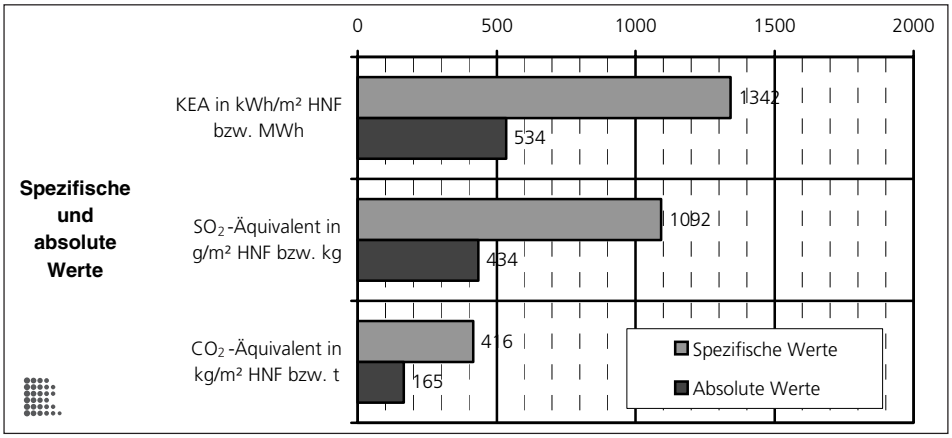


Abb. 2-7: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMF 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-6: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMF 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	58 037	146	71	178	34 681	87
Betone	12 982	33	17	42	8 120	20
Mauersteine	290 402	730	180	453	79 671	201
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	140 159	352	139	350	37 091	93
Wärmedämmstoffe	4 449	11	7	17	1 195	3
Dachdeckungen	2 649	7	3	8	1 037	3
Beläge, Dichtungsbahnen	18 193	46	5	13	1 478	4
Sonst. Stoffe, Schüttungen	6 777	17	12	31	2 133	5
Metalle	0	0	0	0	0	0
Gesamt	**533 648**	**1 342**	**434**	**1 092**	**165 406**	**416**

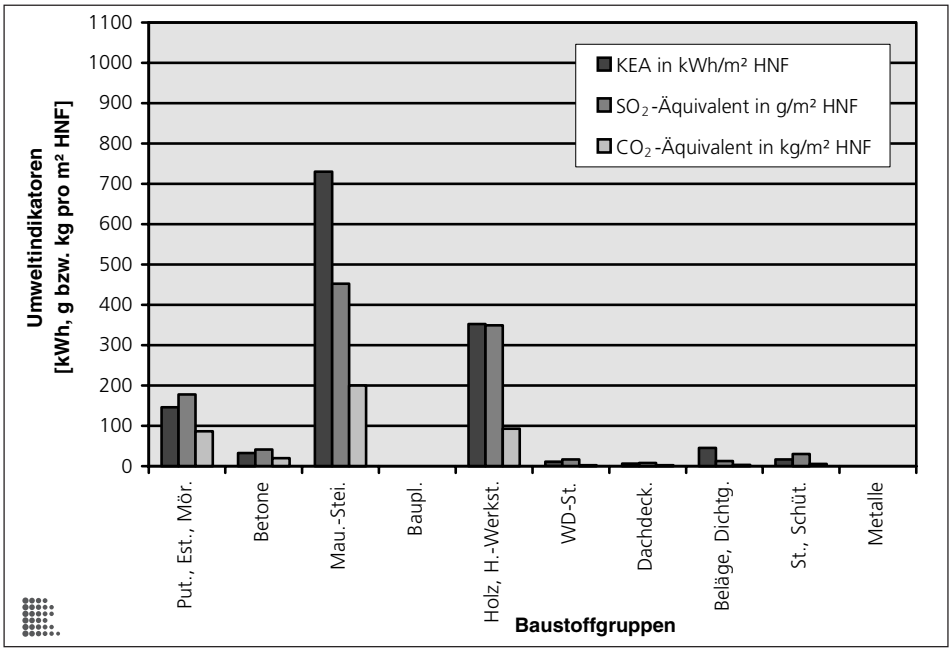


Abb. 2-8: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMF 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

2.1.2 Dreigeschossiges Mehrfamilienhaus von 1870 bis 1918 in Ziegelbauweise – Typenvertreter IMZ 2

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	1870-1918
Bauweise:	Ziegelbauweise
Gebäudelänge:	15,52 m
Gebäudebreite:	12,05 m
Gebäudehöhe:	16,40 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	3 (plus KG und ungenutztes DG)
Außenwandkonstruktion:	Ziegelmauerwerk
Dachform:	Satteldach unter 45°
Dachdeckung:	Hartdeckung
Wohnungslage:	Zweispänner
Wohnungsanzahl:	5
Weitere Nutzung:	1 Geschäft, 1 Durchfahrt

Ausstattung

Energieträger:	Gas / Strom
Heizung:	Ofenheizung
Warmwasserversorgung:	dezentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

Abb. 2-9:
Ansicht Typenvertreter IMZ 2 (Quelle: Schulze, Walther 1990a, 16)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe 1870 bis 1918 zuzuordnen. Es ist in Ziegelbauweise errichtet. Die Fassade ist geputzt. Das Ziegelmauerwerk der Außenwände ist im Kellergeschoss mit 0,640 m am dicksten und verjüngt sich bis zum Dachgeschoss (Drempel) auf 0,250 m. Neben Keller- und Dachgeschoss sind drei Wohngeschosse vorhanden, wobei der Wohnbereich im Erdgeschoss durch ein Geschäft und eine Durchfahrt reduziert ist. In jedem Wohngeschoss befinden sich zwei Wohnungen, eine 3- sowie eine 2-Raum-Wohnung. Jede Wohnung hat Küche und Bad. Das Bad ist mit WC ausgestattet. Im Kellergeschoss befinden sich Abstell- und Lagerräume. Das Gebäude ist ofenbeheizt.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-7: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMZ 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	904	100
Netto-Grundfläche (NGF)	748	83
Hauptnutzfläche (HNF)	388	43
Nebennutzfläche (NNF)	257	29
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	102	11
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	156	17
Brutto-Rauminhalt (BRI)	2 764 m³	

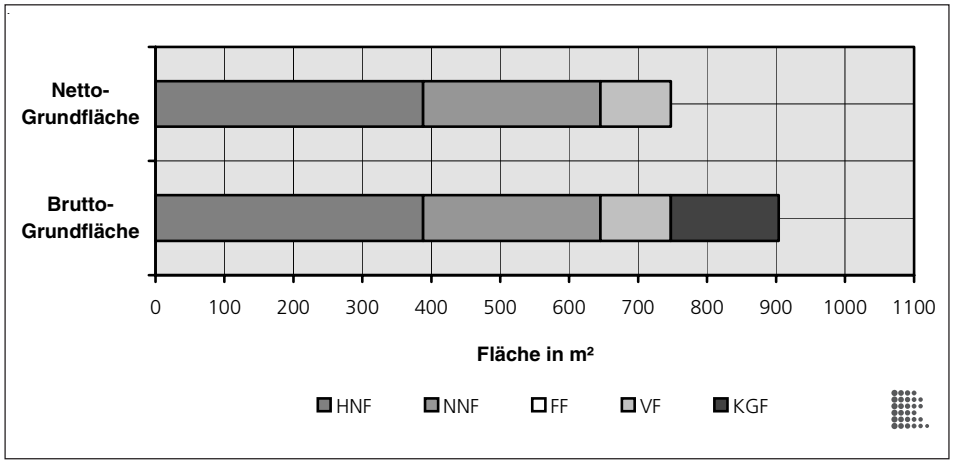


Abb. 2-10: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMZ 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-8: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	124	5
Fundament	49	2
Außenwand: Kellergeschoss	129	5
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	574	23
Fenster / Außentür	85	3
Innenwand	666	26
Innentür	80	3
Decke	631	25
Dach	214	8

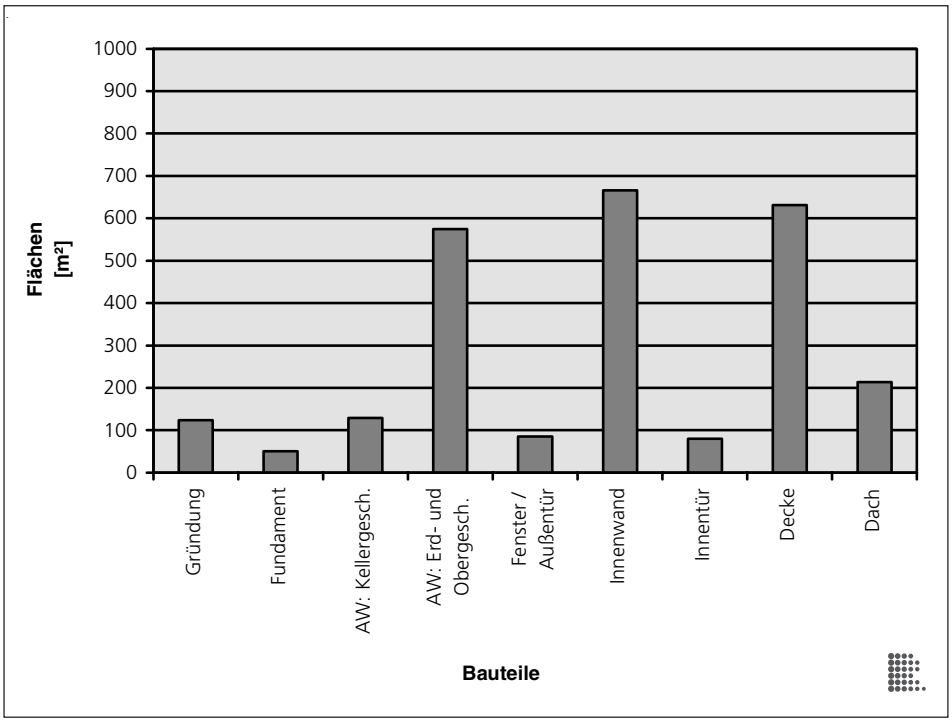


Abb. 2-11: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-9: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMZ 2 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,100 m Stampfbeton B5 – 0,150 m Kies	62 m²
	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Stampfbeton B5 – 0,150 m Kies	31 m²
	– 0,080 m Ziegelpflaster (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,100 m Stampfbeton B5 – 0,150 m Kies	31 m²
Fundament	– Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	17 m²
	– Bruchsteinmauerwerk (Bruchstein 80 %, Mörtel 20 %) H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	17 m²
	– Stampfbeton H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	15 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,020 m Außenputz – 0,640 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	73 m²
	– 0,250 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	56 m²
Außenwand: Erd- u. Ober-geschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,510 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	75 m²
	– 0,020 m Außenputz – 0,380 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	189 m²
	– 0,250 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand, Drempel)	310 m²
Fenster / Außentür	– Holzkastenfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	64 m²
	– Holztür und -tor	21 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,510 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	26 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,380 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	123 m²

	– 0,015 m Innenputz – 0,250 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	246 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,120 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	271 m²
Innentür	– Holz-Futtertür	80 m²
Decke	Holzbalkendecke (Einschubdecke) – 0,024 m Holzdielen – 0,035 m Estrich – 0,025 m HWL-Platten – Holzbalken 180/210 – 0,100 m Sand/Lehm/Schlacke – 0,020 Holzeinschub – 0,020 m Holzschalung – 0,015 m Innenputz	631 m²
Dach	Satteldach – Hartdeckung – Hartdeckung (Schiefer 20 %, Tonziegel 30 %, Biber 50 %) – Holz (Schalung 20 %, Lattung 80 %) – Holzsparren 120/160	214 m²

Weitere Angaben			
Schornsteine	6 St.	Dachrinne	31,5 lfd. M.
Rauchrohre	30 St.	Fallrohr	25,0 lfd. M.
		Treppenanlage	27,1 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-10: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	kg	**t**	**t/m² HNF**	**t/m³ BRI**
Gründung	69 877	70	0,18	0,03
Fundament	63 989	64	0,16	0,02
AW: Kellergeschoss	117 524	117	0,30	0,04
AW: Erd- und Obergeschosse	368 502	369	0,95	0,13
Fenster / Außentür	2 438	2	0,01	0,00
Innenwand	312 716	313	0,80	0,11
Innentür	1 732	2	0,01	0,01
Decke	177 839	178	0,46	0,06
Dach	11 800	12	0,03	0,01
Gesamt	**1 126 417**	**1 127**	**2,90**	**0,41**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	t	**m³**	**t/m² HNF**	**m³/m² HNF**
Putze, Estriche, Mörtel	304	164	0,78	0,42
Betone	63	26	0,16	0,07
Mauersteine	579	320	1,49	0,82
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	43	72	0,11	0,19
Wärmedämmstoffe	7	16	0,02	0,04
Dachdeckungen	7	3	0,02	0,01
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0,00	0,00
Sonst. Stoffe, Schüttungen	124	76	0,32	0,20
Metalle	0	0	0,00	0,00
Gesamt	**1 127**	**677**	**2,90**	**1,75**

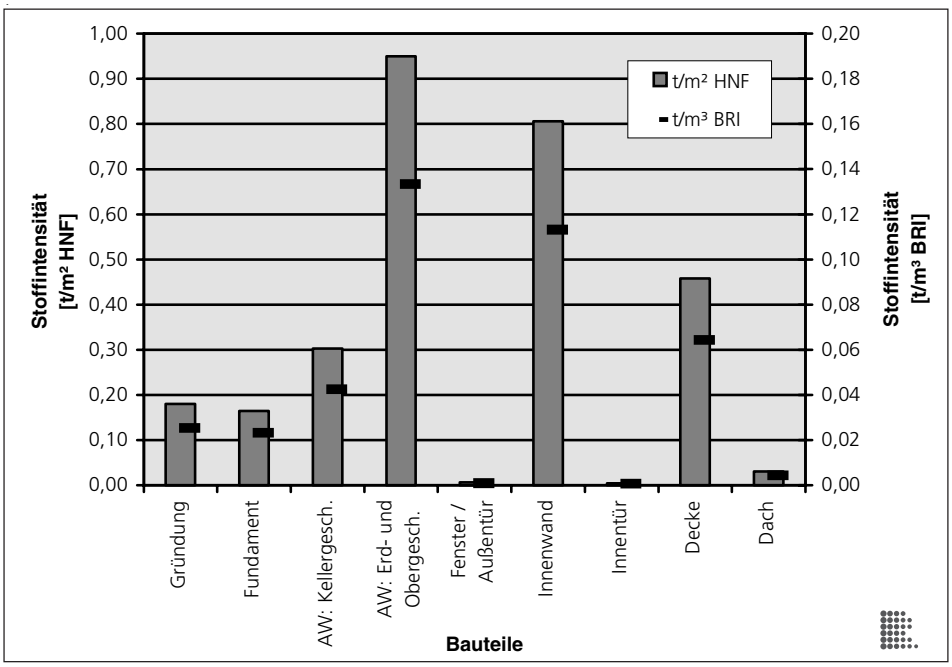


Abb. 2-12: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

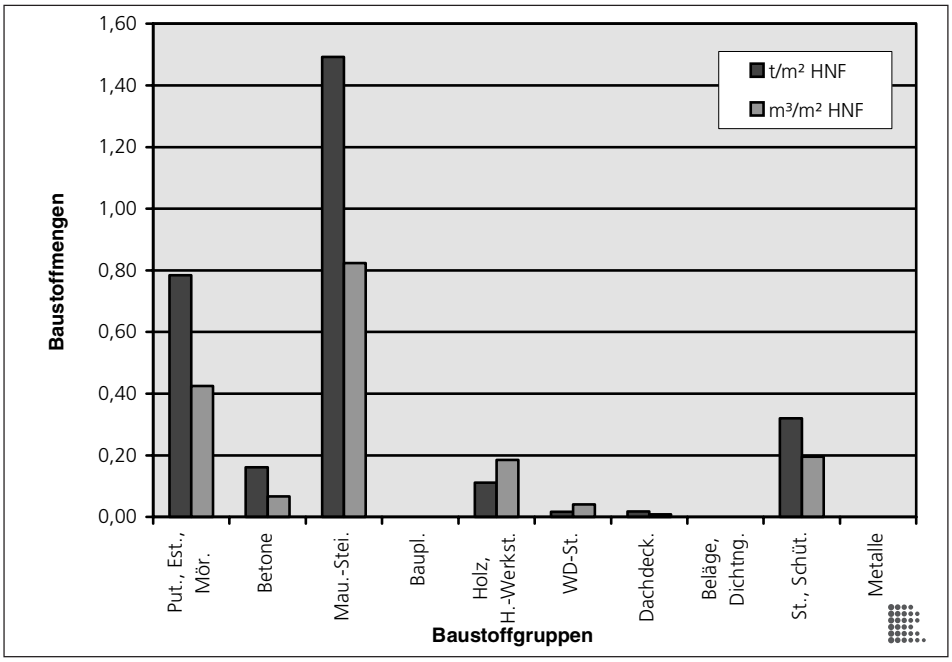


Abb. 2-13: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-11: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 2 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
SMI (1993)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf das Niveau der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf das Niveau „erhöhter Wärmeschutz"
	190	**118**	**81**
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf - Einzelofenheizung/Kohle - Sammelheizung/Kohle	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes entsprechend der WSchVO ´84 sowie heizungstechnischen Maßnahmen - Sammelheizung/Kohle - Sammelheizung/Öl, Gas	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes entsprechend der WSchVO ´95 sowie heizungstechnischen Maßnahmen - Sammelheizung/Kohle - Sammelheizung/Öl, Gas
	186 **251**	**165** **165**	**136** **136**
IWU (1994)	- Baulicher Originalzustand (ABL) - Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) - Energiepreis 6 Pf/kWh - Energiepreis 8 Pf/kWh - Energiepreis 13 Pf/kWh	Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL)
	190 **189**	**101** **76** **76**	**44** **44** **44**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ´84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ´95)
	188	**120**	**87**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**68**	**36**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**101**	**54**

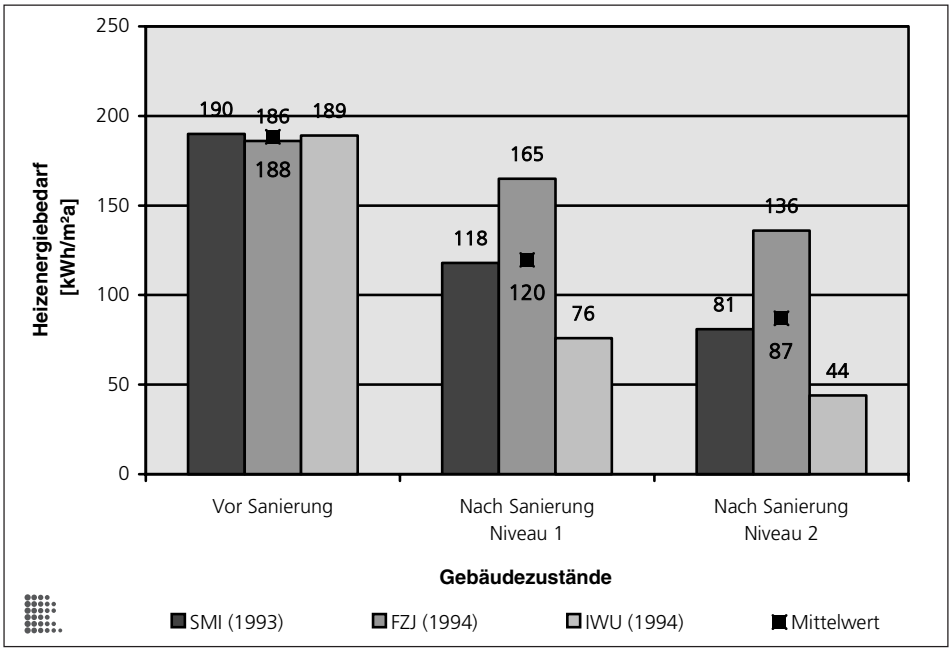


Abb. 2-14: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

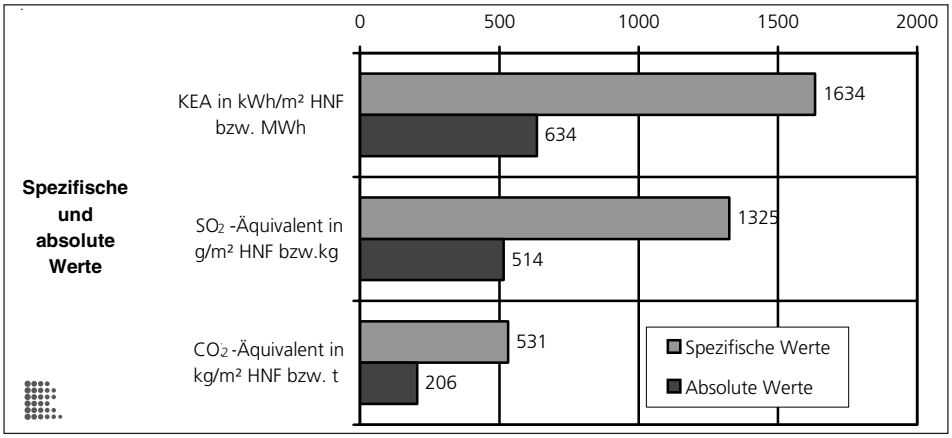


Abb. 2-15: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMZ 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-12: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	85 363	220	105	272	52 570	136
Betone	9 243	24	12	31	5 505	14
Mauersteine	404 133	1 041	250	644	110 680	285
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	114 018	293	114	294	30 335	78
Wärmedämmstoffe	8 007	21	12	32	2 150	6
Dachdeckungen	6 884	18	9	22	2 693	7
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0	0	0	0
Sonst. Stoffe, Schüttungen	6 432	17	12	30	1 963	5
Metalle	0	0	0	0	0	0
Gesamt	**634 080**	**1 634**	**514**	**1 325**	**205 896**	**531**

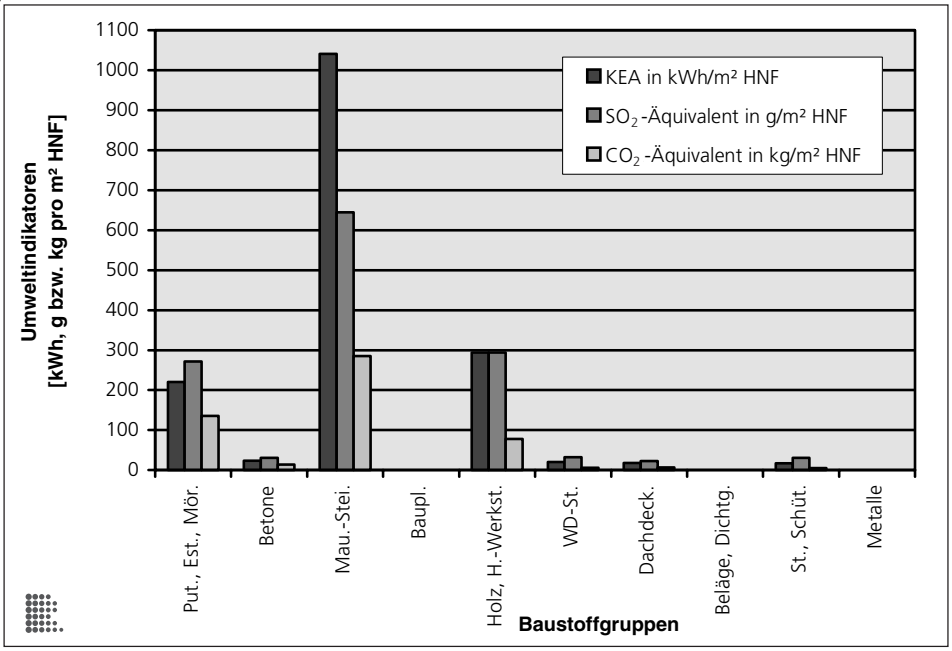


Abb. 2-16: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

2.1.3 Viergeschossiges Mehrfamilienhaus von 1870 bis 1918 in Ziegelbauweise – Typenvertreter IMZ 3

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	1870-1918
Bauweise:	Ziegelbauweise
Gebäudelänge:	15,50 m
Gebäudebreite:	11,50 m
Gebäudehöhe:	19,30 m (KG-Fußboden bis First)
Geschossanzahl:	4 (plus KG und ungenutztes DG)
Außenwandkonstruktion:	Ziegelmauerwerk
Dachform:	Satteldach unter 45°
Dachdeckung:	Hartdeckung
Wohnungslage:	Zweispänner
Wohnungsanzahl:	8
Weitere Nutzung:	keine

Ausstattung

Energieträger:	Gas / Strom
Heizung:	Ofenheizung
Warmwasserversorgung:	dezentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

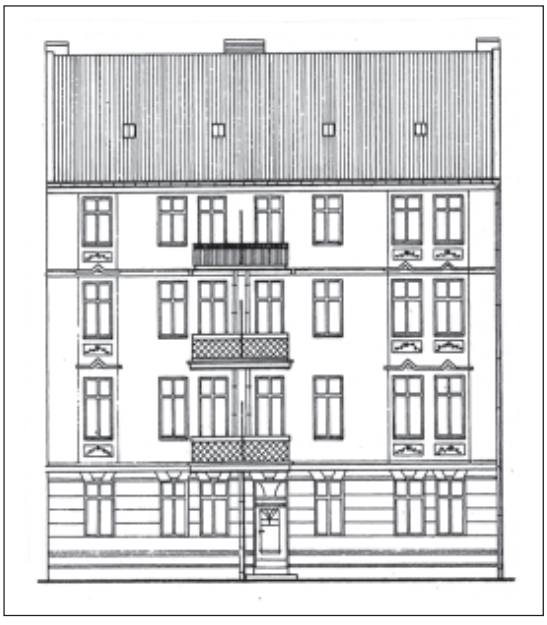


Abb. 2-17:
Ansicht Typenvertreter IMZ 3
(Quelle: Schulze, Walther 1990a, 27)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe 1870 bis 1918 zuzuordnen. Es ist in Ziegelbauweise errichtet. Die Fassade ist geputzt. Das Ziegelmauerwerk der Außenwände ist im Kellergeschoss mit 0,640 m am dicksten ausgebildet und verjüngt sich bis zum dritten Obergeschoss auf 0,380 m. Neben Keller- und Dachgeschoss sind vier Wohngeschosse angeordnet, wobei der Wohnbereich im Erdgeschoss durch einen straßenseitigen Eingang reduziert ist. In den Wohngeschossen befinden sich stets zwei Wohnungen, eine 3-Raum-Wohnung sowie eine 2-Raum-Wohnung, jeweils mit Küche und Bad. Das Gebäude ist ofenbeheizt. Die Bäder sind mit WC´s ausgestattet.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-13: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMZ 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	1 070	100
Netto-Grundfläche (NGF)	864	81
Hauptnutzfläche (HNF)	520	49
Nebennutzfläche (NNF)	268	25
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	76	7
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	206	19
Brutto-Rauminhalt (BRI)	3 070 m³	

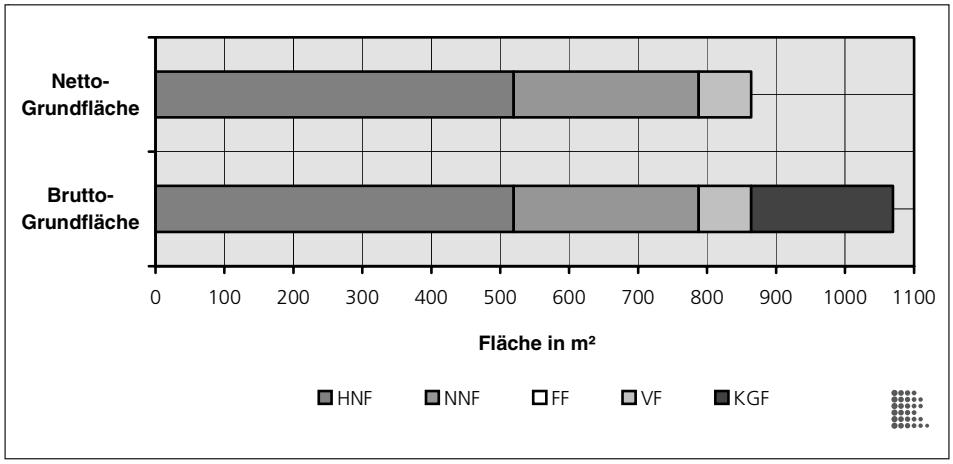


Abb. 2-18: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMZ 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-14: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	141	5
Fundament	47	2
Außenwand: Kellergeschoss	116	4
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	627	22
Fenster / Außentür	101	3
Innenwand	794	27
Innentür	101	3
Decke	741	26
Dach	234	8

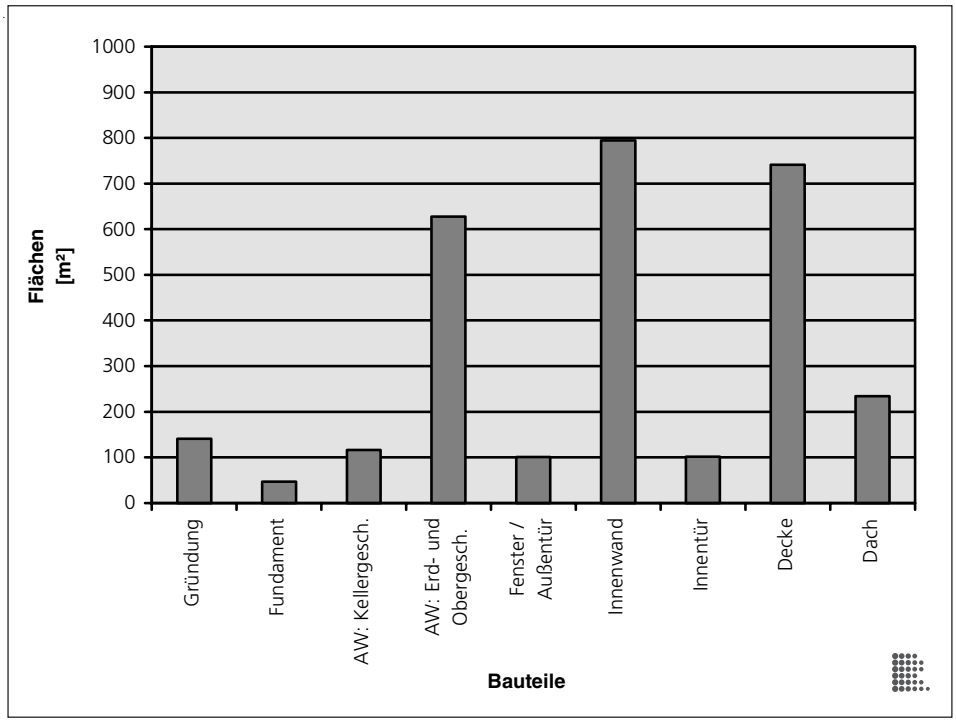


Abb. 2-19: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-15: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMZ 3 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,100 m Stampfbeton B5 – 0,150 m Kies	53 m²
	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Stampfbeton B5 – 0,150 m Kies	53 m²
	– 0,080 m Ziegelpflaster (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,100 m Stampfbeton B5 – 0,150 m Kies	35 m²
Fundament	– Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	15 m²
	– Bruchsteinmauerwerk (Bruchstein 80 %, Mörtel 20 %) H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	15 m²
	– Stampfbeton B5 H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	17 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,020 m Außenputz – 0,640 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	69 m²
	– 0,250 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	47 m²
Außenwand: Erd- u. Ober-geschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,510 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	161m²
	– 0,020 m Außenputz – 0,380 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	146 m²
	– 0,250 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	320 m²
Fenster / Außentür	– Holzkastenfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	96 m²
	– Holztür	5 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,640 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	23 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,510 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	75 m²

	– 0,015 m Innenputz – 0,380 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	70 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,250 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	230 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,120 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	396 m²
Innentür	– Holz-Futtertür	101 m²
Decke	Holzbalkendecke (Einschubdecke) – 0,024 m Holzdielen – 0,035 m Estrich – 0,025 m HWL-Platten – Holzbalken 180/210 – 0,100 m Sand/Lehm/Schlacke – 0,020 Holzeinschub – 0,020 m Holzschalung – 0,015 m Innenputz	595 m²
	Steingewölbedecke (Preußische Kappen) – 0,024 m Holzdielen – 0,035 m Estrich – 0,060 m Sand/Lehm/Schlacke – 0,100 m Beton B20 – 0,120 m Vollziegel	146 m²
Dach	Satteldach – Hartdeckung – Hartdeckung (Schiefer 20 %, Ziegel 30 %, Biber 50 %) – Holz (Schalung 20 %, Lattung 80 %) – Holzsparren 120/160	234 m²

Weitere Angaben

Balkone	3 St.	Dachrinne	31,0 lfd. M.
Schornsteine	6 St.	Fallrohr	27,0 lfd. M.
Rauchrohre	11 St.	Treppenanlage	27,7 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-16: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	Stofflager		Stoffintensität	
	kg	t	t/m² HNF	t/m³ BRI
Gründung	79 410	79	0,15	0,03
Fundament	59 386	59	0,11	0,02
AW: Kellergeschoss	108 667	109	0,21	0,04
AW: Erd- und Obergeschosse	427 167	427	0,82	0,14
Fenster / Außentür	2 997	3	0,01	0,00
Innenwand	374 928	375	0,72	0,12
Innentür	2 188	2	0,00	0,00
Decke	254 441	255	0,49	0,08
Dach	12 949	13	0,03	0,00
Gesamt	**1 322 133**	**1 322**	**2,54**	**0,43**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	Stofflager		Stoffintensität	
	t	m³	t/m² HNF	m³/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	343	185	0,66	0,36
Betone	102	42	0,20	0,08
Mauersteine	685	379	1,32	0,73
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	43	72	0,08	0,14
Wärmedämmstoffe	6	15	0,01	0,03
Dachdeckungen	7	4	0,01	0,01
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0,00	0,00
Sonst. Stoffe, Schüttungen	136	83	0,26	0,16
Metalle	0	0	0,00	0,00
Gesamt	**1 322**	**780**	**2,54**	**1,51**

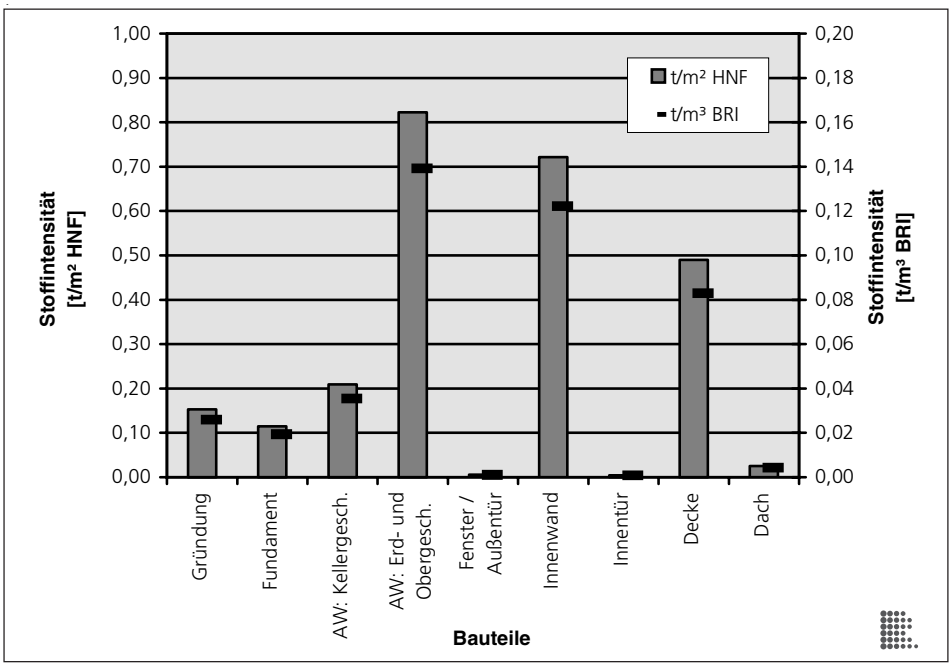


Abb. 2-20: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

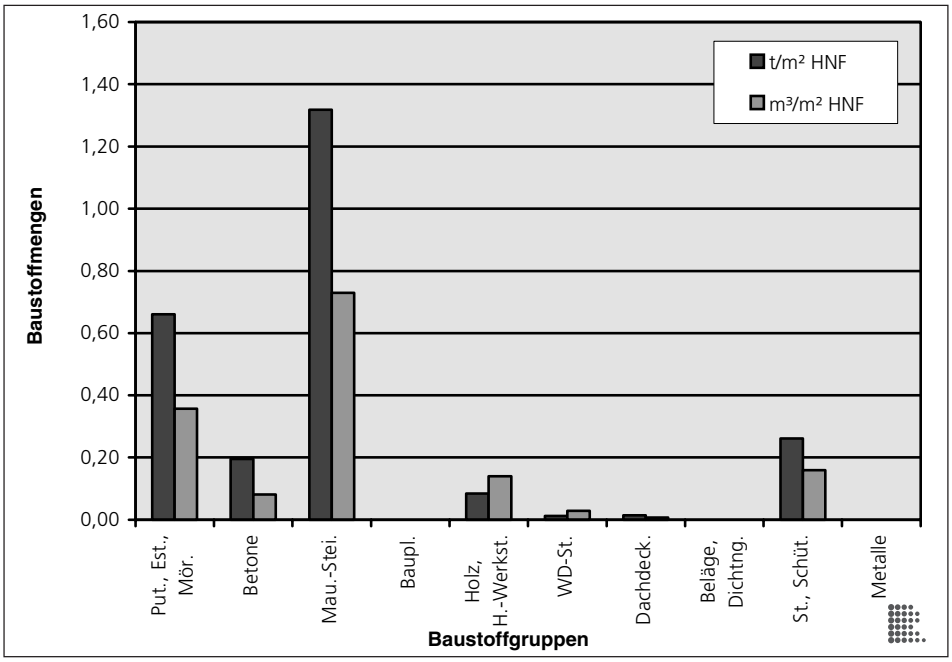


Abb. 2-21: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-17: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 3 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
SMI (1993)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf das Niveau der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf das Niveau „erhöhter Wärmeschutz"
	163	**101**	**69**
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf - Einzelofenheizung/Kohle - Sammelheizung/Kohle	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes entsprechend der WSchVO ´84 sowie heizungstechnischen Maßnahmen - Sammelheizung/Kohle - Sammelheizung/Öl, Gas	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes entsprechend der WSchVO ´95 sowie heizungstechnischen Maßnahmen - Sammelheizung/Kohle - Sammelheizung/Öl, Gas
	168 **209**	**136** **136**	**101** **101**
IWU (1994)	- Baulicher Originalzustand (ABL) - Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) - Energiepreis 6 Pf/kWh - Energiepreis 8 Pf/kWh - Energiepreis 13 Pf/kWh	Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL)
	190 **195**	**120** **87** **87**	**54** **54** **54**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ‘84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ‘95)
	175	**108**	**75**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**67**	**38**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**100**	**57**

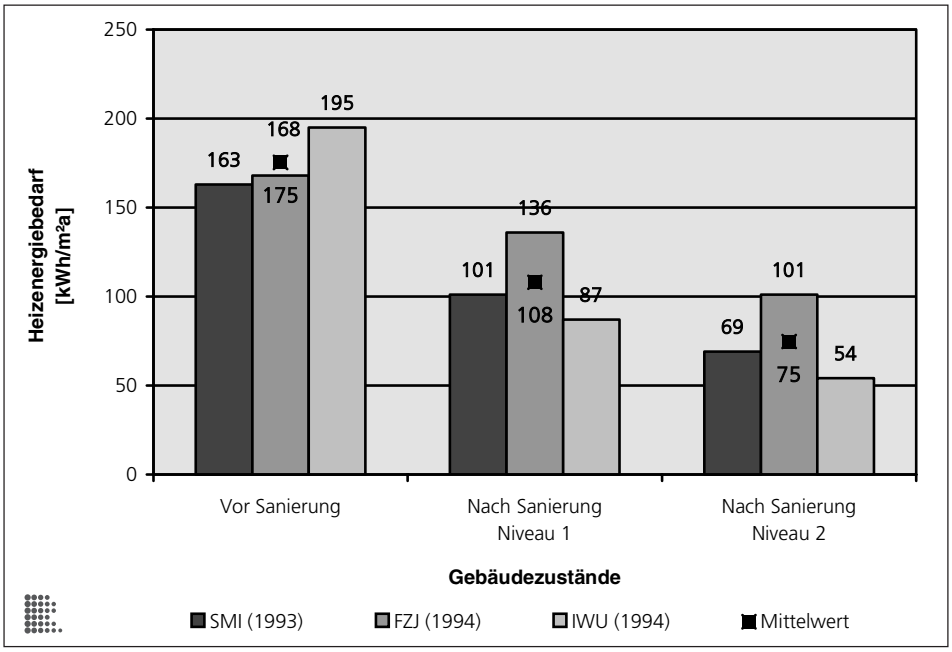


Abb. 2-22: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

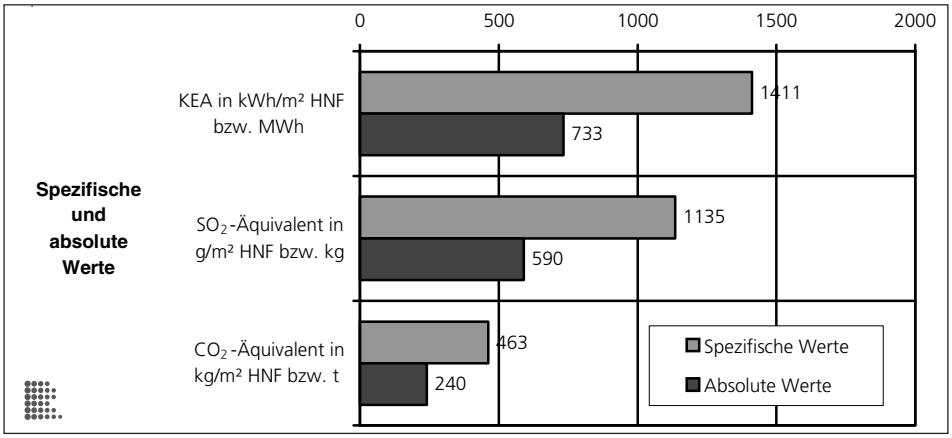


Abb. 2-23: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMZ 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-18: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	96 426	186	119	229	59 517	115
Betone	18 602	36	24	46	11 591	22
Mauersteine	480 640	924	296	572	131 400	253
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	114 644	221	115	221	30 527	59
Wärmedämmstoffe	7 551	15	12	23	2 028	4
Dachdeckungen	7 554	15	10	18	2 958	6
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0	0	0	0
Sonst. Stoffe, Schüttungen	7 476	14	14	26	2 299	4
Metalle	0	0	0	0	0	0
Gesamt	**732 895**	**1 411**	**590**	**1 135**	**240 320**	**463**

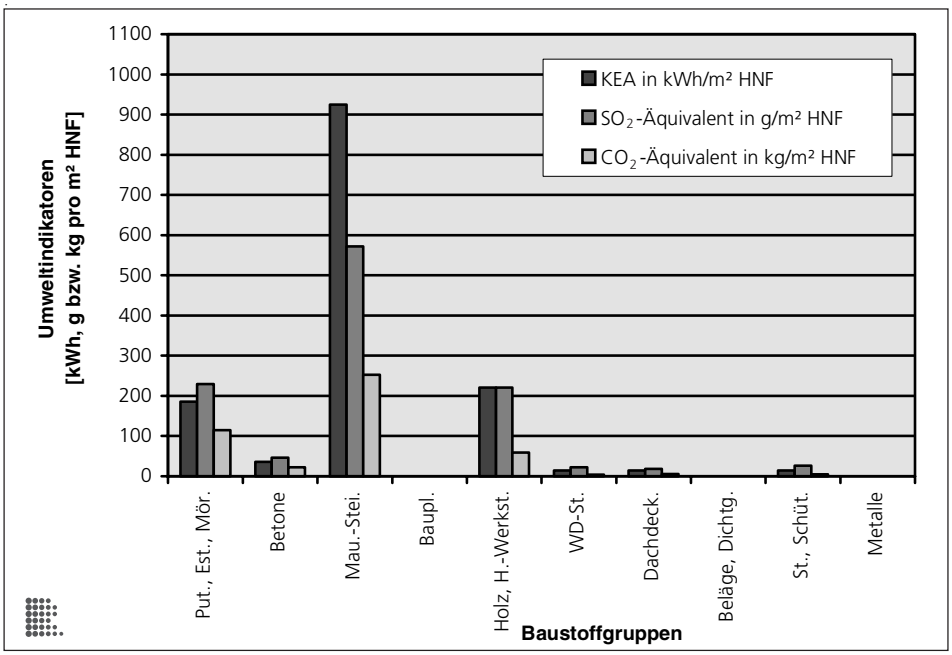


Abb. 2-24: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

2.1.4 Viergeschossiges Mehrfamilienhaus von 1919 bis 1945 in Ziegelbauweise – Typenvertreter IMZ 4

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	1919-1945
Bauweise:	Ziegelbauweise
Gebäudelänge:	16,00 m
Gebäudebreite:	11,80 m
Gebäudehöhe:	17,50 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	4 (plus KG und ungenutztes DG)
Außenwandkonstruktion:	Ziegelmauerwerk
Dachform:	Pultdach ca. 1,6° (ca. 3,5 %)
Dachdeckung:	Weichdeckung
Wohnungslage:	Zweispänner
Wohnungsanzahl:	8
Weitere Nutzung:	keine

Ausstattung

Energieträger:	Gas / Strom
Heizung:	Ofenheizung
Warmwasserversorgung:	dezentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

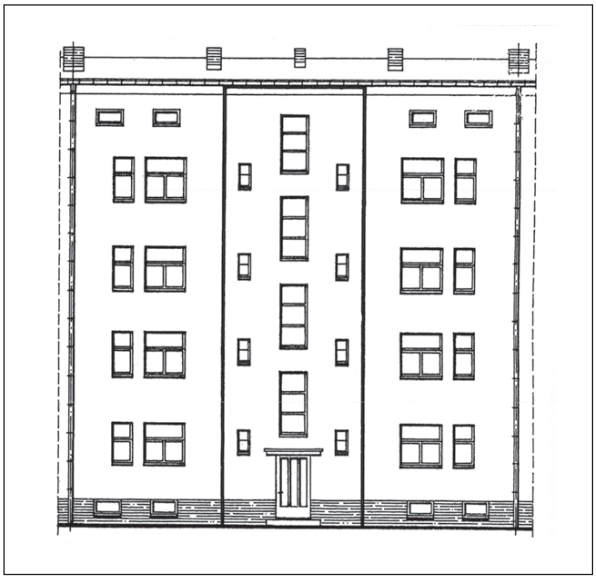


Abb. 2-25:
Ansicht Typenvertreter IMZ 4 (Quelle: Schulze, Walther 1990a, 59)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe 1919 bis 1945 zuzuordnen. Es ist in Ziegelbauweise errichtet. Die Fassade ist geputzt. Das Ziegelmauerwerk der Außenwände ist im Kellergeschoss 0,510 m dick, in den darüber liegenden Wohngeschossen 0,380 m und im Dachgeschoss 0,250 m. Neben Keller- und einem Dachgeschoss sind vier Wohngeschosse angeordnet. In den Wohngeschossen befinden sich jeweils zwei 3-Raum-Wohnungen mit Küche und Bad. Das Gebäude ist ofenbeheizt. Die Bäder sind mit Badewanne und WC ausgestattet.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-19: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMZ 4 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	977	100
Netto-Grundfläche (NGF)	832	85
Hauptnutzfläche (HNF)	506	52
Nebennutzfläche (NNF)	255	26
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	70	7
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	145	15
Brutto-Rauminhalt (BRI)	2 785 m³	

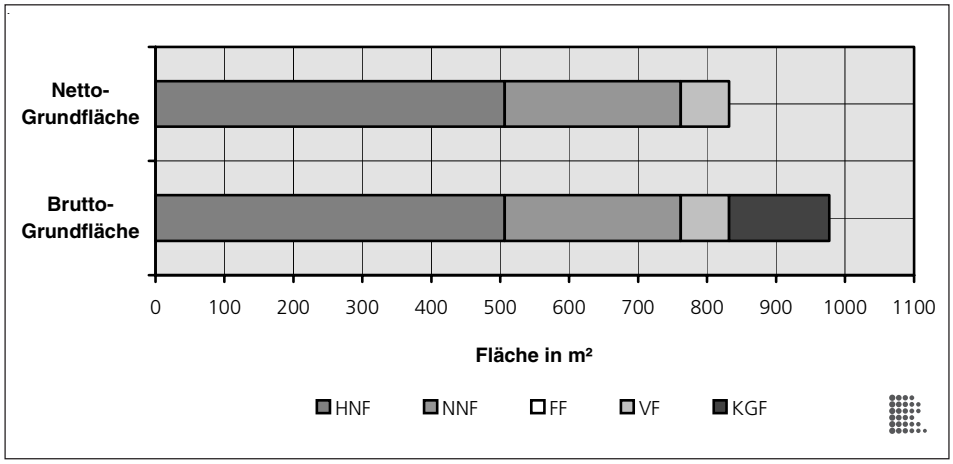


Abb. 2-26: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMZ 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-20: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 4 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	136	5
Fundament	41	2
Außenwand: Kellergeschoss	121	4
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	688	25
Fenster / Außentür	99	4
Innenwand	661	24
Innentür	108	4
Decke	712	26
Dach	177	6

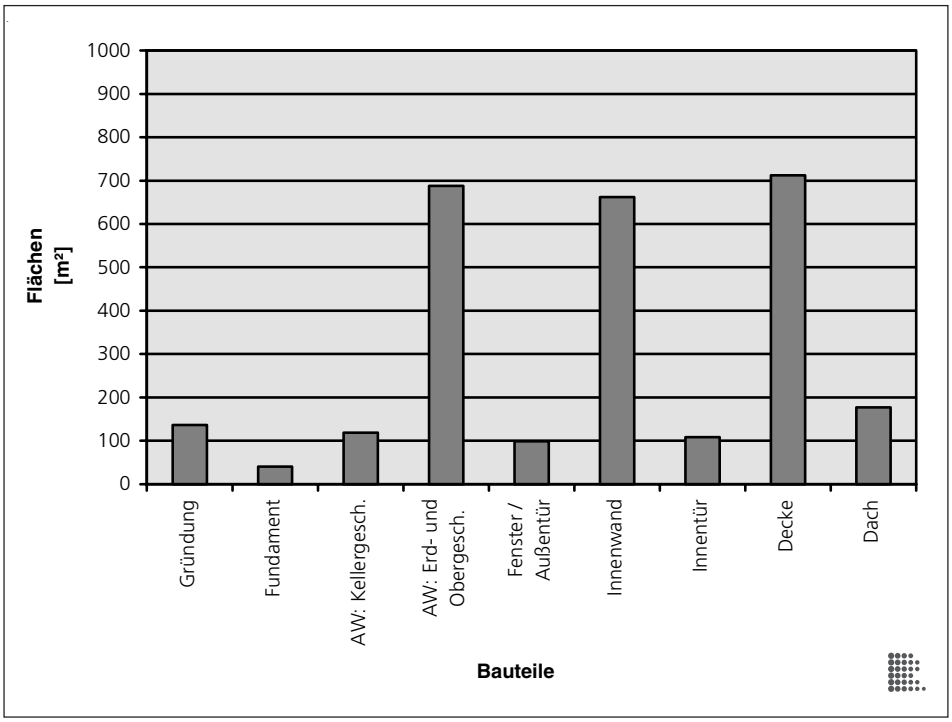


Abb. 2-27: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-21: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMZ 4 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Beton B5 – 0,150 m Kies	136 m²
Fundament	– Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	14 m²
	– Bruchsteinmauerwerk (Vollziegel 80 %, Mörtel 20 %) H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	14 m²
	– Stampfbeton H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	13 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,020 m Außenputz – 0,510 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	79 m²
	– 0,120 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	42 m²
Außenwand: Erd- u. Ober-geschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,380 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	334 m²
	– 0,020 m Außenputz – 0,250 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	74 m²
	– 0,120 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	280 m²
Fenster / Außentür	– Holzkastenfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	96 m²
	– Holztür	3 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,510 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	25 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,380 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	164 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,200 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	215 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,080 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	257 m²

Innentür	– Holz-Futtertür	108 m²
Decke	– 0,026 m Holzdielen (zu 50%) – 0,035 m Estrich (zu 50 %) – 0,080 m Schlacke – 0,020 m Beton B20 Stahlstein-Tragschicht (0,150 m) – 0,090 m Hohlziegel – 0,030 m Hohlraum – 0,026 m Beton B20 – 0,005 m Flachstahl – 0,015 m Innenputz	712 m²
Dach	Flachdach – Weichdeckung – 0,004 m Bitumendachbahn, besandet – 0,008 m Bitumendachbahn, 2-lagig – 0,024 m Holzschalung – 0,002 m Konterlattung – 0,005 m Kantholz (60/80) – 0,025 m Holzsparren (140/180)	177 m²

Weitere Angaben

Balkone	4 St.	Dachrinne	16,2 lfd. M.
Schornsteine	5 St.	Fallrohr	16,0 lfd. M.
Rauchrohre	25 St.	Treppenanlage	27,8 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-22: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 4 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	Stofflager		Stoffintensität	
	kg	t	t/m² HNF	t/m³ BRI
Gründung	78 396	78	0,15	0,03
Fundament	51 842	52	0,10	0,02
AW: Kellergeschoss	86 725	88	0,18	0,03
AW: Erd- und Obergeschosse	360 487	360	0,71	0,13
Fenster / Außentür	2 971	3	0,01	0,00
Innenwand	284 736	285	0,56	0,10
Innentür	2 340	2	0,00	0,00
Decke	328 957	329	0,65	0,12
Dach	8 433	8	0,02	0,00
Gesamt	**1 204 887**	**1 205**	**2,38**	**0,43**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	Stofflager		Stoffintensität	
	t	m³	t/m² HNF	m³/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	296	162	0,58	0,32
Betone	144	60	0,29	0,12
Mauersteine	605	349	1,19	0,68
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	15	26	0,03	0,05
Wärmedämmstoffe	0	0	0,00	0,00
Dachdeckungen	0	0	0,00	0,00
Beläge, Dichtungsbahnen	3	2	0,01	0,01
Sonst. Stoffe, Schüttungen	117	71	0,23	0,14
Metalle	25	3	0,05	0,01
Gesamt	**1 205**	**673**	**2,38**	**1,33**

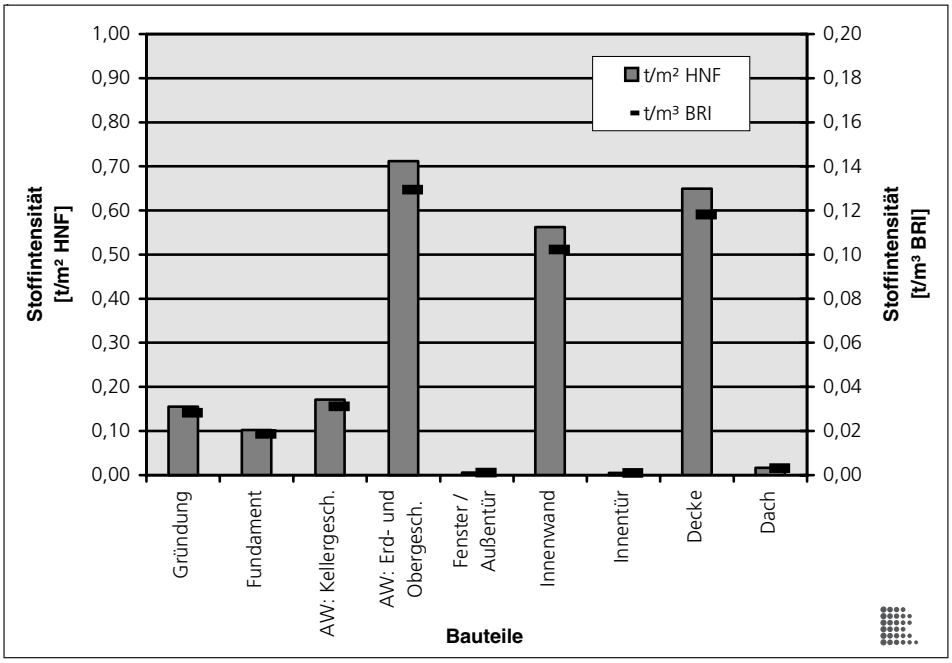


Abb. 2-28: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

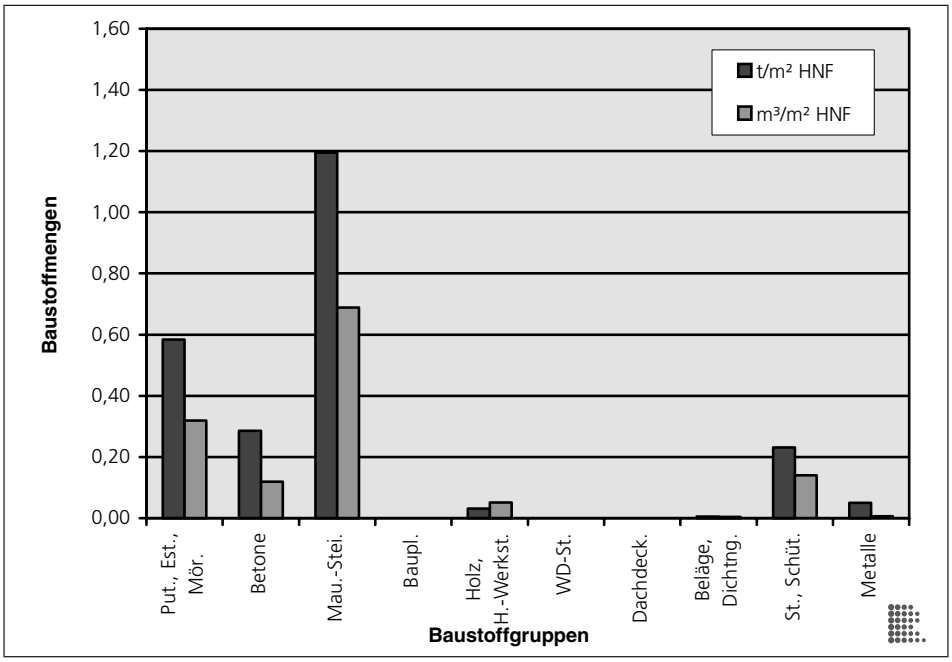


Abb. 2-29: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-23: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 4 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
SMI (1993)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf das Niveau der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf das Niveau „erhöhter Wärmeschutz"
	168	**109**	**74**
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf - Einzelofenheizung/Kohle - Sammelheizung/Kohle	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes entsprechend der WSchVO ´84 sowie heizungstechnischen Maßnahmen - Sammelheizung/Kohle - Sammelheizung/Öl, Gas	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes entsprechend der WSchVO ´95 sowie heizungstechnischen Maßnahmen - Sammelheizung/Kohle - Sammelheizung/Öl, Gas
	178 **222**	**147** **147**	**109** **109**
IWU (1994)	- Baulicher Originalzustand (ABL) - Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) - Energiepreis 6 Pf/kWh - Energiepreis 8 Pf/kWh - Energiepreis 13 Pf/kWh	Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL)
	222 **161**	**93** **75** **75**	**39** **39** **39**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ‘84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ‘95)
	169	**110**	**74**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**59**	**35**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**95**	**56**

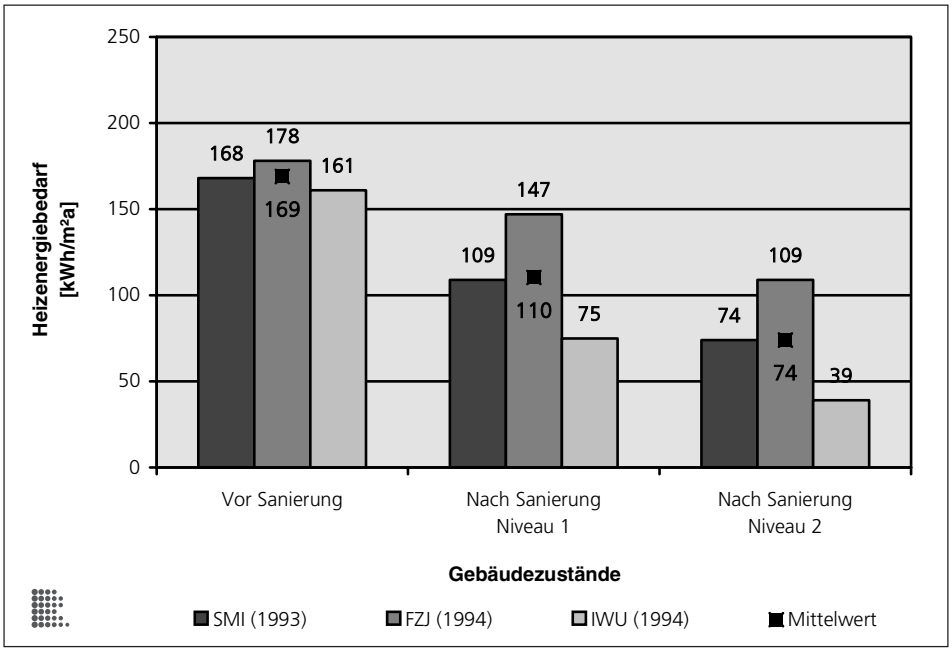


Abb. 2-30: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

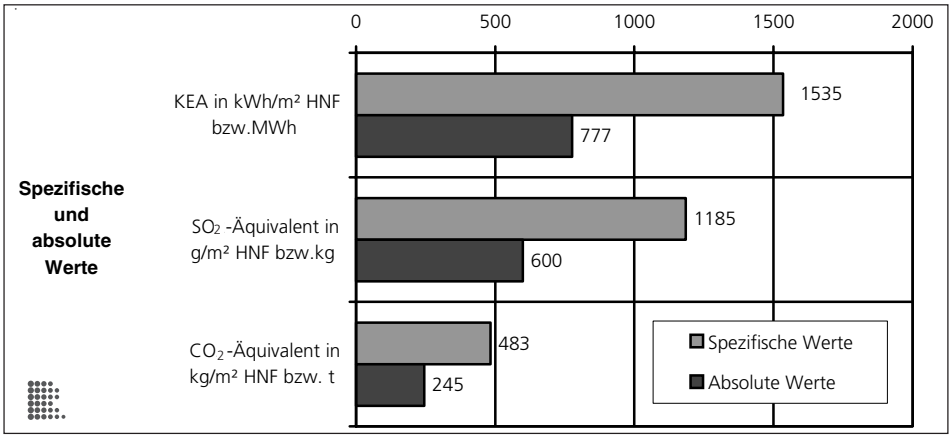


Abb. 2-31: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMZ 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-24: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 4 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	81 658	161	100	198	49 798	98
Betone	29 308	58	38	74	18 592	38
Mauersteine	424 792	839	262	518	116 123	229
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	39 420	78	41	80	10 641	21
Wärmedämmstoffe	0	0	0	0	0	0
Dachdeckungen	0	0	0	0	0	0
Beläge, Dichtungsbahnen	34 079	67	9	19	2 768	5
Sonst. Stoffe, Schüttungen	6 959	14	13	25	2 160	4
Metalle	160 968	318	137	271	44 656	88
Gesamt	**777 184**	**1 535**	**600**	**1 185**	**244 738**	**483**

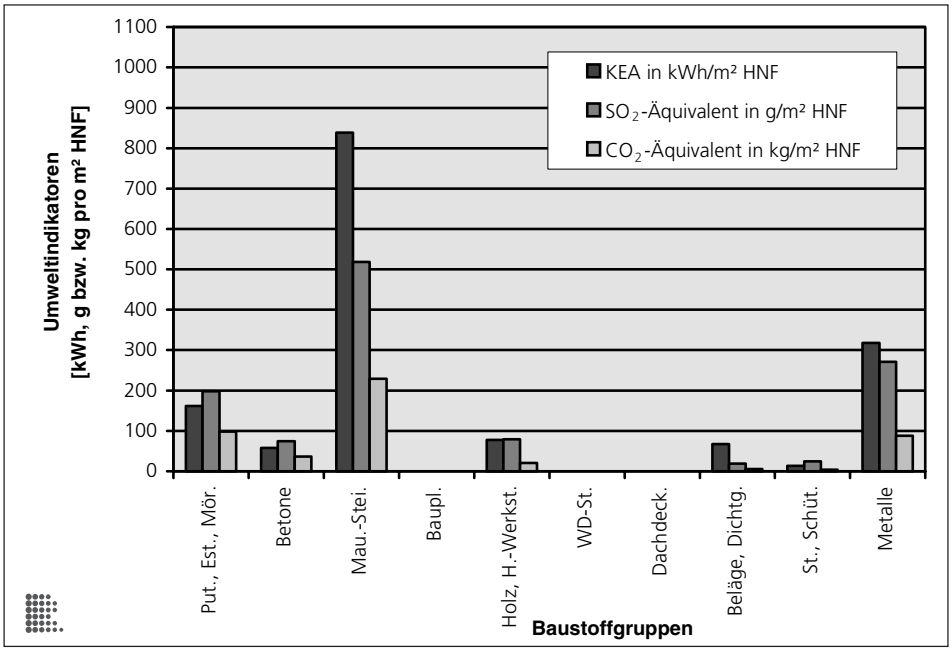


Abb. 2-32: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

2.1.5 Viergeschossiges Mehrfamilienhaus nach 1945 in Ziegelbauweise – Typenvertreter IMZ 5

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1945
Bauweise:	Ziegelbauweise
Gebäudelänge:	17,62 m
Gebäudebreite:	9,86 m
Gebäudehöhe:	18,37 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	4 (plus KG und ungenutztes DG)
Außenwandkonstruktion:	Ziegelmauerwerk
Dachform:	Satteldach unter 45°
Dachdeckung:	Hartdeckung
Wohnungslage:	Dreispänner
Wohnungsanzahl:	12
Weitere Nutzung:	keine

Ausstattung

Energieträger:	Gas / Strom
Heizung:	Ofenheizung
Warmwasserversorgung:	dezentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / Dusche / WC

Abb. 2-33:
Ansicht Typenvertreter IMZ 5 (Quelle: Schulze, Walther 1990 a, 84)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe nach 1945 zuzuordnen. Es ist in Ziegelbauweise errichtet. Die Fassade ist geputzt. Das Ziegelmauerwerk der Außenwände ist im Kellergeschoss sowie in den darüber liegenden Wohngeschossen 0,365 m dick. Neben Keller- und Dachgeschoss sind vier Wohngeschosse angeordnet. In den Wohngeschossen befinden sich jeweils drei 2-Raum-Wohnungen mit Küche und Bad. Die Bäder der zur Straßenseite orientierten Wohnungen sind mit Badewanne und WC ausgestattet, das Bad der zur Hofseite orientierten 2-Raum-Wohnung ist kleiner und mit einer Dusche ausgerüstet. Das Gebäude ist ofenbeheizt.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-25: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMZ 5 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	1 042	100
Netto-Grundfläche (NGF)	882	84
Hauptnutzfläche (HNF)	544	52
Nebennutzfläche (NNF)	274	26
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	63	6
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	160	15
Brutto-Rauminhalt (BRI)	2 810 m³	

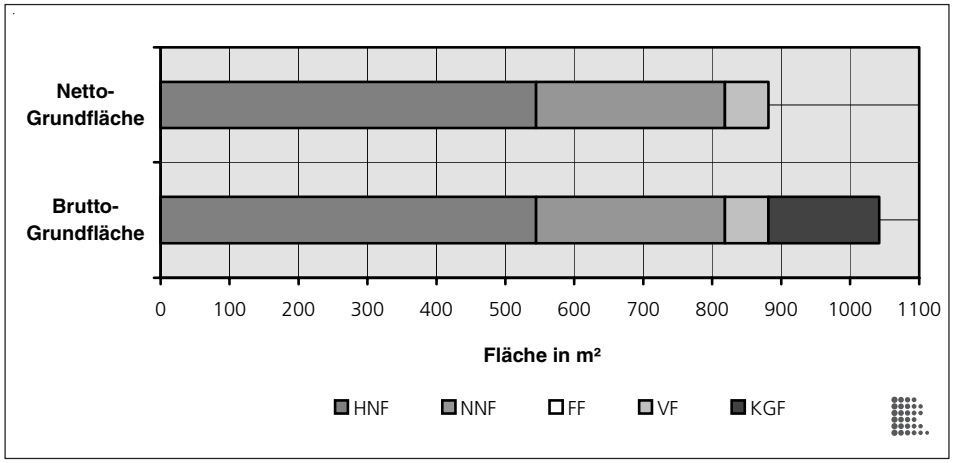


Abb. 2-34: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMZ 5 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-26: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 5 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	143	5
Fundament	41	1
Außenwand: Kellergeschoss	135	5
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	558	19
Fenster / Außentür	106	4
Innenwand	886	30
Innentür	106	3
Decke	766	26
Dach	209	7

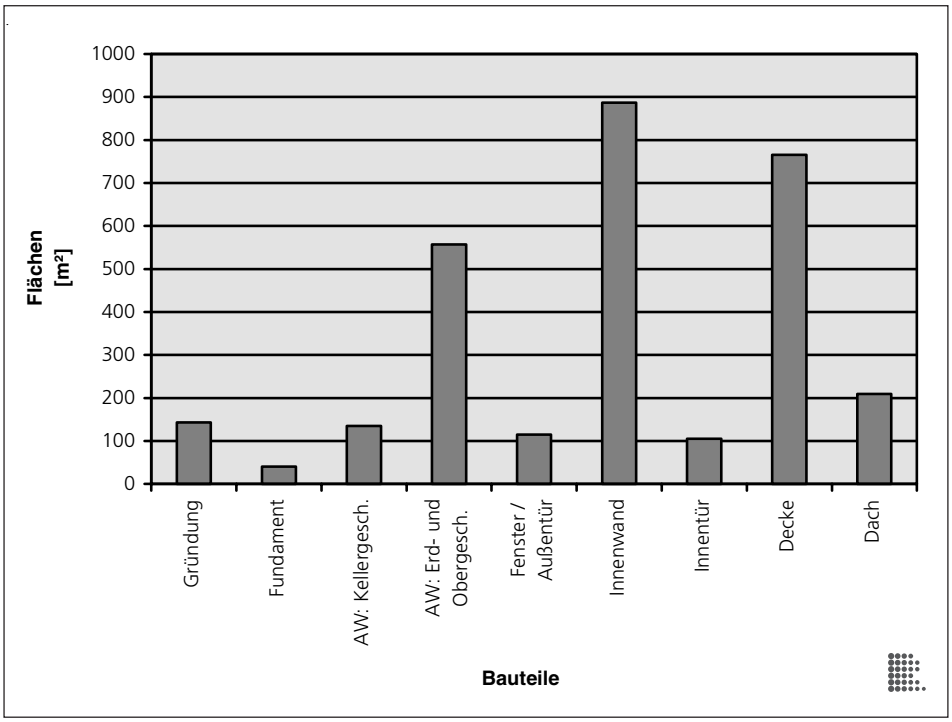


Abb. 2-35: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 5 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-27: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMZ 5 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Beton B5 – 0,150 m Kies	143 m²
Fundament	– Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	17 m²
	– Bruchsteinmauerwerk (Bruchstein 80 %, Mörtel 20 %) H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	12 m²
	– Stampfbeton H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	12 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,020 m Außenputz – 0,365 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	87 m²
	– 0,240 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	48 m²
Außenwand: Erd- u. Ober-geschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,365 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	307 m²
	– 0,240 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	52 m²
	– 0,115 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	199 m²
Fenster / Außentür	– Holzverbundfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	106 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,365 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	40 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,240 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	460 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,115 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	109 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,007 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	277 m²

Innentür	– Futtertür-Holzfüllung	85 m²
	– Futtertür-Glasfüllung (Holz 85 %, Glas 15 %)	21 m²
Decke	Stahlbetonfertigteildecke – 0,026 m Holzdielen (50%) – 0,035 m Estrich (50 %) – 0,025 m Vergussbeton B5 – 0,086 m Betonfertigteil B20 – 0,006 m Bewehrungsstahl – 0,025 m HWL-Platten – 0,015 m Innenputz	766 m²
Dach	Steildach – Hartdeckung – 0,015 m Tonziegel (90 %) – 0,018 m Biber (10 %) – 0,010 m Holzlattung (40/60) – 0,013 m Stahlbetonbinder (Beton B20 97 %, Stahl 3 %)	209 m²

Weitere Angaben

Balkone	6 St.	Dachrinne	36,0 lfd. M.
Schornsteine	7 St.	Fallrohr	26,0 lfd. M.
Rauchrohre	21St.	Treppenanlage	44,5 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-28: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 5 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	kg	**t**	**t/m² HNF**	**t/m³ BRI**
Gründung	84 953	85	0,16	0,03
Fundament	51 636	52	0,09	0,02
AW: Kellergeschoss	86 251	86	0,16	0,03
AW: Erd- und Obergeschosse	295 128	295	0,54	0,11
Fenster / Außentür	2 940	3	0,01	0,00
Innenwand	327 917	328	0,60	0,11
Innentür	2 496	2	0,01	0,00
Decke	312 970	313	0,57	0,11
Dach	13 576	14	0,02	0,01
Gesamt	**1 177 867**	**1 178**	**2,16**	**0,42**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	t	**m³**	**t/m² HNF**	**m³/m² HNF**
Putze, Estriche, Mörtel	310	170	0,57	0,31
Betone	281	117	0,52	0,21
Mauersteine	496	274	0,91	0,50
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	11	18	0,02	0,03
Wärmedämmstoffe	8	19	0,01	0,04
Dachdeckungen	6	3	0,01	0,01
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0,00	0,00
Sonst. Stoffe, Schüttungen	27	15	0,05	0,03
Metalle	39	5	0,07	0,01
Gesamt	**1 178**	**621**	**2,16**	**1,14**

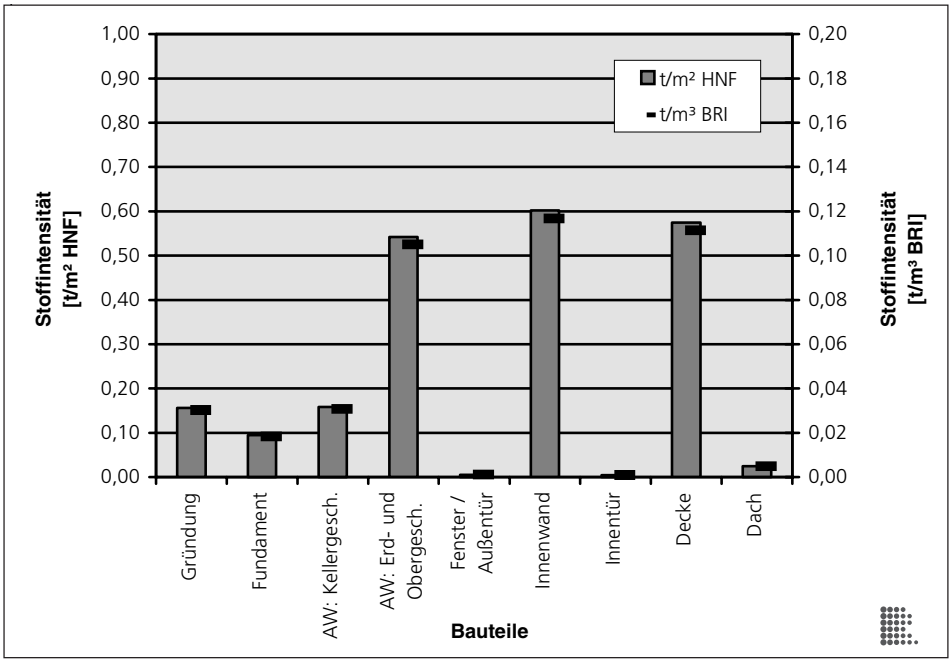


Abb. 2-36: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 5 (Quelle: Eigener Entwurf)

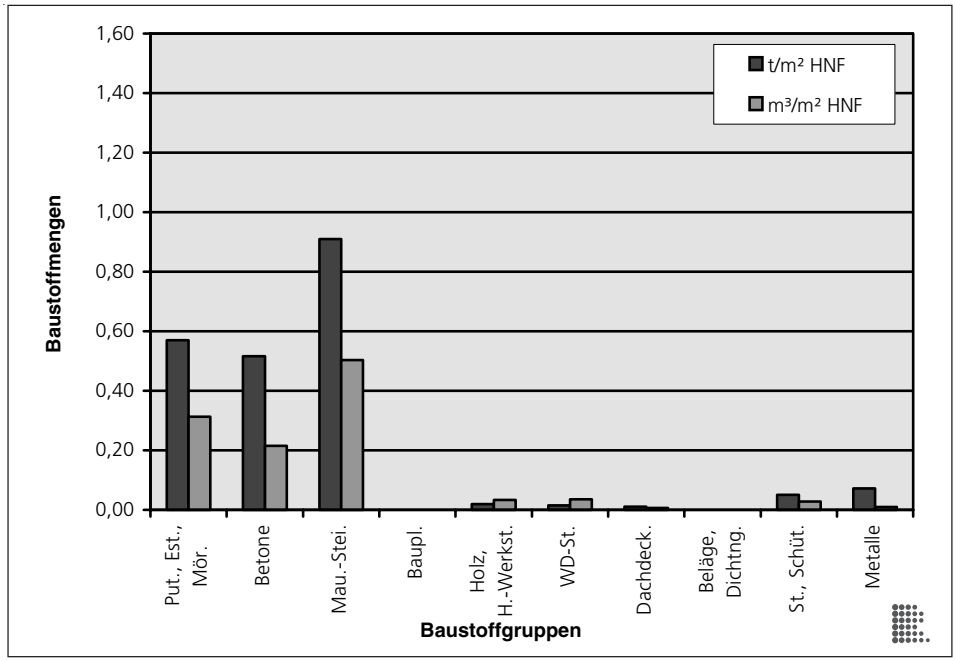


Abb. 2-37: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 5 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-29: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 5 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
SMI (1993)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf das Niveau der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf das Niveau „erhöhter Wärmeschutz“
	164	**102**	**67**
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf - Einzelofenheizung/Kohle - Sammelheizung/Kohle	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes entsprechend der WSchVO ´84 sowie heizungstechnischen Maßnahmen - Sammelheizung/Kohle - Sammelheizung/Öl, Gas	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes entsprechend der WSchVO ´95 sowie heizungstechnischen Maßnahmen - Sammelheizung/Kohle - Sammelheizung/Öl, Gas
	193 **142**	**177** **177**	**141** **141**
IWU (1994)	- Baulicher Originalzustand (ABL) - Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) - Energiepreis 6 Pf/kWh - Energiepreis 8 Pf/kWh - Energiepreis 13 Pf/kWh	Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL)
	229 **175**	**94** **64** **38**	**38** **38** **38**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ‘84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ‘95)
	177	**114**	**82**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**63**	**36**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**95**	**54**

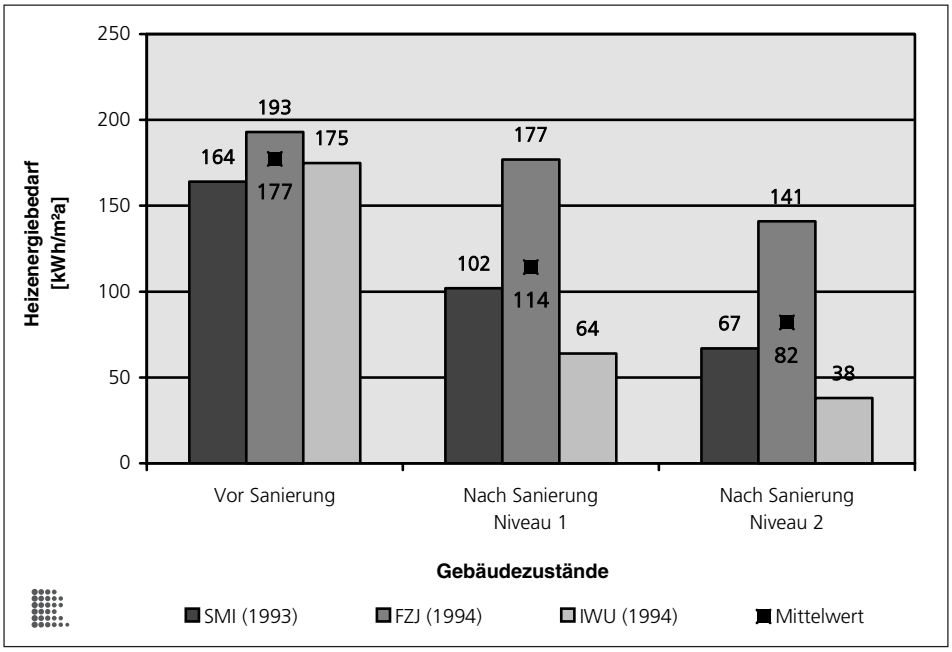


Abb. 2-38: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 5 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

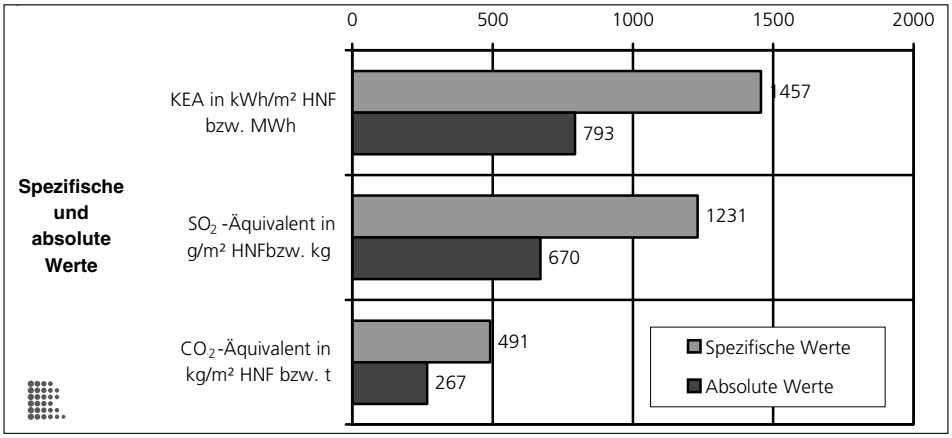


Abb. 2-39: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMZ 5 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-30: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 5 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	86 007	158	104	190	50 572	93
Betone	58 343	107	75	137	37 150	68
Mauersteine	347 632	639	215	395	95 059	175
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	26 267	48	27	50	7 187	13
Wärmedämmstoffe	9 712	18	15	28	2 608	5
Dachdeckungen	7 162	13	9	17	2 811	5
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0	0	0	0
Sonst. Stoffe, Schüttungen	5 997	11	10	19	2 014	4
Metalle	252 185	463	215	395	69 962	128
Gesamt	**793 305**	**1 457**	**670**	**1 231**	**267 363**	**491**

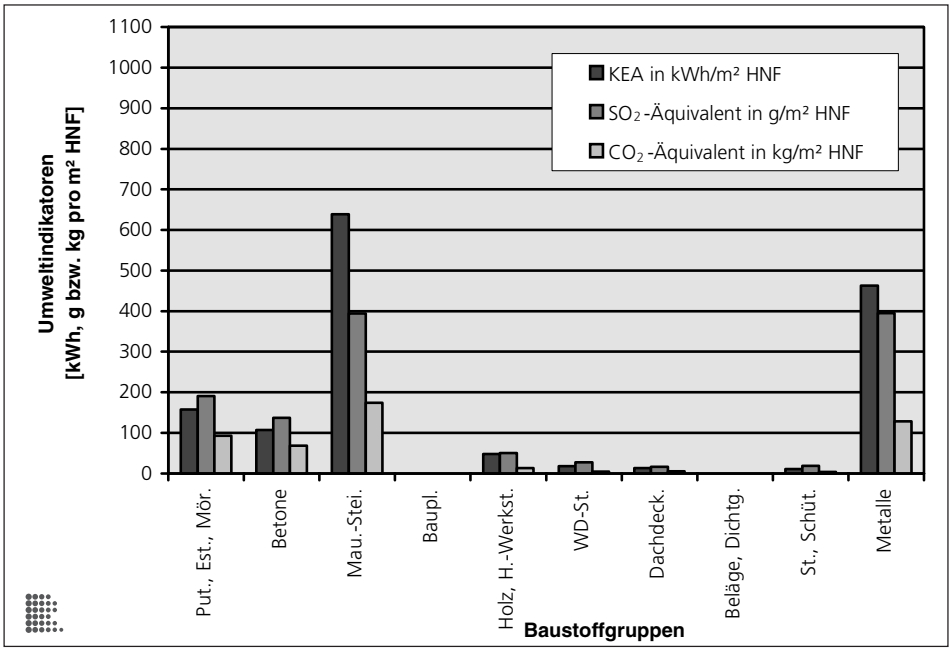


Abb. 2-40: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 5 (Quelle: Eigener Entwurf)

2.1.6 Viergeschossiges Mehrfamilienhaus von 1961 bis 1970 in Block- und Streifenbauweise – Typenvertreter IMI 1

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	1961-1970
Bauweise:	Blockbau
Gebäudelänge:	14,40 m
Gebäudebreite:	10,00 m
Gebäudehöhe:	14,15 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	4 (plus KG)
Außenwandkonstruktion:	Stahlbeton (Blockbau)
Dachform:	flaches Satteldach,10 % Neigung
Dachdeckung:	Weichdeckung
Wohnungslage:	Zweispänner
Wohnungsanzahl:	8
Weitere Nutzung:	keine

Ausstattung

Energieträger:	Gas / Strom
Heizung:	Ofenheizung
Warmwasserversorgung:	dezentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

Abb. 2-41:
Ansicht Typenvertreter IMI 1
(Quelle: Schulze, Walther 1990 b, 7)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe 1961-1970 zuzuordnen. Es ist in Blockbauweise B20 (maximales Gewicht 0,8 t) errichtet. Die Fassade besteht aus Putz. Neben einem Kellergeschoss sind vier Wohngeschosse vorhanden, wobei das Dachgeschoss mit einer Höhe von 0,50 m nicht als begeh- oder bekriechbares Geschoss genutzt werden kann. In jedem Wohngeschoss befinden sich zwei 3-Raum-Wohnungen mit Bad und Küche. Im Keller befinden sich Abstell- und Lagerräume. Das Gebäude ist ofenbeheizt.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-31: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMI 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	720	100
Netto-Grundfläche (NGF)	607	84
Hauptnutzfläche (HNF)	459	64
Nebennutzfläche (NNF)	101	14
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	47	6
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	113	16
Brutto-Rauminhalt (BRI)	2 002 m³	

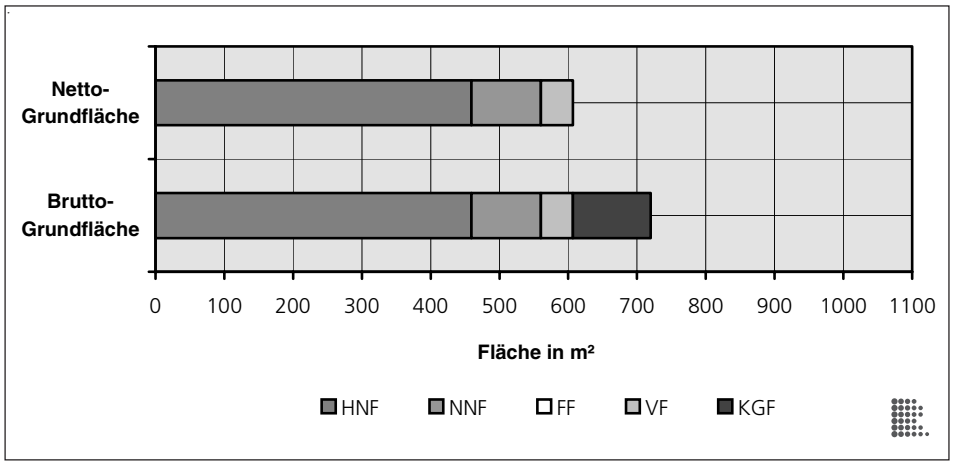


Abb. 2-42: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMI 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-32: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	128	5
Fundament	28	1
Außenwand: Kellergeschoss	111	5
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	479	19
Fenster / Außentür	97	4
Innenwand	683	27
Innentür	148	6
Decke	632	25
Dach	197	8

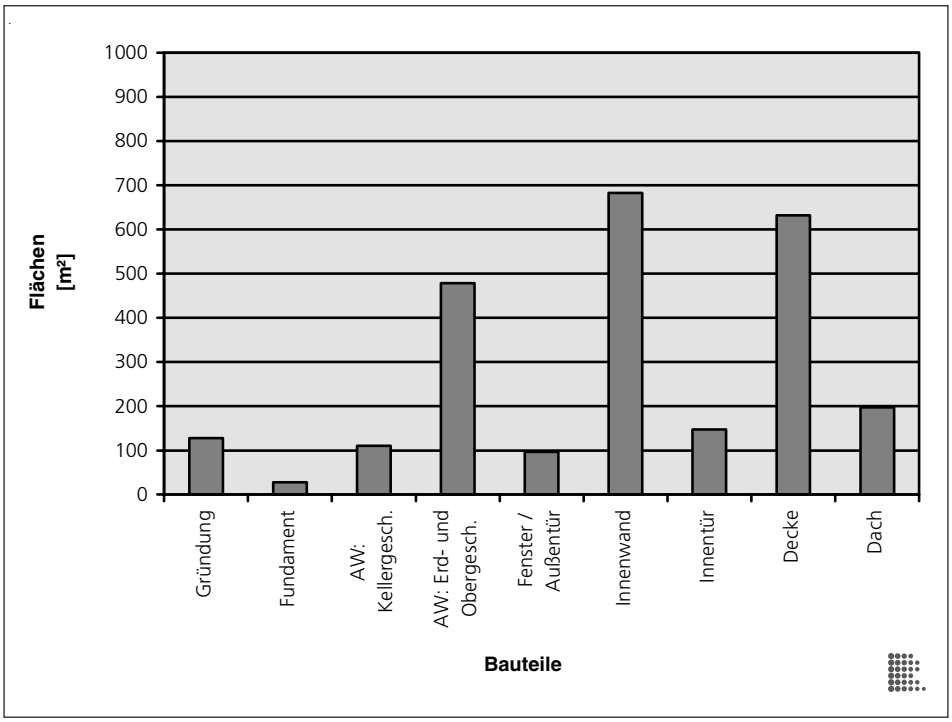


Abb. 2-43: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-33: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMI 1 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Beton B5 – 0,150 m Kies	128 m²
Fundament	– Beton B20 (Beton 96 %, Bewehrung 4 %) H: 0,420 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	28 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,020 m Außenputz – 0,300 m Beton B20 (Beton 95 %, Bewehrung 5 %) – 0,015 m Innenputz	65 m²
	– 0,020 m Außenputz – 0,120 m Beton B20 (Beton 95 %, Bewehrung 5 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	46 m²
Außenwand: Erd- u. Obergeschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,300 m Beton B20 (Beton 95 %, Bewehrung 5 %) – 0,015 m Innenputz	233 m²
	– 0,020 m Außenputz – 0,120 m Beton B20 (Beton 95 %, Bewehrung 5 %) – 0,015 m Innenputz (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	246 m²
Fenster / Außentür	– Holzverbundfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	97 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,240 m Beton B20 (Beton 95 %, Bewehrung 5 %) – 0,015 m Innenputz	99 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,190 m Beton B20 (Beton 95 %, Bewehrung 5 %) – 0,015 m Innenputz	327 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,050 m Beton B20 (Beton 95 %, Bewehrung 5 %) – 0,015 m Innenputz	257 m²
Innentür	– Futtertür-Holzfüllung	118 m²
	– Futtertür-Glasfüllung (Holz 75 %, Glas 25 %)	30 m²

Decke	– 0,035 m Estrich – 0,030 m HWL-Platten – 0,004 m Bitumendachpappe – 0,025 m Hochofenschlacke – 0,190 m Stahlbeton B20 (Beton 66 %, Bewehrung 4 %, Hohlraum 30 %) – 0,015 m Innenputz	632 m²
Dach	Satteldach – flach (10 % Neigung) Weichdeckung – 0,040 m Bitumendachbahn, besandet – 0,080 m Bitumendachbahn 2-lagig – 0,020 m Ausgleichestrich – 0,030 m Stahlbeton-Dachplatten B20 (Beton 96 %, Bewehrung 4 %)	197 m²

Weitere Angaben

Balkone	6 St.	Dachrinne	28,8 lfd. M.
Schornsteine	4 St.	Fallrohr	25,0 lfd. M.
Rauchrohre	6 St.	Treppenanlage	19,6 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-34: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMI 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	kg	**t**	**t/m² HNF**	**t/m³ BRI**
Gründung	78 212	78	0,17	0,04
Fundament	30 684	31	0,07	0,02
AW: Kellergeschoss	65 630	66	0,14	0,03
AW: Erd- und Obergeschosse	201 770	202	0,44	0,10
Fenster / Außentür	2 489	2	0,01	0,00
Innenwand	263 798	264	0,57	0,13
Innentür	3 694	4	0,01	0,00
Decke	297 046	297	0,64	0,15
Dach	26 188	26	0,06	0,01
Gesamt	**969 511**	**970**	**2,11**	**0,48**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	t	**m³**	**t/m² HNF**	**m³/m² HNF**
Putze, Estriche, Mörtel	139	78	0,30	0,17
Betone	733	327	1,60	0,71
Mauersteine	0	0	0,00	0,00
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	4	7	0,01	0,02
Wärmedämmstoffe	19	35	0,04	0,08
Dachdeckungen	0	0	0,00	0,00
Beläge, Dichtungsbahnen	7	5	0,01	0,01
Sonst. Stoffe, Schüttungen	25	14	0,06	0,03
Metalle	43	6	0,09	0,01
Gesamt	**970**	**472**	**2,11**	**1,03**

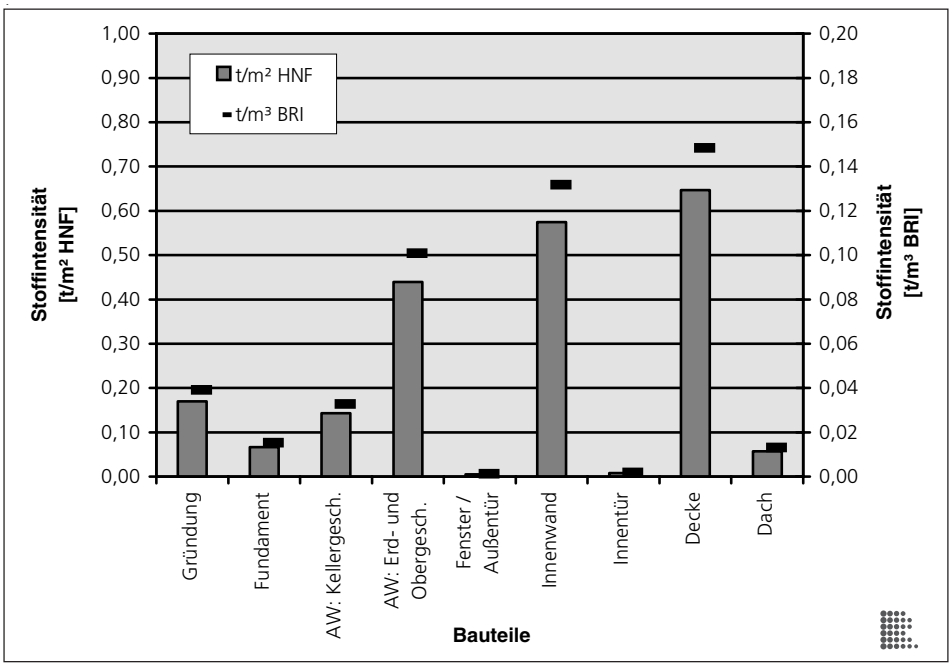


Abb. 2-44: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

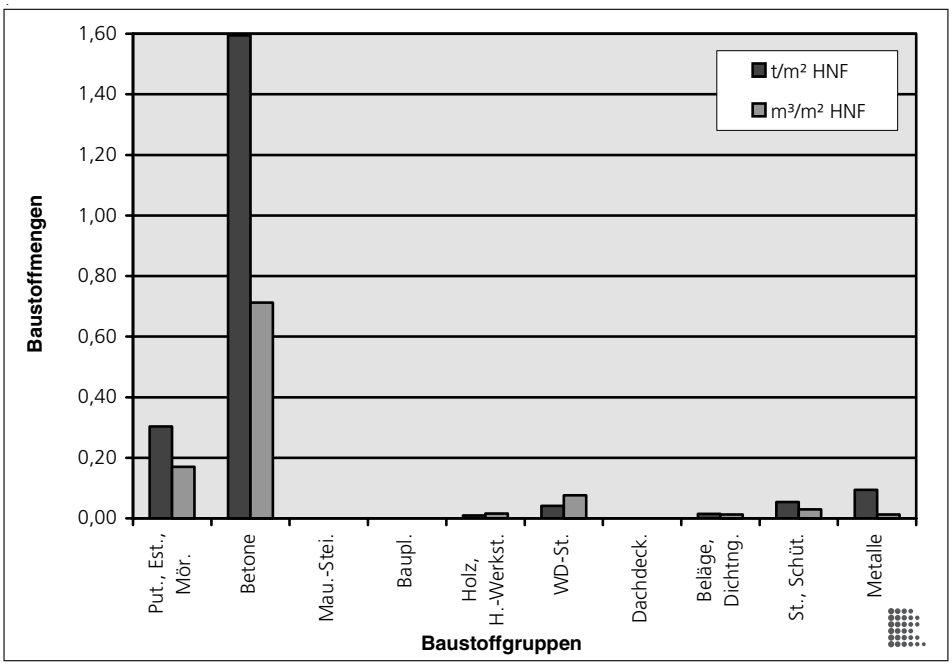


Abb. 2-45: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-35: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 1 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
SMI (1993)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf das Niveau der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf das Niveau „erhöhter Wärmeschutz"
	150	94	66
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf - Einzelofenheizung/Kohle - Fernwärme	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes entsprechend der WSchVO ´84 bei Fernwärme mit verbesserter Regeltechnik und Heizkostenabrechnung - Sammelheizung/Kohle - Sammelheizung/Öl, Gas	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes entsprechend der WSchVO ´95 bei Fernwärme mit verbesserter Regeltechnik und Heizkostenabrechnung - Sammelheizung/Kohle - Sammelheizung/Öl, Gas
	165 226	123	89
IWU (1994)	- Baulicher Originalzustand (ABL) - Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) - Energiepreis 6 Pf/kWh - Energiepreis 8 Pf/kWh - Energiepreis 13 Pf/kWh	Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL)
	213 174	86 62 62	42 42 42
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ‘84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ‘95)
	163	93	66
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		70	43
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		97	60

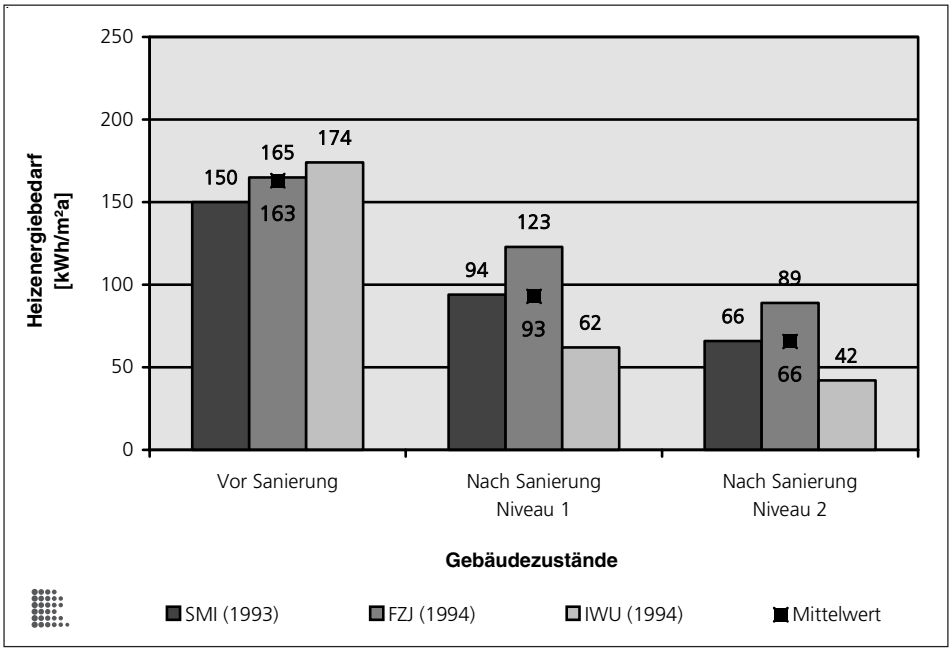


Abb. 2-46: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

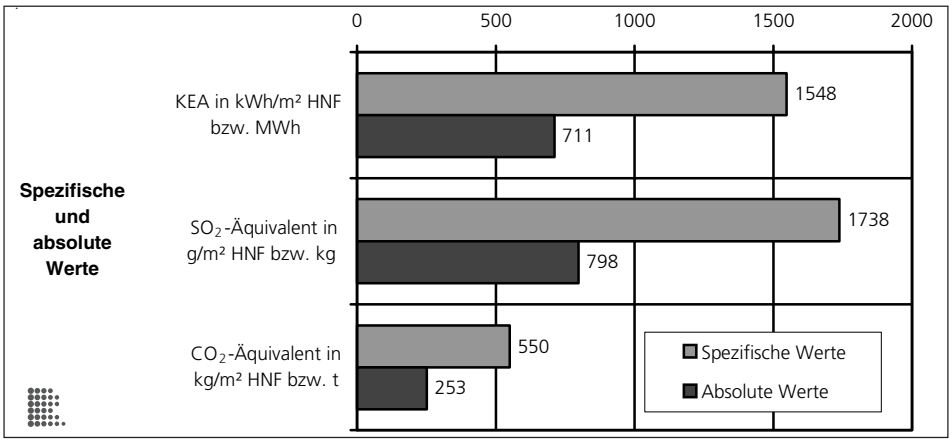


Abb. 2-47: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMI 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-36: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	38 998	85	39	86	17 091	37
Betone	251 751	548	419	911	138 761	303
Mauersteine	0	0	0	0	0	0
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	10 669	23	11	24	2 919	6
Wärmedämmstoffe	21 868	48	50	109	5 210	11
Dachdeckungen	0	0	0	0	0	0
Beläge, Dichtungsbahnen	104 416	227	32	70	9 583	21
Sonst. Stoffe, Schüttungen	6 465	14	11	24	2 180	5
Metalle	276 901	603	236	514	76 819	167
Gesamt	**711 068**	**1 548**	**798**	**1 738**	**252 563**	**550**

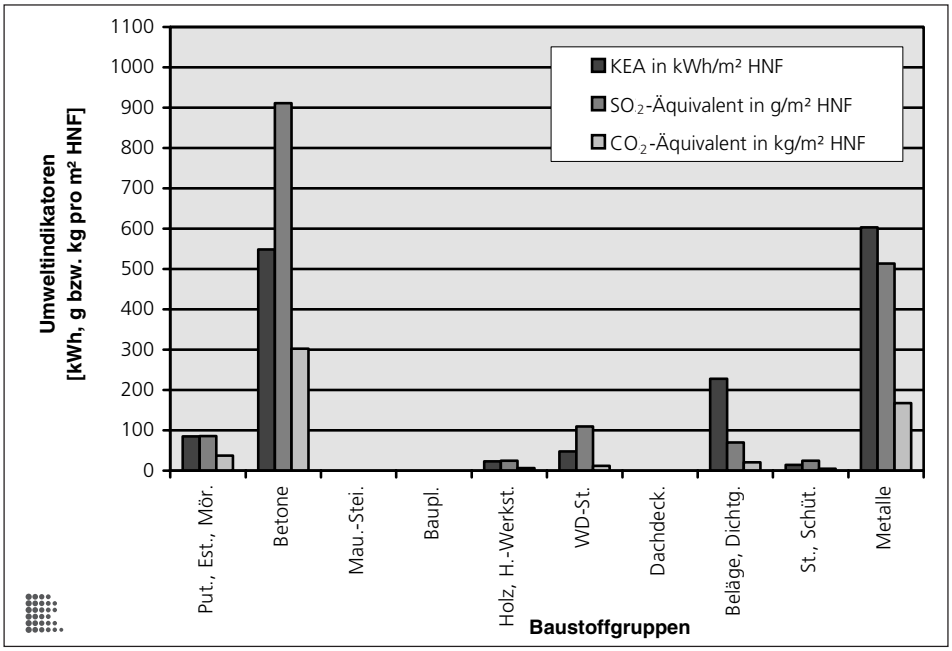


Abb. 2-48: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

2.1.7 Fünfgeschossiges Mehrfamilienhaus nach 1970 in Plattenbauweise – Typenvertreter IMI 2

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1970
Bauweise:	Plattenbauweise
Gebäudelänge:	12,00 m
Gebäudebreite:	12,37 m
Gebäudehöhe:	18,24 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	5 (plus KG und nicht nutzbares DG)
Außenwandkonstruktion:	3-schichtige Platte
Dachform:	Flachdach
Dachdeckung:	Weichdeckung
Wohnungslage:	Zweispänner
Wohnungsanzahl:	10
Weitere Nutzung:	keine

Ausstattung

Energieträger:	Gas / Strom
Heizung:	Fernwärme
Warmwasserversorgung:	zentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

Abb. 2-49: Ansicht Typenvertreter IMI 2 (Quelle: Schulze, Walther 1990 b, 16)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe nach 1970 zuzuordnen. Es ist vom Keller bis zum Dach in Plattenbauweise hergestellt, sodass vom industriellen Wohnungsbau gesprochen wird. Die Fassade ist aus Sichtbeton (Besplittung oder Bekiesung). Neben Keller- und Drempelgeschoss (bekriechbares Dachgeschoss) sind fünf Wohngeschosse angeordnet. Auf jeder Etage befinden sich zwei 3-Raum-Wohnungen. Das Gebäude ist fernbeheizt.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-37: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMI 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	891	100
Netto-Grundfläche (NGF)	787	88
Hauptnutzfläche (HNF)	580	65
Nebennutzfläche (NNF)	112	12
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	95	11
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	104	12
Brutto-Rauminhalt (BRI)	2 672 m³	

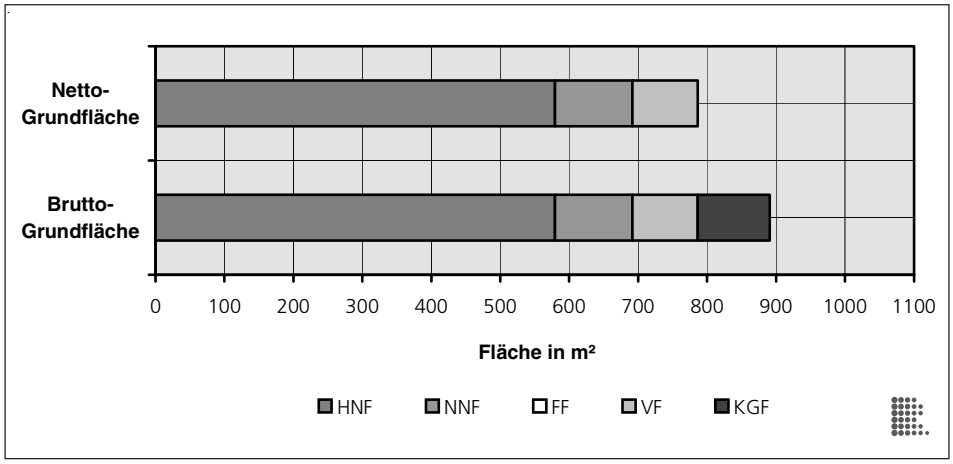


Abb. 2-50: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMI 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-38: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	137	5
Fundament	21	1
Außenwand: Kellergeschoss	124	4
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	649	21
Fenster / Außentür	88	3
Innenwand	910	30
Innentür	102	3
Decke	812	27
Dach	167	6

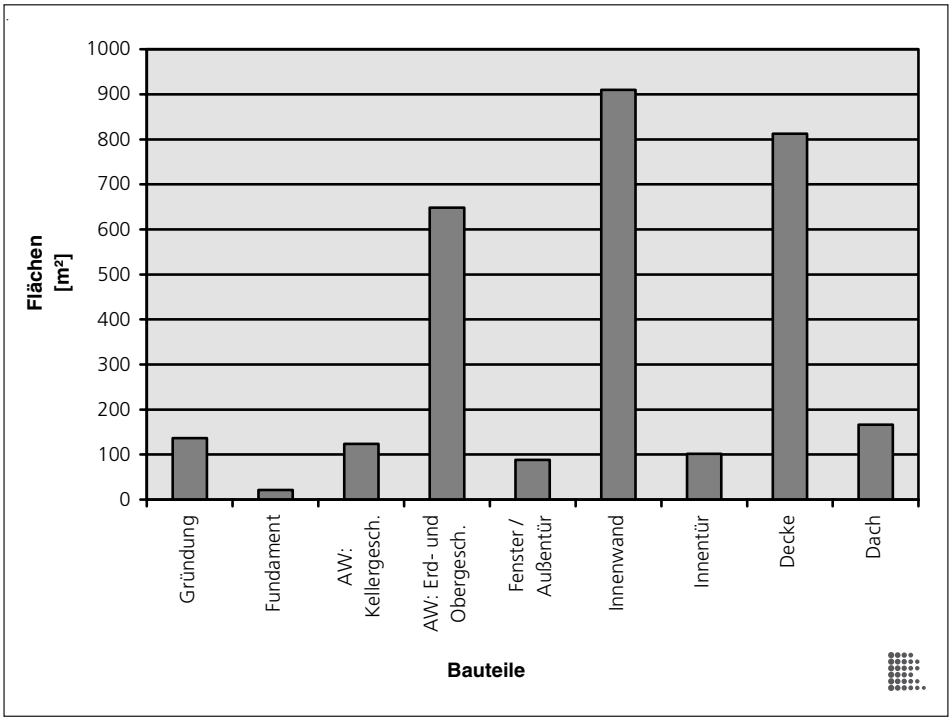


Abb. 2-51: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-39: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMI 2 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Beton B5 – 0,150 m Kies	137 m²
Fundament	– Beton B20 (Beton 96 %, Bewehrung 4 %) H: 0,600 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	21 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,260 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Bewehrung 3 %)	66 m²
	(Giebel- bzw. Gebäudetrennwand) – 0,075 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Bewehrung 3 %)	58 m²
Außenwand: Erd- u. Obergeschosse	3-Schichtenplatte 0,260 m dick, bestehend aus: – 0,060 m Leichtbeton – 0,050 m Wärmedämmung (Polystyrol) – 0,150 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Bewehrung 3 %)	254 m²
	– 0,075 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Bewehrung 3 %)	395 m²
Fenster / Außentür	– Holzfenster-Thermoscheiben (Holz 35 %, Glas 65 %) – Holz-Außentür (Holz 35 %, Glas 65 %)	88 m²
Innenwand	– 0,150 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Bewehrung 3 %)	257 m²
	– 0,075 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Bewehrung 3 %)	653 m²
Innentür	Wabenkern-Tür – 0,030 m Rahmen und Füllung (Holzrahmen, Papierwabenkern, Luftanteil 45 %) – 0,008 m Hartfaserplatte (2 x 0,004 m) – 0,001 m Stahlzarge	102 m²
Decke	Geschossdecke – 0,035 m Estrich – 0,180 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Bewehrung 3 %)	672 m²
	Oberste Geschossdecke – 0,004 m Bitumendachpappe – 0,060 m Mineralwollematten – 0,005 m Bitumendachpappe – 0,035 m Estrich – 0,180 m Stahlbetondecke B20 (Beton 97 %, Bewehrung 3 %)	140 m²
Dach	Flachdach – Weichdeckung – 0,004 m Bitumendachpappe, besandet – 0,008 m Bitumendachpappe 2-lagig – 0,200 m Ausgleichestrich – 0,060 m Stahlbeton-Kassettenplatten B20 (Beton 97 %, Bewehrung 3 %)	167 m²

Weitere Angaben			
Balkone	9 St.	Dachrinne	12,0 lfd. M.
Treppenanlage	27,4 lfd. M.	Fallrohr	16,0 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil und -baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-40: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMI 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	Stofflager		Stoffintensität	
	kg	t	t/m² HNF	t/m³ BRI
Gründung	83 489	83	0,14	0,03
Fundament	33 445	33	0,06	0,01
AW: Kellergeschoss	54 913	55	0,09	0,02
AW: Erd- und Obergeschosse	273 966	274	0,47	0,10
Fenster / Außentür	1 851	2	0,01	0,00
Innenwand	199 157	199	0,34	0,08
Innentür	1 811	2	0,01	0,00
Decke	445 915	447	0,77	0,17
Dach	35 210	35	0,06	0,01
Gesamt	**1 129 757**	**1 130**	**1,95**	**0,42**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	Stofflager		Stoffintensität	
	t	m³	t/m² HNF	m³/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	76	38	0,13	0,07
Betone	920	389	1,59	0,67
Mauersteine	0	0	0,00	0,00
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	2	3	0,00	0,00
Wärmedämmstoffe	3	21	0,01	0,04
Dachdeckungen	0	0	0,00	0,00
Beläge, Dichtungsbahnen	4	3	0,00	0,00
Sonst. Stoffe, Schüttungen	26	15	0,05	0,03
Metalle	99	13	0,17	0,02
Gesamt	**1 130**	**482**	**1,95**	**0,83**

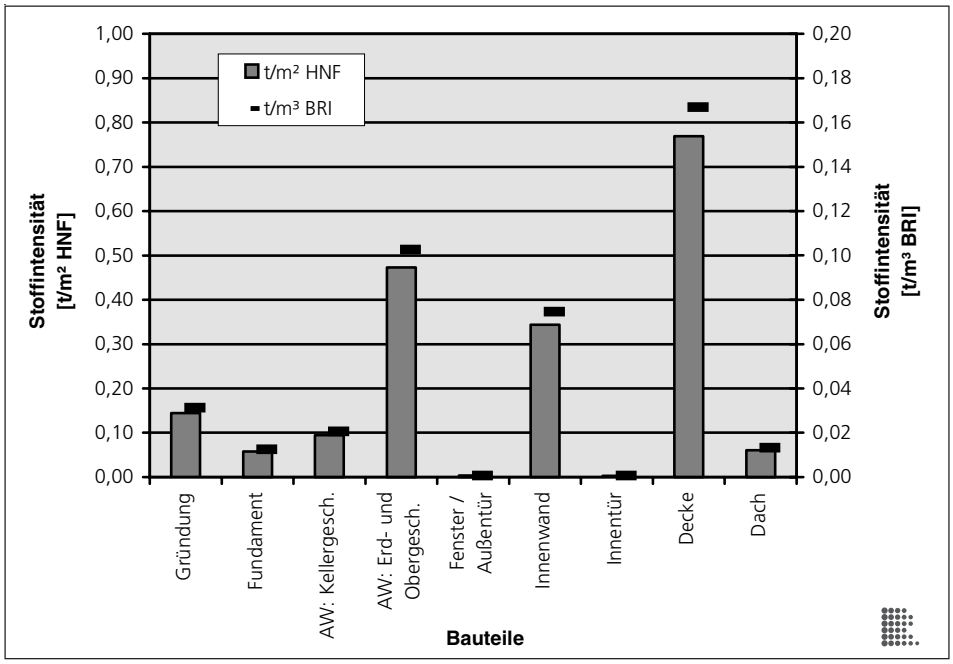


Abb. 2-52: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

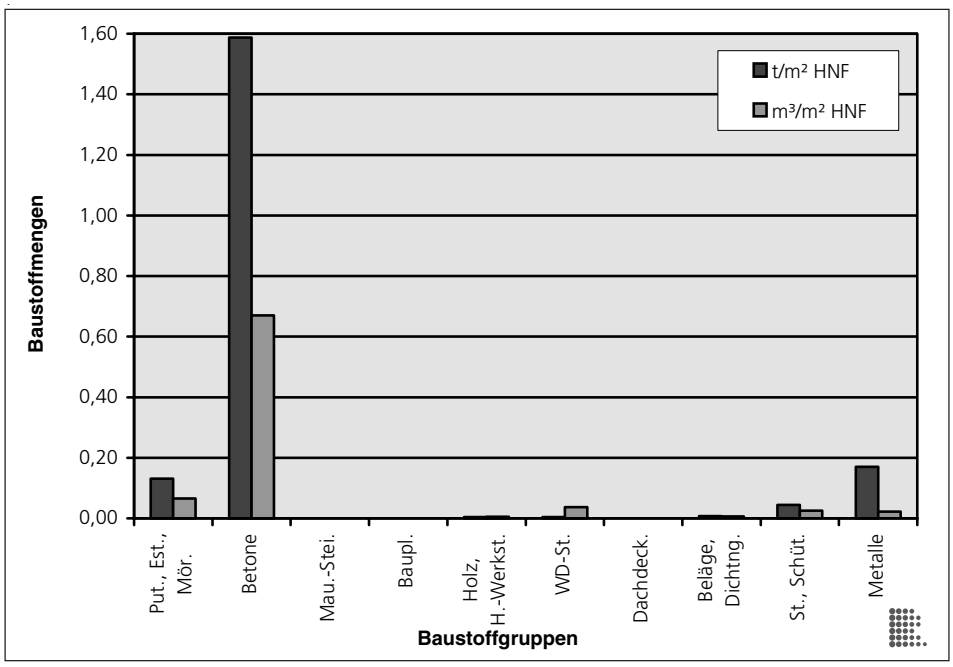


Abb. 2-53: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-41: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 2 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
SMI (1993)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 1 der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 2 „erhöhter Wärmeschutz"
	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf - Fernwärme	Nach Verbesserung der Regeltechnik und Einführung der Heizkosten-abrechnung, nach WSchVO ´84, Niveau 1	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärme-schutzes entsprechend der WSchVO ´95, Niveau 2
	176	**141**	**73**
IWU (1994)	- Baulicher Originalzustand (ABL) - Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) - Energiepreis 6 Pf/kWh - Energiepreis 8 Pf/kWh - Energiepreis 13 Pf/kWh	Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL)
	139 **109**	**73** **51** **50**	**30** **30** **30**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO '84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO '95)
	143	**96**	**52**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**47**	**33**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**91**	**64**

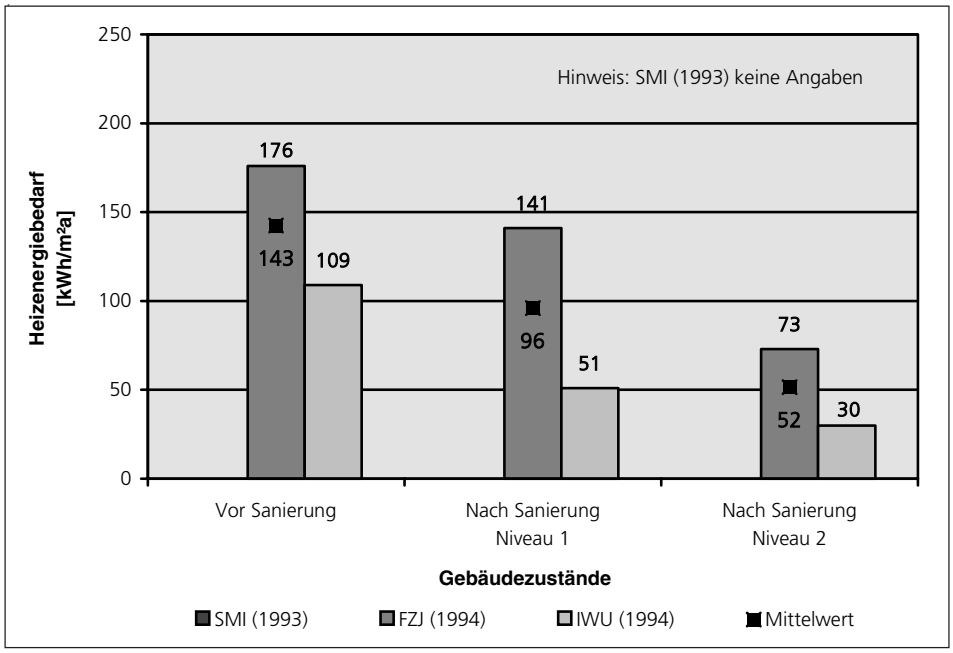


Abb. 2-54: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

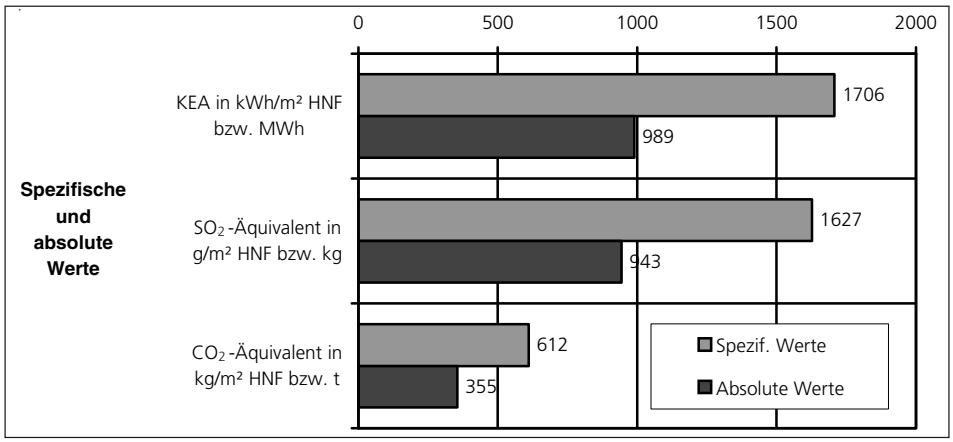


Abb. 2-55: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMI 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-42: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	21 574	37	27	47	14 186	24
Betone	242 056	418	332	572	152 041	262
Mauersteine	0	0	0	0	0	0
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	6 064	10	6	10	1 595	3
Wärmedämmstoffe	23 161	40	13	22	4 178	7
Dachdeckungen	0	0	0	0	0	0
Beläge, Dichtungsbahnen	54 666	94	15	26	4 441	8
Sonst. Stoffe, Schüttungen	4 569	8	8	13	1 509	3
Metalle	637 043	1 099	543	937	176 730	305
Gesamt	**989 133**	**1 706**	**943**	**1 627**	**354 679**	**612**

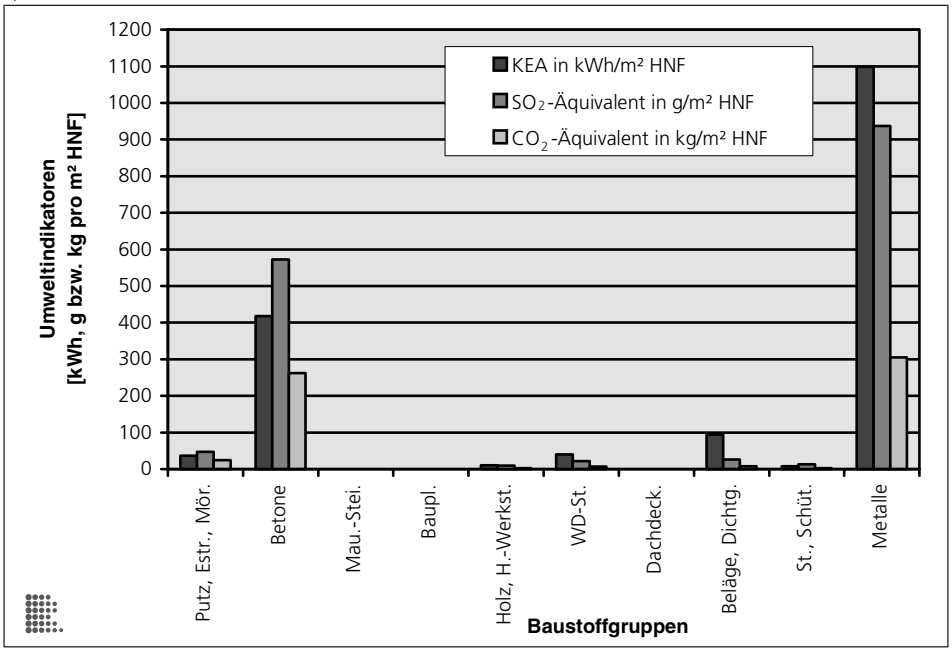


Abb. 2-56: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) – Typenvertreter IMI 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

2.1.8 Elfgeschossiges Mehrfamilienhaus nach 1970 in Plattenbauweise – Typenvertreter IMI 3

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1970
Bauweise:	Plattenbauweise
Gebäudelänge:	24,00 m
Gebäudebreite:	12,37 m
Gebäudehöhe:	35,05 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	11 (plus KG und nicht genutztes DG)
Außenwandkonstruktion:	3-schichtige Platte
Dachform:	schmetterlingsförmiges Flachdach
Dachdeckung:	Weichdeckung
Wohnungslage:	Vierspänner
Wohnungsanzahl:	43
Weitere Nutzung:	Betriebs- und Wartungsräume im KG

Ausstattung

Energieträger:	Strom
Heizung:	Fernwärme
Warmwasserversorgung:	zentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

Abb. 2-57:
Ansicht Typenvertreter IMI 3
(Quelle: Schulze, Walther 1990 b, 34)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe nach 1970 zuzuordnen. Es ist vom Keller bis zum Dach in Plattenbauweise hergestellt, sodass vom industriellen Wohnungsbau gesprochen wird. Die Herstellung des gesamten Elementesortimentes B20 erfolgte oberflächenfertig in Betonwerken, mit dem kompletten Einbau von Fenstern und Balkontüren in die Außenwände. Die Fassade besteht aus Sichtbeton und Beton mit Farbanstrich. Neben dem Kellergeschoss für Betriebs- und Wartungsräume und dem Drempelgeschoss (bekriechbares Dachgeschoss) sind elf Wohngeschosse vorhanden. Auf jeder Etage befinden sich vier Wohnungen, Müllschluckerraum, Zugang zum Aufzug und ein Raum mit Abstellkammern.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-43: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMI 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	3 531	100
Netto-Grundfläche (NGF)	3 121	88
Hauptnutzfläche (HNF)	2 357	67
Nebennutzfläche (NNF)	324	9
Funktionsfläche (FF)	112	3
Verkehrsfläche (VF)	327	9
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	410	12
Brutto-Rauminhalt (BRI)	10 240 m³	

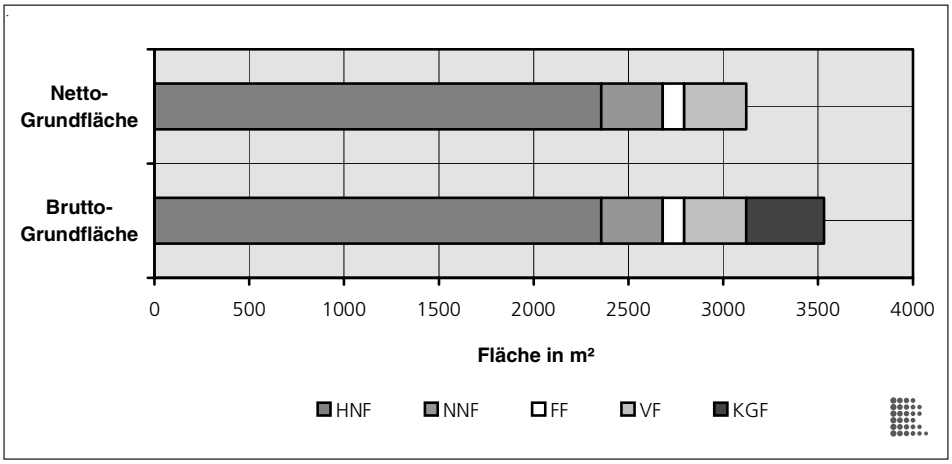


Abb. 2-58: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMI 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-44: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	308	3
Fundament	0	0
Außenwand: Kellergeschoss	198	2
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	2 013	15
Fenster / Außentür	311	3
Innenwand	4 401	40
Innentür	534	5
Decke	3 218	29
Dach	317	3

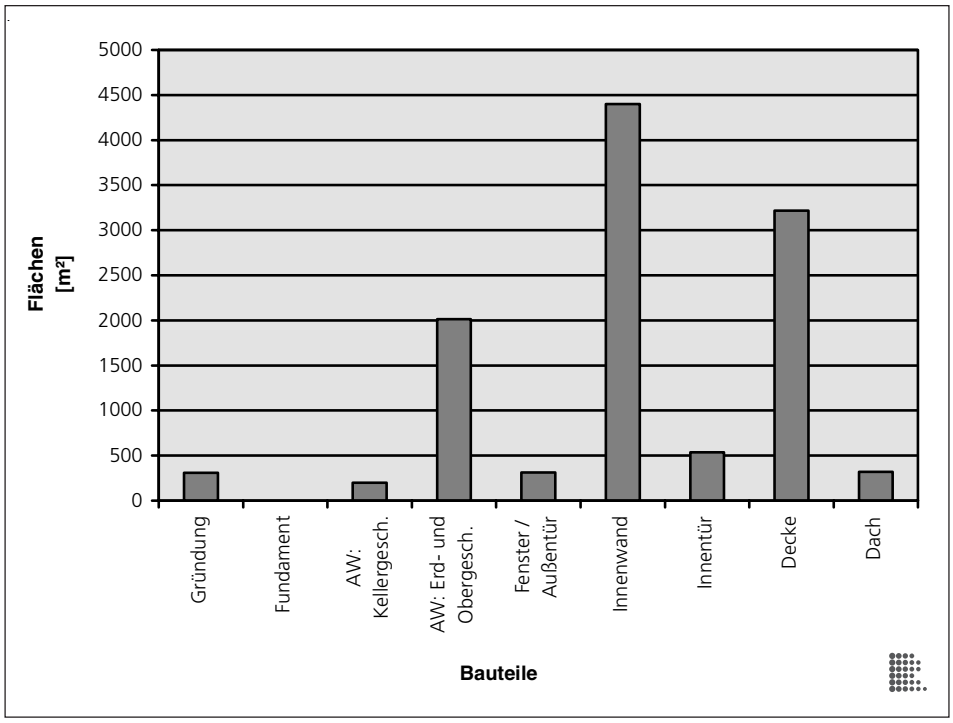


Abb. 2-59: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-45: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMI 3 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,500 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %) – 0,150 m Kies	308 m²
Fundament	– siehe Gründung (Fundament als Bodenplatte ausgebildet)	0 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,260 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	132 m²
	– 0,150 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	66 m²
Außenwand: Erd- u. Obergeschosse	0,260 m 3-schichtige Platte B20, bestehend aus: – 0,060 m Leichtbeton – 0,050 m Wärmedämmung (Polystyrol) – 0,150 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	1 235 m²
	– 0,150 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %) (Aufzug auf dem Dach)	25 m²
	– 0,075 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %) (Giebel- bzw. Gebäudetrennwand)	753 m²
Fenster / Außentür	– 3-fach isolierverglaste Holzfenster und Balkontüren (Holz 35 %, Glas 65 %)	291 m²
	– Holz-Hauseingangstür (Holz 65 %, Glas 35 %)	8 m²
	– Hausfenster, einfach verglast (Holz 65 %, Glas 35 %)	12 m²
Innenwand	– 0,150 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	2 267 m²
	– 0,060 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	2 134 m²
Innentür	Wabenkern-Tür – 0,030 m Rahmen und Füllung (Holzrahmen, Papierwabenkern, Luftanteil 45 %) – 0,008 m Hartfaserplatte (2 x 0,004 m) – 0,001 m Stahlzarge	534 m²
Decke	Stahlbetondecke – 0,035 m Estrich – 0,140 m Stahlbeton B25 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	2 659 m²
	Oberste Geschossdecke, Kellerdecke – 0,004 m Bitumendachpappe – 0,060 m Mineralwollebahnen (2-lagig) – 0,140 m Stahlbeton B25 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	559 m²
Dach	Flachdach – Weichdeckung – 0,004 m Bitumendachpappe, besandet – 0,008 m Bitumendachpappe, nackt – 0,020 m Ausgleichestrich – 0,080 m Stahlbeton B25 (Beton 96 %, Stahl 4 %)	317 m²
Weitere Angaben		
Balkone 33 St. Aufzug 1 St. Müllschlucker 1 St.		Dachrinne 24,0 lfd. M. Fallrohr 69,5 lfd. M. Treppenanlage 70,0 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-46: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMI 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	kg	**t**	**t/m² HNF**	**t/m³ BRI**
Gründung	446 012	446	0,19	0,04
Fundament	0	0	0,00	0,00
AW: Kellergeschoss	113 504	113	0,05	0,01
AW: Erd- und Obergeschosse	801 971	802	0,34	0,08
Fenster / Außentür	8 729	9	0,00	0,00
Innenwand	1 199 288	1 199	0,50	0,12
Innentür	9 519	9	0,01	0,00
Decke	1 416 766	1 417	0,60	0,14
Dach	83 663	84	0,04	0,01
Gesamt	**4 079 452**	**4 079**	**1,73**	**0,40**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	t	**m³**	**t/m² HNF**	**m³/m² HNF**
Putze, Estriche, Mörtel	261	131	0,11	0,06
Betone	3 398	1 444	1,44	0,61
Mauersteine	0	0	0,00	0,00
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	11	15	0,00	0,01
Wärmedämmstoffe	10	74	0,01	0,03
Dachdeckungen	0	0	0,00	0,00
Beläge, Dichtungsbahnen	7	6	0,00	0,00
Sonst. Stoffe, Schüttungen	62	36	0,03	0,01
Metalle	330	42	0,14	0,02
Gesamt	**4 079**	**1 748**	**1,73**	**0,74**

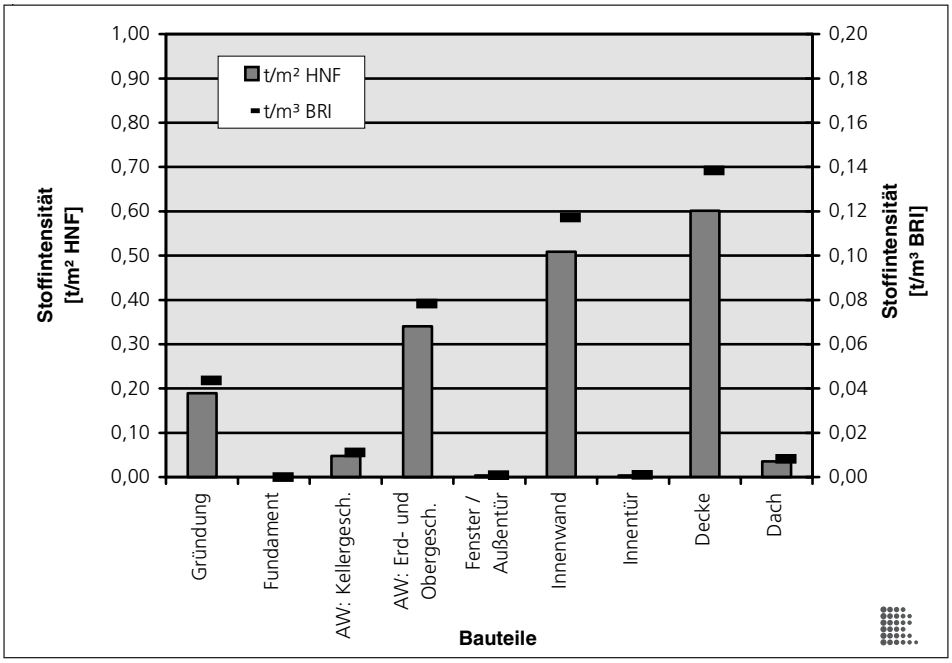


Abb. 2-60: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

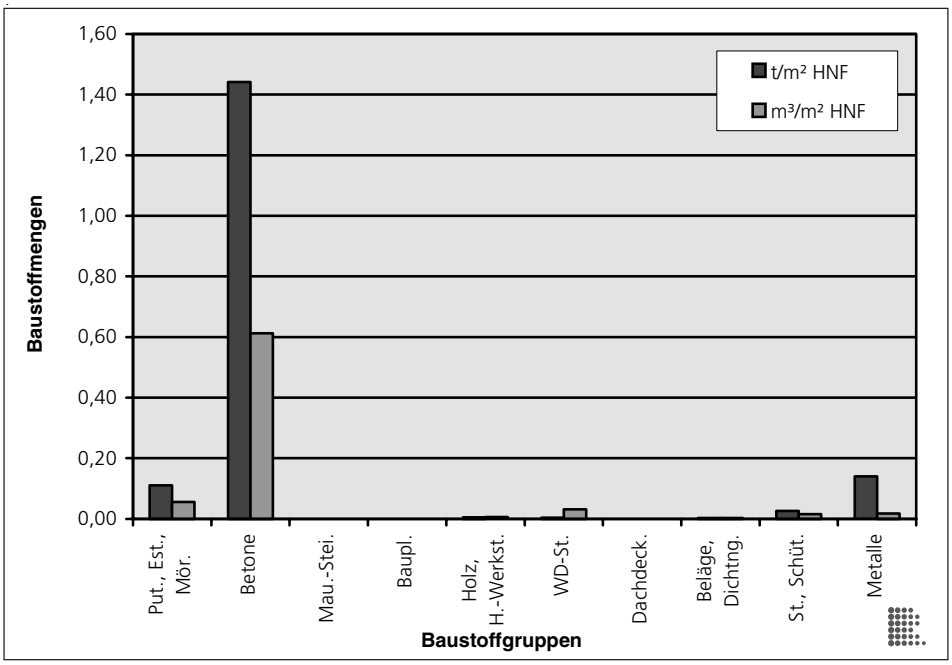


Abb. 2-61: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-47: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 3 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
SMI (1993)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 1 der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 2 „erhöhter Wärmeschutz“
	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf - Fernwärme	Nach Verbesserung der Regeltechnik und Einführung der Heizkosten-abrechnung, nach WSchVO ´84, Niveau 1	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärme-schutzes entsprechend der WSchVO ´95, Niveau 2
	167	**133**	**76**
IWU (1994)	- Baulicher Originalzustand (ABL) - Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) - Energiepreis 6 Pf/kWh - Energiepreis 8 Pf/kWh - Energiepreis 13 Pf/kWh	Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL)
	120 **111**	**58** **55** **52**	**32** **32** **32**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ‘84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ‘95)
	139	**94**	**54**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**45**	**32**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**85**	**61**

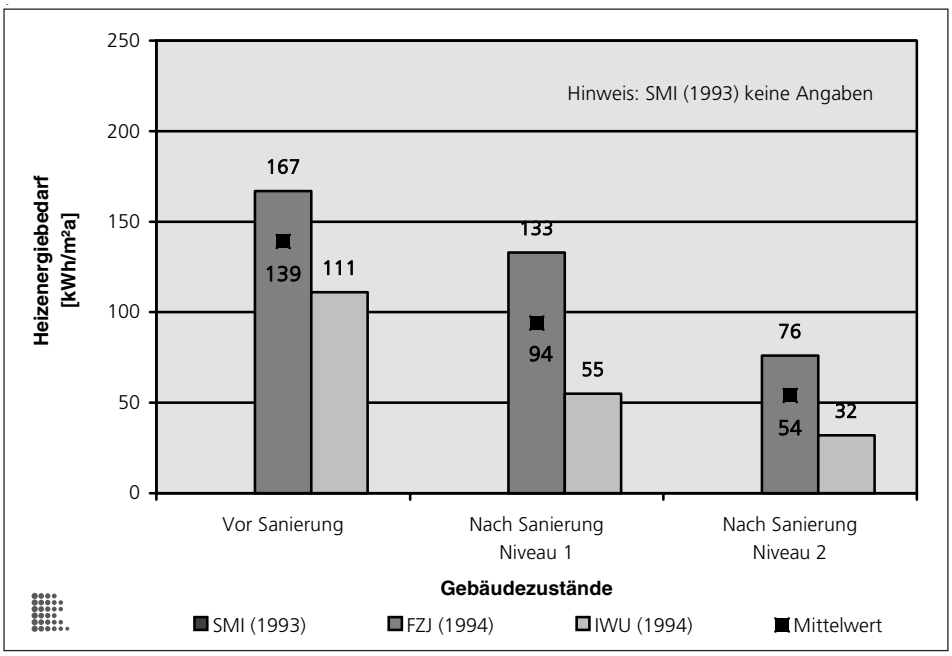


Abb. 2-62: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

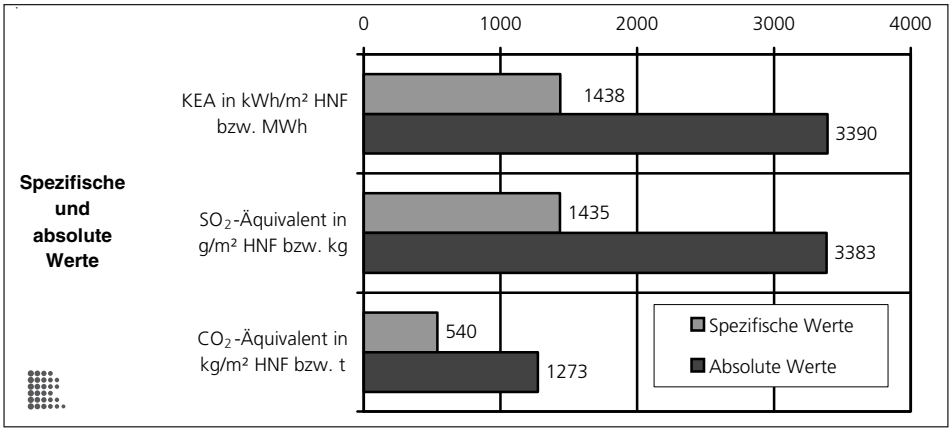


Abb. 2-63: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMI 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-48: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	74 271	32	94	40	48 837	21
Betone	956 913	406	1 337	568	595 002	252
Mauersteine	0	0	0	0	0	0
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	28 814	12	27	11	7 545	3
Wärmedämmstoffe	81 499	35	46	20	15 246	7
Dachdeckungen	0	0	0	0	0	0
Beläge, Dichtungsbahnen	97 079	41	27	11	7 886	4
Sonst. Stoffe, Schüttungen	22 917	10	38	16	7 704	3
Metalle	2 128 325	902	1 814	769	590 446	250
Gesamt	**3 389 818**	**1 438**	**3 383**	**1 435**	**1 272 666**	**540**

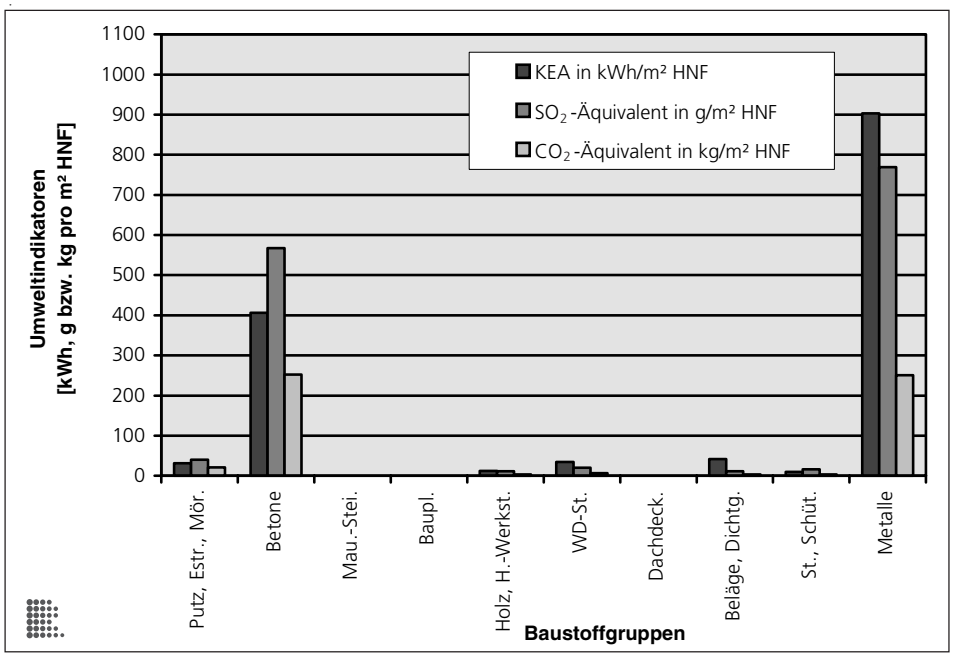


Abb. 2-64: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

2.1.9 Achtzehngeschossiges Mehrfamilienhaus nach 1970 in Plattenbauweise – Typenvertreter IMI 4

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1970
Bauweise:	Plattenbau
Gebäudelänge:	41,30 m
Gebäudebreite:	18,84 m
Gebäudehöhe:	62,77 m (EG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	17 (plus EG)
Außenwandkonstruktion:	3-Schichtenplatte mit Wärmedämmung
Dachform:	Flachdach
Dachdeckung:	Weichdeckung
Wohnungslage:	Achtspänner-Mittelganghaus
Wohnungsanzahl:	136
Weitere Nutzung:	Haustechnik im Erdgeschoss

Ausstattung

Energieträger:	Gas / Strom
Heizung:	Fernwärme
Warmwasserversorgung:	zentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

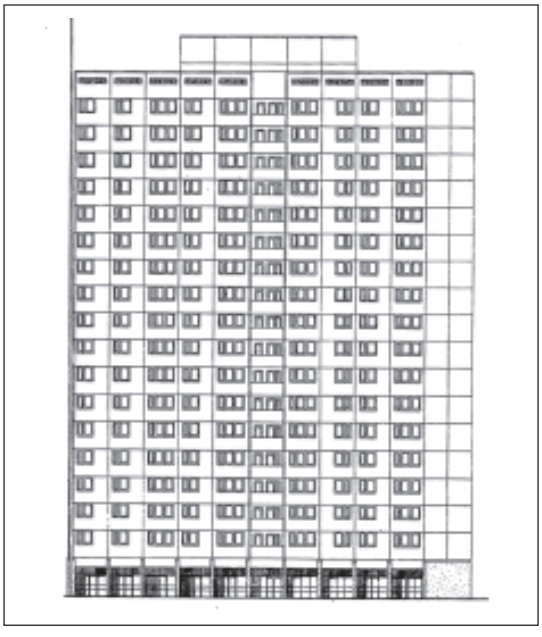


Abb. 2-65:
Ansicht Typenvertreter IMI 4
(Quelle: Schulze, Walther 1990 b, 49)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe nach 1970 zuzuordnen. Es ist in Plattenbauweise hergestellt. Die Herstellung des gesamten Elementesortimentes (B20) erfolgte oberflächenfertig in Betonwerken, mit dem kompletten Einbau von Fenstern und Balkontüren, sodass vom industriellen Wohnungsbau gesprochen wird. Die Fassade besteht aus Fliesen und Sichtbeton. Neben einem Drempelgeschoss sind 17 Wohngeschosse vorhanden. Auf jeder Etage befinden sich acht Wohnungen, Müllschluckerraum, Zugang zum Aufzug und ein Raum mit Abstellkammern. Das Gebäude ist nicht unterkellert, sodass sich die Betriebs- und Wartungsräume im Erdgeschoss befinden.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-49: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMI 4 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	12 867	100
Netto-Grundfläche (NGF)	11 114	86
Hauptnutzfläche (HNF)	8 727	68
Nebennutzfläche (NNF)	1 053	8
Funktionsfläche (FF)	416	3
Verkehrsfläche (VF)	918	7
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	1 753	14
Brutto-Rauminhalt (BRI)	35 888 m³	

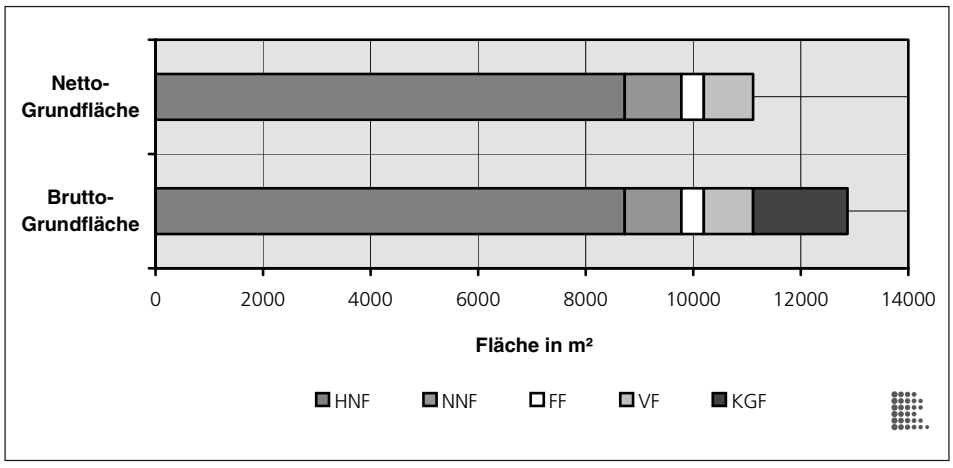


Abb. 2-66: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMI 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-50: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 4 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	843	3
Fundament	0	0
Außenwand: Kellergeschoss	0	0
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	5 575	17
Fenster / Außentür	1 394	4
Innenwand	16 845	50
Innentür	1 493	4
Decke	6 874	20
Dach	675	2

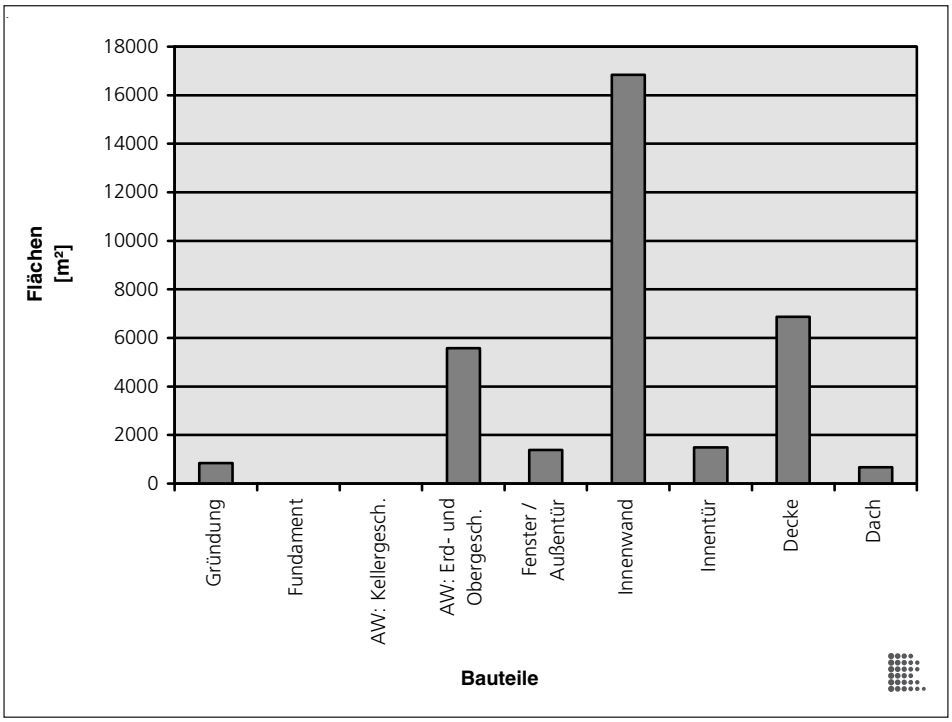


Abb. 2-67: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-51: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMI 4 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	Gründung 1 – 0,035 m Estrich – 1,000 m Stahlbeton B20 (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,150 m Kies	676 m²
	Gründung 2 (unter den Aufzügen) – 0,675 m Stahlbeton B20 (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,150 m Kies	167 m²
Fundament	siehe Gründung	0 m²
Außenwand: Kellergeschoss	kein Kellergeschoss vorhanden	0 m²
Außenwand: Erd- u. Ober-geschosse	Erdgeschoss – 0,300 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	340 m²
	3-Schichtenplatte (Querwand 0,300 m dick) – 0,005 m Fliesen – 0,060 m Leichtbeton – 0,050 m Wärmedämmung (Polystyrol) – 0,190 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	1 590 m²
	3-Schichtenplatte (Längswand 0,210 m dick) – 0,005 m Fliesen (50 %) – 0,010 m Sichtbeton (50 %) – 0,060 m Leichtbeton – 0,050 m Polystyrol-Dämmung – 0,100 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	3 150 m²
	Balkon-Außenwand in Glas-/Holzkonstruktion – 0,006 m Asbestzementplatte – 0,052 m Dämmstoff (Mineralwolle) – 0,003 m Bitumendachpappe – 0,010 m Hartfaserplatte	285 m²
	– 0,190 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	210 m²
Fenster / Außentür	– 3-fach isolierverglaste Holzfenster und Balkontüren (Holz 35 %, Glas 65 %)	1 219 m²
	1-fach verglaste Stahl-Aluminium-Konstruktion (Außentüren im Erdgeschoss) – 0,008 m Stahlrahmen – 0,008 m Glasfüllung (75 %) – 0,006 m Drahtglas (25 %)	175 m²
Innenwand	– 0,300 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	691 m²
	– 0,190 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	10 138 m²
	– 0,060 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %)	6 016 m²

Innentür	Wabenkern-Tür – 0,030 m Rahmen und Füllung (Holzrahmen, Papierwabenkern, Luftanteil 45 %) – 0,008 m Hartfaserplatte (2 x 0,004 m) – 0,001 m Stahlzarge	1 493 m²
Decke	Erdgeschossdecke – 0,035 m Estrich – 0,050 m Mineralwolle – 0,160 m Stahlbeton B25 (Beton 96 %, Stahl 4 %)	209 m²
	Decke (1.-16. Geschoss) – 0,035 m Estrich – 0,002 m 1 Lage Pappe, 2 Lagen Glasvlies – 0,037 m Hochofenschlacke – 0,140 m Stahlbeton B25 (Beton 96 %, Stahl 4 %)	6 256 m²
	Letzte Geschossdecke – 0,035 m Estrich – 0,140 m Stahlbeton B25 (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,050 m Mineralwolle-Platten, trittfest	409 m²
Dach	Flachdachweichdeckung – 0,010 m Schiefersplitt in Bitumenemulsion – 0,012 m Bitumendachpappe 3-lagig – 0,080 m Schaumpolystyrol-Gefällebeton – 0,140 m Stahlbeton B25 (Beton 96 %, Stahl 4 %)	513 m²
	Flachdachweichdeckung – 0,010 m Schiefersplitt in Bitumenemulsion – 0,012 m Bitumendachpappe, 3-lagig – 0,035 m Schaumpolystyrol-Gefällebeton – 0,004 m Bitumendachpappe, 1-lagig – 0,050 m Schaumpolystyrol – 0,004 m Bitumendachpappe, 1-lagig – 0,140 m Stahlbeton B25 (Beton 96 %, Stahl 4 %)	162 m²

Weitere Angaben

Balkone	68 St.	Dachrinne	37,8 lfd. M.
Aufzug	2 St.	Fallrohr	68,8 lfd. M.
Müllschlucker	1 St.	Treppenanlage	92,5 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-52: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMI 4 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	kg	**t**	**t/m² HNF**	**t/m³ BRI**
Gründung	2 262 415	2 262	0,26	0,06
Fundament	0	0	0,00	0,00
AW: Kellergeschoss	0	0	0,00	0,00
AW: Erd- und Obergeschosse	2 477 790	2 478	0,28	0,07
Fenster / Außentür	41 041	41	0,01	0,00
Innenwand	6 390 684	6 390	0,73	0,18
Innentür	26 597	27	0,01	0,00
Decke	3 200 030	3 200	0,36	0,09
Dach	259 857	260	0,03	0,01
Gesamt	**14 658 414**	**14 658**	**1,68**	**0,41**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	t	**m³**	**t/m² HNF**	**m³/m² HNF**
Putze, Estriche, Mörtel	528	264	0,06	0,03
Betone	12 319	5 228	1,41	0,60
Mauersteine	0	0	0,00	0,00
Bauplatten	3	2	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	36	50	0,01	0,01
Wärmedämmstoffe	180	543	0,02	0,06
Dachdeckungen	0	0	0,00	0,00
Beläge, Dichtungsbahnen	35	29	0,01	0,00
Sonst. Stoffe, Schüttungen	212	119	0,02	0,01
Metalle	1 345	172	0,15	0,02
Gesamt	**14 658**	**6 407**	**1,68**	**0,73**

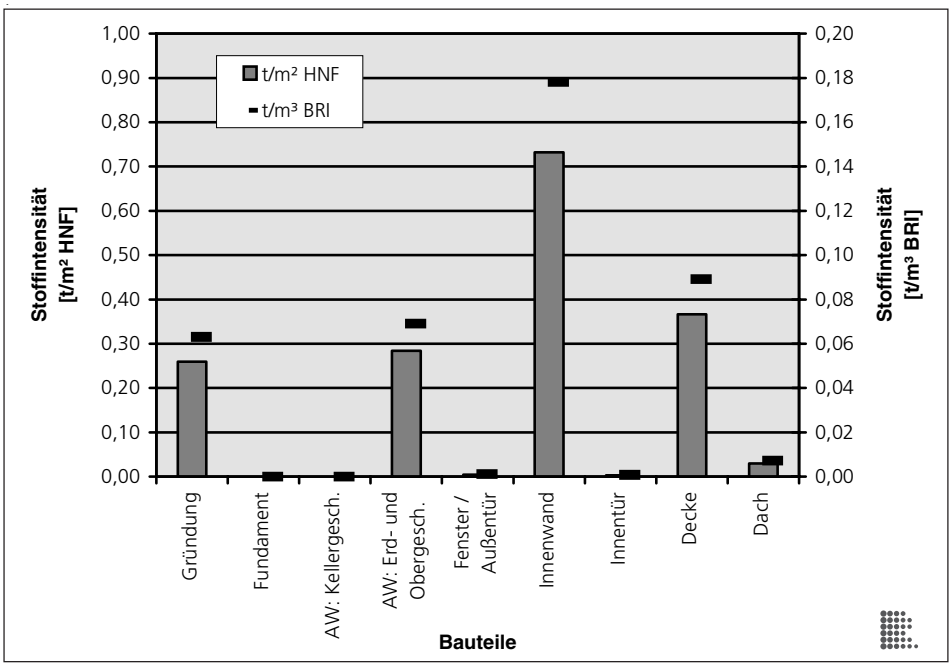


Abb. 2-68: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

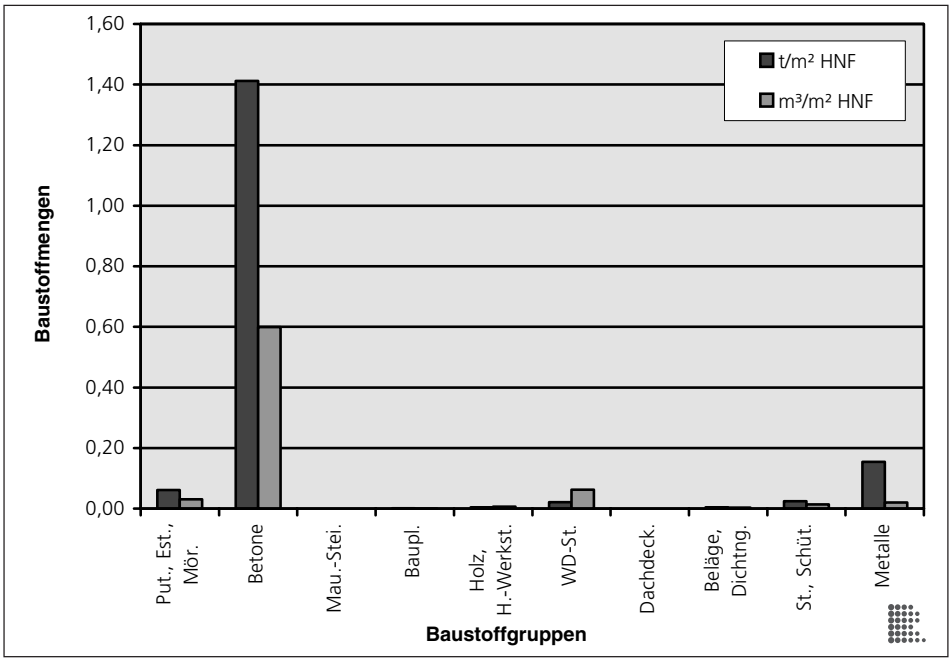


Abb. 2-69: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-53: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 4 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
SMI (1993)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 1 der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 2 „erhöhter Wärmeschutz“
	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf - Fernwärme	Nach Verbesserung der Regeltechnik und Einführung der Heizkosten-abrechnung, nach WSchVO ´84, Niveau 1	Nach Verbesserung des bautechnischen Wärme-schutzes entsprechend der WSchVO ´95, Niveau 2
	138	**129**	**80**
IWU (1994)	- Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) - Energiepreis 6 Pf/kWh - Energiepreis 8 Pf/kWh - Energiepreis 13 Pf/kWh	Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL)
	159	**60** **51** **51**	**31** **31** **31**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ‘84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ‘95)
	149	**90**	**56**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**59**	**40**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**93**	**62**

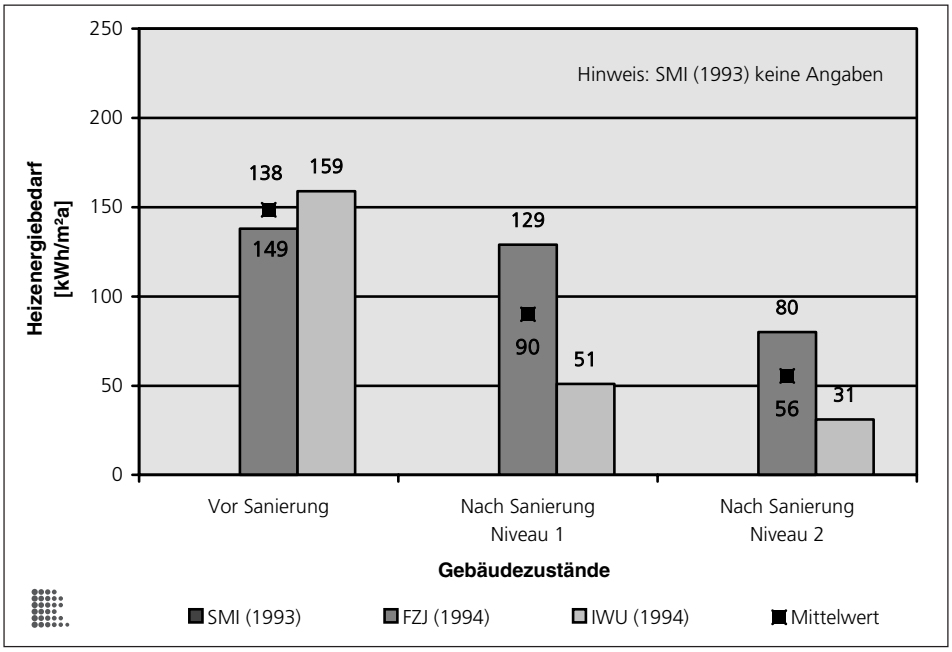


Abb. 2-70: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

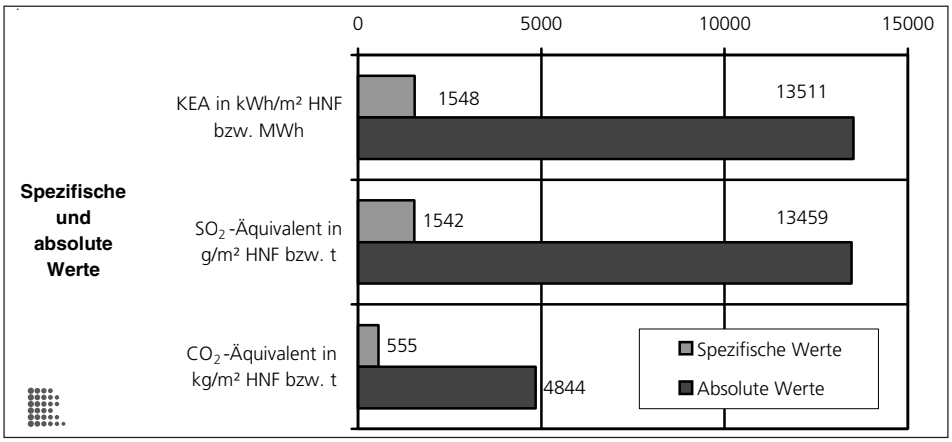


Abb. 2-71: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMI 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-54: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 4 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	150 158	17	190	22	98 737	11
Betone	3 426 396	393	4 778	547	2 134 064	245
Mauersteine	0	0	0	0	0	0
Bauplatten	11 013	1	7	1	4 109	0
Holz, Holzwerkstoffe	98 158	11	90	10	25 685	3
Wärmedämmstoffe	532 111	61	682	78	89 380	10
Dachdeckungen	11	0	0	0	3	0
Beläge, Dichtungsbahnen	466 115	53	129	15	37 866	4
Sonst. Stoffe, Schüttungen	162 277	19	199	23	50 428	7
Metalle	8 665 011	993	7 384	846	2 403 873	275
Gesamt	**13 511 250**	**1 548**	**13 459**	**1 542**	**4 844 145**	**555**

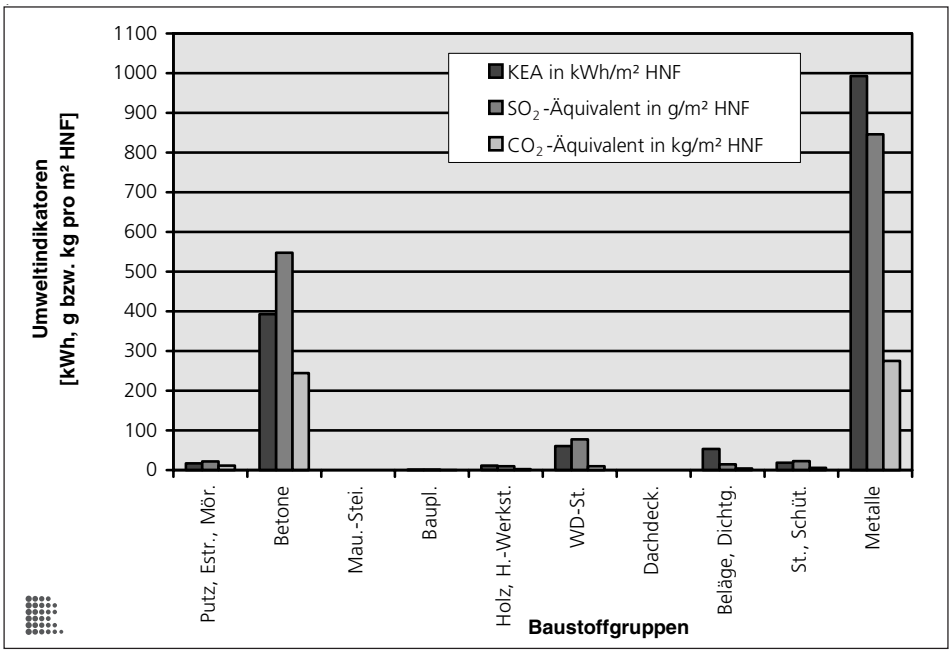


Abb. 2-72: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 4 (Quelle: Eigener Entwurf)

2.1.10 Dreigeschossiges Mehrfamilienhaus nach 1990 in Ziegelbauweise – Typenvertreter GWB

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1990
Bauweise:	Ziegelbauweise
Gebäudelänge:	16,03 m
Gebäudebreite:	11,64 m
Gebäudehöhe:	13,30 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	3 (plus KG und DG)
Außenwandkonstruktion:	Kalksandstein
Dachform:	Steildach
Dachdeckung:	Zinkblechstehfalz
Wohnungslage:	Zweispänner
Wohnungsanzahl:	6
Weitere Nutzung:	Haustechnik im KG

Ausstattung

Energieträger:	Gas / Strom
Heizung:	zentral beheizt mit Gas
Warmwasserversorgung:	zentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

Abb. 2-73: Ansicht Typenvertreter GWB (Quelle: Exposè Dresden, „Leubnitzer Höhe")

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe nach 1990 zuzuordnen. Das Kellergeschoss ist in Stahlbeton und die anderen Etagen sind in Ziegelmauerwerk (Kalksandstein) mit Wärmedämmung ausgeführt. Die Innenwände bestehen aus Kalksandsteinen. Neben Keller- und Dachgeschoss sind drei Wohngeschosse vorhanden. In jedem Wohngeschoss befinden sich zwei Wohnungen, jeweils eine Drei- und eine Zweiraumwohnung. Jede Wohnung hat Küche, Bad und WC. Im Kellergeschoss befinden sich Hausanschluss-, Waschmaschinen- und Trockenraum, Mieterkeller, Hobbyräume, Fahrrad- und Kinderwagenraum. Das Gebäude ist zentralbeheizt.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-55: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter GWB (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	910	100
Netto-Grundfläche (NGF)	792	87
Hauptnutzfläche (HNF)	470	52
Nebennutzfläche (NNF)	270	29
Funktionsfläche (FF)	8	1
Verkehrsfläche (VF)	44	5
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	118	13
Brutto-Rauminhalt (BRI)	2 429 m³	

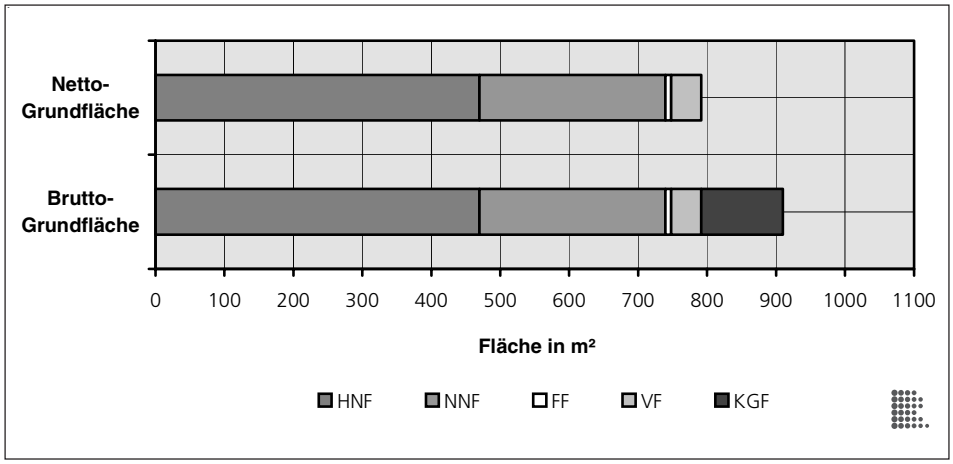


Abb. 2-74: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter GWB (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-56: Bauteilflächen – Typenvertreter GWB (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	188	8
Fundament	56	2
Außenwand: Kellergeschoss	159	6
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	443	18
Fenster / Außentür	81	3
Innenwand	467	19
Innentür	75	3
Decke	707	28
Dach	313	13

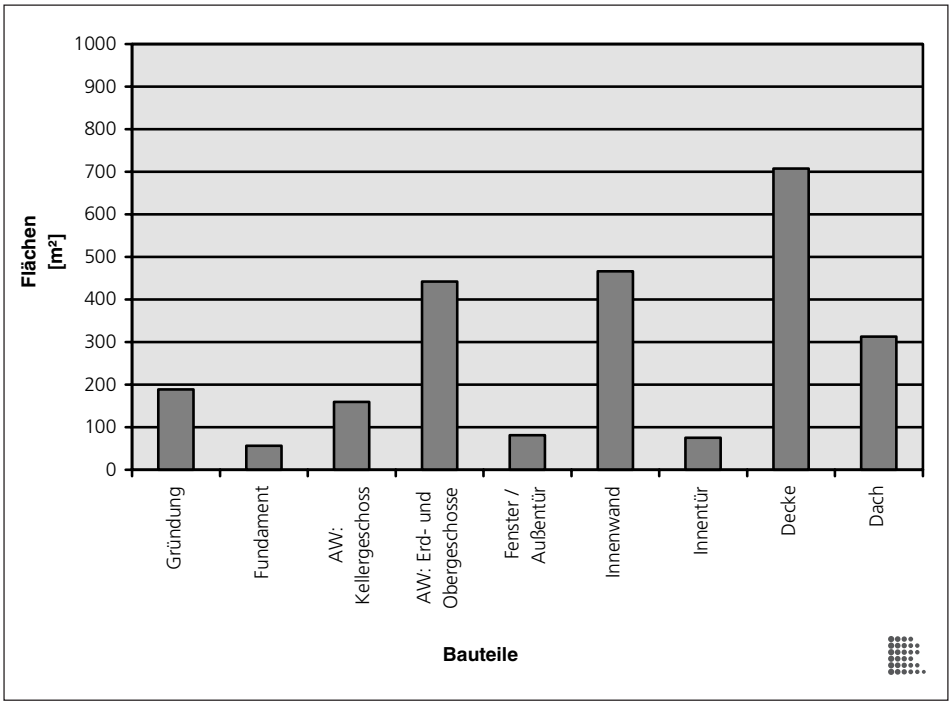


Abb. 2-75: Bauteilflächen – Typenvertreter GWB (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-57: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter GWB (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Stahlbeton B15 – 0,150 m Kies	188 m²
Fundament	– Stahlbeton B20 (Beton 96 %, Stahl 4 %) H: 0,440 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	56 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,020 m Außenputz – 0,060 m Wärmedämmung (Polystyrol-Hartschaum) – 0,300 m Stahlbeton B20 (Beton 97 %, Stahl 3 %) – 0,015 m Innenputz	159 m²
Außenwand: Erd- u. Obergeschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,080 m Wärmedämmung (Polystyrol-Hartschaum) – 0,240 m Kalksandstein (Kalksandstein 95 %, Mörtel 5 %) – 0,015 m Innenputz	189 m²
	Giebel- bzw. Gebäudetrennwand – 0,120 m Kalksandstein (Kalksandstein 95 %, Mörtel 5 %) – 0,015 m Innenputz	254 m²
Fenster / Außentür	– Isolierverglaste Holzfenster und Türen (Holz 35 %, Glas 65 %)	77 m²
	– Holz-Hauseingangstür (Holz 60 %, Glas 40 %)	4 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,240 m Kalksandstein (Kalksandstein 95 %, Mörtel 5 %) – 0,015 m Innenputz	361 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,175 m Kalksandstein (Kalksandstein 95 %, Mörtel 5 %) – 0,015 m Innenputz	106 m²
Innentür	– Holz-Futtertür	75 m²
Decke	Kellergeschoss und oberste Geschossdecke – 0,035 m Estrich – 0,001 m Estrichpapier – 0,030 m Trittschalldämmung – 0,030 m Wärmedämmung – 0,001 m PE-Folie – 0,160 m Stahlbetondecke (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,015 m Innenputz	360 m²

	Normalgeschossdecke – 0,035 m Estrich – 0,001 m Estrichpapier – 0,030 m Trittschalldämmung – 0,001 m PE-Folie – 0,160 m Stahlbetondecke (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,015 m Innenputz	347 m²
Dach	Sparrendach – 0,002 m Zinkblech – 0,006 m Bitumendachbahn, 2-lagig – 0,024 m Holzschalung – 0,001 m PE-Folie (diffusionsoffen) – 0,025 m Kantholz (120/180) – 0,018 m Mineralwolle – 0,001 m PE-Folie – 0,015 m Gips-Wandbauplatten	313 m²

Weitere Angaben

Balkone	4 St.	Dachrinne	32,7 lfd. M.
Terrassen	2 St.	Fallrohr	37,6 lfd. M.
		Treppenanlage	44,0 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-58: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters GWB (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	kg	**t**	**t/m² HNF**	**t/m³ BRI**
Gründung	120 696	121	0,26	0,05
Fundament	64 913	65	0,14	0,03
AW: Kellergeschoss	131 857	132	0,28	0,05
AW: Erd- und Obergeschosse	167 795	166	0,36	0,07
Fenster / Außentür	1 768	2	0,00	0,00
Innenwand	216 728	217	0,46	0,09
Innentür	1 614	2	0,00	0,00
Decke	350 006	350	0,75	0,14
Dach	22 510	23	0,05	0,01
Gesamt	**1 077 887**	**1 078**	**2,30**	**0,44**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	t	**m³**	**t/m² HNF**	**m³/m² HNF**
Putze, Estriche, Mörtel	115	62	0,24	0,13
Betone	494	206	1,05	0,44
Mauersteine	343	172	0,73	0,37
Bauplatten	4	5	0,01	0,01
Holz, Holzwerkstoffe	12	20	0,02	0,04
Wärmedämmstoffe	3	62	0,01	0,13
Dachdeckungen	5	1	0,02	0,00
Beläge, Dichtungsbahnen	4	3	0,01	0,01
Sonst. Stoffe, Schüttungen	35	22	0,08	0,04
Metalle	63	8	0,13	0,02
Gesamt	**1 078**	**561**	**2,30**	**1,19**

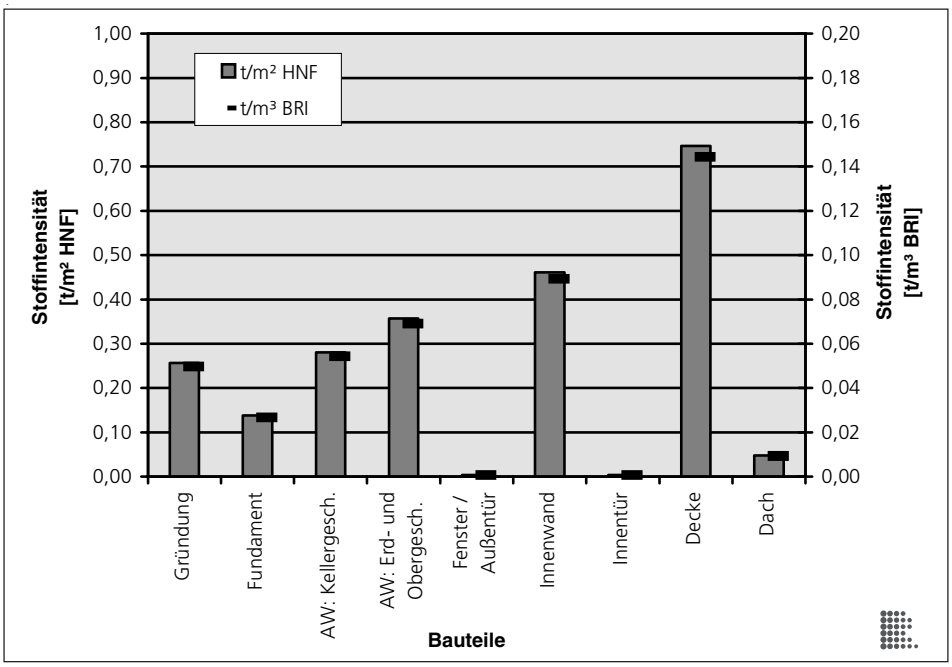


Abb. 2-76: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters GWB Quelle: (Eigener Entwurf)

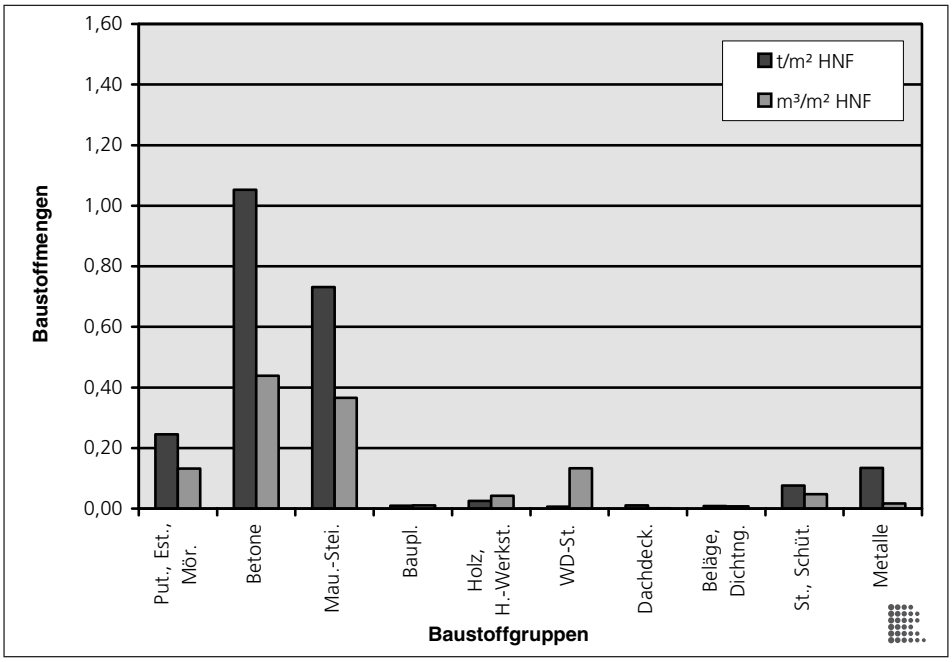


Abb. 2-77: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters GWB (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-59: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter GWB (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
Gruhler (1992)	Gebaut nach den Anforderungen der WSchVO ´84	Gebaut nach den Anforderungen der WSchVO ´95 Niveau 1	Gebaut nach Niedrigenergiehaus-Standard Niveau 2
	67	**54**	**50**
Einsparpotenzial in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**13**	**19**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**17**	**25**

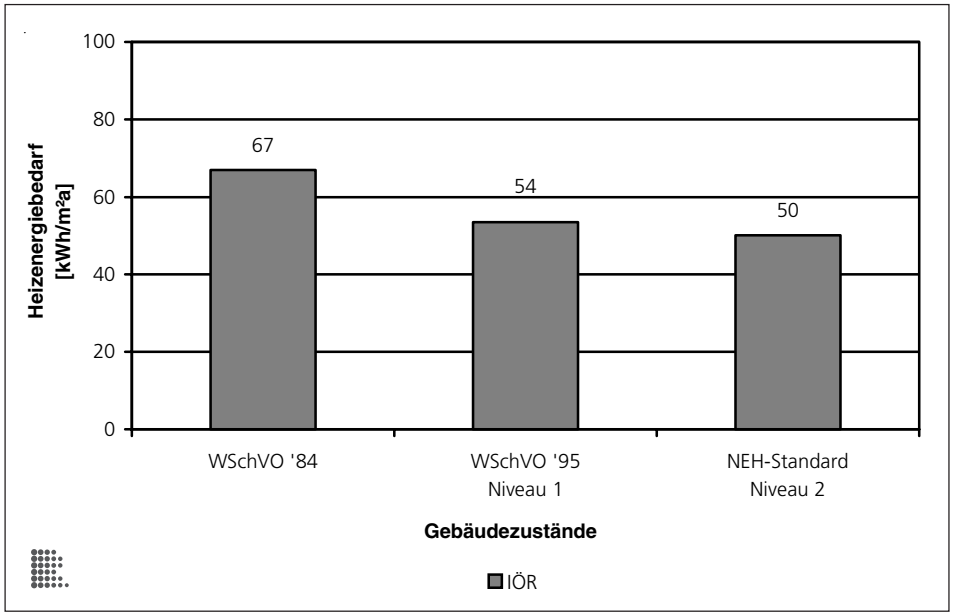


Abb. 2-78: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter GWB (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

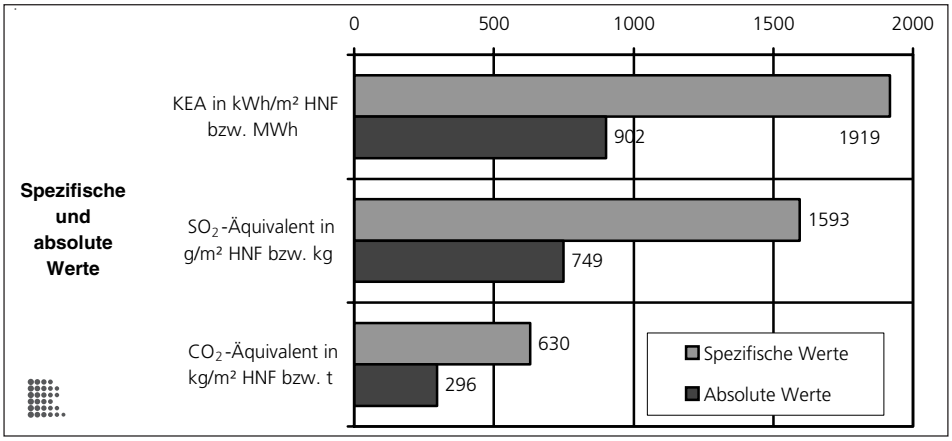


Abb. 2-79: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter GWB (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-60: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter GWB (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	33 069	70	31	66	14 157	30
Betone	122 863	260	157	334	80 286	171
Mauersteine	108 543	231	83	175	49 179	105
Bauplatten	4 020	9	3	7	1 014	2
Holz, Holzwerkstoffe	31 292	67	31	66	8 306	18
Wärmedämmstoffe	70 835	151	32	69	9 958	21
Dachdeckungen	36 454	78	28	60	9 755	21
Beläge, Dichtungsbahnen	84 522	180	30	63	9 185	20
Sonst. Stoffe, Schüttungen	6 219	13	10	20	1 992	4
Metalle	403 932	860	344	733	112 060	238
Gesamt	**901 749**	**1 919**	**749**	**1 593**	**295 892**	**630**

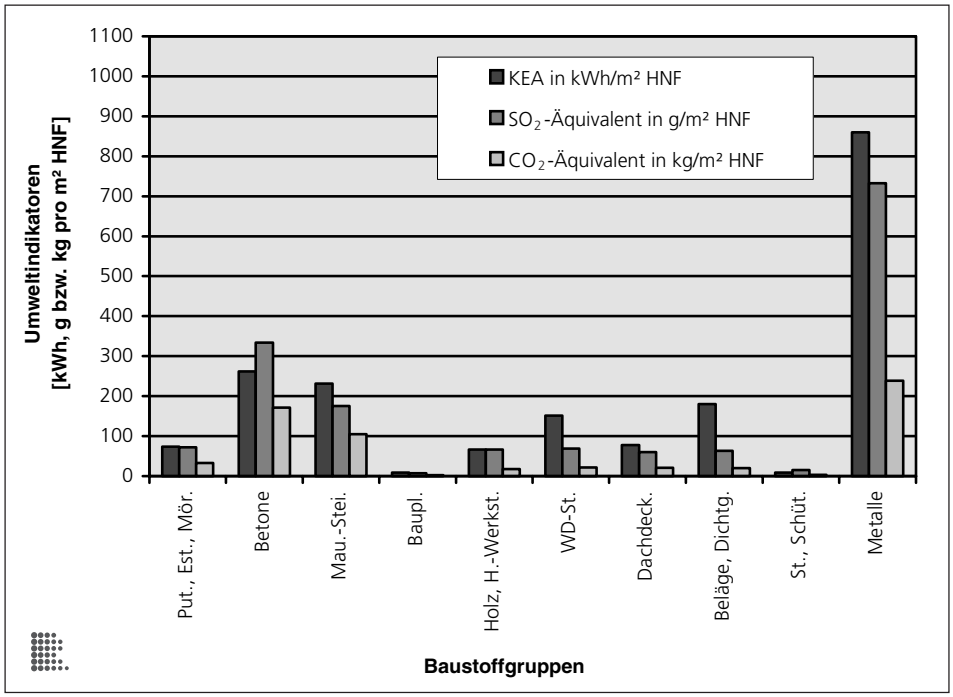


Abb. 2-80: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter GWB (Quelle: Eigener Entwurf)

2.2 Einfamilienhäuser

2.2.1 Eingeschossiges Einzelhaus nach 1960 mit ausgebautem Dachgeschoss – Typenvertreter E-EH 1 (EW 65 B)

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1960
Bauweise:	Mauerwerksbau
Gebäudelänge (Achsmaß):	8,88 m
Gebäudebreite(-tiefe):	8,64 m
Gebäudehöhe:	10,56 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	1 (plus KG und ausgebautes DG)
Außenwandkonstruktion:	Gasbeton
Dachform:	Steildach
Dachdeckung:	Betondachsteine
Wohnungsanzahl:	1
Weitere Nutzung:	keine

Ausstattung

Energieträger:	Strom
Heizung:	Kachelofen-Luft-Heizung
Warmwasserversorgung:	zentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

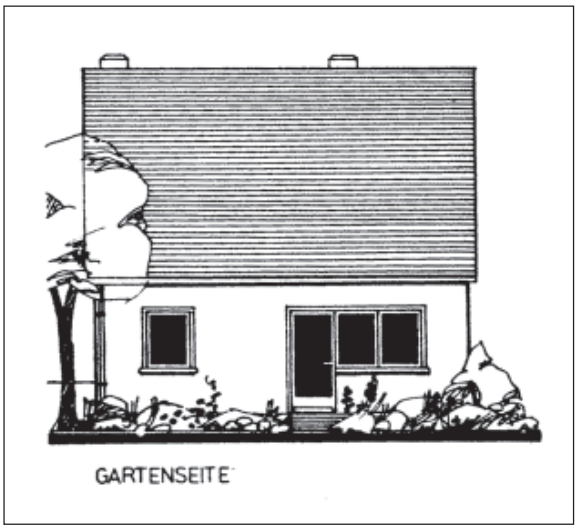


Abb. 2-81:
Ansicht Typenvertreter E-EH 1 (EW 65 B)
(Quelle: Eigenheime 1987, 50)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe nach 1960 zuzuordnen. Es ist voll unterkellert und das Dachgeschoss ist ausgebaut. Das Kellergeschoss ist in Stampfbeton B10, das Erdgeschoss und die Giebel sind aus Gasbetonsteinen hergestellt, die Innenwände aus Mauerziegeln. Im Kellergeschoss befinden sich Vorratskeller, Kohlen- und Heizungsraum. Die Räume werden mittels Kachelofen-Luft-Heizung erwärmt.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-61: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-EH 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	211	100
Netto-Grundfläche (NGF)	175	83
Hauptnutzfläche (HNF)	107	51
Nebennutzfläche (NNF)	58	27
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	11	5
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	36	17
Brutto-Rauminhalt (BRI)	612 m³	

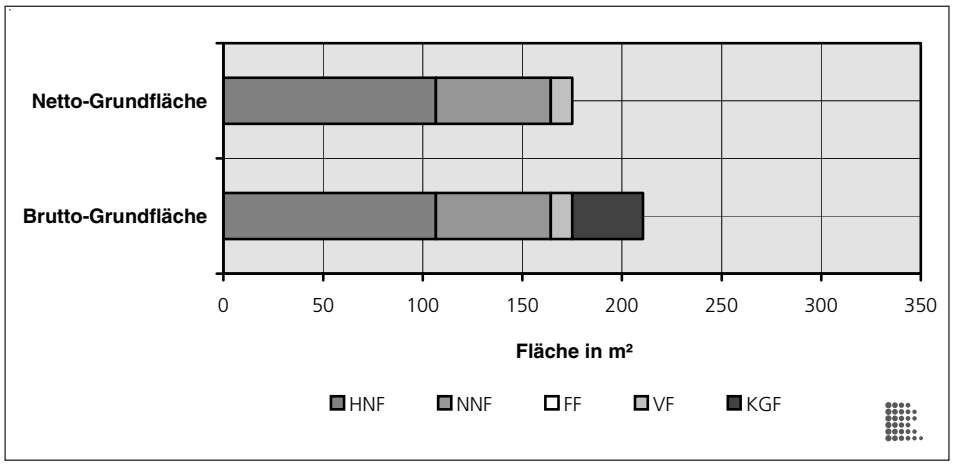


Abb. 2-82: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-EH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-62: Bauteilflächen – Typenvertreter E-EH 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	61	8
Fundament	19	3
Außenwand: Kellergeschoss	90	12
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	147	20
Fenster / Außentür	16	2
Innenwand	112	15
Innentür	25	3
Decke	158	21
Dach	122	16

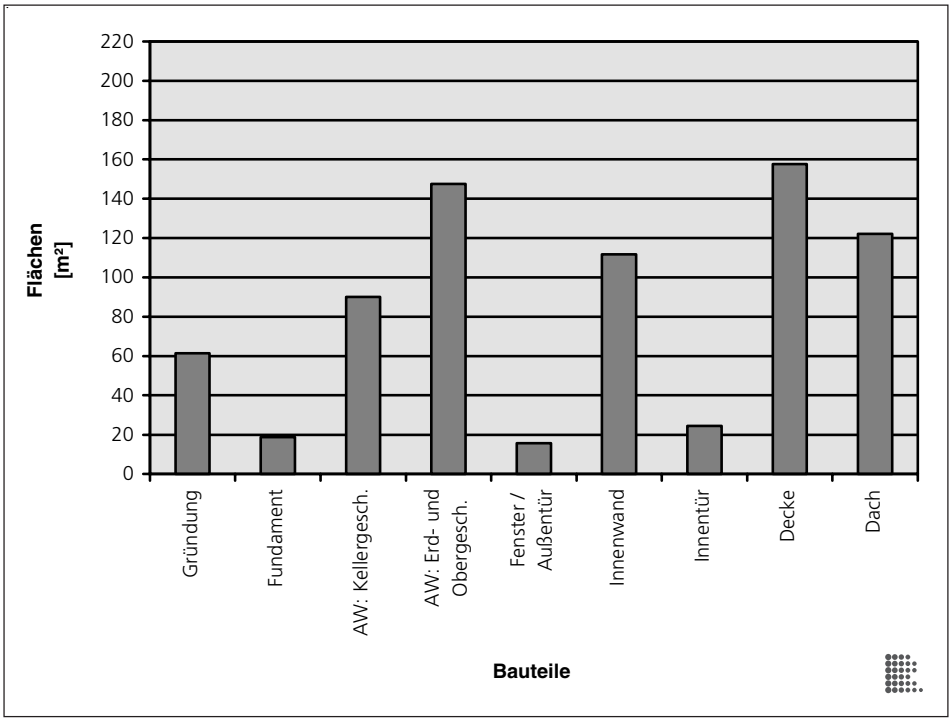


Abb. 2-83: Bauteilflächen – Typenvertreter E-EH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-63: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-EH 1 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Stampfbeton B5 – 0,150 m Kies	61 m²
Fundament	Stampfbeton B10 H: 0,340 m Beton B10; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	19 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,020 m Außenputz – 0,400 m Beton B15 – 0,015 m Innenputz	90 m²
Außenwand: Erd- u. Obergeschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,240 m Gasbetonblocksteine (Gasbeton 90 %, Mörtel 10 %) – 0,015 m Innenputz	147 m²
Fenster / Außentür	– Holzverbundfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	11 m²
	– Vollholz-Außentür	3 m²
	Beton-Kellerfenster B10 – 0,050 m Stahlbeton B10 (Beton 96 %, Stahl 4%) – 0,004 m Glas	2 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,071 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	25 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,115 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	55 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,240 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	32 m²
Innentür	– Holz-Futtertür	25 m²
Decke	Füllkörperdecke (Keller- und Erdgeschoss) – 0,035 m Estrich – 0,025 m HWL-Platten – 0,190 m Stahlbeton B25 (Beton 96 %, Stahl 4%) – 0,015 m Innenputz	132 m²
	Holzbalkendecke (Obergeschoss) – 0,020 m Holzschalung – 0,080 m Mineralwollematten – 0,024 m Holzbalken 2 x 50/80 – 0,006 m Sparschalung – 0,025 m HWL-Platten – 0,015 m Innenputz	26 m²
Dach	Steildach – Hartdeckung – 0,015 m Betondachsteine – 0,006 m Holzlattung (30 x 50) – 0,024 m Sparren (100 x 180)	122 m²

Weitere Angaben			
Schornsteine	2 St.	Dachrinne	18,2 lfd. M.
Rauchrohre	4 St.	Fallrohr	6,8 lfd. M.
Terrasse	1 St.	Treppenanlage	6,2 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-64: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	Stofflager		Stoffintensität	
	kg	t	t/m² HNF	t/m³ BRI
Gründung	37 459	37	0,35	0,06
Fundament	15 362	15	0,15	0,02
AW: Kellergeschoss	91 593	92	0,86	0,15
AW: Erd- und Obergeschosse	34 600	35	0,32	0,06
Fenster / Außentür	558	0,5	0,01	0,00
Innenwand	33 841	34	0,32	0,06
Innentür	530	0,5	0,00	0,00
Decke	81 108	81	0,76	0,13
Dach	5 866	6	0,05	0,01
Gesamt	**300 917**	**301**	**2,82**	**0,49**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	Stofflager		Stoffintensität	
	t	m³	t/m² HNF	m³/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	50	28	0,47	0,26
Betone	182	75	1,71	0,71
Mauersteine	40	45	0,38	0,42
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	4	7	0,04	0,06
Wärmedämmstoffe	2	6	0,02	0,06
Dachdeckungen	4	2	0,03	0,02
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0,00	0,00
Sonst. Stoffe, Schüttungen	11	6	0,10	0,06
Metalle	8	1	0,07	0,01
Gesamt	**301**	**170**	**2,82**	**1,60**

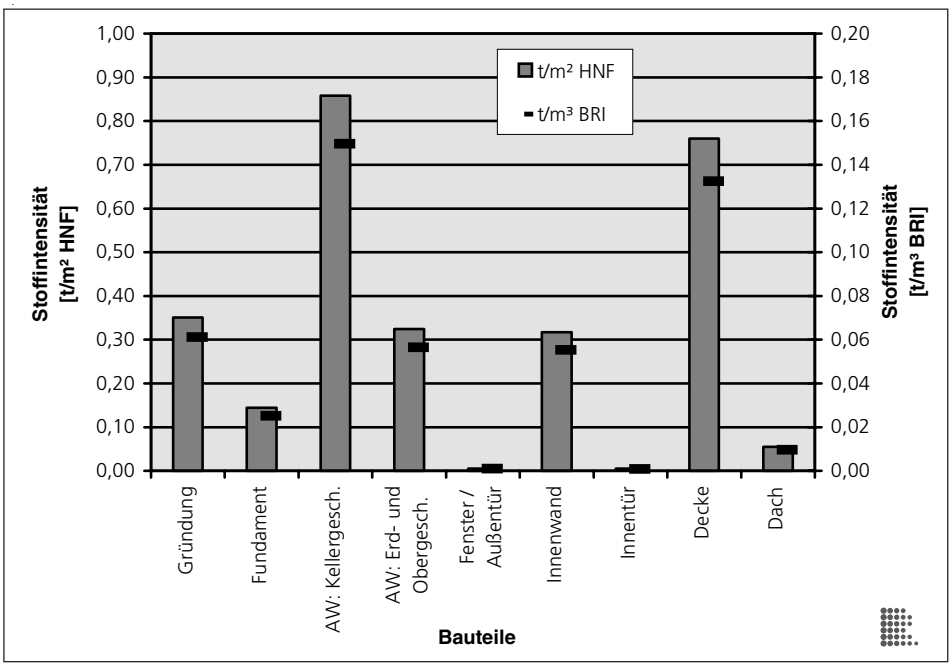


Abb. 2-84: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

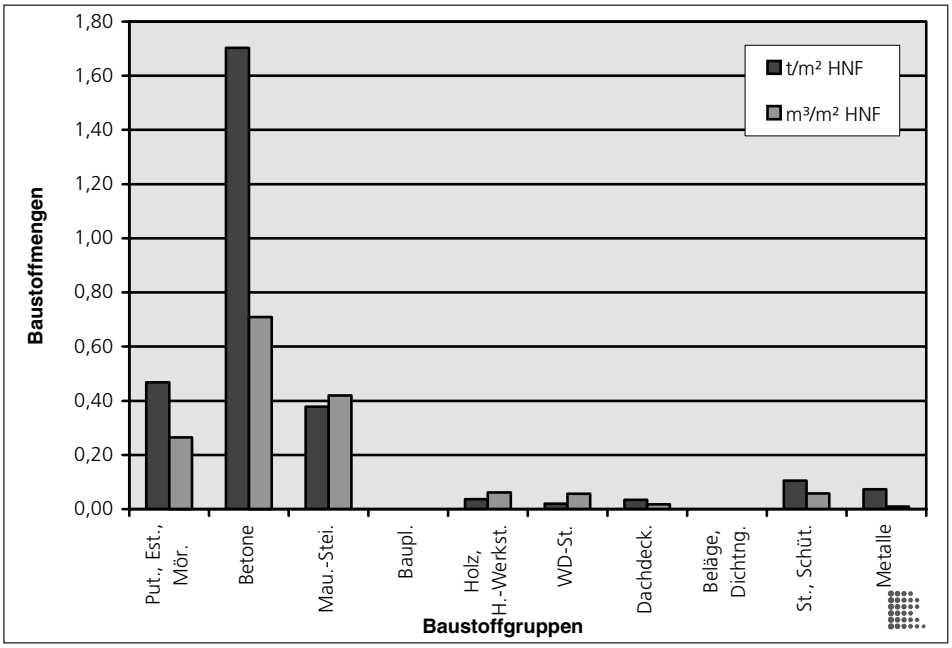


Abb. 2-85: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-65: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-EH 1 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
Gruhler (1992)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 1 der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 2 der WSchVO ´95
	149	**106**	**83**
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf mit ausgebautem Dachgeschoss - Einzelofenheizung Kohle	Energiebedarf nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes nach WSchVO ´84, Niveau 1 - Sammelheizung Kohle	Energiebedarf nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes nach WSchVO ´95 und heizungstechnischen Maßnahmen, Niveau 2 - Sammelheizung Gas, Öl
	173	**156**	**73**
IWU (1994)	Mittlere Energiekennwerte (Heizenergie) im Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) bei einem Energiepreis von - 6 Pf/kWh - 8 Pf/kWh - 13 Pf/kWh Niveau 1	Zielwerte für Energiekennwerte, Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL), Niveau 2
	181	**95** **79** **67**	**49**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ‘84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ‘95)
	168	**114**	**68**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**54**	**32**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**100**	**60**

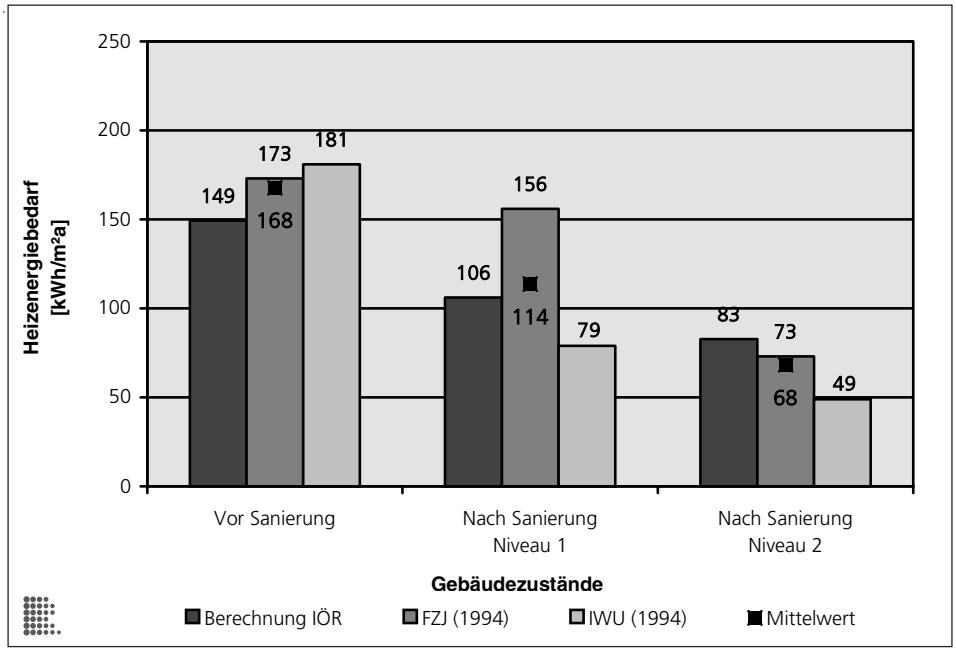


Abb. 2-86: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-EH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

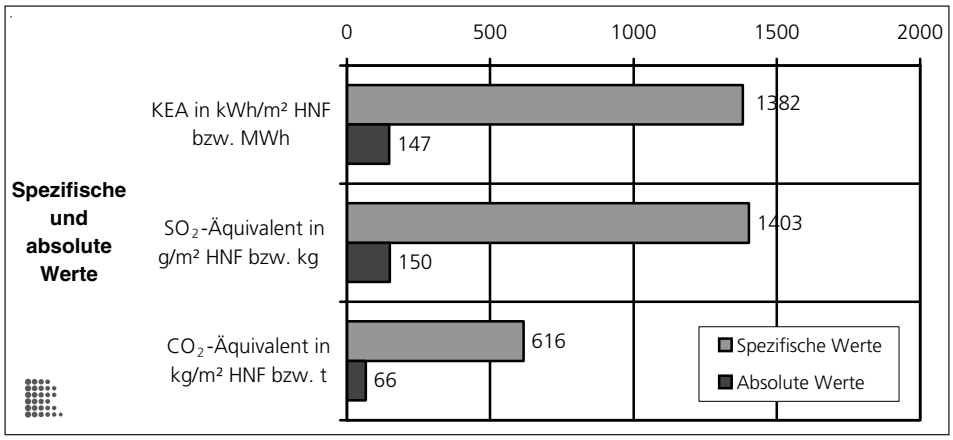


Abb. 2-87: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-EH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-66: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-EH 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	12 778	120	15	144	7 484	70
Betone	41 979	393	53	497	27 163	255
Mauersteine	25 079	235	20	185	11 996	112
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	10 824	102	11	100	2 845	27
Wärmedämmstoffe	4 121	39	5	44	1 103	10
Dachdeckungen	1 505	14	2	18	915	9
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0	0	0	0
Sonst. Stoffe, Schüttungen	762	7	1	13	240	2
Metalle	50 401	472	43	402	13 983	131
Gesamt	**147 449**	**1 382**	**150**	**1 403**	**65 729**	**616**

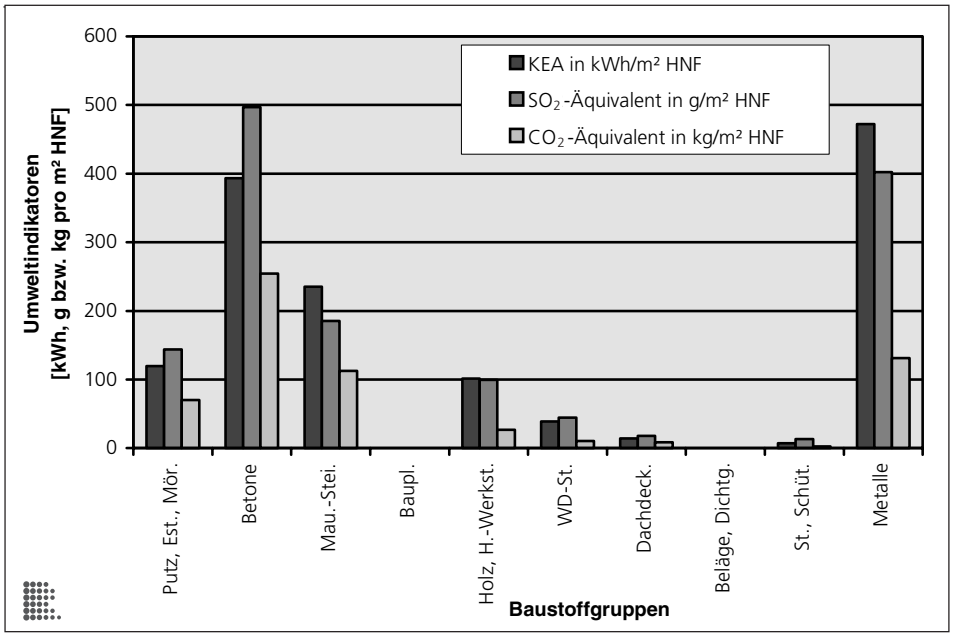


Abb. 2-88: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-EH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

2.2.2 Eingeschossiges Einzelhaus nach 1960 mit nicht nutzbarem Dachgeschoss – Typenvertreter E-EH 2 (GU 1-86)

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1960
Bauweise:	Mauerwerksbauweise
Gebäudelänge:	12,36 m
Gebäudebreite:	8,74 m
Gebäudehöhe:	8,63 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	1 (unterkellert, unnutzbares DG)
Außenwandkonstruktion:	Hochlochziegel
Dachform:	Steildach
Dachdeckung:	Doppelrömer
Wohnungsanzahl:	1
Weitere Nutzung:	keine

Ausstattung

Energieträger:	Strom
Heizung:	Kachelofen-Luft-Heizung
Warmwasserversorgung:	zentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

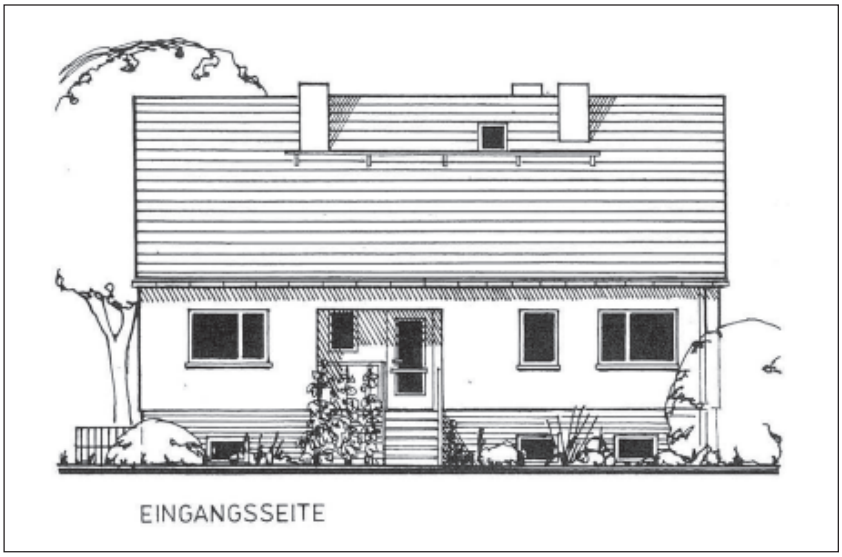


Abb. 2-89: Ansicht Typenvertreter E-EH 2 (GU 1-86) (Quelle: Eigenheime 1987, 58)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe nach 1960 zuzuordnen. Es ist voll unterkellert. Das Dachgeschoss ist nicht nutzbar, da der Dachstuhl aus Fachwerkbindern besteht, die einen Abstand von ca. 0,80 m haben. Die Kelleraußenwände sind zu 50 % in Ziegelmauerwerk und zu 50 % in Hohlblocksteinen hergestellt. Die Erdgeschossaußenwände und die Giebel sind aus Hochlochziegeln errichtet, ebenso die Innenwände. Die Räume werden mittels einer Kachelofen-Luft-Heizung erwärmt.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-67: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-EH 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	216	100
Netto-Grundfläche (NGF)	174	81
Hauptnutzfläche (HNF)	82	38
Nebennutzfläche (NNF)	83	38
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	9	5
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	42	19
Brutto-Rauminhalt (BRI)	729 m³	

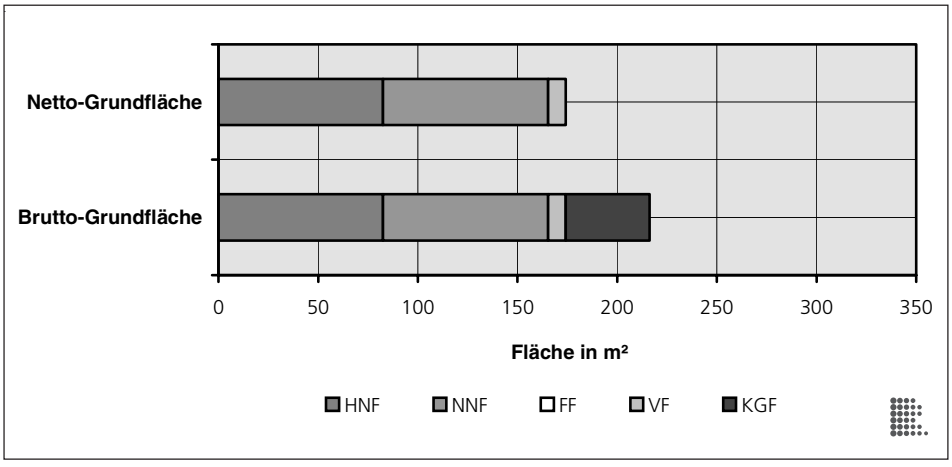


Abb. 2-90: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-EH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-68: Bauteilflächen – Typenvertreter E-EH 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	90	11
Fundament	24	3
Außenwand: Kellergeschoss	97	11
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	117	14
Fenster / Außentür	17	2
Innenwand	144	17
Innentür	20	2
Decke	183	22
Dach	148	18

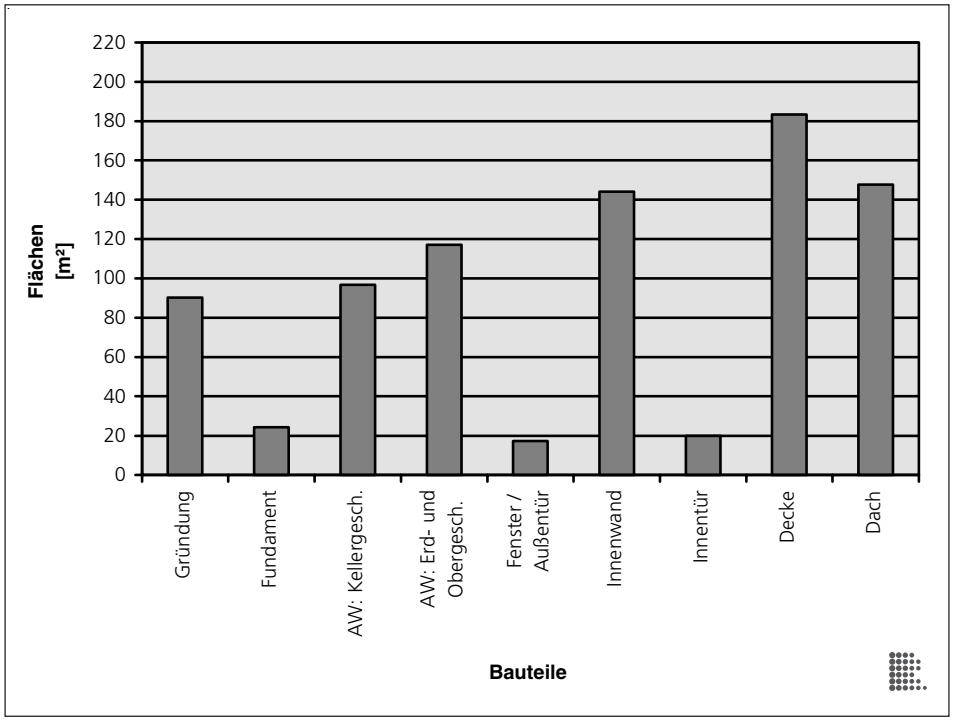


Abb. 2-91: Bauteilflächen – Typenvertreter E-EH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-69: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-EH 2 (Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Beton B5 – 0,150 m Kies	90 m²
Fundament	– Beton B10 H: 0,360 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	24 m²
Außenwand: Kellergeschoss	zu 50 %: – 0,020 m Außenputz – 0,365 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	49 m²
	zu 50 %: – 0,020 m Außenputz – 0,365 m Hohlblocksteine (Hohlblocksteine 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	48 m²
Außenwand: Erd- u. Obergeschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,365 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	117 m²
Fenster / Außentür	– Holzverbundfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	13 m²
	Außentür-Holz – 0,034 m Rahmen und Füllung (Holz 40 %, Glas 60 %) – 0,001 m Stahlzarge	2 m²
	Beton-Kellerfenster – 0,050 m Stahlbeton B10 (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,004 m Glas	2 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,115 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	123 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,240 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	21 m²
Innentür	Wabenkern-Tür – 0,030 m Rahmen und Füllung (Holzrahmen, Papierwabenkern, Luftanteil 45 %) – 0,008 m Hartfaserplatte (2 x 0,004 m) – 0,001 m Stahlzarge	20 m²

Decke	Füllkörperdecke (Keller- und Erdgeschoss) – 0,035 m Estrich – 0,025 m HWL-Platten – 0,190 m Füllkörperdecke (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,015 m Innenputz	93 m²
	Holzbalkendecke (Obergeschoss) – 0,006 m Sparschalung – 0,080 m Mineralwollematten – 0,025 m Holzbalken 2 x 50/180 – 0,006 m Sparschalung – 0,025 m HWL-Platten – 0,015 m Innenputz	90 m²
Dach	Steildach – Hartdeckung – 0,012 m Doppelrömer – 0,006 m Holzlattung (30 x 50) – 0,002 m Konterlattung – 0,025 m Holznagelbinder	148 m²

Weitere Angaben			
Schornsteine	3 St.	Dachrinne	25,2 lfd. M.
Rauchrohre	3 St.	Fallrohr	7,9 lfd. M.
		Treppenanlage	6,7 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-70: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	Stofflager		Stoffintensität	
	kg	t	t/m² HNF	t/m³ BRI
Gründung	55 058	55	0,67	0,08
Fundament	20 972	21	0,25	0,03
AW: Kellergeschoss	66 901	67	0,81	0,09
AW: Erd- und Obergeschosse	72 958	73	0,88	0,10
Fenster / Außentür	565	0	0,01	0,00
Innenwand	35 780	36	0,43	0,05
Innentür	490	0	0,01	0,00
Decke	61 173	62	0,75	0,08
Dach	6 095	6	0,07	0,01
Gesamt	**319 992**	**320**	**3,88**	**0,44**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	Stofflager		Stoffintensität	
	t	m³	t/m² HNF	m³/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	84	45	1,01	0,55
Betone	93	39	1,13	0,47
Mauersteine	109	73	1,32	0,88
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	5	9	0,06	0,11
Wärmedämmstoffe	4	12	0,05	0,15
Dachdeckungen	3	2	0,04	0,02
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0,00	0,00
Sonst. Stoffe, Schüttungen	16	9	0,20	0,11
Metalle	6	1	0,07	0,01
Gesamt	**320**	**190**	**3,88**	**2,30**

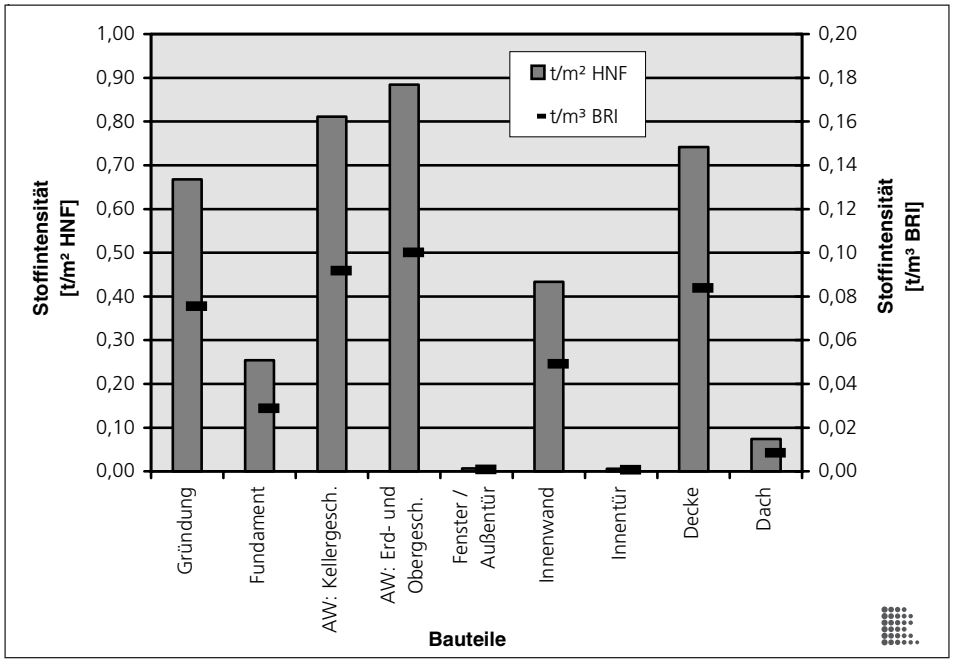


Abb. 2-92: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

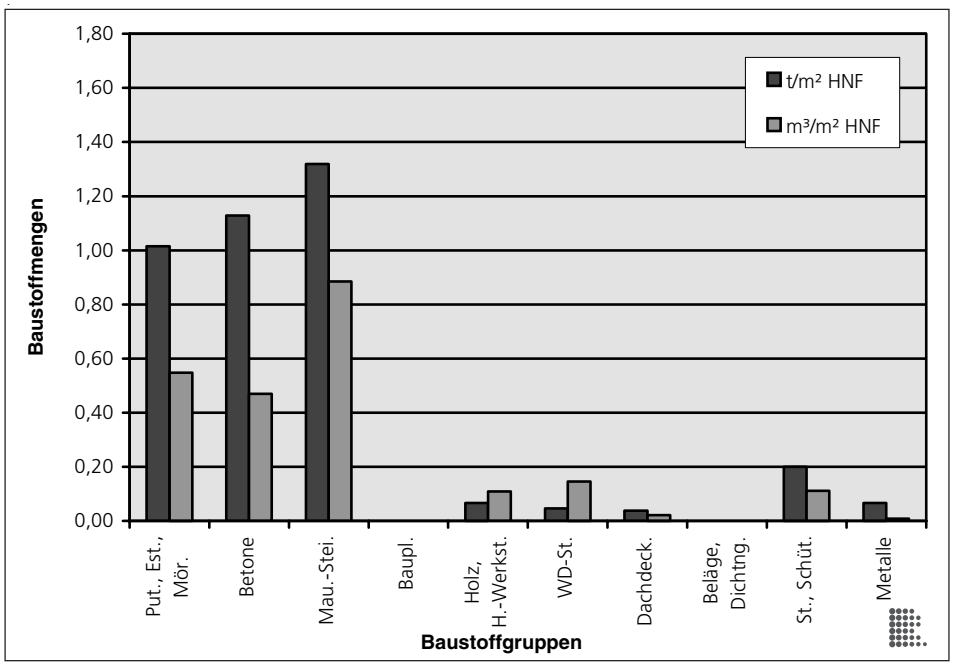


Abb. 2-93: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-71: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-EH 2 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
Gruhler (1992)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 1 der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 2 der WSchVO ´95
	215	**119**	**91**
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf ohne ausgebautes Dachgeschoss (nicht nutzbares Dachgeschoss) - Einzelofenheizung Kohle	Energiebedarf nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes nach WSchVO ´84, Niveau 1 - Sammelheizung Kohle	Energiebedarf nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes nach WSchVO ´95 und heizungstechnischen Maßnahmen, Niveau 2 - Sammelheizung Gas, Öl
	179	**156**	**73**
IWU (1994)	Mittlere Energiekennwerte (Heizenergie) im Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) bei einem Energiepreis von - 6 Pf/kWh - 8 Pf/kWh - 13 Pf/kWh Niveau 1	Zielwerte für Energiekennwerte, Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL), Niveau 2
	181	**95** **79** **67**	**49**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ‘84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ‘95)
	192	**118**	**71**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**74**	**39**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**121**	**63**

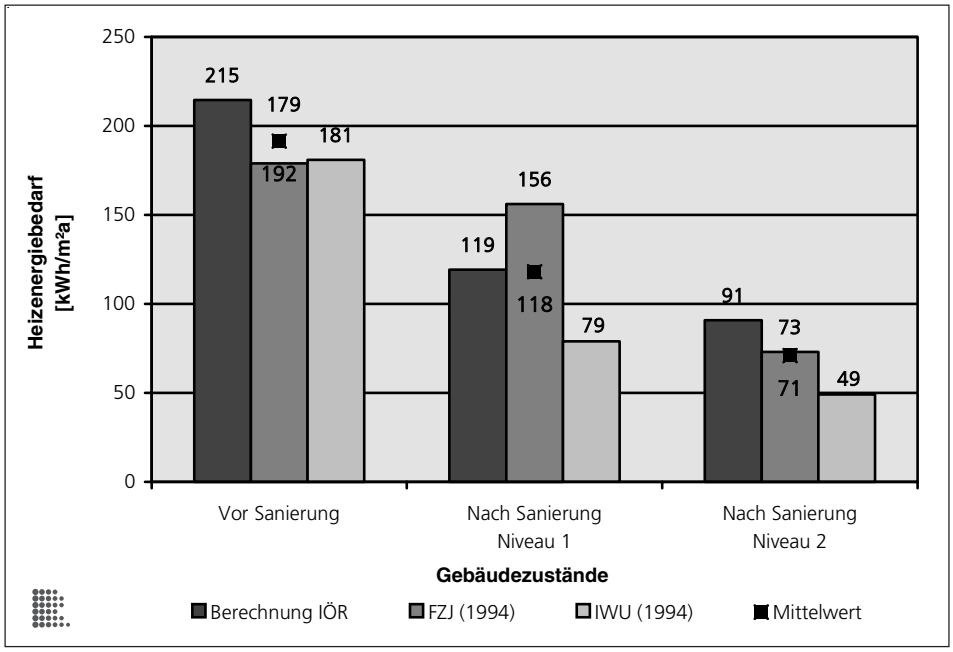


Abb. 2-94: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-EH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

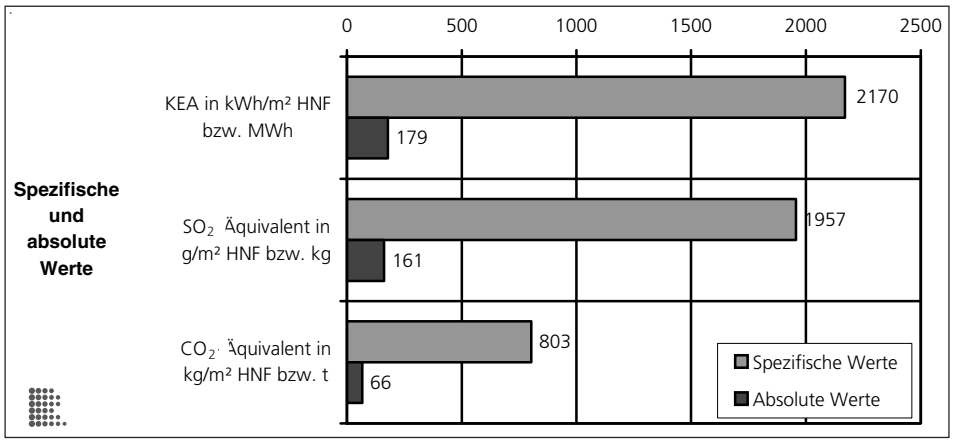


Abb. 2-95: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-EH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-72: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-EH 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	23 613	286	28	339	13 812	167
Betone	20 852	253	26	320	13 436	163
Mauersteine	68 637	833	46	551	20 549	249
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	15 145	184	15	179	3 968	48
Wärmedämmstoffe	9 921	120	9	114	2 651	32
Dachdeckungen	3 911	47	5	60	1 535	19
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0	0	0	0
Sonst. Stoffe, Schüttungen	1 217	15	2	26	383	5
Metalle	35 646	432	30	368	9 889	120
Gesamt	**178 942**	**2 170**	**161**	**1 957**	**66 223**	**803**

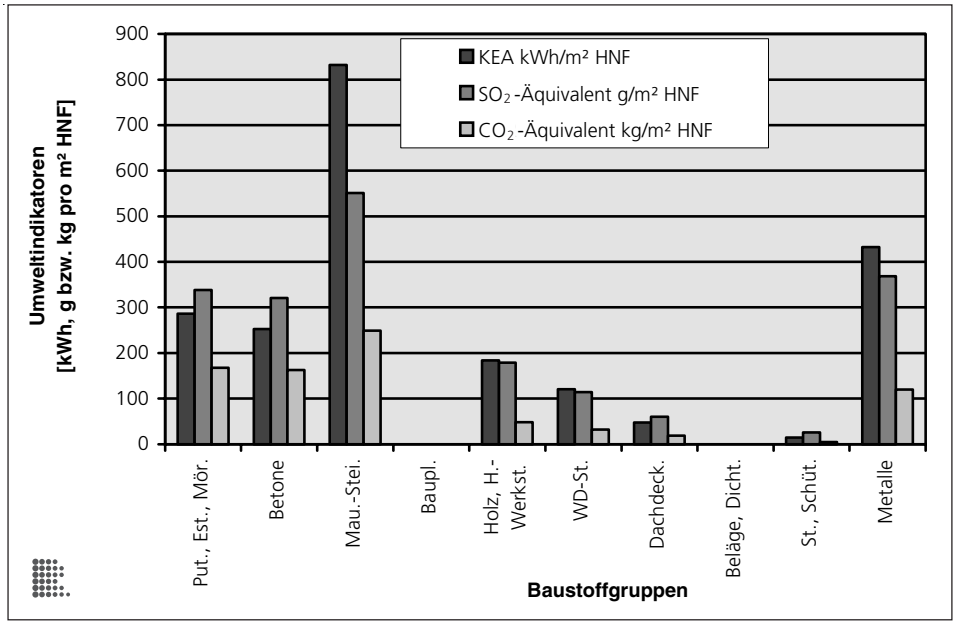


Abb. 2-96: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-EH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

2.2.3 Eingeschossiges Einzelhaus nach 1990 mit nicht ausgebautem Dachgeschoss – Typenvertreter E-EH 3

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1990
Bauweise:	Mauerwerksbauweise
Gebäudelänge:	12,00 m
Gebäudebreite:	9,00 m
Gebäudehöhe:	7,94 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	1 (unterkellert)
Außenwandkonstruktion:	Leichthochlochziegel
Dachform:	Flaches Satteldach
Dachdeckung:	Dachziegel
Wohnungsanzahl:	1
Weitere Nutzung:	keine

Ausstattung

Energieträger:	Strom
Heizung:	Gas-Kombi-Heiztherme
Warmwasserversorgung:	zentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

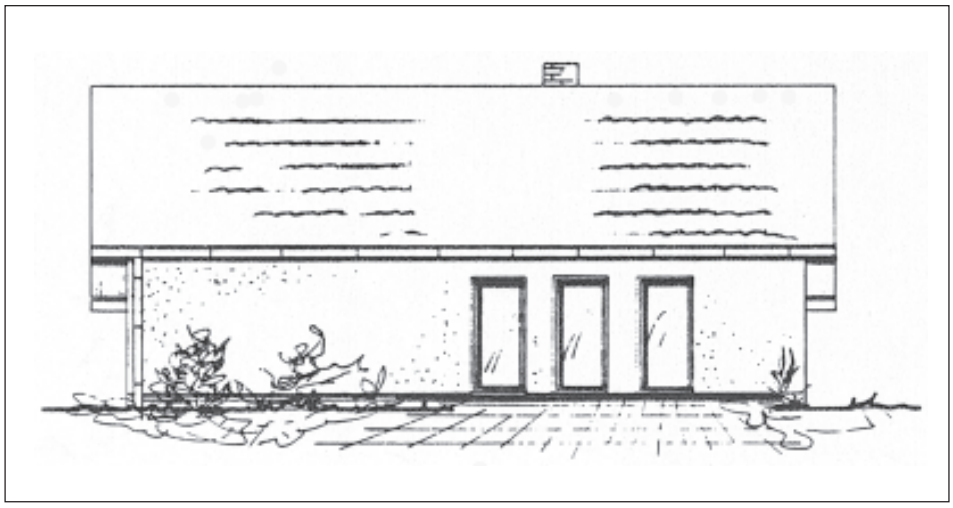


Abb. 2-97: Ansicht Typenvertreter E-EH 3 (Quelle: BauPlan 1996)

Das eingeschossige Einfamilienhaus ist der Baujahresgruppe nach 1990 zuzuordnen. Es ist voll unterkellert, das Dachgeschoss ist nicht ausgebaut. Die Fundamente und die Gründung sind in Stahlbeton B20 hergestellt. Die Kelleraußenwände bestehen aus Mauerwerk. Das Erdgeschoss und die Giebel sind aus Leichthochlochziegeln hergestellt, die Innenwände aus Hochlochziegeln. Die Räume werden mittels einer Gas-Kombi-Heiztherme beheizt. Die Regelung erfolgt über eine witterungsabhängige Außentemperatursteuerung.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-73: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-EH 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	302	100
Netto-Grundfläche (NGF)	255	85
Hauptnutzfläche (HNF)	99	33
Nebennutzfläche (NNF)	142	47
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	14	5
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	46	15
Brutto-Rauminhalt (BRI)	712 m³	

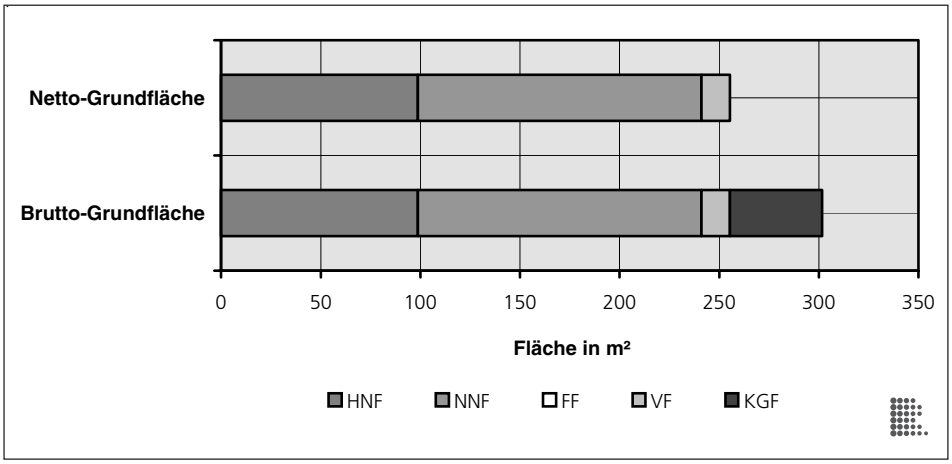


Abb. 2-98: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-EH 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-74: Bauteilflächen – Typenvertreter E-EH 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	93	11
Fundament	22	3
Außenwand: Kellergeschoss	107	13
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	116	14
Fenster / Außentür	23	3
Innenwand	108	13
Innentür	20	2
Decke	185	23
Dach	149	18

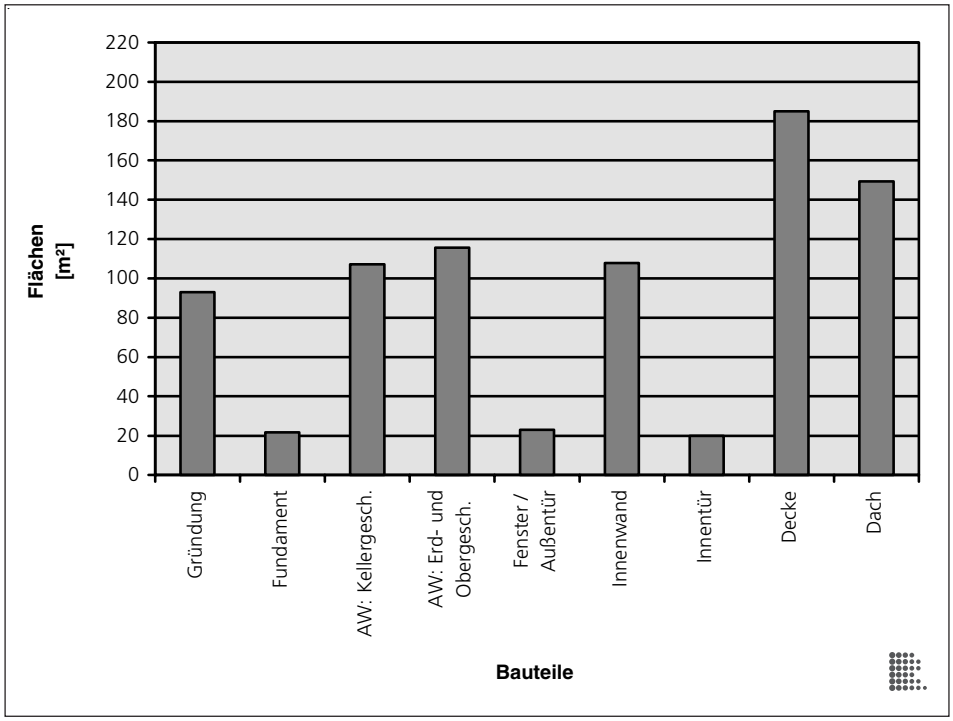


Abb. 2-99: Bauteilflächen – Typenvertreter E-EH 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-75: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-EH 3 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,002 m PE-Folie – 0,100 m Stahlbeton B20 – 0,150 m Kies	93 m²
Fundament	Stahlbeton B20 H: 0,035 m; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	22 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,005 m Bitumenabdichtung – 0,060 m Polystyrol-Hartschaum – 0,365 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	107 m²
Außenwand: Erd- u. Obergeschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,365 m Leichthochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	116 m²
Fenster / Außentür	Fenster – 0,045 m Isolierverglaste Holzfenster (Holz 35 %, Glas 65 %) – 0,008 m Glas	20 m²
	Außentür – 0,036 m Holztür (Holz 80 %, Glas 20 %)	3 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,115 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	62 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,240 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	46 m²
Innentür	– Holz-Futtertür	20 m²
Decke	– 0,035 m Estrich – 0,050 m Polystyrol – 0,160 m Stahlbetondecke B25 (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,015 m Innenputz	89 m²
	– 0,020 m Spanplatten – 0,110 m Polystyrol – 0,160 m Stahlbetondecke B25 (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,015 m Innenputz	96 m²
Dach	– 0,015 m Dachziegel – 0,006 m Holzlattung – 0,024 m Sparren (100/180) – 0,001 m Kunststoffbahn	149 m²

Weitere Angaben			
Schornsteine	1 St.	Dachrinne	24,2 lfd. M.
Rauchrohre	1 St.	Fallrohr	9,5 lfd. M.
Terrasse	1 St.	Treppenanlage	7,6 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-76: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	kg	**t**	**t/m² HNF**	**t/m³ BRI**
Gründung	65 329	65	0,66	0,09
Fundament	18 168	18	0,18	0,03
AW: Kellergeschoss	33 390	33	0,35	0,04
AW: Erd- und Obergeschosse	29 791	30	0,30	0,04
Fenster / Außentür	473	1	0,01	0,00
Innenwand	32 751	33	0,33	0,05
Innentür	430	0	0,00	0,00
Decke	89 642	90	0,91	0,13
Dach	7 081	7	0,07	0,01
Gesamt	**277 055**	**277**	**2,81**	**0,39**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	t	**m³**	**t/m² HNF**	**m³/m² HNF**
Putze, Estriche, Mörtel	60	33	0,61	0,33
Betone	120	50	1,21	0,51
Mauersteine	52	44	0,53	0,45
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	5	8	0,05	0,08
Wärmedämmstoffe	1	21	0,01	0,21
Dachdeckungen	4	2	0,04	0,02
Beläge, Dichtungsbahnen	1	1	0,01	0,01
Sonst. Stoffe, Schüttungen	25	14	0,26	0,14
Metalle	9	1	0,09	0,01
Gesamt	**277**	**174**	**2,81**	**1,76**

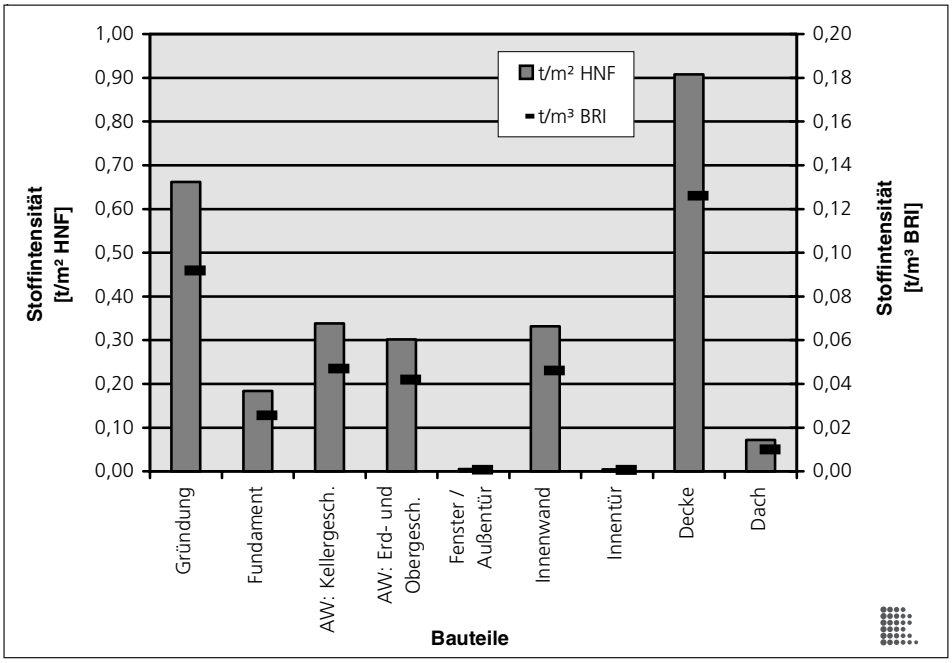


Abb. 2-100: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

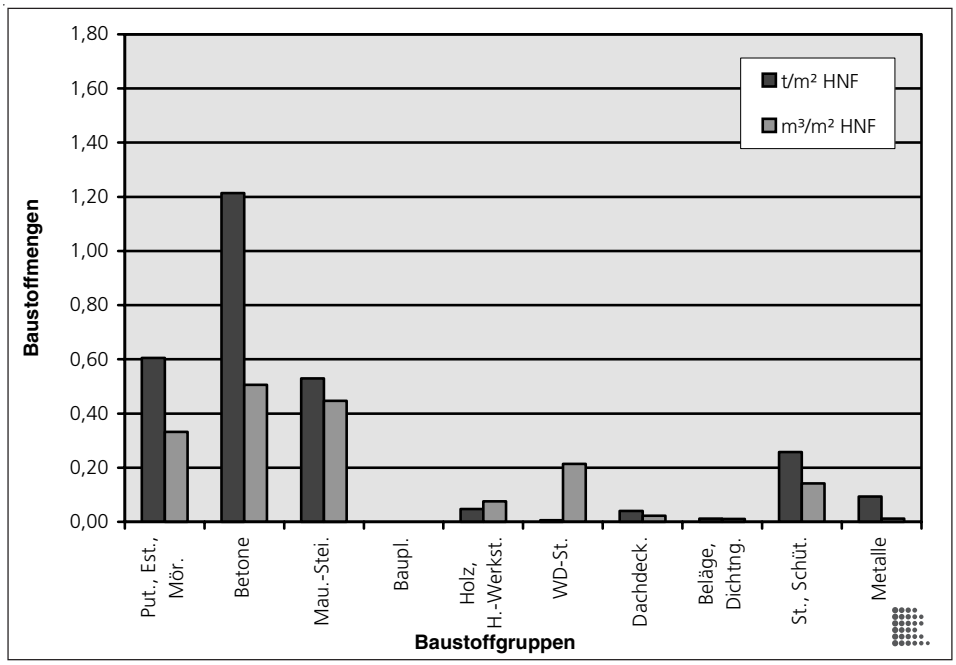


Abb. 2-101: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-77: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-EH 3 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
Gruhler (1992)	Gebaut nach den Anforderungen der WSchVO ´84	Gebaut nach den Anforderungen der WSchVO ´95 Niveau 1	Gebaut nach Niedrig-energiehaus-Standard Niveau 2
	123	**94**	**80**
Einsparpotenzial in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**29**	**24**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**43**	**35**

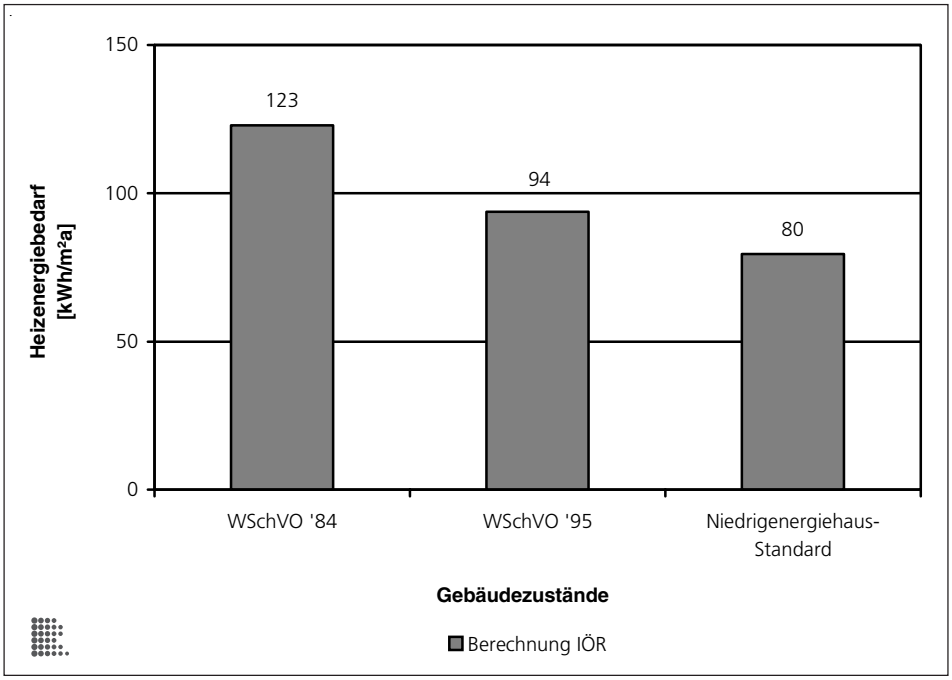


Abb. 2-102: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-EH 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

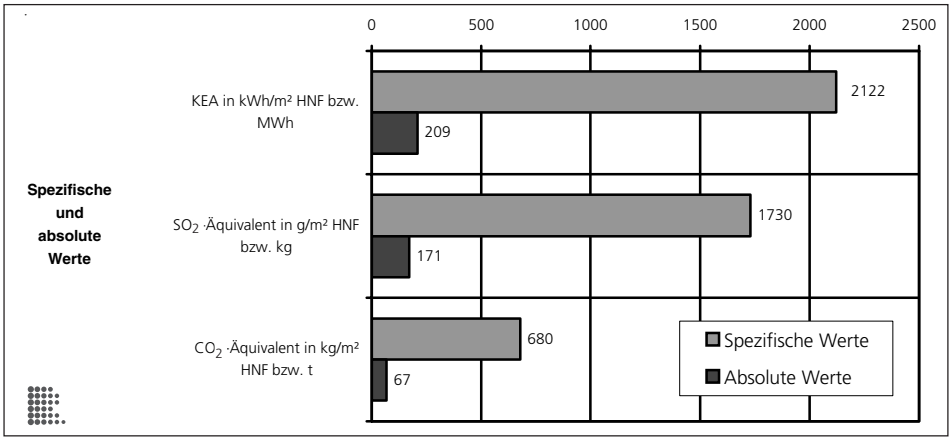


Abb. 2-103: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-EH 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-78: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-EH 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	16 682	169	19	196	9 296	94
Betone	30 895	312	40	397	20 280	206
Mauersteine	37 462	380	23	233	10 177	103
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	13 193	134	12	124	3 086	31
Wärmedämmstoffe	16 894	171	7	73	2 187	22
Dachdeckungen	4 946	50	6	63	1 942	20
Beläge, Dichtungsbahnen	28 392	288	10	103	3 150	32
Sonst. Stoffe, Schüttungen	1 493	15	3	27	463	5
Metalle	59 484	603	51	514	16 502	167
Gesamt	**209 441**	**2 122**	**171**	**1 730**	**67 083**	**680**

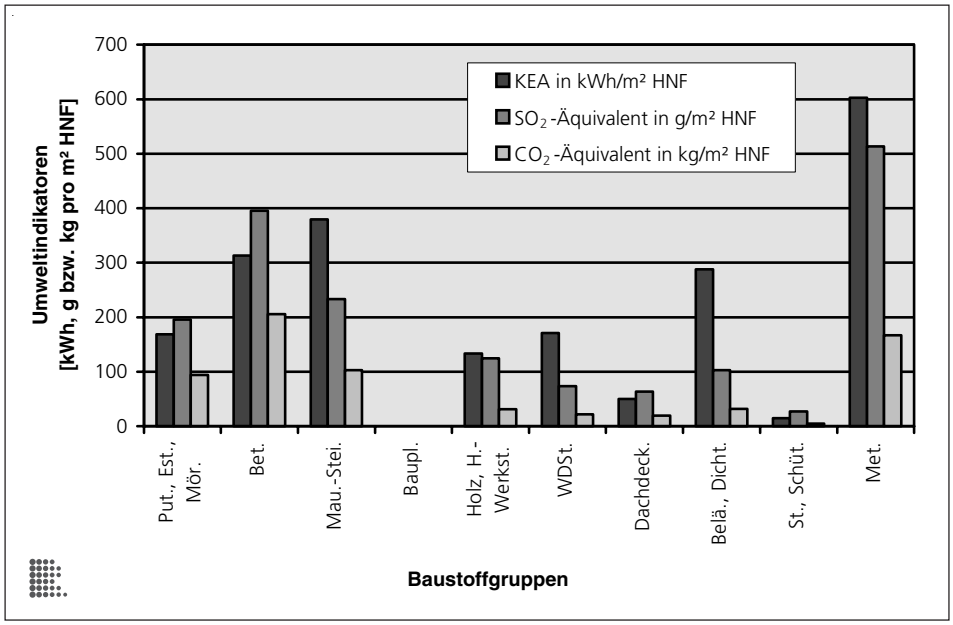


Abb. 2-104: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-EH 3
(Quelle: Eigener Entwurf)

2.2.4 Eingeschossiges Doppelhaus nach 1960 mit ausgebautem Dachgeschoss – Typenvertreter E-DH 1 (EW 65 B/D)

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1960
Bauweise:	Mauerwerksbauweise
Gebäudelänge (Achsmaß):	8,76 m
Gebäudebreite(-tiefe):	8,64 m
Gebäudehöhe:	10,56 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	1 (plus KG und ausgebautes DG)
Außenwandkonstruktion:	Gasbeton
Dachform:	Steildach
Dachdeckung:	Doppelfalzziegel
Wohnungsanzahl:	1
Weitere Nutzung:	keine

Ausstattung

Energieträger:	Strom
Heizung:	Kachelofen-Luft-Heizung
Warmwasserversorgung:	zentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

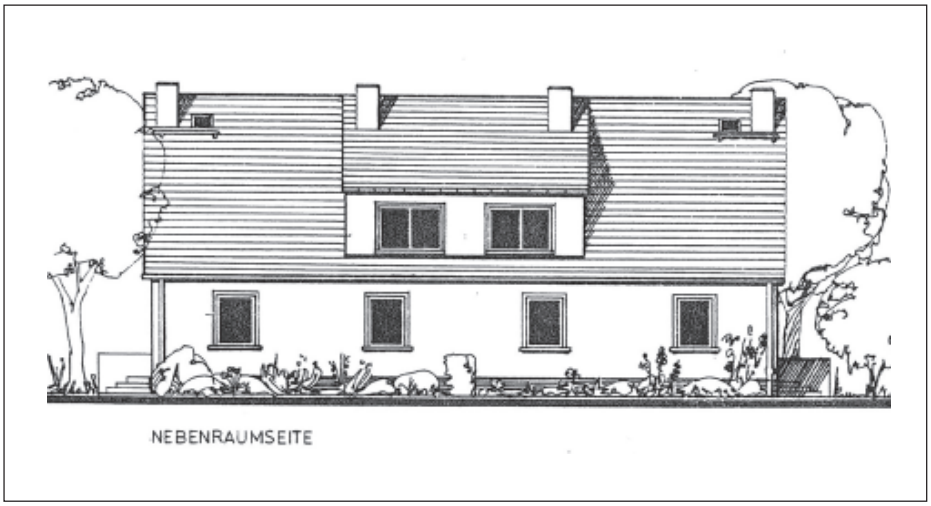


Abb. 2-105: Ansicht Typenvertreter E-DH 1 (EW 65 B/D) (Quelle: Eigenheime 1987, 30)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe nach 1960 zuzuordnen. Es ist voll unterkellert und das Dachgeschoss ist ausgebaut. Das Kellergeschoss ist aus Stampfbeton B15 (Ortbeton), das Erdgeschoss und die Giebel sind aus Gasbetonsteinen hergestellt. Die tragenden Innenwände bestehen aus Betonhohlblocksteinen, die anderen Wände aus Ziegelmauerwerk. Im Kellergeschoss befinden sich Vorratskeller, Kohlen- und Heizungsraum. Die Räume werden mittels Kachelofen-Luft-Heizung erwärmt.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-79: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-DH 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	218	100
Netto-Grundfläche (NGF)	184	84
Hauptnutzfläche (HNF)	113	52
Nebennutzfläche (NNF)	60	27
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	11	5
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	35	16
Brutto-Rauminhalt (BRI)	615 m³	

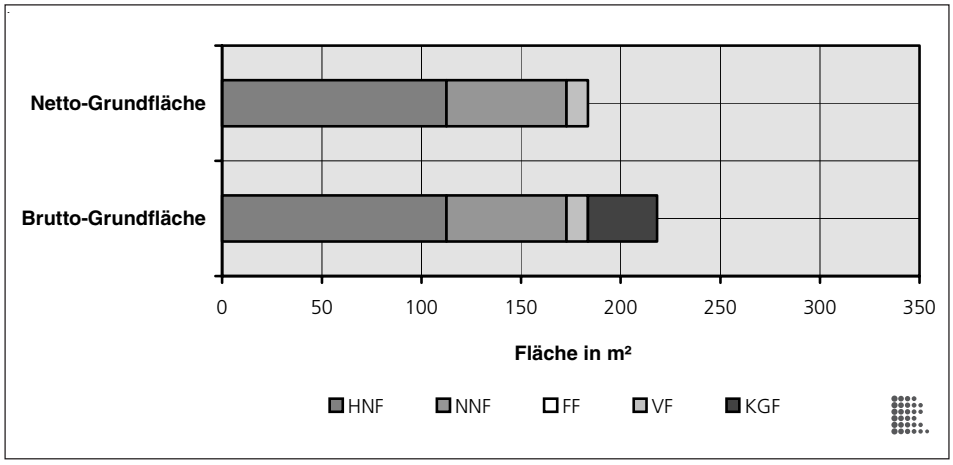


Abb. 2-106: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-DH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-80: Bauteilflächen – Typenvertreter E-DH 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	61	8
Fundament	19	2
Außenwand: Kellergeschoss	90	12
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	136	18
Fenster / Außentür	21	3
Innenwand	124	17
Innentür	25	3
Decke	157	21
Dach	117	16

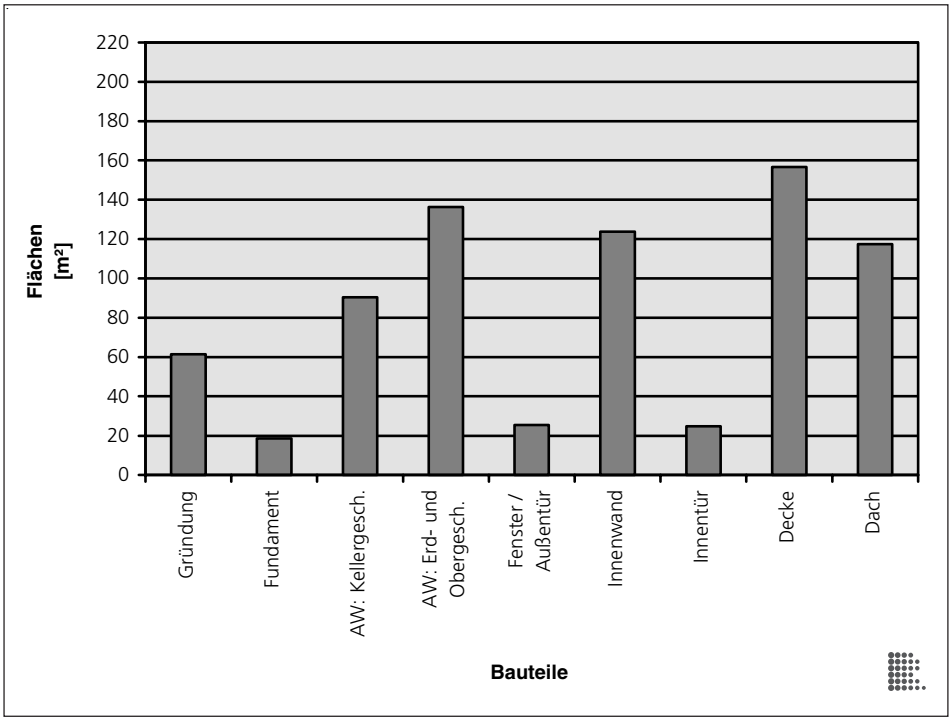


Abb. 2-107: Bauteilflächen – Typenvertreter E-DH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-81: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-DH 1 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Beton B5 – 0,150 m Kies	61 m²
Fundament	Stampfbeton B10 H: 0,340 m Beton B10; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	19 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,020 m Außenputz – 0,400 m Stampfbeton B15 – 0,015 m Innenputz	67 m²
	Giebel-Trennwand zum Doppelhaus – 0,200 m Stampfbeton B15 – 0,015 m Innenputz	23 m²
Außenwand: Erd- u. Ober-geschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,240 m Gasbetonsteine (Gasbeton 90 %, Mörtel 10 %) – 0,015 m Innenputz	85 m²
	Giebel-Trennwand zum Doppelhaus – 0,120 m Gasbetonsteine (Gasbeton 90 %, Mörtel 10 %) – 0,015 m Innenputz	51 m²
Fenster / Außentür	– Holzverbundfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	16 m²
	– 0,036 m Futter-Holztür (Holz 85 %) – 0,008 m Glas (Glas 15 %)	3 m²
	Beton-Kellerfenster B10 – 0,050 m Stahlbeton (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,004 m Glas	2 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,071 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	31 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,115 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	55 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,240 m Hohlblocksteine (Hohlblocksteine 90 %, Mörtel 10 %) – 0,015 m Innenputz	38 m²
Innentür	– 0,036 m Holz-Futtertür	12 m²
	– 0,036 m Futtertür mit Glasfüllung (Holz 85 %, Glas 15 %)	13 m²

Decke	Füllkörperdecke (Keller- und Erdgeschoss) – 0,035 m Estrich – 0,025 m HWL-Platten – 0,190 m Füllkörperdecke (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,015 m Innenputz	132 m²
	Holzbalkendecke (Obergeschoss) – 0,020 m Holzschalung – 0,080 m Mineralwollematten – 0,025 m Holzbalken 2 x 50/180 – 0,006 m Sparschalung – 0,025 m HWL-Platten – 0,015 m Innenputz	25 m²
Dach	Steildach – Hartdeckung – 0,015 m Dachziegel – Doppelrömer – 0,006 m Sparschalung – 0,024 m Sparren (100/180)	117 m²

Weitere Angaben

Schornsteine	2 St.	Dachrinne	25,2 lfd. M.
Rauchrohre	4 St.	Fallrohr	6,8 lfd. M.
Terrasse	1 St.	Treppenanlage	11,4 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-82: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-DH 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	kg	**t**	**t/m² HNF**	**t/m³ BRI**
Gründung	37 459	37	0,33	0,06
Fundament	15 246	15	0,13	0,02
AW: Kellergeschoss	79 659	80	0,71	0,13
AW: Erd- und Obergeschosse	25 675	26	0,23	0,04
Fenster / Außentür	686	0,5	0,01	0,00
Innenwand	27 675	28	0,24	0,05
Innentür	610	0,5	0,01	0,00
Decke	80 816	81	0,72	0,13
Dach	5 284	5	0,05	0,01
Gesamt	**273 110**	**273**	**2,43**	**0,44**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	t	**m³**	**t/m² HNF**	**m³/m² HNF**
Putze, Estriche, Mörtel	44	25	0,39	0,22
Betone	170	71	1,52	0,63
Mauersteine	31	34	0,27	0,30
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	4	6	0,03	0,05
Wärmedämmstoffe	2	6	0,02	0,05
Dachdeckungen	3	2	0,03	0,02
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0,00	0,00
Sonst. Stoffe, Schüttungen	11	6	0,10	0,06
Metalle	8	1	0,07	0,01
Gesamt	**273**	**151**	**2,43**	**1,34**

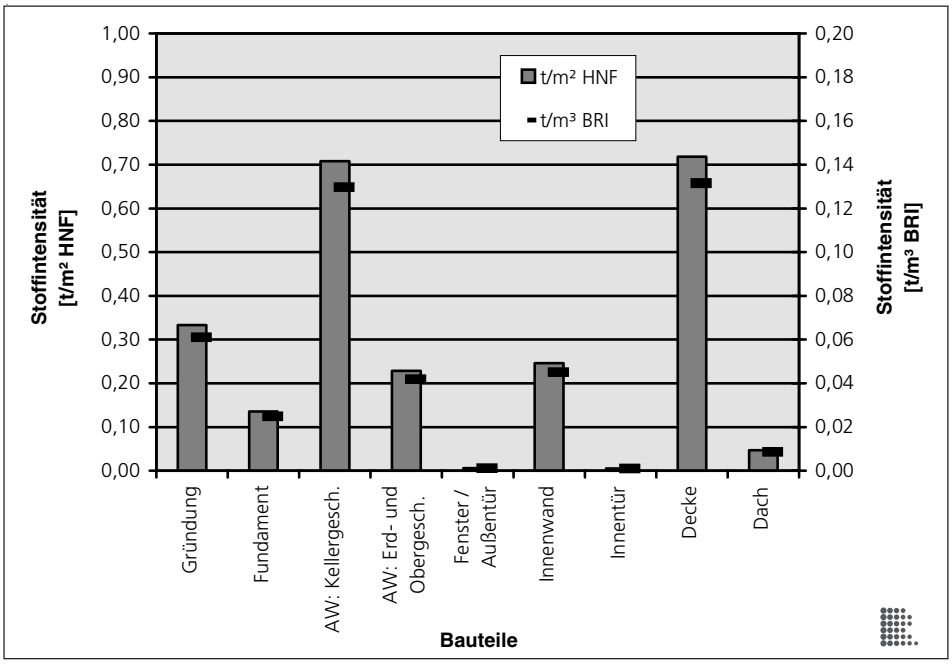


Abb. 2-108: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-DH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

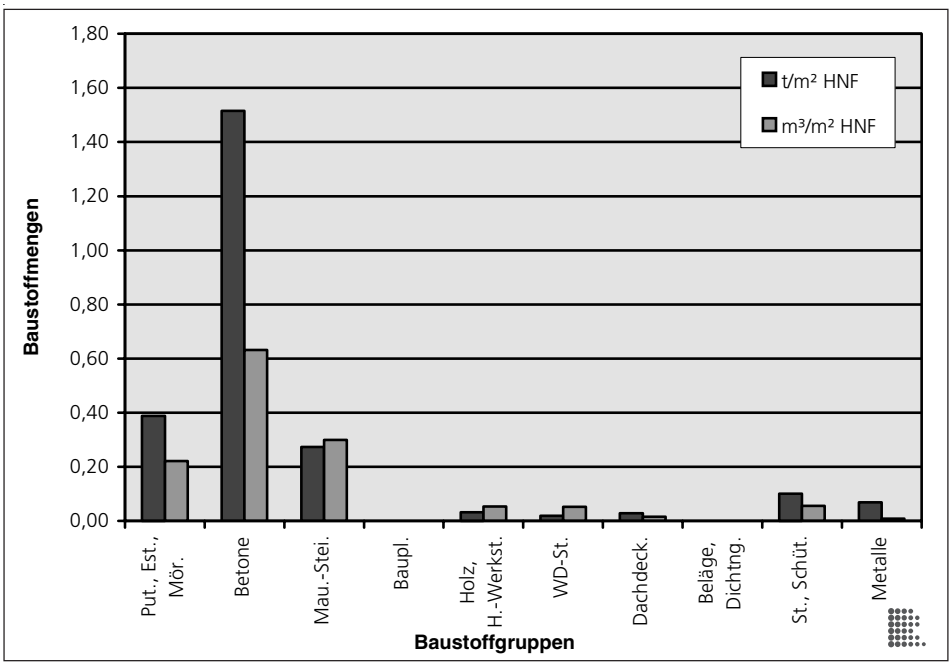


Abb. 2-109: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-DH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-83: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-DH 1 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
Gruhler (1992)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 1 der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 2 der WSchVO ´95
	135	**98**	**77**
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf mit ausgebautem Dachgeschoss - Einzelofenheizung Kohle	Energiebedarf nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes nach WSchVO ´84, Niveau 1 - Sammelheizung Kohle	Energiebedarf nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes nach WSchVO ´95 und heizungstechnischen Maßnahmen, Niveau 2 - Sammelheizung Gas, Öl
	173	**156**	**73**
IWU (1994)	Mittlere Energiekennwerte (Heizenergie) im Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) bei einem Energiepreis von - 6 Pf/kWh - 8 Pf/kWh - 13 Pf/kWh Niveau 1	Zielwerte für Energiekennwerte, Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL), Niveau 2
	181	**95** **79** **67**	**49**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ‘84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ‘95)
	163	**111**	**66**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**52**	**32**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**97**	**60**

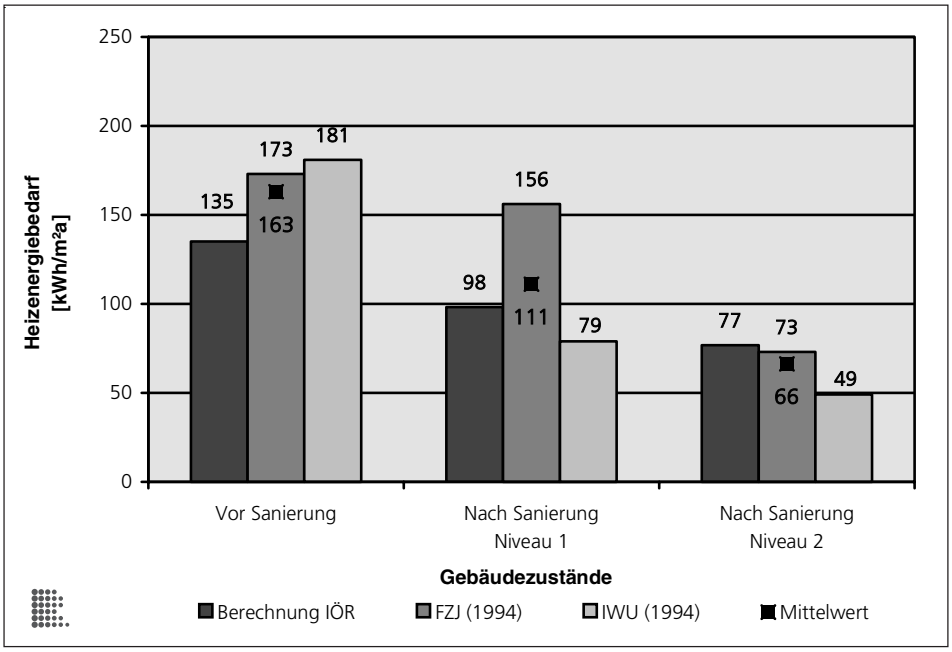


Abb. 2-110: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-DH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

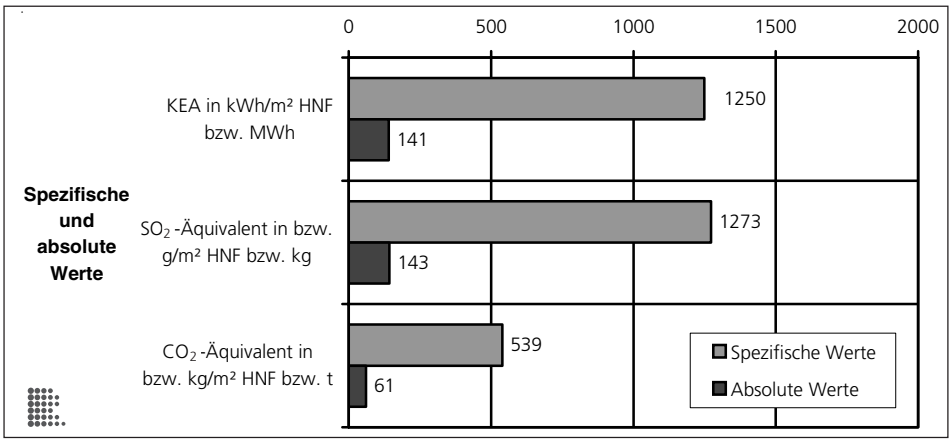


Abb. 2-111: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-DH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-84: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-DH 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	11 046	98	13	118	6 310	56
Betone	39 326	350	50	442	25 440	226
Mauersteine	20 506	182	15	137	9 197	82
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	9 948	88	10	86	2 609	23
Wärmedämmstoffe	4 037	36	5	41	1 081	10
Dachdeckungen	3 888	35	5	44	1 526	14
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0	0	0	0
Sonst. Stoffe, Schüttungen	1 452	13	2	23	478	4
Metalle	50 401	448	43	382	13 982	124
Gesamt	**140 604**	**1 250**	**143**	**1 273**	**60 623**	**539**

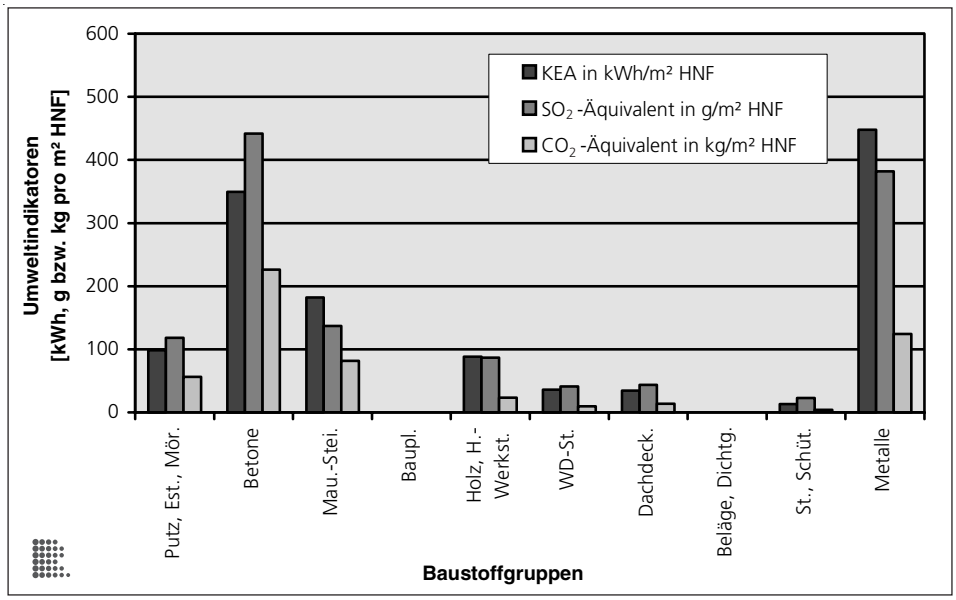


Abb. 2-112: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-DH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

2.2.5 Eingeschossiges Doppelhaus nach 1960 mit ausgebautem Dachgeschoss – Typenvertreter E-DH 2 (D 72 Apolda)

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1960
Bauweise:	Mauerwerksbauweise
Gebäudelänge (Achsmaß):	8,94 m
Gebäudebreite(-tiefe):	8,99 m
Gebäudehöhe:	10,29 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	1 (plus KG und ausgebautes DG)
Außenwandkonstruktion:	Hochlochziegel
Dachform:	Steildach
Dachdeckung:	Doppelrömer
Wohnungsanzahl:	1
Weitere Nutzung:	Garage im Kellergeschoss

Ausstattung

Energieträger:	Strom
Heizung:	Kachelofen-Luft-Heizung
Warmwasserversorgung:	zentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

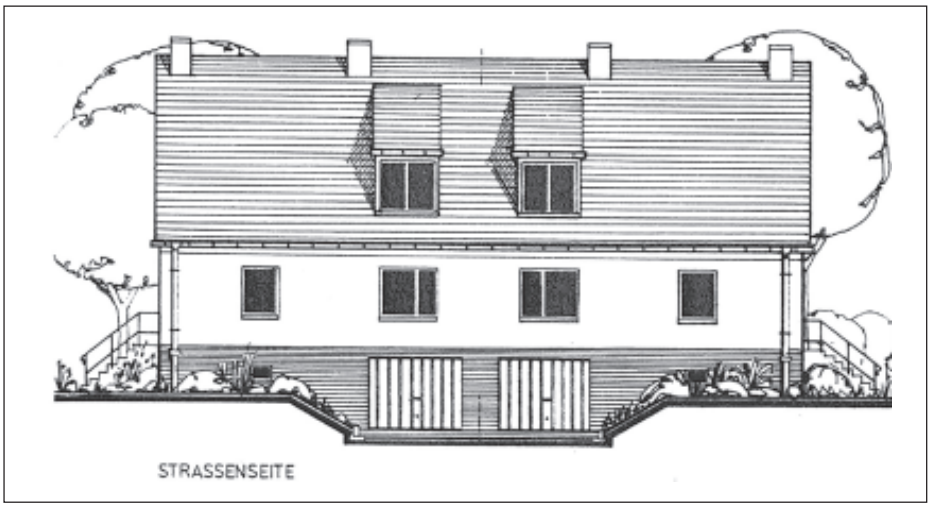


Abb. 2-113: Ansicht Typenvertreter E-DH 2 (D 72 Apolda) (Quelle: Eigenheime 1987, 32)

Das Gebäude ist der Baujahresgruppe nach 1960 zuzuordnen. Es ist voll unterkellert und das Dachgeschoss ist ausgebaut. Die Kelleraußenwände sind aus Hohlblocksteinen (Beton), die Erdgeschossaußenwände und die Giebel aus Hochlochziegeln hergestellt. Die tragenden Innenwände im Keller- und Erdgeschoss bestehen aus Hohlblocksteinen, die anderen Innenwände aus Hochlochziegeln. Im Kellergeschoss befinden sich Vorratskeller, Kohlen- und Heizungsraum und eine Garage. Die Räume werden mittels Kachelofen-Luft-Heizung erwärmt.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-85: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-DH 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	227	100
Netto-Grundfläche (NGF)	187	82
Hauptnutzfläche (HNF)	113	50
Nebennutzfläche (NNF)	64	28
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	9	4
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	41	18
Brutto-Rauminhalt (BRI)	633 m³	

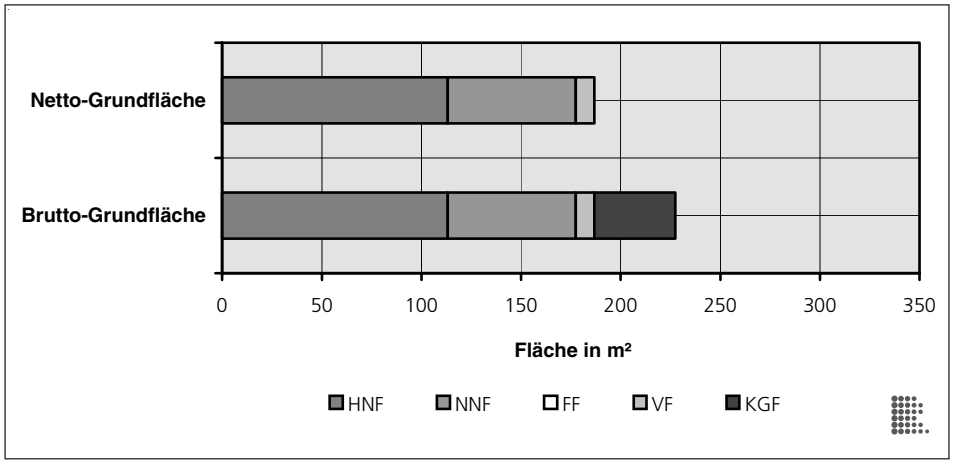


Abb. 2-114: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-DH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-86: Bauteilflächen – Typenvertreter E-DH 2 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	70	9
Fundament	16	2
Außenwand: Kellergeschoss	73	10
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	148	19
Fenster / Außentür	22	4
Innenwand	94	12
Innentür	26	4
Decke	168	22
Dach	127	18

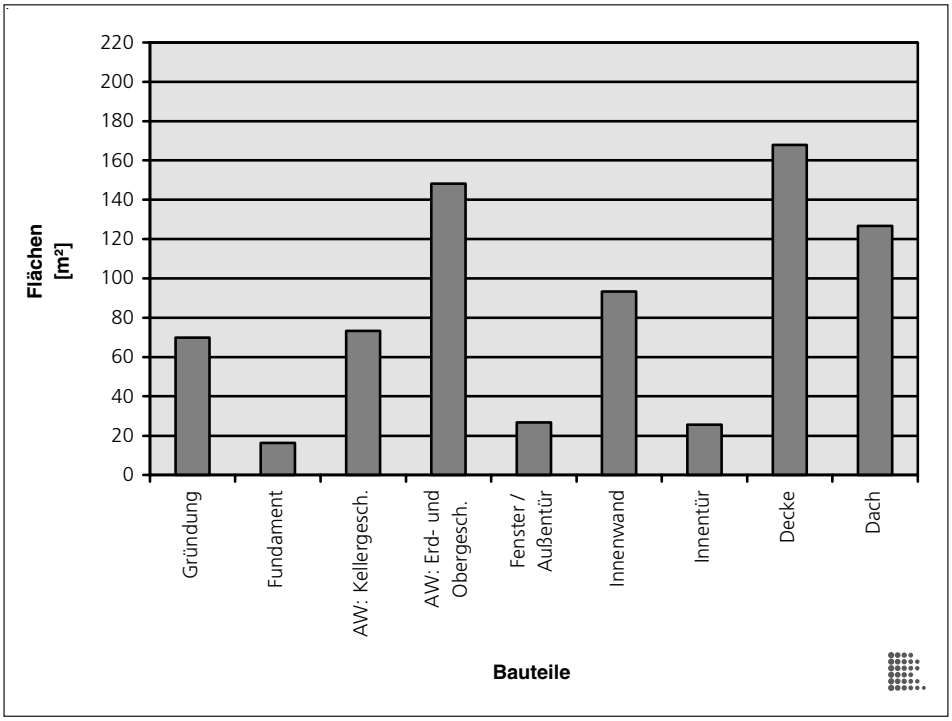


Abb. 2-115: Bauteilflächen – Typenvertreter E-DH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-87: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-DH 2 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Beton B5 – 0,150 m Kies	70 m²
Fundament	– Stampfbeton B10 H: 0,340 m Beton B10; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	16 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,020 m Außenputz – 0,365 m Beton-Hohlblocksteine (Beton-Hohlblocksteine 90 %, Mörtel 10 %) – 0,015 m Innenputz	73 m²
Außenwand: Erd- u. Ober-geschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,365 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	85 m²
	Trennwand zum Doppelhaus – 0,020 m Außenputz – 0,120 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	63 m²
Fenster / Außentür	– Holzverbundfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	13 m²
	– Außentür aus Holz mit Glas (Holz 80 %, Glas 20 %)	3 m²
	Beton-Kellerfenster B10 – 0,050 m Stahlbeton B10 (Beton 96 %, Stahl 4 %)	1 m²
	Garagentor – 0,005 m Stahl	5 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,071 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	7 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,115 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	56 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,240 m Beton-Hohlblocksteine (Beton-Hohlblocksteine 90 %, Mörtel 10 %) – 0,015 m Innenputz	31 m²
Innentür	Wabenkern-Tür – 0,030 m Rahmen und Füllung (Holzrahmen, Papierwabenkern, Luftanteil 45 %) – 0,008 m Hartfaserplatte (2 x 0,004 m) – 0,001 m Stahlzarge	26 m²

Decke	Keller- und Erdgeschossdecke – 0,035 m Estrich – 0,025 m HWL-Platten – 0,190 m Füllkörperdecke (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,015 m Innenputz	134 m²
	Holzbalkendecke (Obergeschoss) – 0,020 m Holzschalung – 0,080 m Mineralwollematten – 0,024 m Holzbalken 2 x 50/180 – 0,020 m Sparschalung – 0,025 m HWL-Platten – 0,015 m Innenputz	34 m²
Dach	Steildach – Hartdeckung – 0,025 m Betondachsteine – 0,006 m Holzlattung – 0,024 m Sparren (100/180)	127 m²

Weitere Angaben			
Schornsteine	2 St.	Dachrinne	18,1 lfd. M.
Rauchrohre	3 St.	Fallrohr	6,2 lfd. M.
Terrasse	1 St.	Treppenanlage	6,4 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-88: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-DH 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	kg	**t**	**t/m² HNF**	**t/m³ BRI**
Gründung	42 576	43	0,38	0,07
Fundament	13 260	13	0,12	0,02
AW: Kellergeschoss	45 686	46	0,40	0,07
AW: Erd- und Obergeschosse	68 209	68	0,60	0,11
Fenster / Außentür	692	1	0,01	0,00
Innenwand	26 105	26	0,23	0,04
Innentür	635	1	0,01	0,00
Decke	83 301	83	0,73	0,13
Dach	6 083	6	0,05	0,01
Gesamt	**286 547**	**287**	**2,53**	**0,45**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	t	**m³**	**t/m² HNF**	**m³/m² HNF**
Putze, Estriche, Mörtel	64	35	0,56	0,31
Betone	97	40	0,86	0,36
Mauersteine	95	65	0,84	0,57
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	4	7	0,04	0,06
Wärmedämmstoffe	2	7	0,02	0,06
Dachdeckungen	4	2	0,03	0,02
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0,00	0,00
Sonst. Stoffe, Schüttungen	13	7	0,11	0,06
Metalle	8	1	0,07	0,01
Gesamt	**287**	**164**	**2,53**	**1,45**

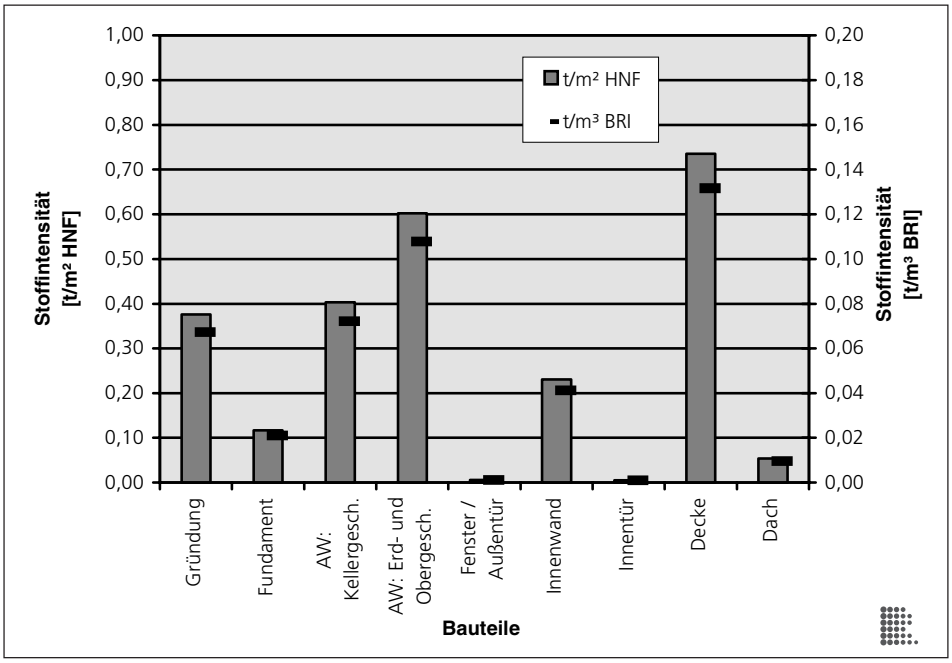


Abb. 2-116: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-DH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

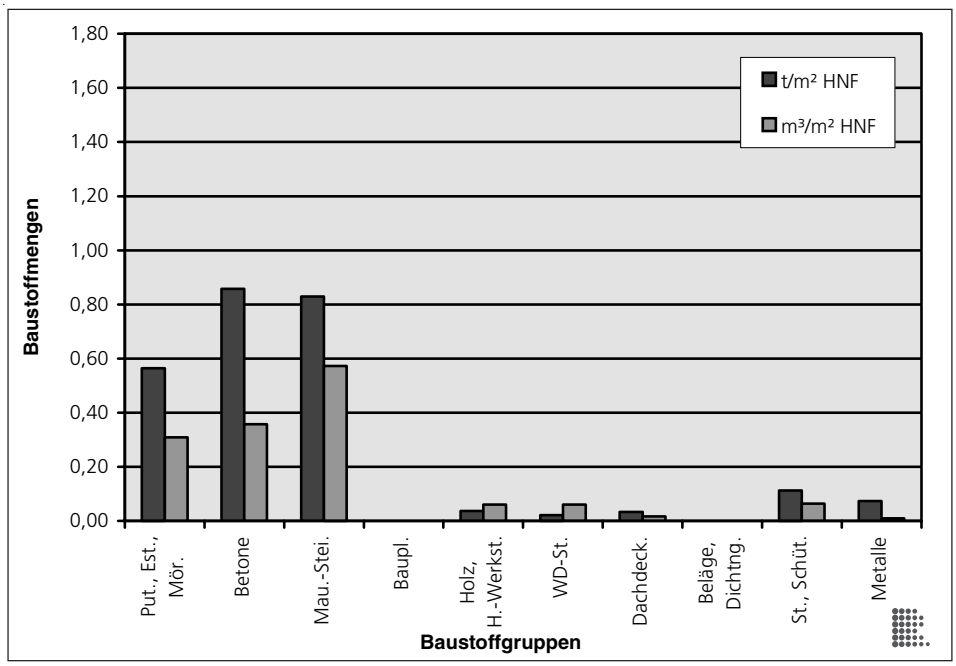


Abb. 2-117: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-DH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-89: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-DH 2 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
Gruhler (1992)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 1 der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 2 der WSchVO ´95
	135	**98**	**77**
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf mit ausgebautem Dachgeschoss - Einzelofenheizung Kohle	Energiebedarf nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes nach WSchVO ´84, Niveau 1 - Sammelheizung Kohle	Energiebedarf nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes nach WSchVO ´95 und heizungstechnischen Maßnahmen, Niveau 2 - Sammelheizung Gas, Öl
	173	**156**	**73**
IWU (1994)	Mittlere Energiekennwerte (Heizenergie) im Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) bei einem Energiepreis von - 6 Pf/kWh - 8 Pf/kWh - 13 Pf/kWh Niveau 1	Zielwerte für Energiekennwerte, Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL), Niveau 2
	181	**95** **79** **67**	**49**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ‘84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ‘95)
	163	**111**	**66**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**59**	**35**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**102**	**60**

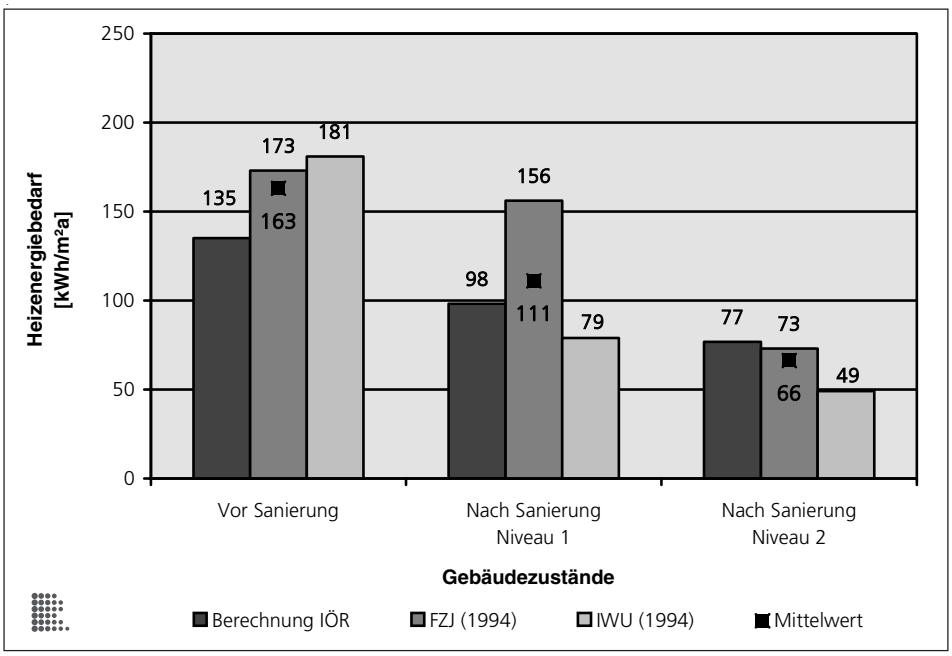


Abb. 2-118: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-DH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

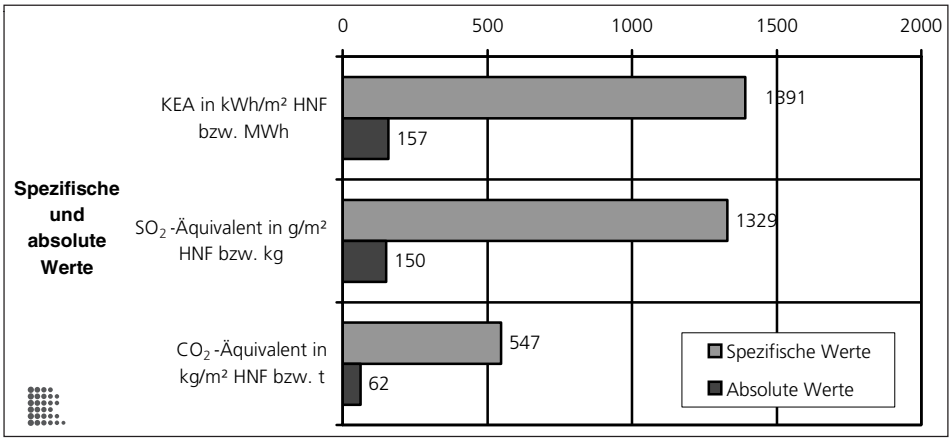


Abb. 2-119: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-DH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-90: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-DH 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	17 204	152	21	185	10 506	93
Betone	21 780	192	27	243	14 030	124
Mauersteine	45 725	404	36	316	16 843	149
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	11 472	101	11	99	3 018	27
Wärmedämmstoffe	4 880	43	5	48	1 306	11
Dachdeckungen	1 561	14	2	17	949	8
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0	0	0	0
Sonst. Stoffe, Schüttungen	1 035	9	2	16	327	3
Metalle	53 825	476	46	405	14 932	132
Gesamt	**157 482**	**1 391**	**150**	**1 329**	**61 911**	**547**

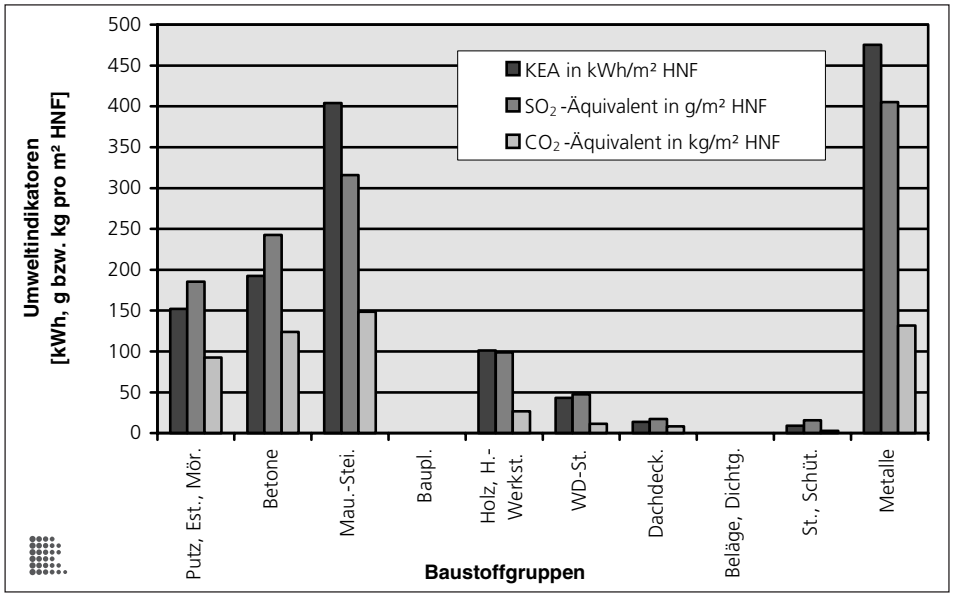


Abb. 2-120: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-DH 2
(Quelle: Eigener Entwurf)

2.2.6 Zweigeschossiges Reihenhaus nach 1960 mit nicht ausgebautem Dachgeschoss – Typenvertreter E-RH 1 (EW 71 C)

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1960
Bauweise:	Mauerwerksbauweise
Gebäudelänge:	8,76 m
Gebäudebreite:	7,70 m
Gebäudehöhe:	12,79 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	2 (unterkellert)
Außenwandkonstruktion:	Gasbeton
Dachform:	Steildach
Dachdeckung:	Betondachsteine
Wohnungsanzahl:	1
Weitere Nutzung:	keine

Ausstattung

Energieträger:	Strom
Heizung:	Kachelofen-Luft-Heizung
Warmwasserversorgung:	zentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

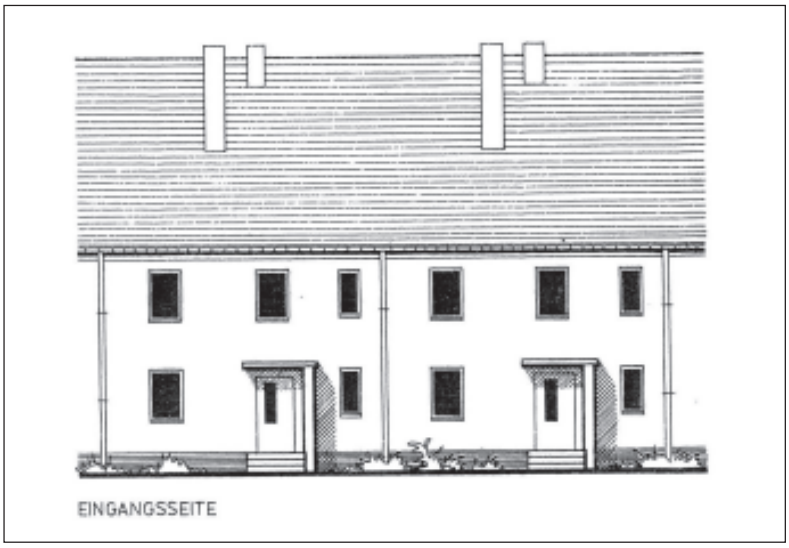


Abb. 2-121: Ansicht Typenvertreter E-RH 1 (EW 71C) (Quelle: Eigenheime 1987, 22)

Das Reihenhaus ist der Baujahresgruppe nach 1960 zuzuordnen. Es ist zweigeschossig gebaut und voll unterkellert, das Dachgeschoss ist nicht ausgebaut. Die Fundamente sind aus Beton B15 hergestellt. Die Kelleraußenwände bestehen aus 0,365 m dicken Schalsteinen mit Betonfüllung B15. Die Erd- und Obergeschossaußenwände sind aus Gasbeton mit 0,24 m Dicke hergestellt, die Innenwände bestehen aus Vollziegeln. Die Räume werden mittels einer Kachelofen-Luft-Heizung erwärmt.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-91: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-RH 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	249	100
Netto-Grundfläche (NGF)	213	85
Hauptnutzfläche (HNF)	94	38
Nebennutzfläche (NNF)	99	40
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	20	8
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	37	15
Brutto-Rauminhalt (BRI)	658 m³	

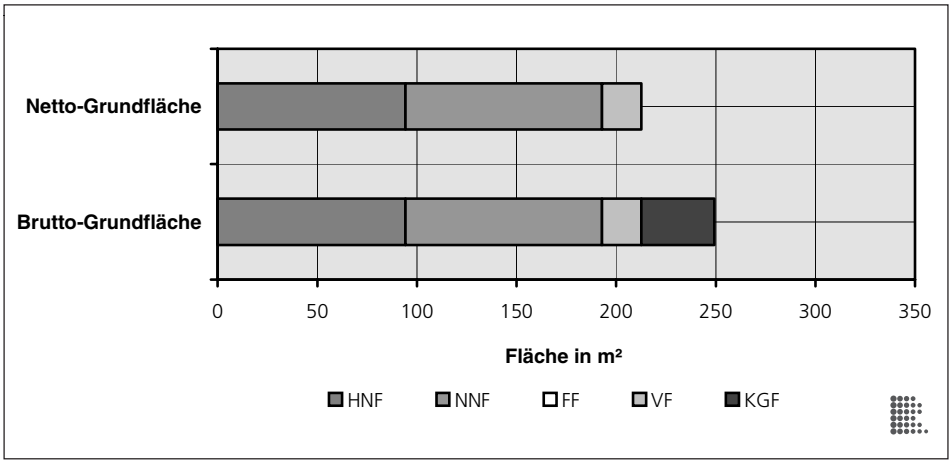


Abb. 2-122: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-RH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-92: Bauteilflächen – Typenvertreter E-RH 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	62	9
Fundament	19	3
Außenwand: Kellergeschoss	71	10
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	159	22
Fenster / Außentür	22	3
Innenwand	99	14
Innentür	20	3
Decke	179	25
Dach	83	11

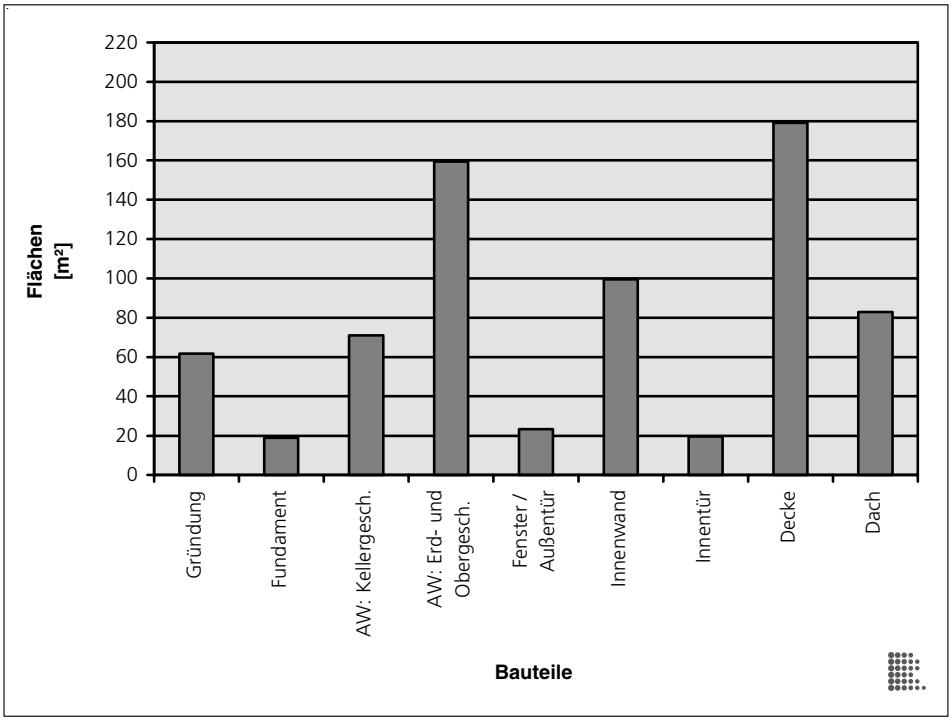


Abb. 2-123: Bauteilflächen – Typenvertreter E-RH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-93: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-RH 1 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Stampfbeton B5 – 0,150 m Kies	62 m²
Fundament	Stampfbeton B15 H: 0,340 m Beton B15; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	19 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,020 m Außenputz – 0,365 m Schalsteine mit Betonfüllung B15 – 0,015 m Innenputz	32 m²
	Trennwand zum Nachbarhaus – 0,183 m Schalsteine mit Betonfüllung B15 – 0,015 m Innenputz	39 m²
Außenwand: Erd- u. Ober-geschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,240 m Gasbeton-Blocksteine (Gasbeton 90 %, Mörtel 10 %) – 0,015 m Innenputz	67 m²
	Trennwand zum Nachbarhaus – 0,120 m Gasbeton-Blocksteine (Gasbeton 90 %, Mörtel 10 %) – 0,015 m Innenputz	92 m²
Fenster / Außentür	– Holzverbundfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	16 m²
	Außentür-Wabenkern – 0,035 m Rahmen und Füllung (Holzrahmen, Papierwabenkern, Luftanteil 45 %) – 0,008 m Hartfaserplatte (2 x 0,004 m) – 0,001 m Stahlzarge	4 m²
	Beton-Kellerfenster – 0,050 m Stahlbeton B10 (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,004 m Glas	2 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,115 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	39 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,240 m Ziegelmauerwerk (Vollziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	60 m²
Innentür	– Holz-Futtertür	20 m²

Decke	Füllkörperdecke – 0,035 m Estrich – 0,025 m HWL-Platten – 0,190 m Stahlbeton B25 (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,015 m Innenputz	147 m²
	Holzbalkendecke (Dachgeschoss) – 0,020 m Holzschalung – 0,050 m Kamilitmatten – 0,025 m Holzbalken (2 x 50/180) – 0,006 m Sparschalung – 0,025 m HWL-Platten – 0,015 m Innenputz	32 m²
Dach	Steildach – Hartdeckung – 0,015 m Betondachsteine – 0,006 m Holzlattung (30 x 50) – 0,024 m Sparren (100/80)	83 m²

Weitere Angaben			
Schornsteine	2 St.	Dachrinne	15,4 lfd. M.
Rauchrohre	3 St.	Fallrohr	12,4 lfd. M.
Terrasse	1 St.	Treppenanlage	15,6 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-94: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	Stofflager		Stoffintensität	
	kg	t	t/m² HNF	t/m³ BRI
Gründung	37 679	38	0,40	0,06
Fundament	23 491	24	0,25	0,04
AW: Kellergeschoss	47 977	48	0,51	0,06
AW: Erd- und Obergeschosse	23 977	24	0,25	0,04
Fenster / Außentür	832	1	0,01	0,00
Innenwand	39 201	39	0,42	0,06
Innentür	424	0	0,01	0,00
Decke	90 496	90	0,96	0,14
Dach	4 082	4	0,04	0,01
Gesamt	**268 159**	**268**	**2,85**	**0,41**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	Stofflager		Stoffintensität	
	t	m³	t/m² HNF	m³/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	44	25	0,47	0,26
Betone	156	65	1,65	0,69
Mauersteine	41	39	0,43	0,41
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	3	6	0,04	0,06
Wärmedämmstoffe	2	5	0,02	0,06
Dachdeckungen	2	1	0,03	0,01
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0,00	0,00
Sonst. Stoffe, Schüttungen	11	6	0,12	0,07
Metalle	9	1	0,09	0,01
Gesamt	**268**	**148**	**2,85**	**1,57**

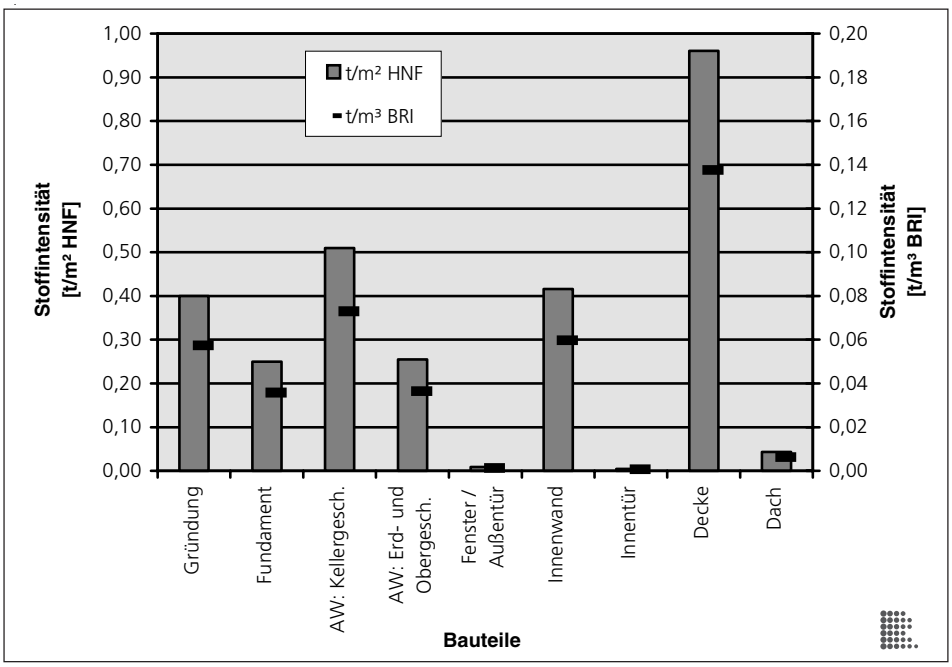


Abb. 2-124: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

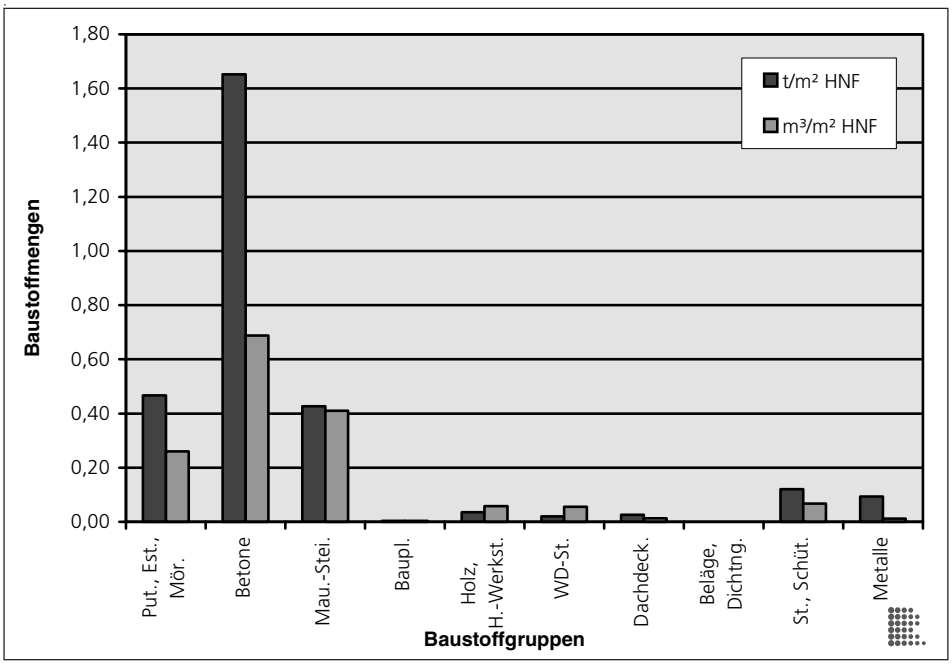


Abb. 2-125: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-95: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-RH 1 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
Gruhler (1992)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 1 der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 2 der WSchVO ´95
	116	**91**	**72**
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf mit ausgebautem Dachgeschoss - Einzelofenheizung Kohle	Energiebedarf nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes nach WSchVO ´84, Niveau 1 - Sammelheizung Kohle	Energiebedarf nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes nach WSchVO ´95 und heizungstechnischen Maßnahmen, Niveau 2 - Sammelheizung Gas, Öl
	173	**156**	**73**
IWU (1994)	Mittlere Energiekennwerte (Heizenergie) im Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) bei einem Energiepreis von - 6 Pf/kWh - 8 Pf/kWh - 13 Pf/kWh Niveau 1	Zielwerte für Energiekennwerte, Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL), Niveau 2
	181	**95** **79** **67**	**49**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ‘84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ‘95)
	157	**109**	**65**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**48**	**31**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**92**	**59**

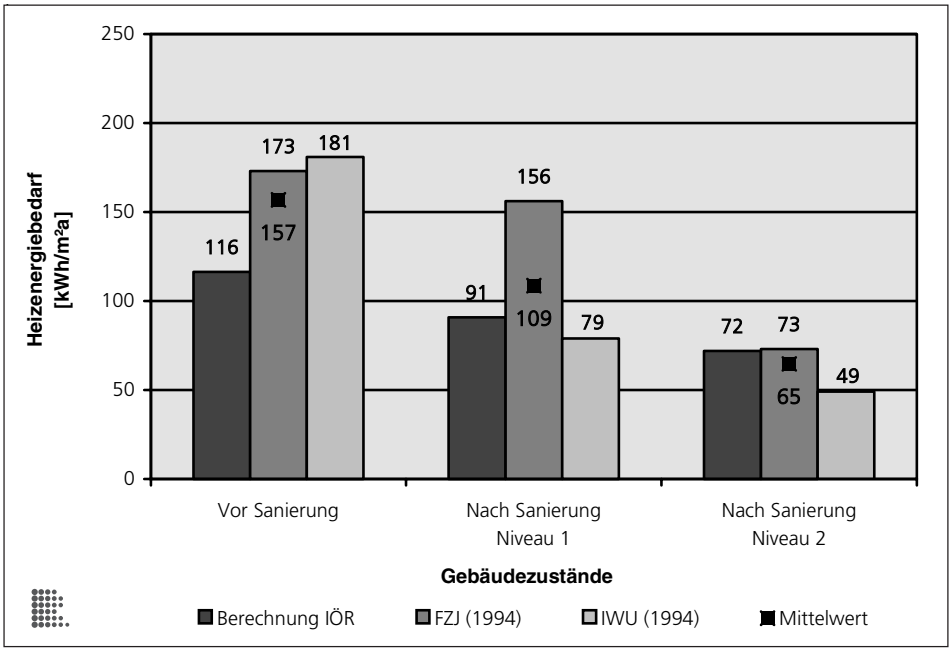


Abb. 2-126: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-RH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

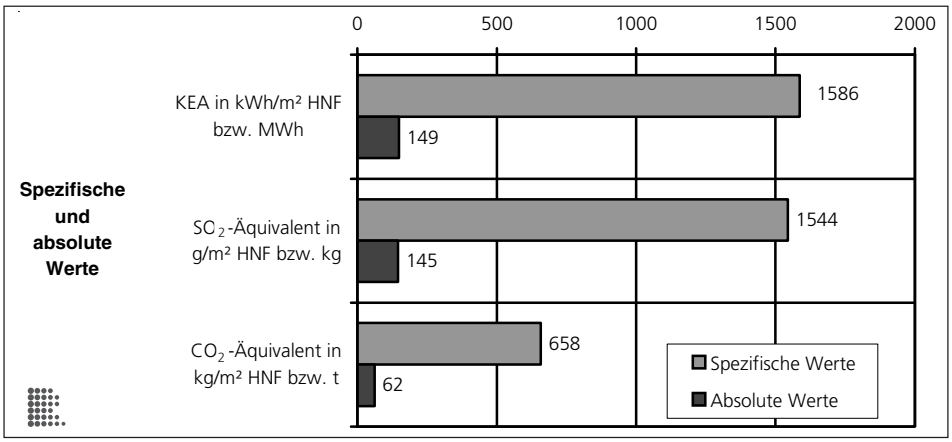


Abb. 2-127: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-RH 1 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-96: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-RH 1 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	11 574	123	14	150	6 845	73
Betone	36 603	388	46	490	23 742	252
Mauersteine	29 593	314	21	214	11 260	119
Bauplatten	342	4	0	3	86	1
Holz, Holzwerkstoffe	8 946	95	9	94	2 364	25
Wärmedämmstoffe	3 492	37	4	44	935	10
Dachdeckungen	1 022	11	1	14	621	7
Beläge, Dichtungsbahnen	0	0	0	0	0	0
Sonst. Stoffe, Schüttungen	1 273	14	2	23	414	4
Metalle	56 554	600	48	512	15 689	167
Gesamt	**149 399**	**1 586**	**145**	**1 544**	**61 956**	**658**

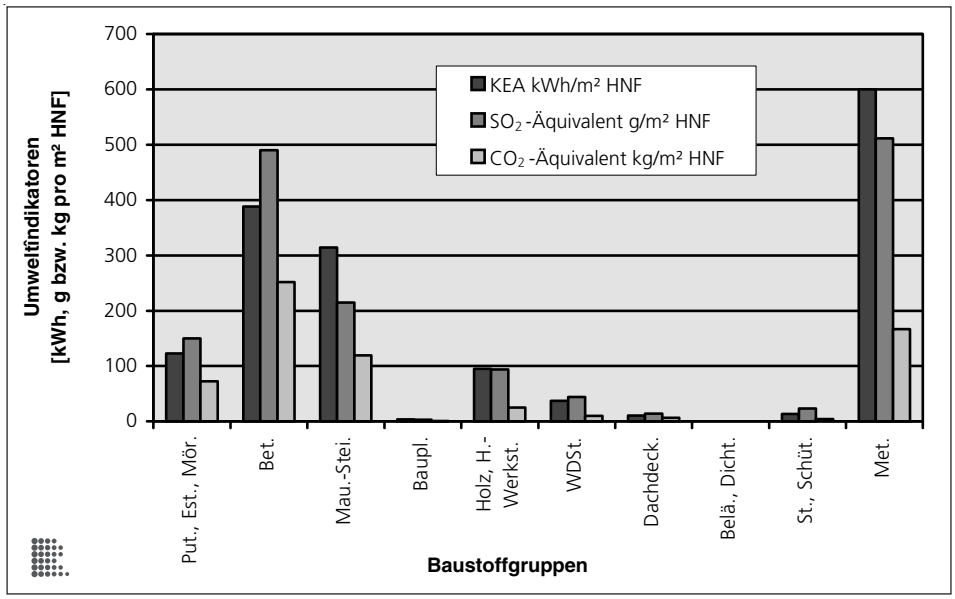


Abb. 2-128: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-RH 1
(Quelle: Eigener Entwurf)

2.2.7 Zweigeschossiges Reihenhaus nach 1960 mit nicht nutzbarem Dachgeschoss – Typenvertreter E-RH 2 (RH 2)

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1960
Bauweise:	Mauerwerksbauweise
Gebäudelänge:	9,93 m
Gebäudebreite:	6,60 m
Gebäudehöhe:	9,43 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	2 (unterkellert)
Außenwandkonstruktion:	Hochlochziegel
Dachform:	Flaches Satteldach
Dachdeckung:	Dachschindeln
Wohnungsanzahl:	1
Weitere Nutzung:	keine

Ausstattung

Energieträger:	Strom
Heizung:	Warmwasser-Schwerkraft-Heizung
Warmwasserversorgung:	zentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

Abb. 2-129: Ansicht Typenvertreter E-RH 2 (RH 2) (Quelle: Eigenheime 1984, 33)

Das Reihenhaus ist der Baujahresgruppe nach 1960 zuzuordnen. Es ist unterkellert und hat Erd- und Obergeschoss. Das Dachgeschoss ist aufgrund der flachen Neigung (12 %) nicht ausgebaut. Die Fundamente sind in Beton B15 hergestellt. Die Kelleraußenwände bestehen aus Kalksandsteinen. Die Erd- und Obergeschossaußenwände sind aus Hochlochziegeln hergestellt, die Innenwände aus Kalksandstein (Keller) und Hochlochziegeln. Die Räume werden mittels einer Warmwasser-Schwerkraft-Heizung erwärmt.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-97: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-RH 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	197	100
Netto-Grundfläche (NGF)	164	83
Hauptnutzfläche (HNF)	100	51
Nebennutzfläche (NNF)	47	24
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	16	8
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	32	17
Brutto-Rauminhalt (BRI)	563 m³	

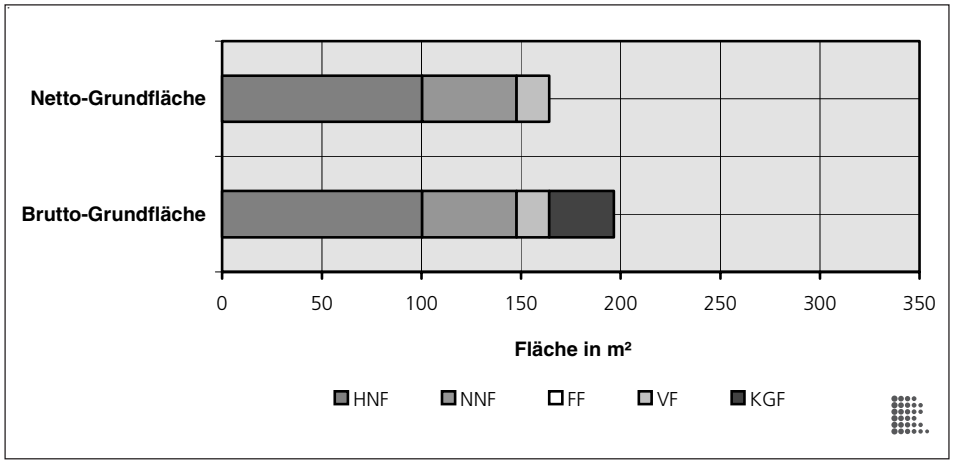


Abb. 2-130: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-RH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-98: Bauteilflächen – Typenvertreter E-RH 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	59	8
Fundament	16	2
Außenwand: Kellergeschoss	75	10
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	169	23
Fenster / Außentür	20	3
Innenwand	132	17
Innentür	28	4
Decke	171	23
Dach	77	10

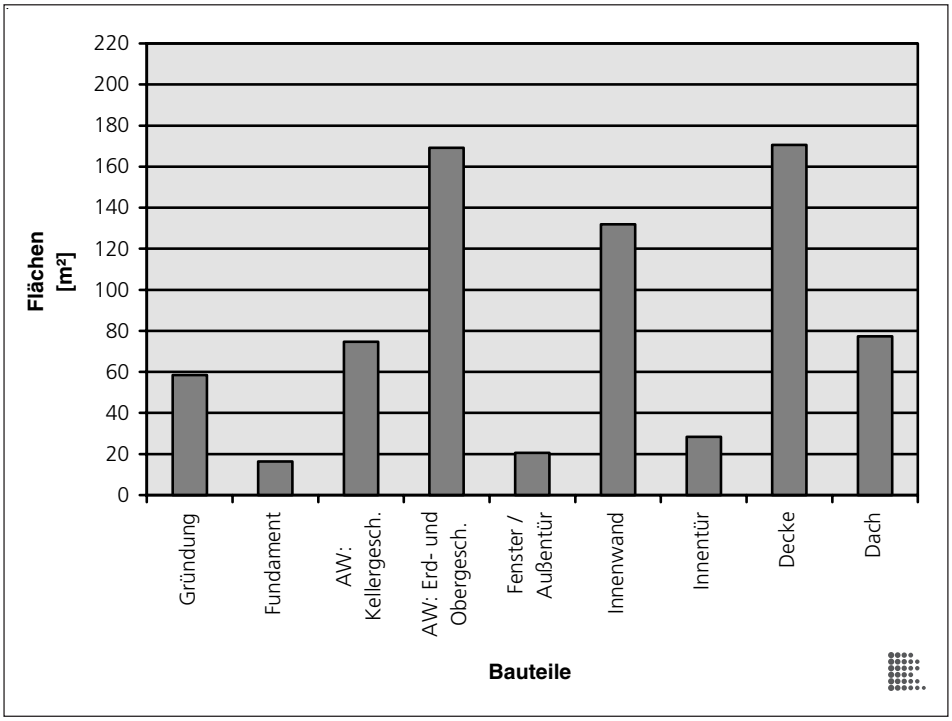


Abb. 2-131: Bauteilflächen – Typenvertreter E-RH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-99: Bauteilbeschreibung –Typenvertreter E-RH 2 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,100 m Stampfbeton B5 – 0,150 m Kies	59 m²
Fundament	Stampfbeton B15 H: 0,340 m Beton B15; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	16 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,020 m Außenputz – 0,365 m Kalksandsteine (Steine 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	31 m²
	Trennwand zum Nachbarhaus – 0,020 m Außenputz – 0,183 m Kalksandsteine (Steine 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	44 m²
Außenwand: Erd- u. Obergeschosse	– 0,020 m Außenputz – 0,365 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	55 m²
	Trennwand zum Nachbarhaus – 0,120 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	114 m²
Fenster / Außentür	– Holzverbundfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	12 m²
	Außentür – 0,034 m Holztür mit Glasanteil (Holz 40 %, Glas 60 %) – 0,001 m Stahlzarge	6 m²
	Kellerfenster – Holzeinfachfenster (Holz 35 %, Glas 65 %)	2 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,240 m Kalksandsteine (Steine 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	23 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,240 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	84 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,070 m Kalksandsteine (Steine 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	25 m²
Innentür	– Holz-Futtertür	28 m²

Decke	Füllkörperdecke (Keller- und Erdgeschoss) – 0,035 m Estrich – 0,025 m HWL-Platten – 0,190 m Stahlbeton B25 (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,015 m Innenputz	109 m²
	Holzbalkendecke (Obergeschoss) – 0,006 m Holzschalung – 0,120 m Kamilitmatten – 0,025 m Holzbalken (2 x 50/180) – 0,006 m Sparschalung – 0,013 m Gipskartonplatten – 0,015 m Innenputz	62 m²
Dach	Weichdeckung auf flachem Satteldach – 0,008 m Bitumendachbahn – 0,024 m Holzschalung – 0,009 m Holznagelbinder – 0,002 m Konterlattung	77 m²

Weitere Angaben

Schornsteine	1 St.	Dachrinne	13,2 lfd. M.
Rauchrohre	2 St.	Fallrohr	11,4 lfd. M.
Balkon	1 St.	Treppenanlage	11,2 lfd. M.
Terrasse	1 St.		

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-100: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 2 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	kg	**t**	**t/m² HNF**	**t/m³ BRI**
Gründung	35 692	36	0,35	0,06
Fundament	14 159	14	0,14	0,03
AW: Kellergeschoss	41 033	41	0,41	0,07
AW: Erd- und Obergeschosse	58 847	59	0,59	0,11
Fenster / Außentür	562	0	0,01	0,00
Innenwand	36 339	36	0,36	0,06
Innentür	614	1	0,01	0,00
Decke	70 706	71	0,70	0,13
Dach	2 365	2	0,02	0,00
Gesamt	**260 317**	**260**	**2,59**	**0,46**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	**Stofflager**		**Stoffintensität**	
	t	**m³**	**t/m² HNF**	**m³/m² HNF**
Putze, Estriche, Mörtel	67	35	0,67	0,35
Betone	82	34	0,82	0,34
Mauersteine	85	53	0,84	0,53
Bauplatten	1	1	0,01	0,01
Holz, Holzwerkstoffe	4	6	0,04	0,06
Wärmedämmstoffe	3	10	0,03	0,10
Dachdeckungen	0	0	0,00	0,00
Beläge, Dichtungsbahnen	1	1	0,01	0,01
Sonst. Stoffe, Schüttungen	11	6	0,11	0,06
Metalle	6	1	0,06	0,01
Gesamt	**260**	**147**	**2,59**	**1,47**

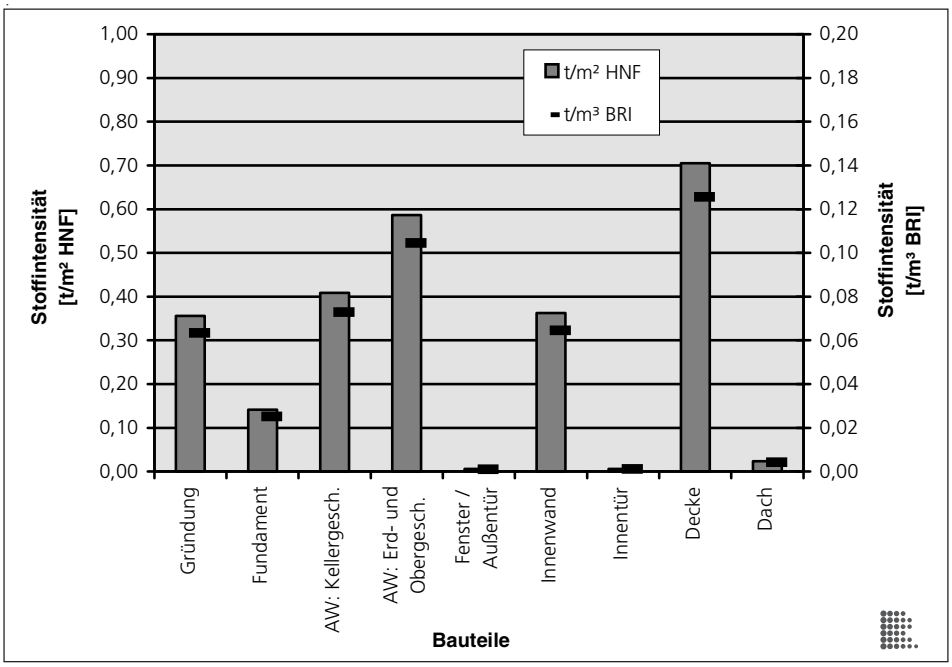


Abb. 2-132: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

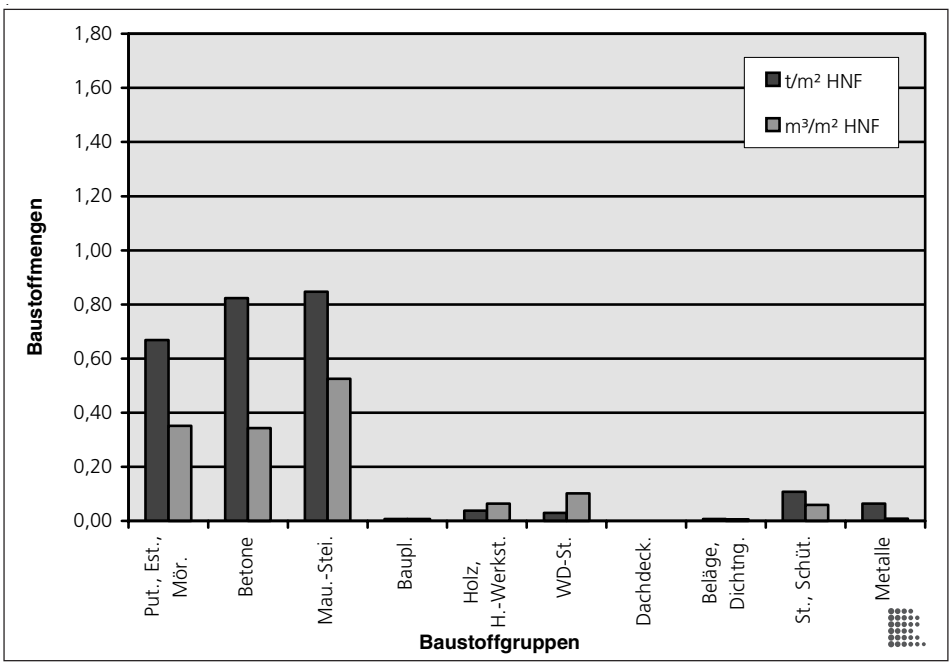


Abb. 2-133: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-101: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-RH 2 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
Gruhler (1992)	Vor wärmetechnischer Sanierung der Gebäudehülle	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 1 der WSchVO ´84	Nach wärmetechnischer Sanierung auf Niveau 2 der WSchVO ´95
	135	**91**	**75**
FZ Jülich (1994)	Basisbedarf mit ausgebautem Dachgeschoss - Einzelofenheizung Kohle	Energiebedarf nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes nach WSchVO ´84, Niveau 1 - Sammelheizung Kohle	Energiebedarf nach Verbesserung des bautechnischen Wärmeschutzes nach WSchVO ´95 und heizungstechnischen Maßnahmen, Niveau 2 - Sammelheizung Gas, Öl
	179	**156**	**73**
IWU (1994)	Mittlere Energiekennwerte (Heizenergie) im Gebäudebestand 1990 (NBL)	Wirtschaftlich erreichbare Werte (NBL) bei einem Energiepreis von - 6 Pf/kWh - 8 Pf/kWh - 13 Pf/kWh Niveau 1	Zielwerte für Energiekennwerte, Technische Potenziale ohne Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Restriktionen (NBL), Niveau 2
	181	**95** **79** **67**	**49**
Mittelwert	Vor SAN (IST-Zustand)	Nach SAN – Niveau 1 (WSchVO ‘84)	Nach SAN – Niveau 2 (WSchVO ‘95)
	165	**109**	**66**
Einsparpotenzial auf Grundlage der Mittelwerte in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**56**	**34**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**99**	**60**

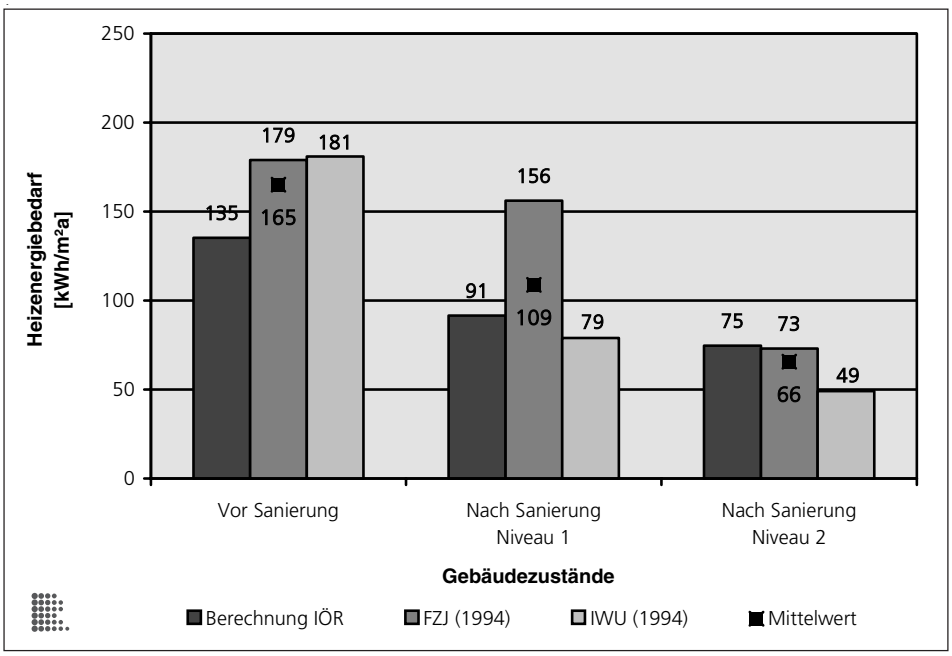


Abb. 2-134: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-RH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

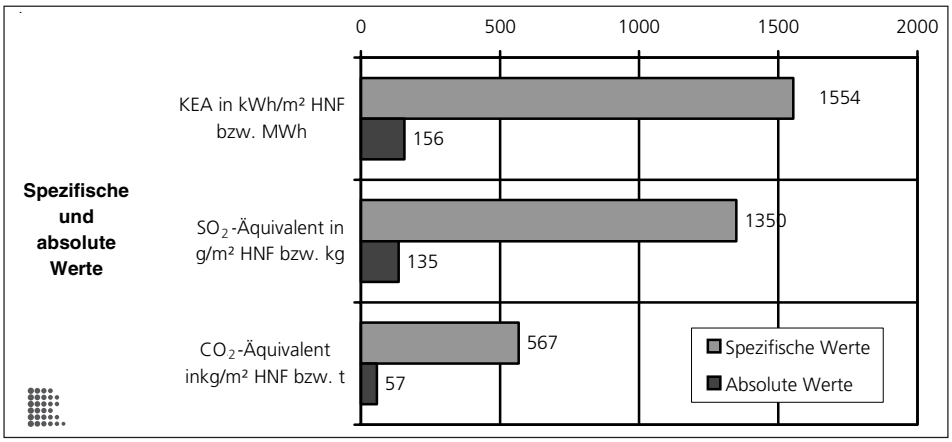


Abb. 2-135: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-RH 2 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-102: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-RH 2
(Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	18 545	184	22	225	12 042	119
Betone	18 955	189	24	238	12 251	122
Mauersteine	45 988	458	30	299	14 629	146
Bauplatten	668	7	1	6	169	2
Holz, Holzwerkstoffe	10 040	100	10	101	2 686	27
Wärmedämmstoffe	8 997	90	8	79	2 403	24
Dachdeckungen	0	0	0	0	0	0
Beläge, Dichtungsbahnen	9 931	99	3	27	807	8
Sonst. Stoffe, Schüttungen	1 190	12	2	21	388	4
Metalle	41 639	415	35	354	11 552	115
Gesamt	**155 953**	**1 554**	**135**	**1 350**	**56 927**	**567**

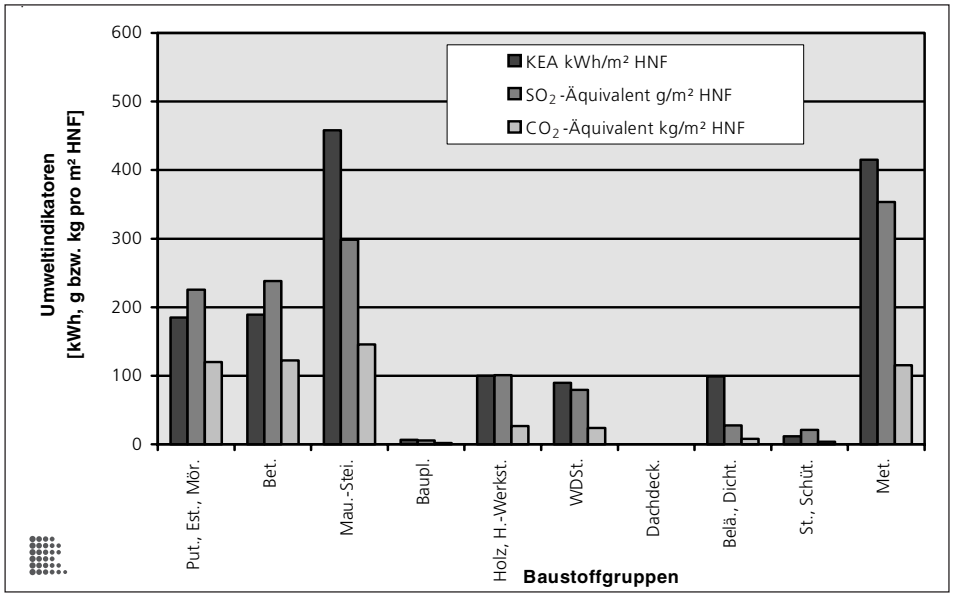


Abb. 2-136: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-RH 2
(Quelle: Eigener Entwurf)

2.2.8 Zweigeschossiges Reihenhaus nach 1990 mit nicht ausgebautem Dachgeschoss – Typenvertreter E-RH 3

Allgemeine Beschreibung

Angaben zum Gebäude

Baujahresgruppe:	nach 1990
Bauweise:	Mauerwerksbauweise
Gebäudelänge:	12,00 m
Gebäudebreite:	4,88 m
Gebäudehöhe:	13,90 m (KG-Fußboden bis First)
Geschosszahl:	2 (unterkellert)
Außenwandkonstruktion:	Leichthochlochziegel
Dachform:	Satteldach
Dachdeckung:	Betondachsteine
Wohnungsanzahl:	1
Weitere Nutzung:	keine

Ausstattung

Energieträger:	Strom / Gas
Heizung:	Gas-Kombi-Heiztherme
Warmwasserversorgung:	zentral
Sanitäre Ausstattung:	Bad / WC

Abb. 2-137: Ansicht Typenvertreter E-RH 3 (Weinböhla) (Quelle: Weinböhla 2000)

Das Reihenhaus ist der Baujahresgruppe nach 1990 zuzuordnen. Es ist unterkellert und hat Erd- und Obergeschoss. Das Dachgeschoss ist nicht ausgebaut, aber ausbaufähig. Die Fundamente sind in Beton B10 hergestellt. Die Kelleraußenwände bestehen aus Hochlochziegeln. Die Erd- und Obergeschossaußenwände sind aus Leichthochlochziegeln hergestellt, die Innenwände aus Hochlochziegeln. Die Räume werden mittels einer Gas-Kombi-Heiztherme beheizt. Die Regelung erfolgt über eine witterungsabhängige Außentemperatursteuerung.

Grundflächen und Volumen

Grundflächen und Volumen in Anlehnung an die DIN 277

Tab. 2-103: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-RH 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Grundflächen und Volumen	m²	%
Brutto-Grundfläche (BGF)	207	100
Netto-Grundfläche (NGF)	175	84
Hauptnutzfläche (HNF)	89	43
Nebennutzfläche (NNF)	71	34
Funktionsfläche (FF)	0	0
Verkehrsfläche (VF)	15	7
Konstruktions-Grundfläche (KGF)	32	16
Brutto-Rauminhalt (BRI)	613 m³	

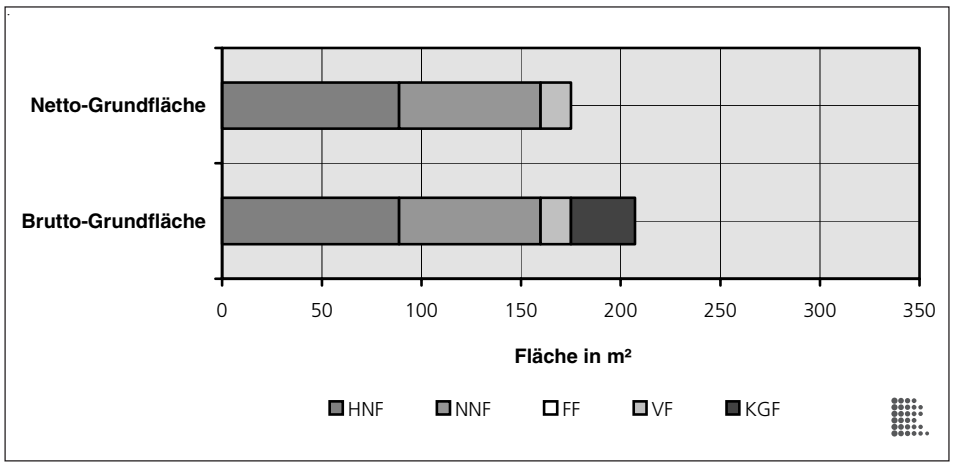


Abb. 2-138: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-RH 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilflächen

Tab. 2-104: Bauteilflächen – Typenvertreter E-RH 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Bauteil	Fläche in m²	Fläche in %
Gründung	55	7
Fundament	18	2
Außenwand: Kellergeschoss	83	10
Außenwand: Erd- und Obergeschosse	232	29
Fenster / Außentür	19	3
Innenwand	111	14
Innentür	20	3
Decke	158	20
Dach	92	12

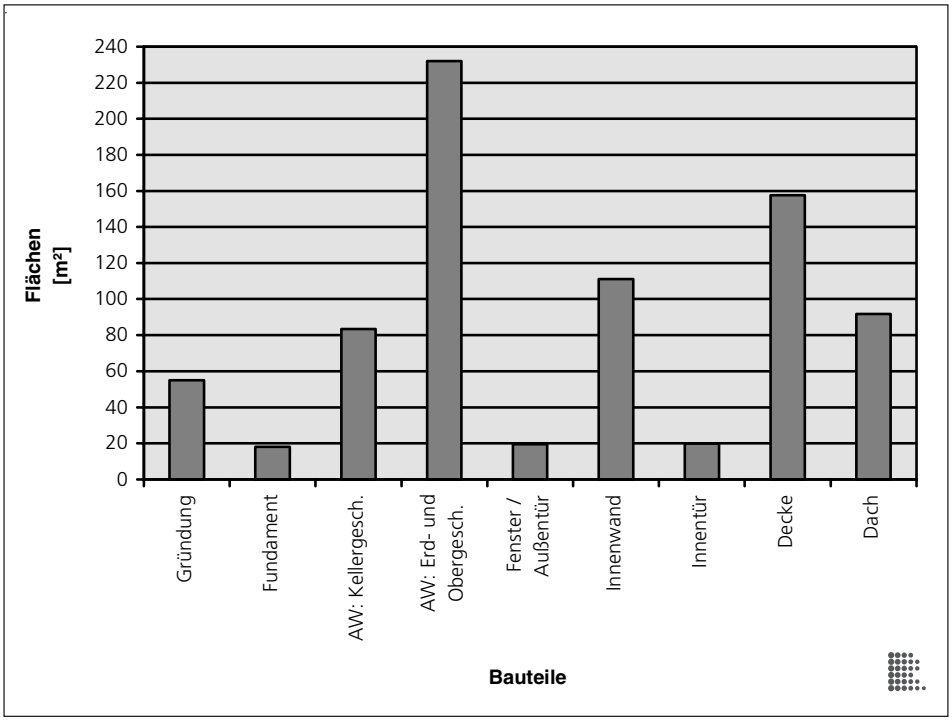


Abb. 2-139: Bauteilflächen – Typenvertreter E-RH 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Bauteilbeschreibung

Tab. 2-105: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-RH 3 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Bauteil	Bauteilbeschreibung	Bauteil-fläche
Gründung	– 0,035 m Estrich – 0,002 m PE-Folie – 0,100 m Beton B10 – 0,150 m Kies	55 m²
Fundament	Stampfbeton B10 H: 0,035 m Beton B10; B: Wandstärke + 2 x 0,060 m	18 m²
Außenwand: Kellergeschoss	– 0,005 m Bitumenabdichtung – 0,060 m Polystyrol-Hartschaum – 0,365 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	28 m²
	Trennwand zum Nachbarhaus – 0,183 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	55 m²
Außenwand: Erd- u. Obergeschosse	– 0,005 m Außenputz – 0,060 m Polystyrol-Hartschaum – 0,240 m Leichthochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	47 m²
	Trennwand zum Nachbarhaus – 0,120 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	185 m²
Fenster / Außentür	Fenster – 0,045 m PVC-Fenster (PVC 40 %, Stahlkern 10 %, Luft 50 %) – 0,008 m Glas	17 m²
	Außentür – 0,045 m PVC-Tür (PVC 40 %, Stahlkern 10 %, Luft 50 %) – 0,008 m Glas	2 m²
Innenwand	– 0,015 m Innenputz – 0,365 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	9 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,240 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	21 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,115 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %) – 0,015 m Innenputz	73 m²
	– 0,015 m Innenputz – 0,070 m Hochlochziegel (Ziegel 75 %, Mörtel 25 %)	8 m²
Innentür	– Holz-Futtertür	20 m²
Decke	– 0,035 m Estrich – 0,120 m Polystyrol – 0,160 m Stahlbetondecke B25 (Beton 96 %, Stahl 4 %) – 0,015 m Innenputz	158 m²
Dach	– 0,020 m Betondachsteine – 0,006 m Holzlattung – 0,025 m Sparren (100/180) – 0,001 m Kunststoffbahn	92 m²

Weitere Angaben			
Terrasse	1 St.	Dachrinne	9,8 lfd. M.
Treppenanlage	11,6 lfd. M.	Fallrohr	5,5 lfd. M.

Stoffliche Kennwerte

Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen

Tab. 2-106: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Bauteile				
Bauteile	Stofflager		Stoffintensität	
	kg	t	t/m² HNF	t/m³ BRI
Gründung	39 872	40	0,45	0,07
Fundament	15 153	15	0,17	0,02
AW: Kellergeschoss	17 724	18	0,20	0,03
AW: Erd- und Obergeschosse	28 808	29	0,33	0,05
Fenster / Außentür	597	0,6	0,01	0,00
Innenwand	31 326	31	0,35	0,05
Innentür	428	0,4	0,01	0,00
Decke	81 256	81	0,91	0,13
Dach	5 720	6	0,06	0,01
Gesamt	**220 884**	**221**	**2,49**	**0,36**
Zusammenfassung – Baustoffberechnung: Baustoffgruppen				
Baustoffgruppen	Stofflager		Stoffintensität	
	t	m³	t/m² HNF	m³/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	52	29	0,59	0,33
Betone	94	39	1,06	0,44
Mauersteine	45	33	0,50	0,38
Bauplatten	0	0	0,00	0,00
Holz, Holzwerkstoffe	2	4	0,02	0,04
Wärmedämmstoffe	0	16	0,01	0,18
Dachdeckungen	4	2	0,04	0,02
Beläge, Dichtungsbahnen	1	1	0,01	0,01
Sonst. Stoffe, Schüttungen	15	8	0,17	0,09
Metalle	8	1	0,09	0,01
Gesamt	**221**	**133**	**2,49**	**1,50**

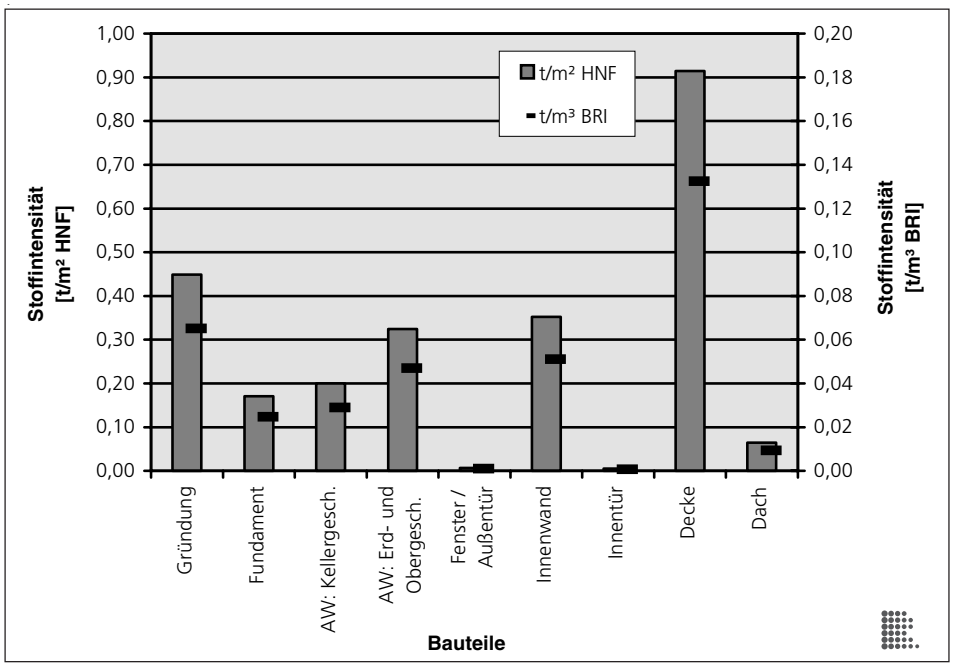


Abb. 2-140: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

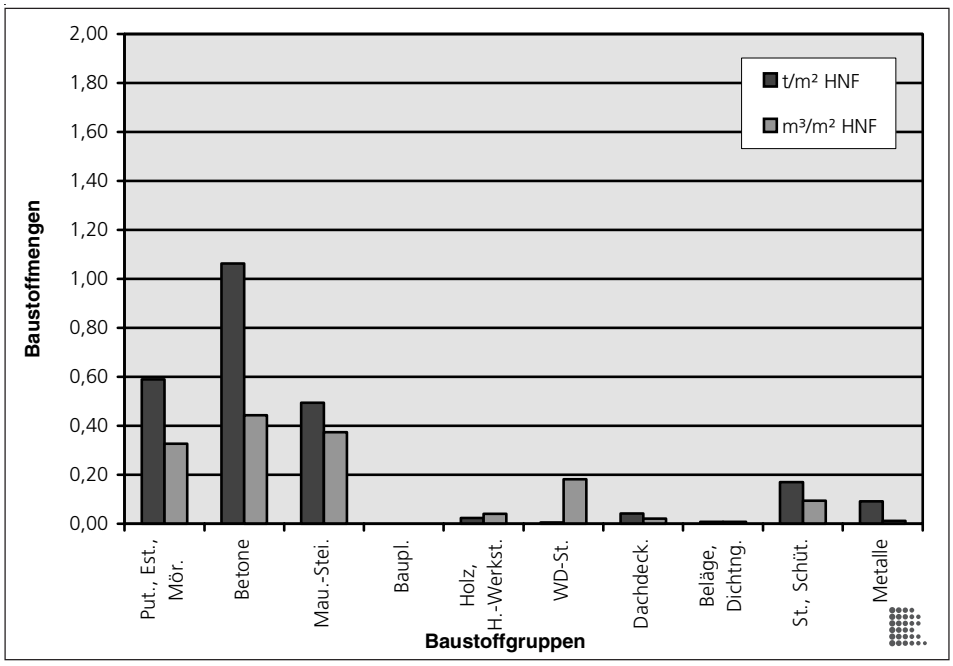


Abb. 2-141: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Energetische Kennwerte

Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial

Tab. 2-107: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-RH 3 (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Heizenergiebedarf unterschiedlicher Gebäudezustände in kWh/m²a			
Gruhler (1992)	Gebaut nach den Anforderungen der WSchVO ´84	Gebaut nach den Anforderungen der WSchVO ´95 Niveau 1	Gebaut nach Niedrig-energiehaus-Standard Niveau 2
	73	**59**	**52**
Einsparpotenzial in kWh/m²a und %			
		kWh/m²a	%
MIN-Einsparpotenzial (Niveau 1 gegenüber IST-Zustand)		**14**	**19**
MAX-Einsparpotenzial (Niveau 2 gegenüber IST-Zustand)		**21**	**29**

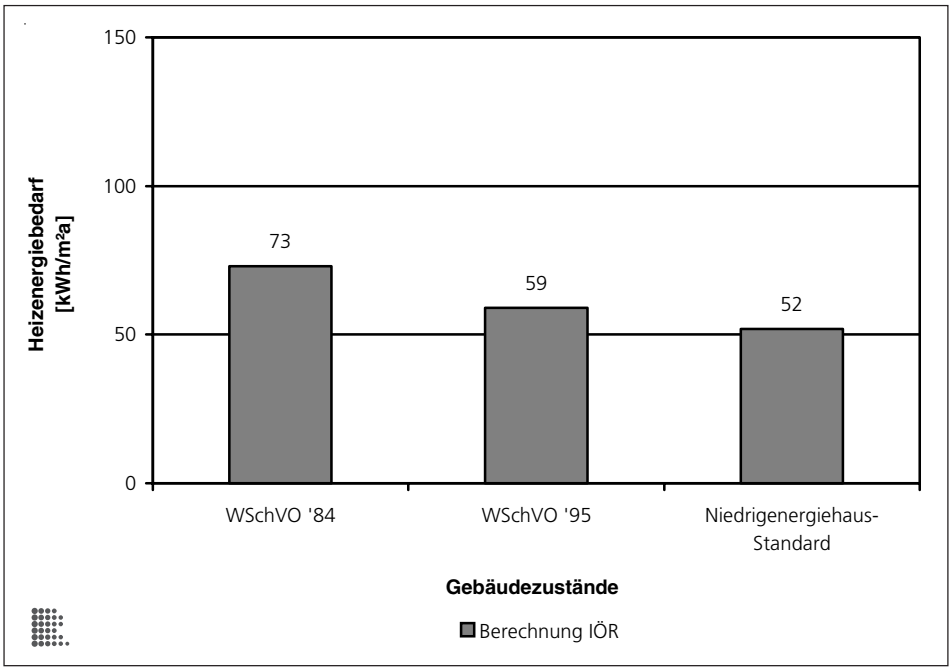


Abb. 2-142: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-RH 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Umweltkennwerte

Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent)

Gebäude-Kennwerte

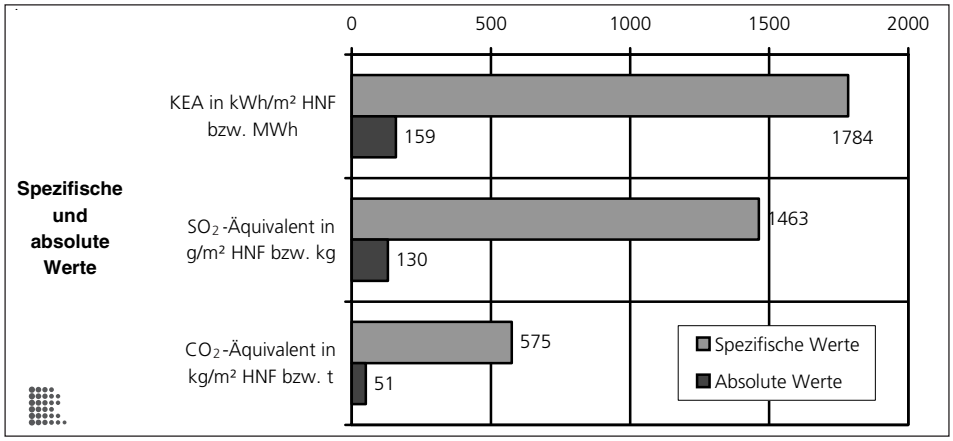


Abb. 2-143: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-RH 3 (Quelle: Eigener Entwurf)

Baustoffgruppenbezogene Kennwerte

Tab. 2-108: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-RH 3 (Quelle: Eigene Berechnung)

Baustoffgruppen	KEA		SO_2-Äquivalent		CO_2-Äquivalent	
	kWh	kWh/m² HNF	kg	g/m² HNF	kg	kg/m² HNF
Putze, Estriche, Mörtel	14 921	168	16	184	7 405	83
Betone	21 614	243	28	311	13 971	158
Mauersteine	31 432	354	19	217	8 539	96
Bauplatten	0	0	0	0	0	0
Holz, Holzwerkstoffe	5 843	66	6	65	1 536	17
Wärmedämmstoffe	18 615	209	8	90	2 410	27
Dachdeckungen	1 506	17	2	21	916	10
Beläge, Dichtungsbahnen	11 291	127	5	52	1 531	17
Sonst. Stoffe, Schüttungen	1 135	13	2	23	361	4
Metalle	52 151	587	44	500	14 468	163
Gesamt	**158 508**	**1 784**	**130**	**1 463**	**51 137**	**575**

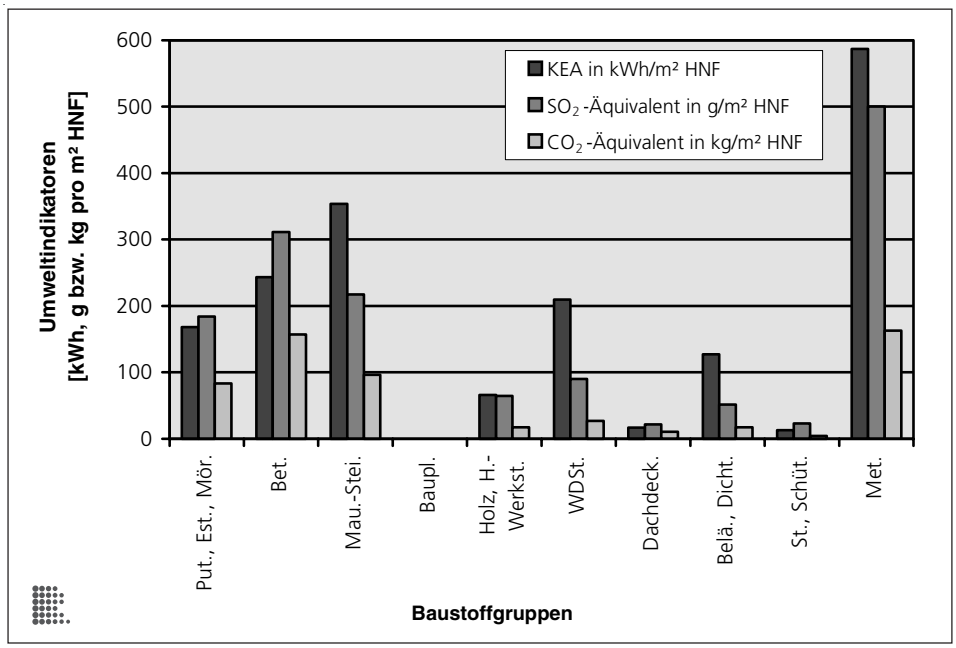


Abb. 2-144: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-RH 3
(Quelle: Eigener Entwurf)

3 Vergleich unterschiedlicher Gebäudetypen

3.1 Mehrfamilienhäuser

3.1.1 Grundflächen und Volumen

Vergleicht man die unterschiedlichen Gebäudetypen hinsichtlich ihrer Anteile von Netto- und Konstruktions-Grundfläche an der Brutto-Grundfläche wird deutlich, dass die **Konstruktions-Grundflächen-Anteile** mit geringer werdendem Baualter der Gebäude tendenziell leicht abnehmen. Konstruktive Bauteile werden schlanker und statisch stärker ausgereizt (Tab. 3-1).

Tab. 3-1: Grundflächen und Rauminhalte unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen (Quelle: Eigene Berechnungen)

		IMF 1	IMZ 2	IMZ 3	IMZ 4	IMZ 5	IMI 1	IMI 2	IMI 3	IMI 4	GWB
BGF	m²	782	904	1 070	977	1 042	720	891	3 531	12 867	910
NGF	m²	677	748	864	832	882	607	787	3 121	11 114	792
- HNF	m²	398	388	520	506	544	459	580	2 357	8 727	470
- NNF	m²	171	257	268	255	274	101	112	324	1 053	270
- FF	m²	0	0	0	0	0	0	0	112	416	8
- VF	m²	108	102	76	70	63	47	95	327	918	44
Anteil NGF an BGF	%	87	83	81	85	85	84	88	88	86	87
KGF	m²	106	156	206	145	160	113	104	410	1 753	118
Anteil KGF an BGF	%	13	17	19	15	15	16	12	12	14	13
BRI	m³	2 320	2 764	3 070	2 785	2 810	2 002	2 672	10 240	35 888	2 429

Die gründerzeitlichen Gebäudetypen IMZ 2 und IMZ 3 der Baujahre 1870 bis 1918 haben mit durchschnittlich 18 % den größten Konstruktions-Grundflächen-Anteil. Die Außenwände dieser Typen bestehen im Allgemeinen aus massivem Mauerwerk, das im Kellergeschoss am stärksten ausgebildet ist und sich bis zum obersten Geschoss hin verjüngt. Die Gebäude spiegeln eine Zeit wider, die von einer massiven Bauweise und einer großzügig bemessenen Typenstatik geprägt war, die aber vor allem durch den wirtschaftlichen Aufschwung der Gründerzeit unterstützt wurde (Abb. 3-1).

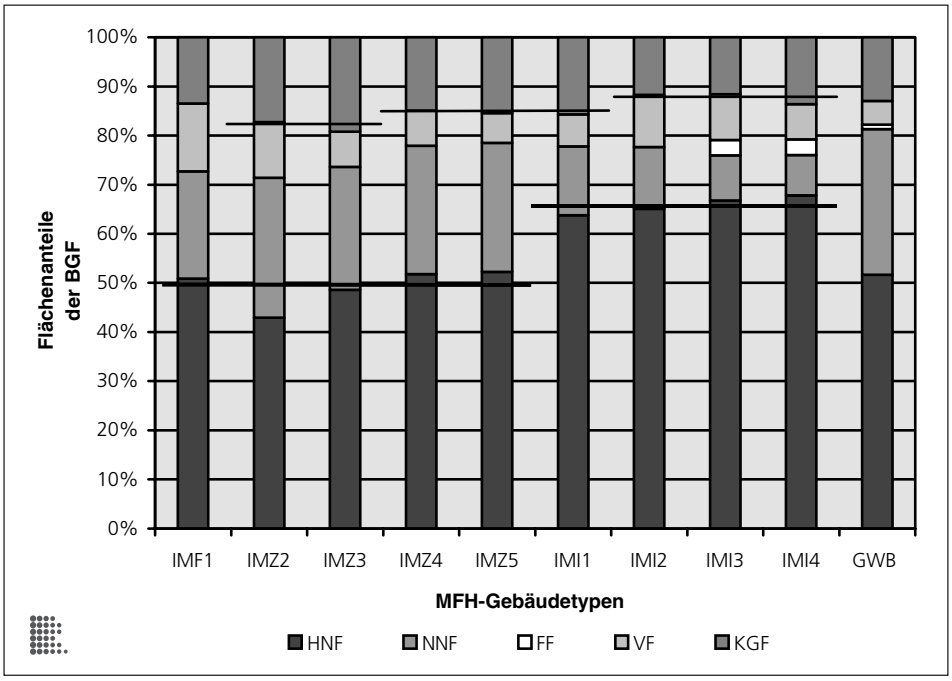


Abb. 3-1: Unterschiedliche Flächenanteile der Brutto-Grundfläche – MFH im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Die Gebäudetypen IMZ 4, IMZ 5 und IMI 1 sind wieder gleich einzuschätzen. Sie beschreiben die Zeit von 1918 bis 1960 und weisen einen Konstruktions-Grundflächen-Anteil von ca. 15 % auf. Gründe für das Sinken des Konstruktions-Grundflächen-Anteils gegenüber den gründerzeitlichen Gebäuden sind Fortschritte in der Entwicklung neuer Bautechniken und -technologien (Entwicklung der Stahlbetonbauweise) aber auch die „Wohnungsnot des Industriezeitalters". Es entstanden sowohl nach der Weltwirtschaftskrise als auch nach dem Zweiten Weltkrieg hinsichtlich der Grundflächenaufteilung relativ ähnliche Gebäudetypen.

Die Typen IMI 2, IMI 3 und IMI 4 sind Gebäude in industrieller Bauweise. Ihr Anteil an Konstruktions-Grundfläche von durchschnittlich 12 % zeigt, dass die vorgefertigten Wandplatten konstruktiv „ausgereizt" sind, wobei auch Grenzen erreicht und teilweise überschritten wurden (Bauschäden durch zu geringe Betonüberdeckung).

Bezüglich der Anteile an Konstruktions-Grundfläche ist der Geschosswohnungsbau nach 1990 (GWB) den industriell errichteten Gebäudetypen ähnlich. Er hat mit 13 % einen ebenfalls relativ geringen Konstruktions-Grundflächen-Anteil. Dieser liegt jedoch nicht in einer „ausgereizten" vorgefertigten Wandkonstruktion begründet, sondern im Mauerwerksbau mit Wärmedämmung. Die einzelnen Funktionen der Außenwand werden auf unterschiedliche Schichten der Gesamtkonstruktion verteilt.

So hat das Mauerwerk ausschließlich statische Funktion und ist dementsprechend schlank bemessen. Der notwendige Wärmeschutz wird durch die äußere Dämmschicht realisiert.

Bei genauer Betrachtung der Netto-Grundflächen lässt sich entlang der zeitlichen Entwicklung von Gebäudetyp zu Gebäudetyp ein Trend zur Minimierung der **Nebennutzflächen-Anteile** feststellen (vgl. Abb. 3-1). So sind in den älteren, traditionell in Ziegelbauweise errichteten Gebäuden meist in den Dach- und Kellergeschossen größere Flächen für Nebennutzungen, z. B. Wäschetrocken- oder Abstell- und Lagerräume, vorgesehen. Die Nebennutzflächen-Anteile dieser Mehrfamilienhäuser liegen bei durchschnittlich 25 %. Die jüngeren, industriell errichteten Gebäude hingegen haben mit ca. 10 % deutlich geringere Anteile an Nebennutzfläche. Die Gründe dafür sind u. a. moderne Heizsysteme. So wurden die industriell gefertigten Gebäude nach Möglichkeit an Fernwärmesysteme angeschlossen. Damit entfielen Stau- und Abstellflächen für die Lagerung fester Brennstoffe. Nach 1960 errichtete Gebäudetypen haben außerdem Flachdachkonstruktionen und meist keine nutzbaren Dachräume mehr.

Eine Ausnahme stellen die Wohnhochhäuser IMI 3 und IMI 4 dar. Der Anteil an Nebennutzfläche ist bei diesen Gebäudetypen relativ stark reduziert, jedoch nicht nur zugunsten der Hauptnutzfläche, sondern auch zugunsten der Umsetzung zentraler Funktionen, z. B. Räumlichkeiten bzw. Funktionsflächen für die Warmwasserbereitung oder den Müllschlucker, die vor allem bei vielgeschossigen Gebäuden typisch sind.

Die sich im Laufe der zeitlichen Entwicklung allmählich vollziehende Reduzierung der Nebennutzflächen-Anteile in den Gebäuden ging mit dem Ansteigen der **Hauptnutzflächen-Anteile** einher, wobei auch die Reduzierung der Konstruktions-Grundflächen im Sinne der Verschlankung der Konstruktionen diese Tendenz begünstigte (vgl. Abb. 3-1). Hinsichtlich der Hauptnutzflächen-Anteile lassen sich die untersuchten Mehrfamilienhäuser in zwei Gruppen, die traditionell und die industriell errichteten Gebäudetypen, unterteilen. Die traditionellen Mehrfamilienhäuser in Ziegelbauweise (IMF 1 bis IMZ 5) haben Hauptnutzflächen-Anteile von durchschnittlich 50 %. Bei den industriell errichteten Mehrfamilienhäusern betragen die Flächenanteile für die Hauptnutzung Wohnen ca. 65 %.

Die Anteile unterschiedlicher Flächen an der Brutto-Grundfläche zu bewerten, ist schwierig und hängt vom Nutzer und dessen Ansprüchen ab. So gibt es Nutzer, die Wohnungen mit möglichst kleinen Nebengelassflächen und dafür mehr Wohnfläche bevorzugen, aber auch solche, die Wohnungen mit Nebennutzflächen zur Ausübung von Hobbys und Freizeitaktivitäten präferieren.

Der **Brutto-Rauminhalt** gibt das äußere Hüllvolumen eines Gebäudes wieder. Setzt man ihn ins Verhältnis zu unterschiedlichen Flächen, wird u. a. deutlich, wie zielori-

entiert die Hauptnutzung im Gebäude – bei Wohngebäuden eben das Wohnen – realisiert wird. Die Tendenz ist ablesbar: Geschosshöhen werden reduziert, Konstruktions-Grundflächen minimiert und die vermietbare Wohnfläche bzw. Hauptnutzfläche maximiert (Abb. 3-2).

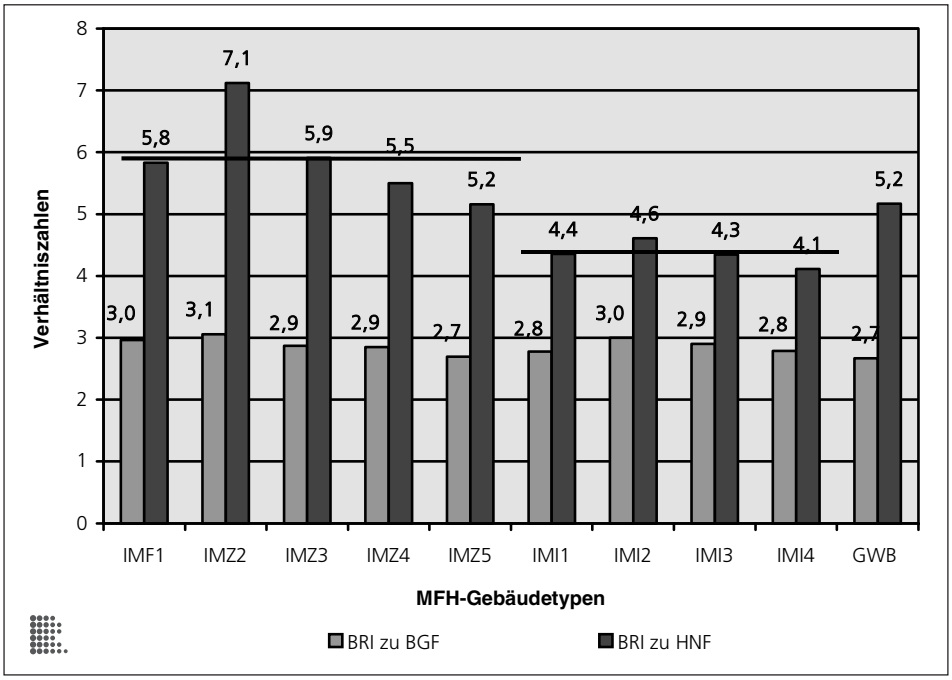


Abb. 3-2: Brutto-Rauminhalt zu Brutto-Grund- und Hauptnutzfläche – MFH im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Hinsichtlich des Verhältnisses Brutto-Rauminhalt zu Brutto-Grundfläche zeigen sich bei den einzelnen Gebäudetypen kaum Unterschiede. Bei der Betrachtung des Verhältnisses von Brutto-Rauminhalt zu Hauptnutzfläche werden die Unterschiede zwischen den Gebäudetypen deutlicher.

Das Verhältnis Brutto-Rauminhalt zu Hauptnutzfläche ist beim 3-geschossigen Gründerzeitbau IMZ 2 besonders groß. Die Gründe dafür sind der hohe Anteil an Nebennutzflächen in den Keller- und Dachgeschossen sowie die großen Raumhöhen (bis 3,60 m), aber auch der aufgrund der dicken Außenwandkonstruktion hohe Konstruktions-Grundflächen-Anteil. Gesamt betrachtet kann für die traditionellen Gebäudetypen der Zeitepoche 1870 bis 1960 (IMF 1 bis IMZ 5) ein Durchschnittswert von 5,9 angenommen werden.

Bei den industriell errichteten Gebäudetypen hingegen ist das Verhältnis Brutto-Rauminhalt zu Hauptnutzfläche mit durchschnittlich 4,4 geringer, da die Hauptnutz-

flächen-Anteile dieser Typen größer sind und die vorhandenen Nebennutzflächen vorrangig der Realisierung haustechnischer Dienste und kaum noch privaten Belangen dienen. Beim Geschosswohnungsbau nach 1990 (GWB) sind wieder mehr Nebennutzflächen für Freizeitaktivitäten und Hobbys sowie Serviceleistungen (Wasch-, Trocken- und Abstellräume) vorgesehen, sodass das Verhältnis Brutto-Rauminhalt zu Hauptnutzfläche mit 5,2 wieder größer ist als das der industriell errichteten Gebäudetypen.

Im Rahmen des Vergleichs der Anteile unterschiedlicher **Bauteilflächen** an der Gesamtbauteilfläche wird deutlich, dass die einzelnen Gebäudetypen sehr ähnliche Relationen aufweisen (Abb. 3-3).

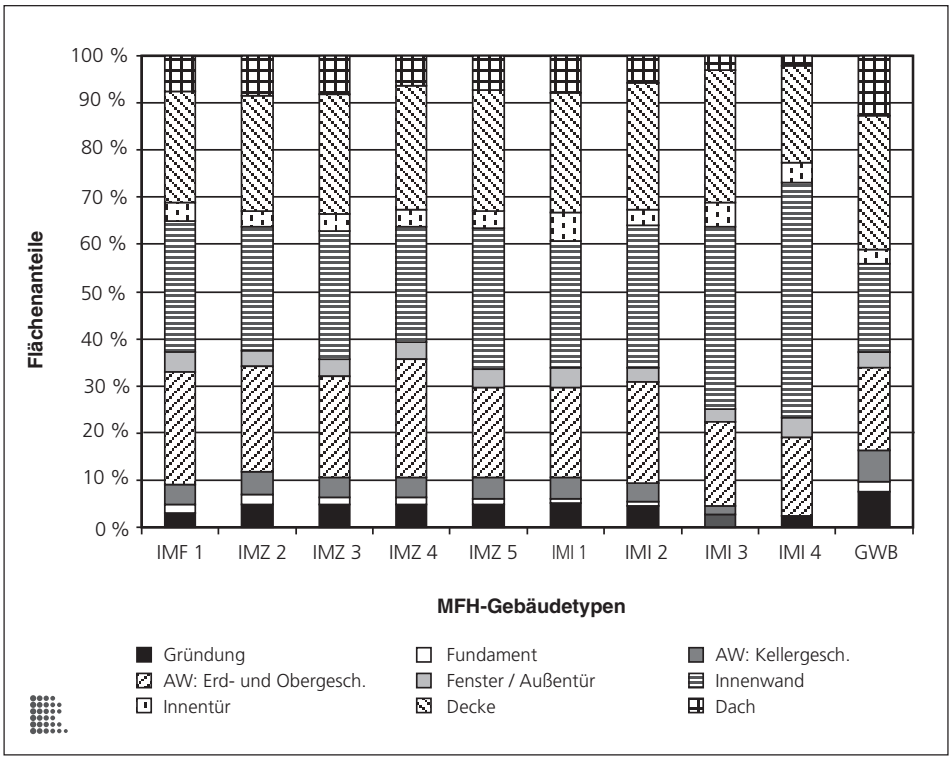


Abb. 3-3: Unterschiedliche Flächenanteile der Gesamt-Bauteilfläche – MFH im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Die Bauteile Erd- und Obergeschoss-Außenwand, Innenwand und Decken weisen mit ca. 25 % jeweils die größten Flächenanteile auf. Ausnahme bilden die vielgeschossigen industriell errichteten Gebäudetypen IMI 3 und IMI 4 (Wohnhochhäuser). Ihr Innenwandflächen-Anteil liegt aufgrund der vielen Geschosse (IMI 3: 11 Geschosse, IMI 4: 18 Geschosse) deutlich höher, bei ca. 40 bis 50 %.

3.1.2 Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität

Um die in den unterschiedlichen Gebäudetypen vergegenständlichten Baustoffmengen miteinander vergleichen zu können, ist nicht das Stofflager als absolute Mengenangabe, sondern die Stoffintensität als spezifische Größe von Bedeutung. Als Bezugsgröße wurde im Rahmen der Untersuchungen die Hauptnutzfläche gewählt, da sie der Wohnfläche im wohnungswirtschaftlichen Sinn am nächsten kommt (Abb. 3-4).

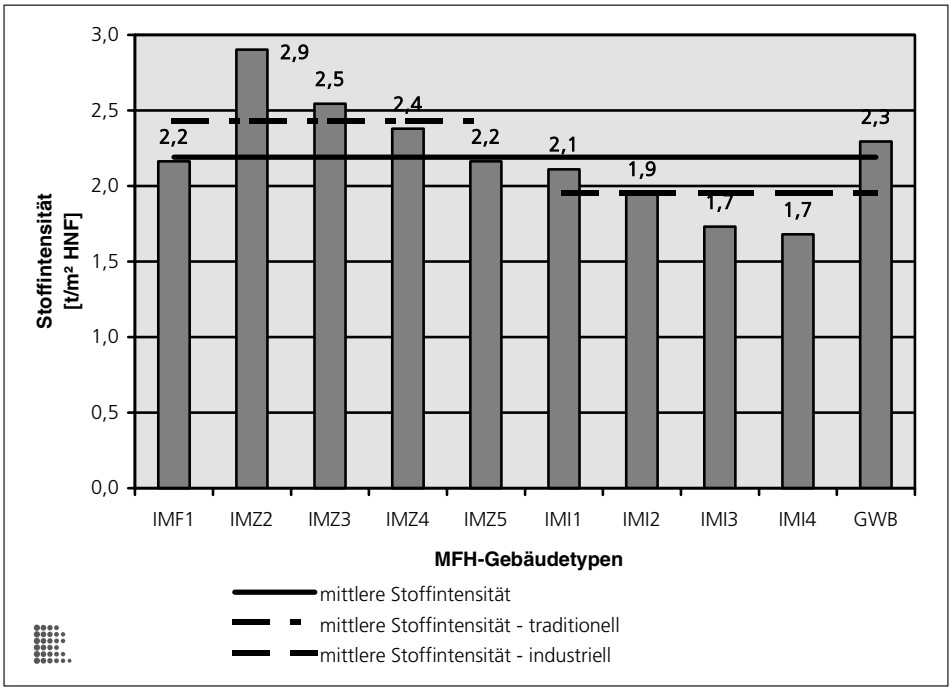


Abb. 3-4: Stoffintensität unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen in t/m² HNF (Quelle: Eigener Entwurf)

Im Vergleich der unterschiedlichen Gebäudetypen wird tendenziell deutlich, dass sich die Stoffintensität in t/m² HNF mit geringer werdendem Baualter verringert (Ausnahmen: IMF 1 – Fachwerkbau vor 1918 und GWB – Mauerwerksbau mit Wärmdämmung nach 1990).

Der 3-geschossige Gebäudetyp IMZ 2 weist im Rahmen der betrachteten Gebäudetypen die größte Stoffintensität auf. In ihm stecken bezogen auf den Quadratmeter Hauptnutzfläche 2,9 t Baustoffe. Die Gründe für die hohe Stoffintensität sind in den prozentual gesehen jeweils geringen Hauptnutzflächen- und großen Konstruktions-Grundflächen-Anteilen sowie den Nebennutzflächen im Dach und Keller zu suchen. Die geringste Stoffintensität weisen die Wohnhochhäuser IMI 3 und IMI 4 auf.

Insgesamt lassen sich die traditionell in monolithischer Bauweise errichteten Gebäudetypen mit einer durchschnittlichen Stoffintensität von 2,4 t/m² HNF beschreiben. Die industriell errichteten Gebäude hingegen liegen bei durchschnittlich 1,9 t/m² HNF. Innerhalb der industriell errichteten Gebäude ist die stete Reduktion der Stoffintensität in t/m² HNF auf Rationalisierungsschritte zur „Verschlankung" der Konstruktion zurückzuführen. Die gegenwärtig praktizierte Massivbauweise, dargestellt am GWB, liegt bei 2,3 t/m² HNF.

Wählt man als Bezugsgröße der Stoffintensität die Nutzfläche bzw. die Netto-Grundfläche, nivellieren sich die Unterschiede (Abb. 3-5).

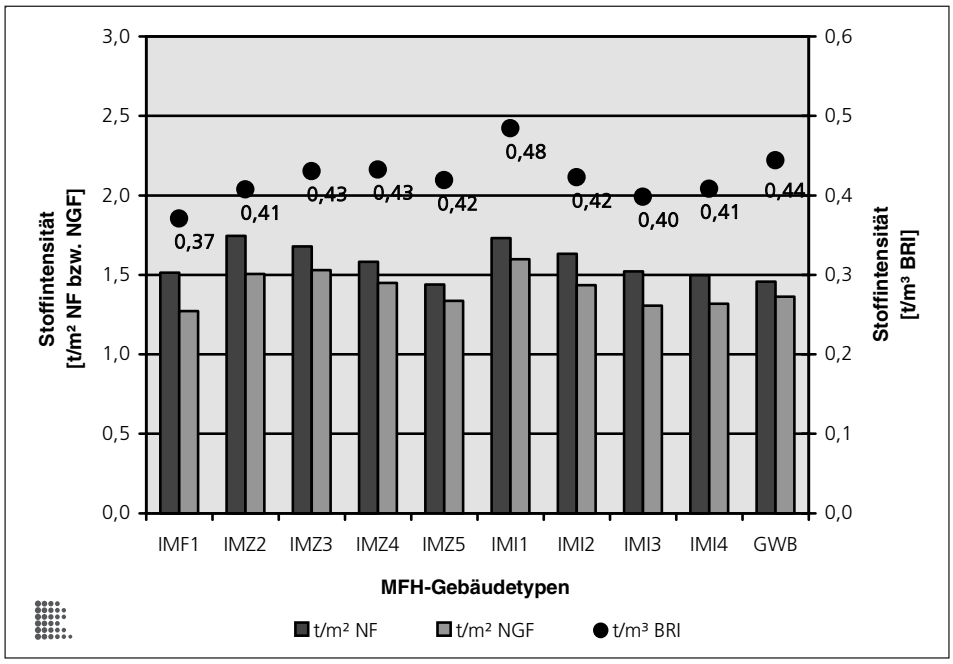


Abb. 3-5: Stoffintensität unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen in t/m² NF, t/m² NGF und t/m³ BRI
(Quelle: Eigener Entwurf)

Auch bei Betrachtung der Stoffintensität pro Bruttorauminhalt verschieben sich die Unterschiede zwischen den Gebäudetypen. So ist die Stoffintensität bei den Mehrfamilienhäusern in traditioneller Bauweise mit durchschnittlich 0,41 t/m³ BRI geringer als bei den industriell errichteten Gebäudetypen mit ca. 0,44 t/m³ BRI. Der mehrgeschossige Wohnungsbau nach 1990 benötigt auch 0,44 t/m³ BRI.

Im Rahmen der bisher dargestellten Untersuchungen zur Stoffintensität wird deutlich, dass die Wahl der Bezugsgröße – Hauptnutzfläche, Nutzfläche, Netto-Grundfläche oder Brutto-Rauminhalt – erheblichen Einfluss auf die Ausprägung stofflich-

energetischer Kennwerte hat. Der gewählte Betrachtungsrahmen ist daher entscheidend.

Im Folgenden wird die **Stoffintensität** der Gebäudetypen nach **Bauteilen** differenziert. Als Bezugsgröße dient in allen Fällen die Hauptnutzfläche (Abb. 3-6).

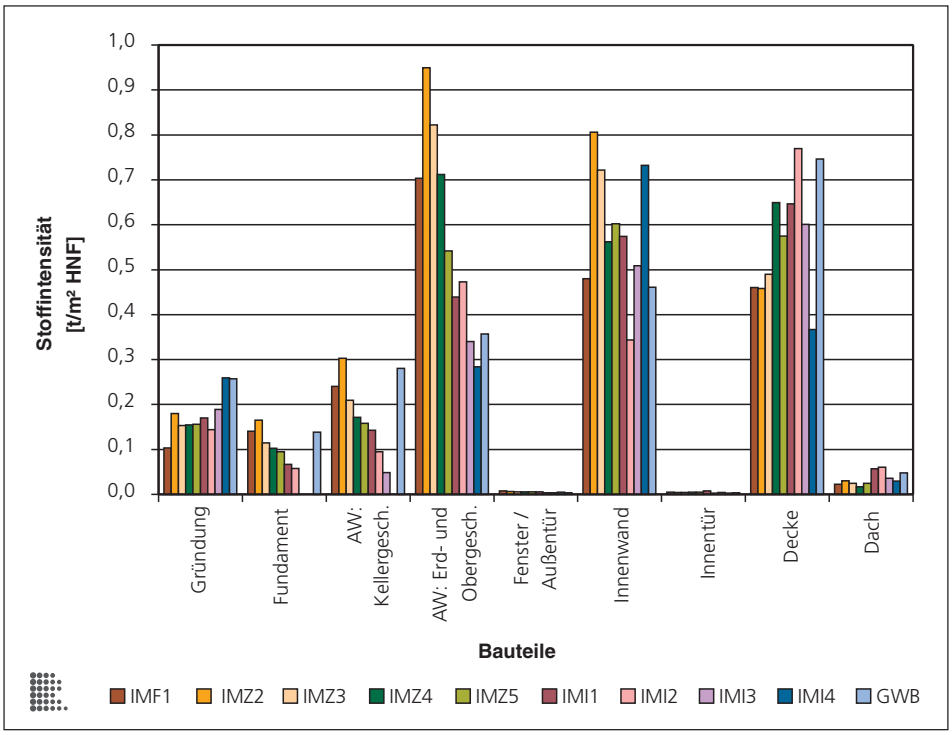


Abb. 3-6: Stoffintensität unterschiedlicher Bauteile – MFH-Gebäudetypen im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Die Bauteile Erd- und Obergeschoss-Außenwand, Innenwand und Decke sind bei allen Gebäudetypen mit jeweils ca. 0,50 bis 0,70 t/m² HNF am baustoffintensivsten. Wie bereits bei den Ausführungen zu Flächen und Volumen festgestellt, weisen diese Bauteile die höchsten Flächenanteile auf und werden damit durch ähnlich große Baustoffmengen widergespiegelt.

Hinsichtlich der Stoffintensität einzelner Bauteile sind einige Relationen erwähnenswert. So werden die Erd- und Obergeschoss-Außenwände mit geringer werdendem Baualter schlanker, d. h. leichter. Betrachtet man die Gründungsplatten der Wohnhochhäuser IMI 3 und IMI 4 als Ausnahme, so werden für Fundament und Gründung in der Regel bei allen Gebäudetypen ca. 0,10 bis 0,20 t/m² HNF an Baumaterial benötigt. Die Materialaufwendungen für Decken und Innenwände verhalten sich indirekt proportional. D. h., schlanke Innenwände haben stärkere Decken zur Folge und

umgekehrt. Zusammengenommen stellen sie mit ca. 0,60 t/m² HNF eine „Konstante" im Wohnungsbau dar. Der Geschosswohnungsbau nach 1990 (GWB) ist ein typischer Mauerwerksbau und entspricht damit hinsichtlich seiner stofflichen Kennwerte stets mehr den traditionell gefertigten älteren Gebäudetypen.

Untersucht man die **Stoffintensität** nach **Baustoffgruppen** differenziert, so ergibt sich folgendes Bild (Abb. 3-7).

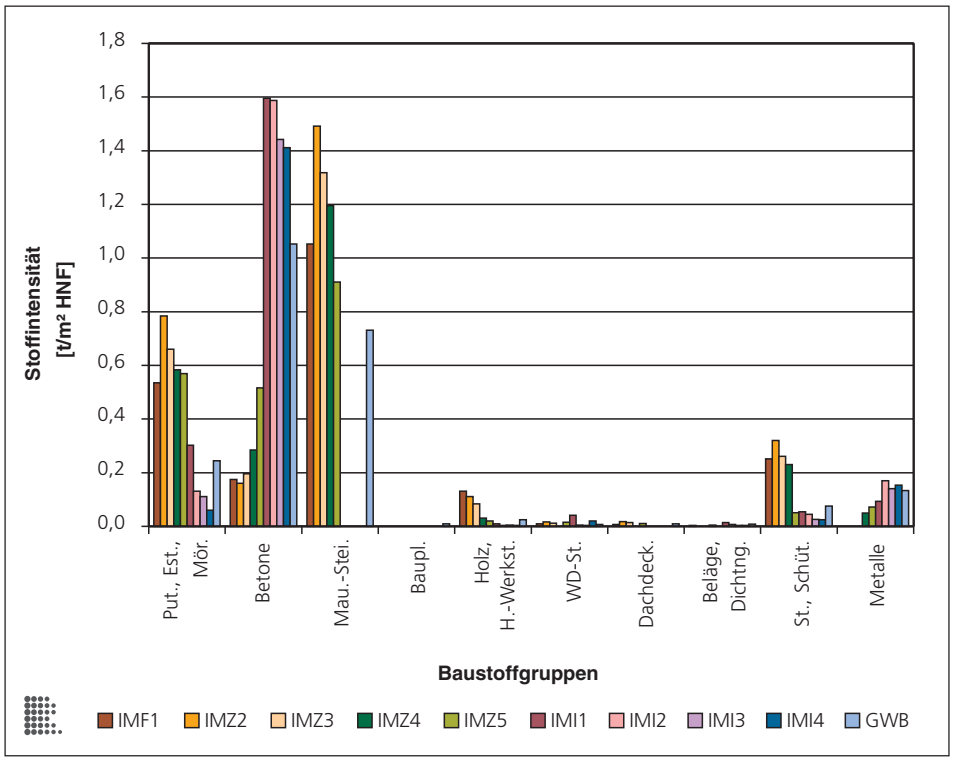


Abb. 3-7: Stoffintensität unterschiedlicher Baustoffgruppen – MFH-Gebäudetypen im Vergleich
(Quelle: Eigener Entwurf)

Aufgrund der großen Anteile an Wänden und Decken weisen die Baustoffe Beton und Mauersteine bei allen Gebäudetypen gewichtsbezogen die größte Stoffintensität auf. In den traditionell errichteten Gebäuden (IMF 1 bis IMZ 5) bestehen die Wände, teilweise auch die Fundamente und Decken, vorrangig aus Mauersteinen mit Putzen. Bei den industriell errichteten Gebäuden hingegen (IMI 1 bis IMI 4) sinken die Anteile an Mauersteinen und Putzen. Durch den Einsatz vorgefertigter Stahlbetonelemente wurden Beton und Metalle verstärkt verwendet. Weiterhin sinkt bei den industriell errichteten Gebäude-Typen der Verwendungsanteil an Holz und Schüttung, da auch die Dächer und Decken in Stahlbeton ausgeführt wurden.

3.1.3 Heizenergiebedarf

Die vergleichenden Untersuchungen zum Heizenergiebedarf werden auf Grundlage von **Mittelwerten** durchgeführt. Innerhalb der vor 1990 errichteten Mehrfamilienhaus-Gebäudetypen (IMF 1 bis IMI 4) erfolgt die Mittelwertbildung auf Grundlage der Untersuchungen der Materialforschungs- und Prüfungsanstalt für Bauwesen in Leipzig (SMI 1993), der Programmgruppe Technologiefolgenforschung (FZ Jülich 1994) sowie des Instituts Wohnen und Umwelt in Darmstadt (IWU 1994). Für den nach 1990 errichteten Geschosswohnungsbau (GWB) werden die eigens berechneten Energie-Kennwerte verwendet.

Für jeden Haustyp sind drei energetisch unterschiedliche Gebäudezustände, Vor SAN, Nach SAN: Niveau 1 und Nach SAN: Niveau 2, beschrieben. Aus diesen lassen sich minimale und maximale Einsparpotenziale ableiten (Tab. 3-2).

Tab. 3-2: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen in kWh/m²a (Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Grundlage von SMI 1993, FZ Jülich 1994, IWU 1994 sowie eigenen Berechnungen)

	IMF 1	IMZ 2	IMZ 3	IMZ 4	IMZ 5	IMI 1	IMI 2	IMI 3	IMI 4	GWB
Vor SAN	226	188	175	169	177	163	143	139	149	67
Nach SAN Niveau 1	131	120	108	110	114	93	96	94	90	54
Nach SAN Niveau 2	90	87	75	74	82	66	52	54	56	50
MIN Sparpotenzial	95	68	67	59	63	70	47	45	59	13
MAX Sparpotenzial	136	101	100	95	95	97	91	85	93	17

Der Gebäudetyp IMF 1 in Fachwerkbauweise hat im Originalzustand den deutlich höchsten Heizenergiebedarf. Durch energetisch hochwertige Sanierungsmaßnahmen lässt er sich auf maximal 90 kWh/m²a senken (Abb. 3-8).

Die Mehrfamilienhaus-Gebäudetypen in Ziegel- und Blockbauweise (IMZ 2 bis IMI 1) weisen als Gruppe im Originalzustand mit durchschnittlich 175 kWh/m²a einen hohen Heizenergiebedarf auf. Innerhalb dieser Gruppe kann der Heizenergiebedarf auf ca. 75 kWh/m²a gesenkt werden, das Einsparpotenzial liegt damit bei ungefähr 100 kWh/m²a.

Die Gruppe der Plattenbauten (IMI 2 bis IMI 4) hat aufgrund der 5 cm stark gedämmten Dreischichtplatten mit durchschnittlich 145 kWh/m²a einen deutlich geringeren

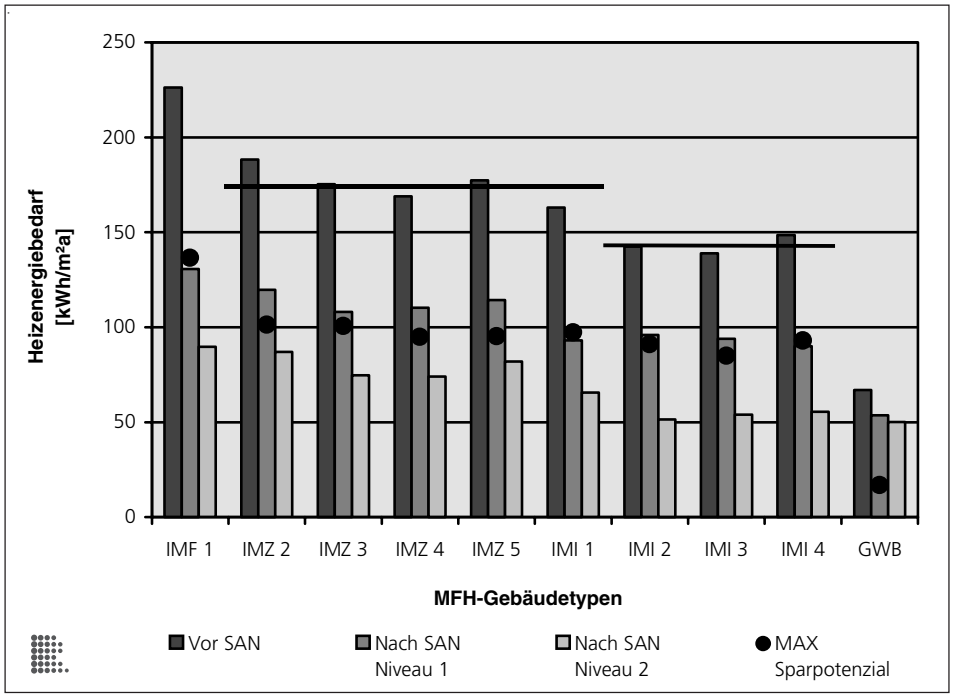


Abb. 3-8: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen in kWh/m²a (Quelle: Eigener Entwurf)

Heizenergiebedarf. Dieser lässt sich auf durchschnittlich 55 kWh/m²a senken. Damit sind bei den Plattenbauten Einsparungen von ca. 90 kWh/m²a möglich. Zusammenfassend lässt sich für den Gebäudebestand schlussfolgern: Sind die vorhandenen Gebäude noch nicht saniert, bieten sie ein Energieeinsparpotenzial von ca. 90 bis 100 kWh/m²a.

Wie bereits eingangs erwähnt, ist der nach 1990 errichtete GWB aufgrund geltender Wärmeschutzanforderungen energetisch hochwertiger (Vor SAN: 66 kWh/m²a). Die maximalen Einsparungen sind daraufhin mit 15 bis 20 kWh/m²a relativ gering, jedoch erreicht dieser Gebäudetyp damit Niedrigenergiehaus-Standard.

3.1.4 Umweltkennwerte

Für die ökologische Einschätzung und Bewertung der Mehrfamilienhaus-Gebäudetypen wurden die Umweltindikatoren Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) sowie Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) gewählt. Die baustoffbezogenen Grunddaten dieser Umweltindikatoren sind der Datenbank GEMIS (GEMIS 1998) entnommen und mit den im Baustoff-Berechnungs-Programm

ermittelten Stoffmengen verknüpft. Das bedeutet, die für die einzelnen Umweltindikatoren bestimmten Werte beziehen sich auf die in den Gebäudetypen vergegenständlichten Baustoffmengen und beschreiben dadurch stets den angenommenen Original- bzw. IST-Zustand.

Im Rahmen des Vergleichs der unterschiedlichen Mehrfamilienhaus-Gebäudetypen zeigen sich folgende Unterschiede (Tab. 3-3).

Tab. 3-3: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen (Quelle: Eigene Berechnung)

	IMF 1	IMZ 2	IMZ 3	IMZ 4	IMZ 5	IMI 1	IMI 2	IMI 3	IMI 4	GWB
KEA in kWh/m² HNF	1 342	1 634	1 411	1 535	1 457	1 548	1 706	1 438	1 548	1 919
SO_2-Äquivalent in g/m² HNF	1 092	1 325	1 135	1 185	1 231	1 738	1 627	1 435	1 542	1 593
CO_2-Äquivalent in kg/m² HNF	416	531	463	483	491	550	612	540	555	630

Wurde im Rahmen der Baustoffmengenbetrachtungen deutlich, dass die Stoffintensität der Gebäudetypen in t/m² HNF mit geringer werdendem Baualter abnimmt, so zeigt sich bei der Analyse der Umweltindikatoren ein eher gegensätzliches Bild, die Werte der Umweltindikatoren erhöhen sich tendenziell (Abb. 3-9).

So steigt z. B. das Treibhauspotenzial in kg/m² HNF mit geringer werdendem Baualter der Gebäudetypen allmählich an. Grund für das tendenzielle Steigen der Umweltindikator-Werte ist die von Gebäudetyp zu Gebäudetyp zunehmende Menge an eingesetztem Beton, an Baustählen, Wärmedämmstoffen und Dichtungsbahnen. Aber auch die Umweltindikator-Grunddaten selbst spielen eine Rolle. Baustoffe mit energetisch aufwendigen Herstellungsprozessen haben in der Regel hohe Umweltindikator-Grunddaten (Tab. 3-4).

So hat z. B. Beton gegenüber Vollziegeln durchgängig geringere Umweltindikator-Grunddaten, jedoch treibt der mengenmäßig steigende Anteil an Beton, vor allem bei den Gebäudetypen in industrieller Bauweise, die Gesamt-Werte der Umweltindikatoren in die Höhe.

Bei den Wärmedämmstoffen und Dichtungsbahnen hingegen ist weniger das mengenmäßige Ansteigen ihres Einsatzes von Bedeutung, sondern vielmehr ihre Umweltindikator-Grunddaten. So ist die Herstellung von z. B. Polystyrol oder Polyethylen mit einer Vielzahl von verzweigten Prozessketten verbunden. Diese sind im Allgemeinen energieintensiv und stark emissionslastig, was zu hohen Umweltindikator-Grunddaten pro Baustoff und damit zu hohen Energie- und Emissions-Gesamtwerten pro Gebäudetyp führt.

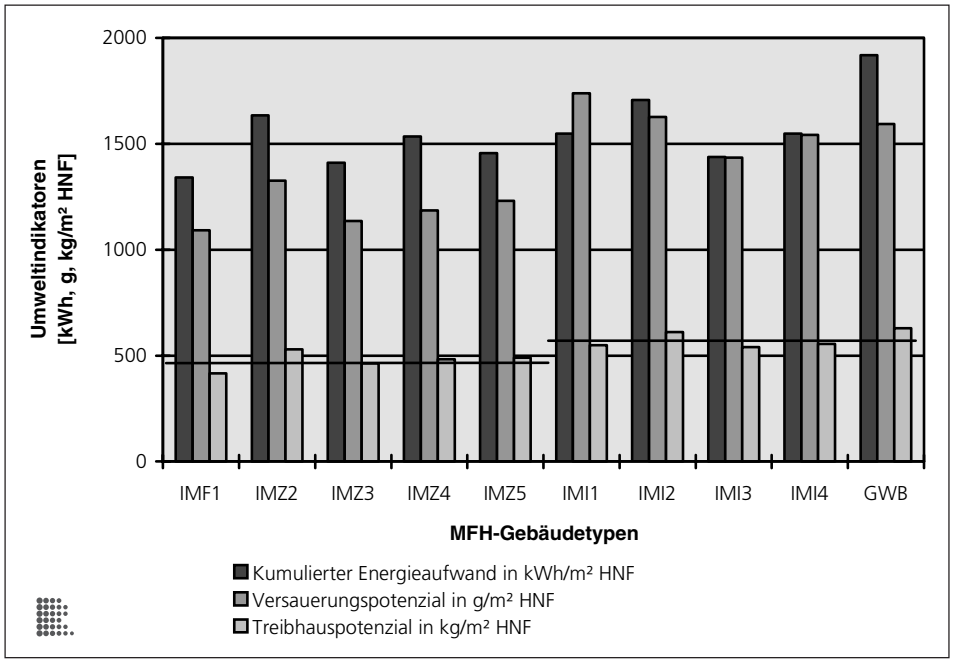


Abb. 3-9: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen (Quelle: Eigener Entwurf)

Tab. 3-4: Grunddaten unterschiedlicher Umweltindikatoren für einige ausgewählte Baustoffe (Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Grundlage von GEMIS 1998)

Index	Baustoff	KEA in kWh/t	SO_2-Äquivalent in kg/t	CO_2-Äquivalent in kg/t
24	Normalbeton B20	250	0,32	164
32	Vollziegel	716	0,44	195
63	Polystyrol-Hartschaum	38 332	16,44	4 962
84	PE-Folie	34 015	13,41	4 213
101	Stahl	6 442	5,49	1 787

Trotz dieser Unterschiede untereinander lassen sich die Umweltkennwerte der aufgeführten Mehrfamilienhaus-Gebäudetypen durch einen gemeinsamen Mittelwert beschreiben. So liegt der Kumulierte Energieaufwand für die Baustoffherstellung bei durchschnittlich 1 600 kWh/m² HNF, das Versauerungspotenzial bei ca. 1 400 g/m² HNF und das Treibhauspotenzial bei ungefähr 500 kg/m² HNF.

3.2 Einfamilienhäuser

3.2.1 Grundflächen und Volumen

Im Rahmen der Einfamilienhaus-Gebäudetypen werden drei Einzel-, zwei Doppel- sowie drei Reihenhäuser miteinander verglichen, wobei die ausgewählten Gebäudetypen vorrangig das Baugeschehen der 60er bis 80er Jahre widerspiegeln. Jeweils ein Einzel- und ein Reihenhaus (E-EH 3, E-RH 3) sind Typenvertreter für nach 1990 errichtete Einfamilienhäuser.

Vergleicht man die unterschiedlichen Gebäudetypen hinsichtlich ihrer Anteile von Netto-Grundfläche und Konstruktions-Grundfläche an der Brutto-Grundfläche, so zeigt sich, dass die **Anteile** an **Konstruktions-Grundfläche** zwischen 15 und 19 % liegen (Tab. 3-5).

Tab. 3-5: Grundflächen und Rauminhalte unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen (Quelle: Eigene Berechnung)

		EH-Einzelhäuser			DH-Doppelhäuser		RH-Reihenhäuser		
		E-EH 1	E-EH 2	E-EH 3	E-DH 1	E-DH 2	E-RH 1	E-RH 2	E-RH 3
BGF	m²	211	216	302	218	227	249	197	207
NGF	m²	175	174	255	184	187	213	164	175
- HNF	m²	107	82	99	113	113	94	100	89
- NNF	m²	58	83	142	60	64	99	47	71
- FF	m²	0	0	0	0	0	0	0	0
- VF	m²	11	9	14	11	9	20	16	15
Anteil NGF an BGF	%	83	81	85	84	82	85	83	84
KGF	m²	36	42	46	35	41	37	32	32
Anteil KGF an BGF	%	17	19	15	16	18	15	17	16
BRI	m³	612	729	712	615	633	658	563	613

Bei Einfamilienhäusern der 60er bis 80er Jahre kann durchschnittlich von einem Anteil der Konstruktions-Grundfläche an der Brutto-Grundfläche von 17 % ausgegangen werden. Trotzdem sind Unterschiede zwischen den Gebäudetypen vorhanden. So haben Einzelhäuser bei gleichem konstruktiven Aufbau im Allgemeinen einen höheren Konstruktions-Grundflächenanteil als Doppel- oder Reihenhäuser, da sie durch ihre freistehende Lage eine oder zwei Außenwandflächen mehr aufweisen.

Des Weiteren zeigen sich auch durch unterschiedliche Wandbaustoffe Differenzen. So haben die Gebäudetypen aus Gasbeton (E-EH 1, E-DH 1, E-RH 1) stets einen geringeren Konstruktions-Grundflächenanteil als die Gebäude aus Ziegel, da Baustoffe mit niedrigem Wärmeleitwert, wie eben Gasbeton, aus wärmetechnischer Sicht geringere Außenwandstärken ermöglichen (Abb. 3-10, Holzbauweisen werden im Vergleich nicht berücksichtigt).

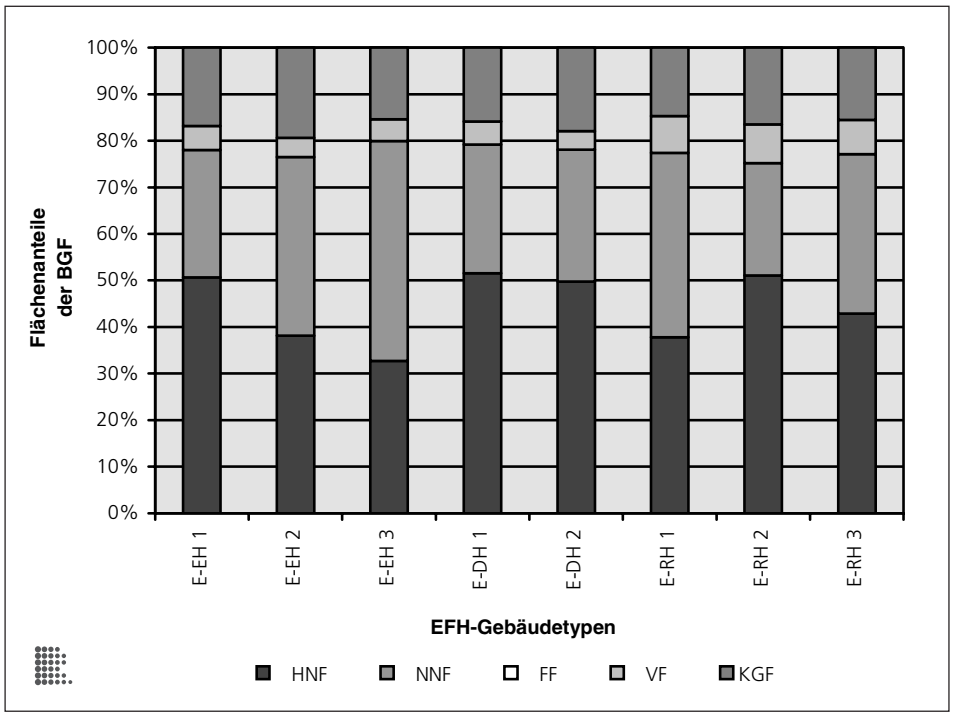


Abb. 3-10: Unterschiedliche Flächenanteile der Brutto-Grundfläche – EFH im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Die betrachteten Einfamilienhaus-Gebäudetypen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Geschossigkeit (ein- oder zweigeschossig) aber vor allem dahingehend, ob die Dachgeschosse ausgebaut und damit für Wohnzwecke nutzbar sind. Bei den untersuchten Einfamilienhäusern befindet sich der Wohnbereich entweder nur auf einer Etage (E-EH 2, E-EH 3), im Erd- und Dachgeschoss (E-EH 1, E-DH 1, E-DH 2) oder im Erd- und 1. Obergeschoss (E-RH 1, E-RH 2, E-RH 3). Alle Gebäudetypen sind vollunterkellert und haben bis auf die Haustypen E-EH 2 und E-RH 2 ein ausbaufähiges Dach.

Die Netto-Grundflächen lassen keine charakteristischen Unterschiede zwischen Einzel-, Doppel- und Reihenhäuern erkennen. Je nach dem, ob die Dachgeschosse für Wohnzwecke genutzt werden, schwanken die **Anteile** der **Hauptnutzfläche** an der Brutto-Grundfläche in einem Bereich von 33 bis 52 %. Im Mittel haben Einfamilien-

häuser einen Hauptnutzflächen-Anteil von 44 %, der **Nebennutzflächen-Anteil** beträgt durchschnittlich ein Drittel.

Wie effizient die Grundflächen im Gebäude realisiert werden und vor allem welche Umnutzungsspielräume das Gebäude noch bietet, lässt sich u. a. am Verhältnis des **Brutto-Rauminhaltes** zur Brutto-Grund- und Hauptnutzfläche verdeutlichen (Abb. 3-11).

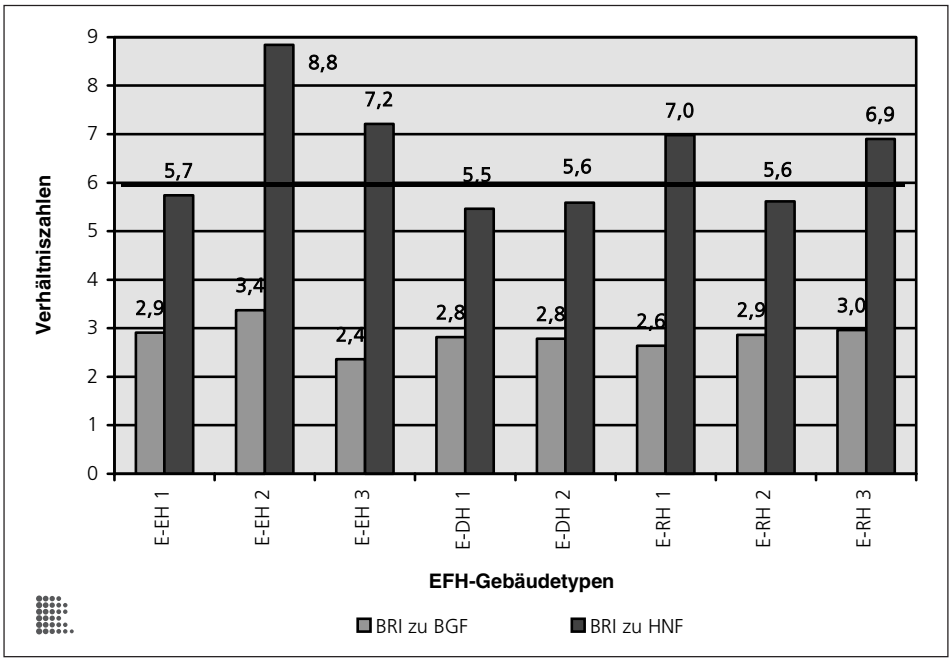


Abb. 3-11: Brutto-Rauminhalt zu Brutto-Grund- und Hauptnutzfläche – EFH im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Das Verhältnis Brutto-Rauminhalt zu Brutto-Grundfläche weist im Vergleich der Gebäudetypen eine ähnliche Größenordnung auf, d. h., im jeweils typischen Hüllvolumen sind relativ gesehen ähnlich viel Brutto-Grundflächen vorhanden. Darin unterscheiden sich die Einfamilienhäuser relativ wenig von den Mehrfamilienhäusern. Am Verhältnis von Brutto-Rauminhalt zu Hauptnutzfläche hingegen lässt sich ablesen, ob ausbaubare Dachgeschosse für Wohnzwecke genutzt werden. Ist dies nicht der Fall, ist das Verhältnis ≥ 6.

Beim Einzelhaus E-EH 2 wird dieser Sachverhalt besonders deutlich. Das Gebäude hat aufgrund seiner großen Gebäudetiefe, des relativ hohen Daches sowie der eng stehenden Fachwerkbinder einen großen nicht ausbau- und nutzbaren Dachraum. Dies wird in der Verhältniszahl Brutto-Rauminhalt zu Hauptnutzfläche von 8,8 deutlich und schlägt auch auf das Verhältnis Brutto-Rauminhalt zu Brutto-Grundfläche durch.

Beim Reihenhaus E-RH 2 besteht das Dach ebenfalls aus Fachwerkbindern. Diese haben jedoch nur eine geringe Dachneigung, sodass der nicht nutzbare Dachraum relativ klein und dadurch das Verhältnis Brutto-Rauminhalt zu Hauptnutzfläche nicht ≥ 6 ist.

Die Einfamilienhäuser E-EH 1, E-DH 1 und E-DH 2 sind hinsichtlich der Wohnnutzung effiziente Gebäudetypen. Die Dachräume sind ausgebaut und werden zum Wohnen genutzt. Das Verhältnis Brutto-Rauminhalt zu Hauptnutzfläche liegt dementsprechend unter 6.

Der Vergleich der Anteile unterschiedlicher Bauteilflächen an der Gesamtbauteilfläche zeigt, dass die Relationen bei den einzelnen Gebäudetypen ähnlich ausgeprägt sind (Abb. 3-12).

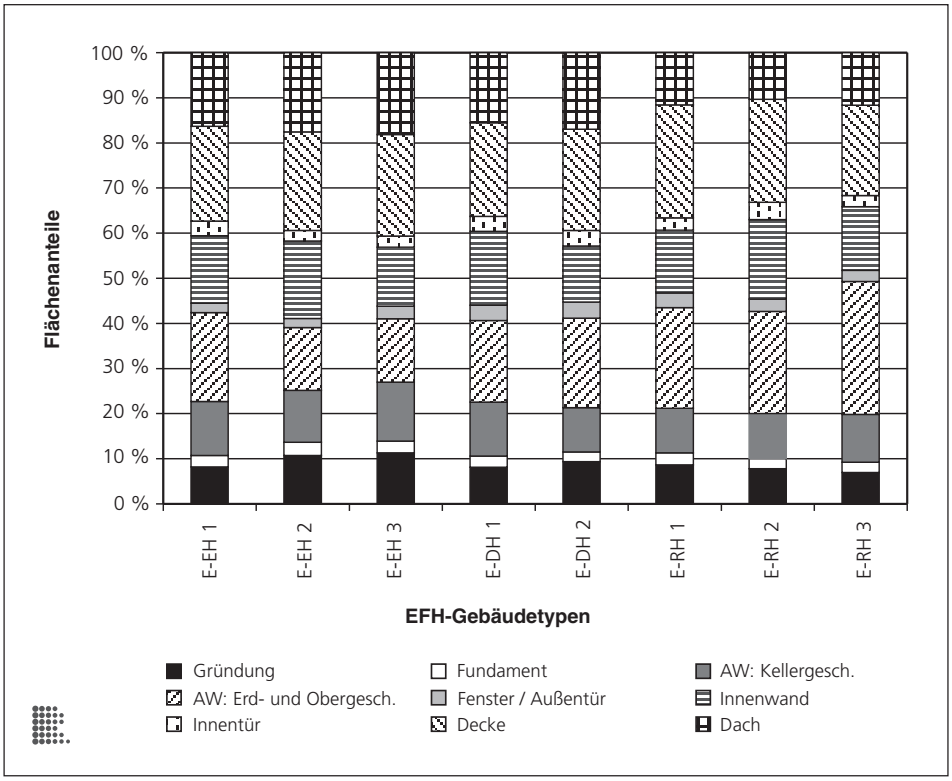


Abb. 3-12: Unterschiedliche Flächenanteile an der Gesamt-Bauteilfläche – EFH im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Die Außenwände der Erd- und Obergeschosse haben Flächenanteile von durchschnittlich 20 %. Bei den Innenwänden liegen sie bei ca. 15 %, bei den Decken bei ca. 22 % und bei den Dächern bei ca. 15 %. Im Gegensatz zu den Mehrfamilien-

häusern kommen bei den Einfamilienhäusern die Flächenanteile der Dächer und Kelleraußenwände (11%) erheblich stärker zum Tragen. Grund dafür ist die geringe Geschossigkeit der Einfamilienhäuser.

3.2.2 Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität

Für den Vergleich der in den unterschiedlichen Einfamilienhaus-Gebäudetypen vergegenständlichten Baustoffmengen wird die Stoffintensität gewählt. Sie nimmt Bezug auf die Hauptnutzfläche und ist als spezifische Größe für Vergleiche geeignet (Abb. 3-13).

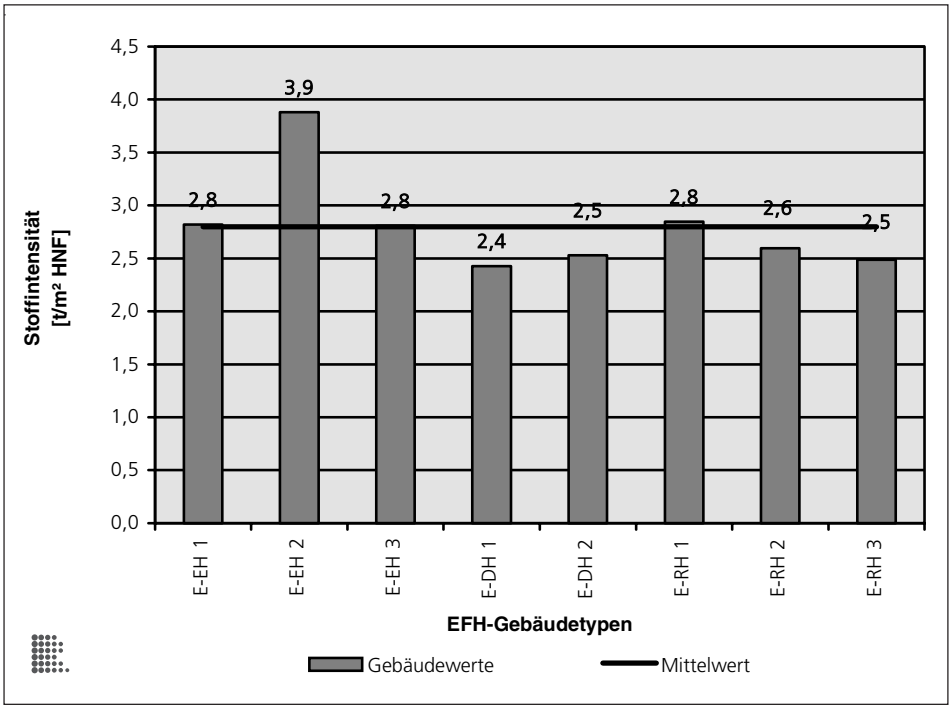


Abb. 3-13: Stoffintensität unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen in t/m² HNF (Quelle: Eigener Entwurf)

Innerhalb der Einfamilienhäuser haben die frei stehenden die größte Stoffintensität in t/m² HNF. Einzelhäuser sind allseitig von Außenwänden umhüllt. Dadurch ist der Materialeinsatz höher als bei doppelt oder in Reihe stehenden Gebäuden. Anschaulich wird dieser Zusammenhang speziell beim Vergleich des Einzelhauses E-EH 1 mit dem Doppelhaus E-DH 1. Beide Gebäude sind vom konstruktiven Aufbau her identisch. Die Anordnung jedoch, ob als Einzel- oder Doppelhaus, bewirkt einen Stoffintensitätsunterschied von 0,4 t/m² HNF, das sind rund 15 % mehr Materialeinsatz.

Einfamilienhäuser lassen sich im Durchschnitt mit einer Stoffintensität von 2,8 t/m² HNF beschreiben. Sie sind damit um 0,6 t/m² HNF stoffintensiver als die Mehrfamilienhäuser. Der Grund dafür liegt in der Geschossigkeit. Mehrfamilienhäuser haben im Allgemeinen eine Geschossanzahl von > 2, Einfamilienhäuser hingegen von ≥ 2. Trotz dieser Unterschiede in der Geschossanzahl müssen bei beiden Gebäudearten Bauteile wie Gründung, Fundament und Dach stets vorhanden sein und in ähnlicher Größenordnung ausgeführt werden. Der stoffliche Aufwand für diese Bauteile wird jedoch bei den Mehrfamilienhäusern aufgrund der höheren Geschossanzahl durch eine größere Hauptnutzfläche geteilt. Dies führt zu einer geringeren Stoffintensität.

Im Rahmen der Untersuchungen zur Stoffintensität wurden neben der Hauptnutzfläche auch die Nutzfläche, die Netto-Grundfläche sowie der Brutto-Rauminhalt als Bezugsgrößen herangezogen und auf ihre Aussagefähigkeit hin analysiert (Abb. 3-14).

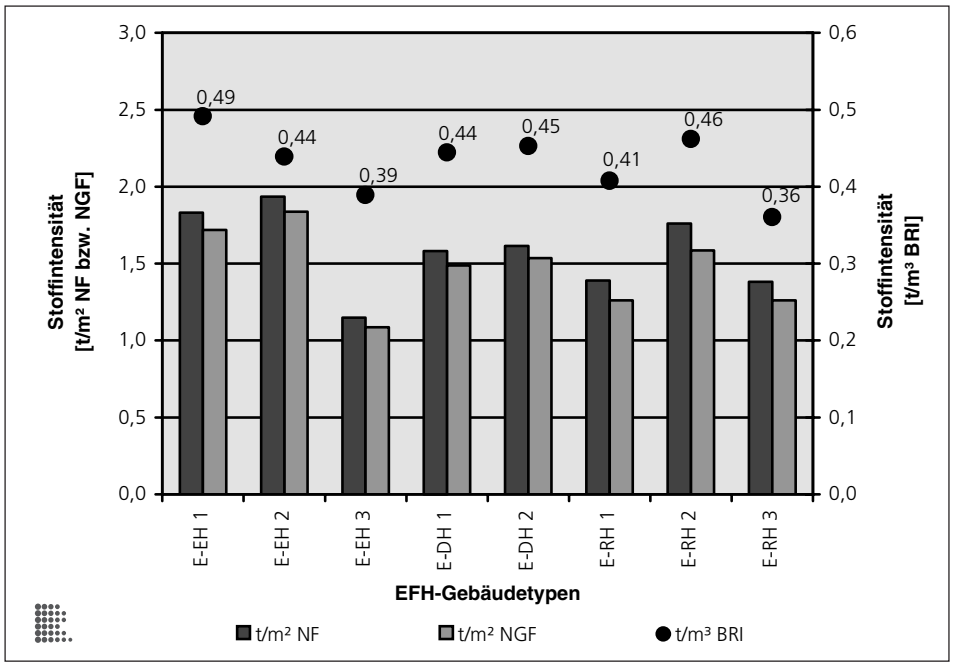


Abb. 3-14: Stoffintensität unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen in t/m² NF, t/m² NGF und t/m³ BRI
(Quelle: Eigener Entwurf)

Werden die in den Gebäudetypen vergegenständlichten Stoffmengen auf die Nutzfläche bezogen, ist die Stoffintensität geringer, da vorhandene Nebennutzflächen mit berücksichtigt werden. Vor allem bei den Einzelhäusern E-EH 2 und E-EH 3 und den Reihenhäusern E-RH 1 und E-RH 3 ist eine geringere Stoffintensität durch nicht ausgebaute bzw. nicht nutzbare Dachgeschosse deutlich ablesbar.

Nebennutzflächen werden in der Regel als Abstellflächen oder Räumlichkeiten für technische Dienste, das Trocknen von Wäsche sowie das Ausüben von Freizeitaktivitäten und Hobbys genutzt. Sie „bereichern" das Wohnen und können durch entsprechende Ausbaumaßnahmen zu Wohnräumen umfunktioniert werden. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass Neben- und Hauptnutzflächen bei Einfamilienhäusern weniger eindeutig definiert werden können als bei Mehrfamilienhäusern. So ist es z. B. durchaus möglich, dass Hobbyräume zwar den Nebennutzflächen zugeordnet werden, jedoch eine wichtige Funktion des Wohnens ausmachen.

Betrachtet man die Stoffintensitäts-Werte in t/m³ BRI, so geht die Trennschärfe zwischen den Gebäudetypen verloren. Die Differenzen zwischen den Gebäuden nivellieren sich, da jeder Raum in seiner vorhandenen Größe, sei er genutzt oder ungenutzt, eine bauliche Hülle benötigt.

Die Analyse der **Stoffintensität** der einzelnen **Bauteile** in t/m² HNF zeigt folgendes Ergebnis (Abb. 3-15).

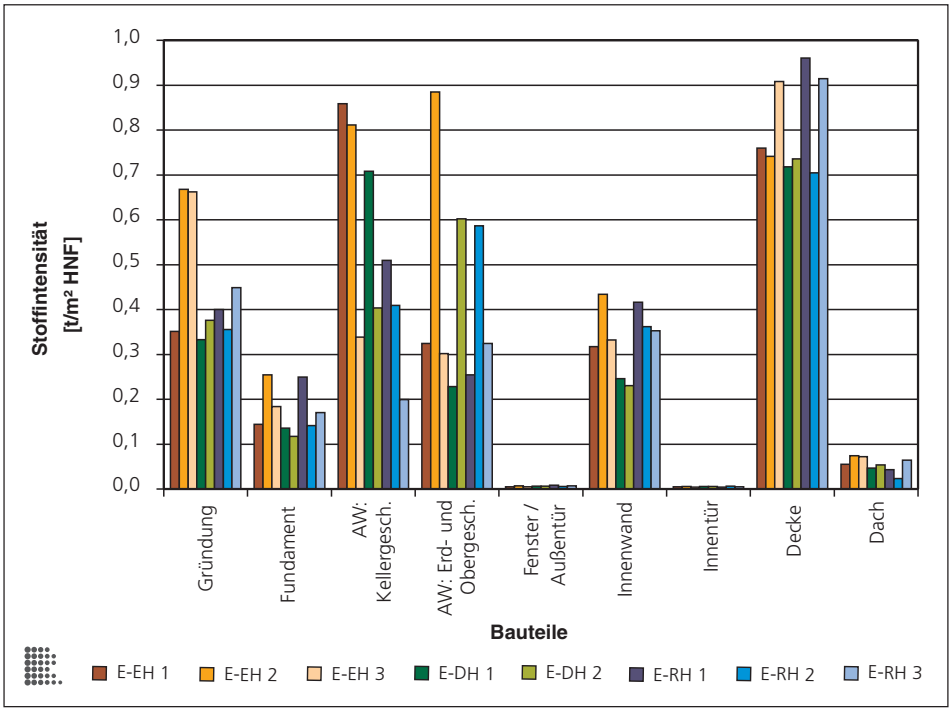


Abb. 3-15: Stoffintensität unterschiedlicher Bauteile – EFH-Gebäudetypen im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Waren bei den Mehrfamilienhäusern die Bauteile Erd- und Obergeschoss-Außenwand, Innenwand und Decke am baustoffintensivsten, so sind es bei den Einfami-

lienhäusern ebenfalls die Erd- und Obergeschoss-Außenwände mit ca. 0,30 bis 0,70 t/m² HNF sowie die Decken mit ca. 0,70 bis 0,90 t/m² HNF. Die Innenwände hingegen haben mit ca. 0,20 bis 0,40 t/m² HNF eine deutlich geringere Stoffintensität. Sie sind schlanker und quantitativ weniger bedeutsam. Dafür haben die Bauteile Kellergeschoss-Außenwand, Gründung und Fundament bei den Einfamilienhäusern eine größere Bedeutung. Ihre Stoffintensität ist teilweise erheblich höher als die der Mehrfamilienhäuser.

Die innerhalb des Bauteiles Erd- und Obergeschoss-Außenwand vorhandenen Differenzierungen zwischen den Gebäudetypen sind auf unterschiedliche Wandbaustoffe zurückzuführen. So sind jeweils die ersten Einzel-, Doppel- und Reihenhäuser (E-EH 1, E-DH 1 und E-RH 1) aus Gasbeton, die zweiten dagegen aus Ziegeln (E-EH 2, E-DH 2 und E-RH 2). Aufgrund der kleineren Dichte von Gasbeton gegenüber Ziegeln ist die Stoffintensität der Gebäude in Ziegelbauweise erheblich höher.

Aufgrund der hohen Anteile an Wänden und Decken wird auch bei den Einfamilienhaus-Gebäudetypen deutlich, dass die **Baustoffgruppen** Betone, Mauersteine sowie Putze, Estriche und Mörtel die größte **Stoffintensität** aufweisen (Abb. 3-16).

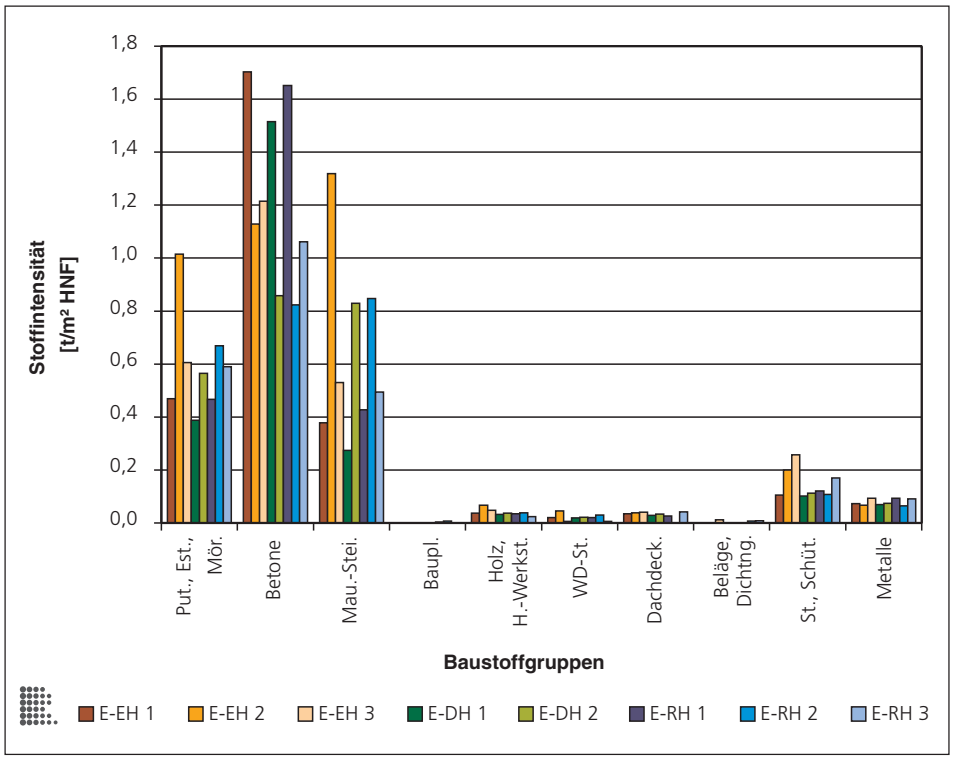


Abb. 3-16: Stoffintensität unterschiedlicher Baustoffgruppen – EFH-Gebäudetypen im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Innerhalb dieser Baustoffgruppen sind zwischen den Gebäudetypen teilweise große Differenzen vorhanden. Sie resultieren vorrangig aus den unterschiedlichen Wandbaustoffen. Speziell bei der Gruppe der Mauersteine werden die bei den Bauteilbetrachtungen beschriebenen Stoffintensitäts-Unterschiede zwischen Gasbeton- und Ziegelbauten nochmals deutlich.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die auf die Hauptnutzfläche bezogene Stoffintensität bei den Einfamilienhäusern der 60er bis 80er Jahre stark von der gewählten Konstruktion und den verwendeten Baustoffen, aber auch von der Größe der ausgewiesenen Hauptnutzfläche abhängig ist. Außerdem sind bei gleichen Ausgangsbedingungen Einzelhäuser stets um ca. 15 % stoffintensiver als Doppel- oder Reihenhäuser.

3.2.3 Heizenergiebedarf

Der Vergleich zum Heizenergiebedarf basiert auf **eigenen Berechnungen**. Für jedes Einfamilienhaus wird der Heizenergiebedarf für drei energetisch unterschiedliche Gebäude-Zustände ermittelt. Anhand dieser Kennwerte lassen sich minimale und maximale Energie-Sparpotenziale ableiten (Tab. 3-6).

Tab. 3-6: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen in kWh/m²a (Quelle: Eigene Berechnung)

	E-EH 1	E-EH 2	E-EH 3	E-DH 1	E-DH 2	E-RH 1	E-RH 2	E-RH 3
Vor SAN	149	215	123	135	153	116	135	73
Nach SAN Niveau 1	106	119	94	98	96	91	91	59
Nach SAN Niveau 2	83	91	80	77	78	72	75	52
MIN Sparpotenzial	43	96	29	37	57	25	44	14
MAX Sparpotenzial	66	124	43	58	75	44	60	21

Die Einfamilienhäuser der 60er bis 80er Jahre haben einen durchschnittlichen Heizenergiebedarf von 150 kWh/m²a. Dieser lässt sich durch wärmetechnische Maßnahmen auf ca. 80 kWh/m²a senken. Energetisch günstiger sind die zwei nach 1990 errichteten Gebäudetypen E-EH 3 und E-RH 3 (Abb. 3-17).

Doppel- und Reihenhäuser haben gegenüber frei stehenden Einzelhäusern aus energetischer Sicht Vorteile. So ist – unter Annahme gleicher Rahmenbedingungen – der Heizenergiebedarf bei frei stehenden Wohngebäuden stets höher als bei Doppel- oder Reihenhäusern (Abb. 3-18).

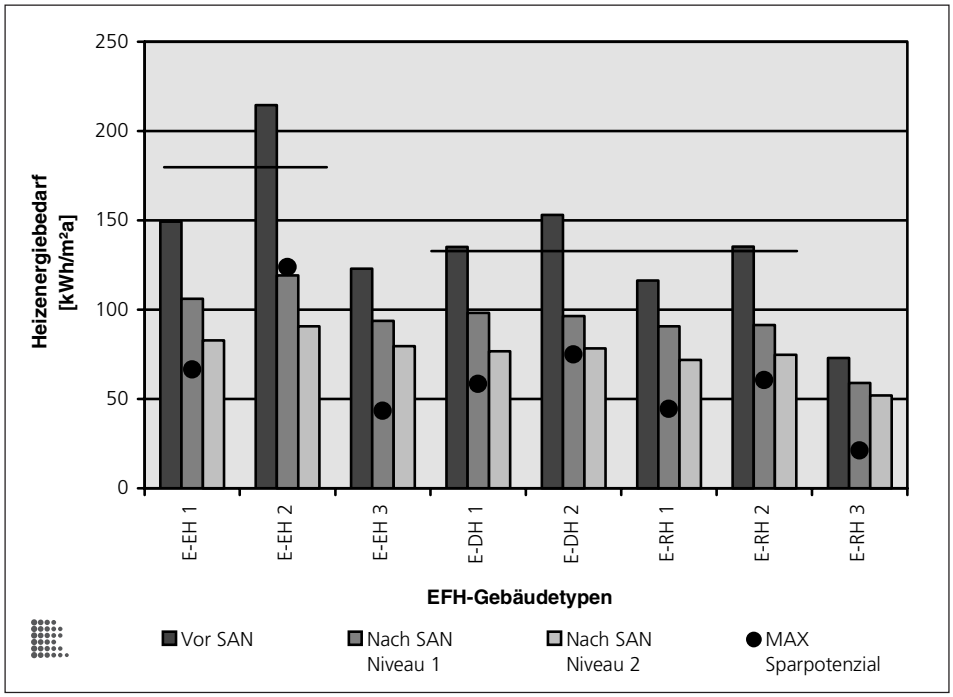


Abb. 3-17: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen in kWh/m²a (Quelle: Eigener Entwurf)

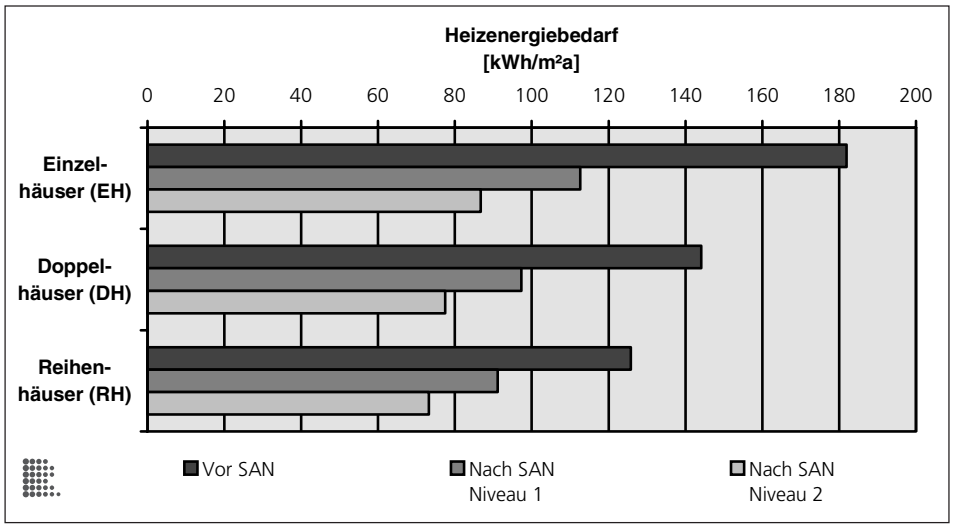


Abb. 3-18: Heizenergiebedarf unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen – Mittelwerte im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Der Unterschied des Heizenergiebedarfs zwischen Einzel-, Doppel- und Reihenhäusern ist vom energetischen Zustand der Gebäude abhängig. Bei unsanierten Gebäuden (Vor SAN) ist die Heizenergiebedarfs-Differenz mit ca. 40 bis 55 kWh/m²a zwischen Einzel-, Doppel- und Reihenhaus erheblich. Im energetisch hochwertig sanierten Zustand (Nach SAN – Niveau 2) beträgt sie nur noch ca. 10 bis 15 kWh/m²a. Dies weist darauf hin, dass gerade frei stehende Gebäudetypen energetisch hochwertig saniert werden sollten.

3.2.4 Umweltkennwerte

Die Umweltindikatoren Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) zeigen im Vergleich der Einfamilienhaus-Gebäudetypen kaum nennenswerte Unterschiede (Tab. 3-7).

Tab. 3-7: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen (Quelle: Eigene Berechnung)

	E-EH 1	E-EH 2	E-EH 3	E-DH 1	E-DH 2	E-RH 1	E-RH 2	E-RH 3
KEA in kWh/m² HNF	1 382	2 170	2 122	1 250	1 391	1 586	1 554	1 792
SO_2-Äquivalent in g/m² HNF	1 403	1 957	1 730	1 273	1 329	1 544	1 350	1 470
CO_2-Äquivalent in kg/m² HNF	616	803	680	539	547	658	567	582

Die aus den Baustoffmengen abgeleiteten Umweltkennwerte lassen sich nicht eindeutig interpretieren, da neben der Baustoffmenge und der Hauptnutzfläche auch die Umweltindikator-Grunddaten der einzelnen Baustoffe Einfluss auf die Größe der Umweltwirkungen haben. Trotzdem ist erkennbar, dass einzeln stehende Gebäude (E-EH 2 und E-EH 3) aufgrund höherer Außenwandanteile eher größere Umweltwirkungen verursachen (Abb. 3-19).

Außerdem haben Gebäude, in denen das Dachgeschoss genutzt wird und die entsprechenden Flächen zur Hauptnutzfläche zählen, eher geringere Umweltkennwerte als Gebäudetypen mit nicht ausgebautem bzw. nicht nutzbarem Dachraum. Dieser Effekt wird beim Einzelhaus E-EH 1 und bei den beiden Doppelhäusern E-DH 1 und E-DH 2 deutlich.

Die vor 1990 gebauten Einfamilienhäuser weisen in den Umweltkennwerten Ähnlichkeiten zur Ausprägung der Stoffintensität auf. Grund dafür sind die während der 60er bis 80er Jahre verwendeten Baustoffe. Als Wandbaustoffe kamen vorrangig

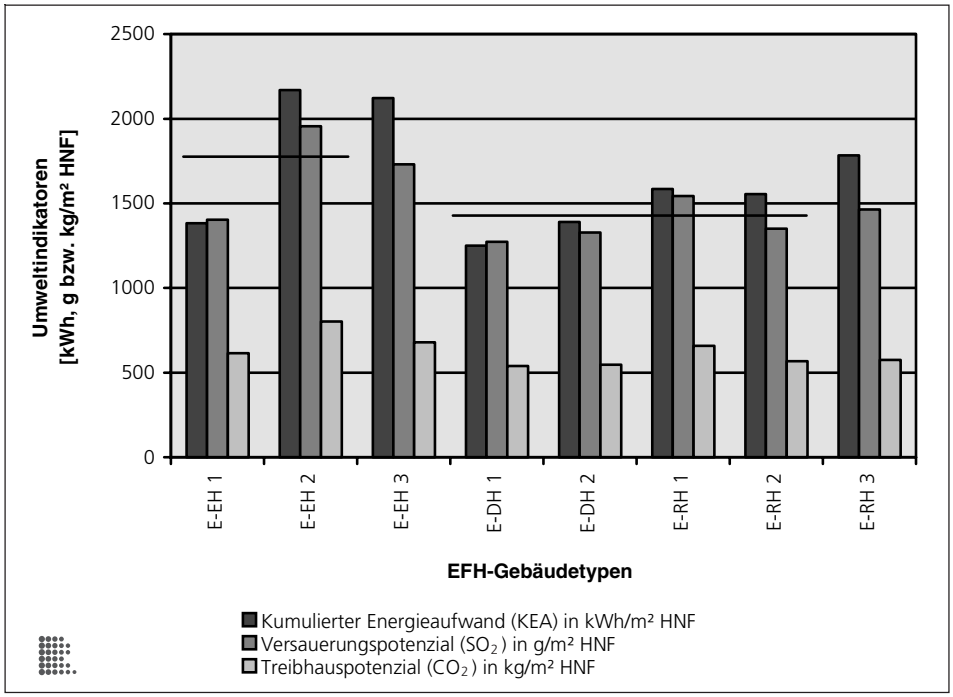


Abb. 3-19: Kumulierter Energieaufwand, Versauerungspotenzial und Treibhauspotenzial unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen (Quelle: Eigener Entwurf)

Gasbeton und Hochlochziegel zum Einsatz. Beide Baustoffe weisen hinsichtlich des Kumulierten Energieaufwandes, des Versauerungs- und des Treibhauspotenzials ähnliche Grunddaten auf, sodass die Größe der umweltbezogenen Kennwerte stärker von der Baustoffmenge bestimmt wird und sich damit ein ähnliches Bild wie bei der Stoffintensität ergibt.

Die nach 1990 errichteten Einfamilienhaus-Gebäudetypen (E-EH 3, E-RH 3) hingegen zeigen innerhalb der Umweltkennwerte deutliche Unterschiede gegenüber der Ausprägung der Stoffintensität. Grund dafür ist der Dämmstoff Polystyrol. Er ist in den Gebäuden als Decken- bzw. Außenwanddämmung eingebaut, hat hohe Umweltindikator-Grunddaten und treibt somit die entsprechenden Werte in die Höhe.

Trotz der vorhandenen Differenzen, vor allem der Einzel- gegenüber den Doppel- und Reihenhäusern, lassen sich die Einfamilienhäuser anhand durchschnittlicher Umweltwirkungen beschreiben. So beträgt der Kumulierte Energieaufwand durchschnittlich 1 700 kWh/m² HNF, das Versauerungspotenzial 1 500 g/m² HNF und das Treibhauspotenzial ca. 600 kg/m² HNF.

3.3 Orientierungswerte und Kernaussagen

Im Ergebnis der Analyse stofflich-energetischer Kennwerte unterschiedlicher Mehr- und Einfamilienhaus-Gebäudetypen können erste Orientierungswerte abgeleitet sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Gebäudetypen beschrieben werden (Tab. 3-8, Abb. 3-20 bis 3-25).

Tab. 3-8: MFH- und EFH-Gebäudetypen im Vergleich – erste Orientierungswerte (Quelle: Eigene Berechnung und Zusammenstellung)

	Mehrfamilienhäuser (Bauzeitraum: 1870 bis nach 1970 und nach 1990)	**Einfamilienhäuser** (Bauzeitraum: 60er bis 80er Jahre und nach 1990)
Grundflächen und Volumen (Abb. 3-20)		
KGF-Anteile	traditionelle MFH: ø 16 % industrielle MFH: ø 13 % **alle MFH: ø 15 %**	von 15 bis 19 % **alle EFH: ø 17 %**
HNF-Anteile	steigen mit geringer werdendem Baualter traditionelle MFH: ø 50 % industrielle MFH: ø 65 % **alle MFH: ø 55 %**	von 33 bis 52 % **alle EFH: ø 44 %**
NNF-Anteile	sinken mit geringer werdendem Baualter traditionelle MFH: ø 25 % industrielle MFH: ø 10 % **alle MFH: ø 20 %**	von 24 bis 47 % **alle EFH: ø 33 %**
BRI zu HNF	traditionelle MFH: ø 5,9 industrielle MFH: ø 4,4 **alle MFH: ø 5,2**	von 5,5 bis 8,8 Verhältnis < 6: Dachgeschosse werden genutzt **alle EFH: ø 6,3**
Bauteilflächen-Anteile	Durchschnittswerte in % Gründung 4 Fundament 1 AW-Kellergeschoss 4 AW-Erd- und Obergeschosse 20 Fenster / Außentür 4 Innenwand 30 Innentür 4 Decke 26 Dach 7	Durchschnittswerte in % Gründung 9 Fundament 2 AW-Kellergeschoss 11 AW-Erd- und Obergeschosse 18 Fenster / Außentür 3 Innenwand 15 Innentür 3 Decke 23 Dach 15

Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität (Abb. 3-21)		
Stoffintensität Gebäude	pro Hauptnutzfläche: traditionelle MFH: ø 2,4 t/m² HNF industrielle MFH: ø 1,9 t/m² HNF **alle MFH: ø 2,2 t/m² HNF** pro Brutto-Rauminhalt: traditionelle MFH: ø 0,41 t/m³ BRI industrielle MFH: ø 0,44 t/m³ BRI **alle MFH: ø 0,42 t/m³ BRI**	pro Hauptnutzfläche: Einzelhäuser haben höhere Stoffintensität als Doppel- oder Reihenhäuser, Unterschied ca. 0,4 t/m² HNF. **alle EFH: ø 2,8 t/m² HNF** pro Brutto-Rauminhalt: keine charakteristischen Unterschiede zwischen Einzel-, Doppel- und Reihenhäusern **alle EFH: ø 0,43 t/m³ BRI**
Stoffintensität Bauteile	AW-Erd- und Obergeschosse Innenwand, Decke: ca. 0,50 bis 0,70 t/m² HNF Gründung, Fundament, AW-Kellergeschoss: ca. 0,10 bis 0,20 t/m² HNF Durchschnittswerte in t/m² HNF Gründung 0,18 Fundament 0,09 AW-Kellergeschoss 0,16 AW-Erd- und Obergeschosse 0,56 Fenster / Außentür 0,01 Innenwand 0,58 Innentür 0,00 Decke 0,58 Dach 0,04	Gründung, AW-Kellergeschoss, AW-Erd- und Obergeschosse: ca. 0,30 bis 0,70 t/m² HNF Decke: ca. 0,70 bis 0,90 t/m² HNF Innenwand: ca. 0,20 bis 0,40 t/m² HNF Durchschnittswerte in t/m² HNF Gründung 0,45 Fundament 0,17 AW-Kellergeschoss 0,53 AW-Erd- und Obergeschosse 0,44 Fenster / Außentür 0,01 Innenwand 0,35 Innentür 0,01 Decke 0,81 Dach 0,05
Stoffintensität Baustoffgruppen	Mauersteine, Putze, Estriche und Mörtel sowie Betone sind am stoffintensivsten. traditionelle MFH: Anteile an Mauersteinen sowie Putzen, Estrichen und Mörtel am größten industrielle MFH: Anteile an Betonen und Baustahl am größten Durchschnittswerte in t/m² HNF Putze, Estriche, Mörtel 0,40 Betone 0,84 Mauersteine 0,67 Bauplatten 0,00 Holz, Holzwerkstoffe 0,04 Wärmedämmstoffe 0,01 Dachdeckungen 0,01 Beläge, Dichtungsbahnen 0,00 Sonst. Stoffe, Schüttungen 0,13 Metalle 0,08	Mauersteine, Putze, Estriche und Mörtel sowie Betone sind am stoffintensivsten. Durchschnittswerte in t/m² HNF Putze, Estriche, Mörtel 0,60 Betone 1,24 Mauersteine 0,66 Bauplatten 0,00 Holz, Holzwerkstoffe 0,04 Wärmedämmstoffe 0,02 Dachdeckungen 0,03 Beläge, Dichtungsbahnen 0,00 Sonst. Stoffe, Schüttungen 0,15 Metalle 0,08

Heizenergiebedarf (Abb. 3-22)		
	Fachwerkbau: Vor SAN: 226 kWh/m²a MAX Sparpotenzial: 136 kWh/m²a Ziegel- und Blockbauten: Vor SAN : ø 175 kWh/m²a MAX Sparpotenzial: ø 100 kWh/m²a Plattenbauten: Vor SAN: ø 145 kWh/m²a MAX Sparpotenzial: ø 90 kWh/m²a	EFH der 60er bis 80er Jahre: Vor SAN: ø 150 kWh/m²a MAX Sparpotenzial: ø 70 kWh/m²a EFH nach 1990: Vor SAN: ø 100 kWh/m²a MAX Sparpotenzial: ø 30 kWh/m²a Einzelhäuser haben höheren Heizenergiebedarf als Doppel- oder Reihenhäuser. Heizenergiebedarfsunterschied hängt vom energetischen Zustand ab. Unterschied: unsaniert: ø 40 bis 55 kWh/m²a einfach saniert: ø 15 bis 20 kWh/m²a hochwertig saniert: ø 10 bis 15 kWh/m²a
Umweltindikatoren (Abb. 3–23 bis 3-25)		
KEA	alle MFH: ø 1 600 kWh/m² HNF	alle EFH: ø 1 700 kWh/m² HNF
Versauerung	alle MFH: ø 1 400 g SO_2-Äqu./m² HNF	alle EFH: ø 1 500 g SO_2-Äqu./m² HNF
Treibhauseffekt	alle MFH: ø 500 kg CO_2-Äqu./m² HNF	alle EFH: ø 600 kg CO_2-Äqu./m² HNF
	Werte steigen mit geringer werdenem Baualter der Gebäudetypen.	Frei stehende Einzelhäuser haben höhere Werte als Doppel- oder Reihenhäuser.

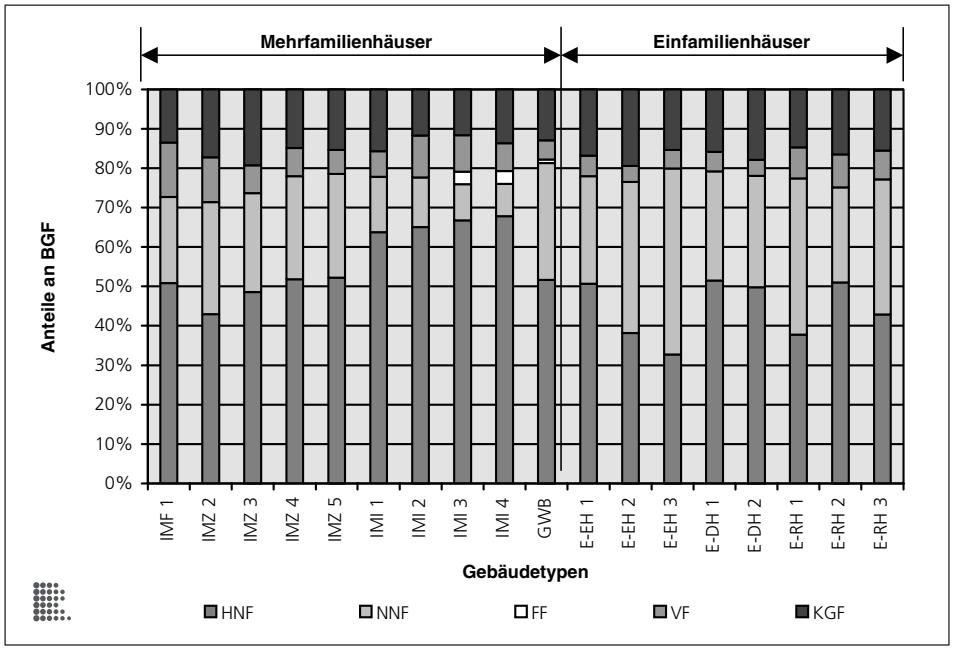


Abb. 3-20: Anteile unterschiedlicher Grundflächen an der BGF – MFH und EFH im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

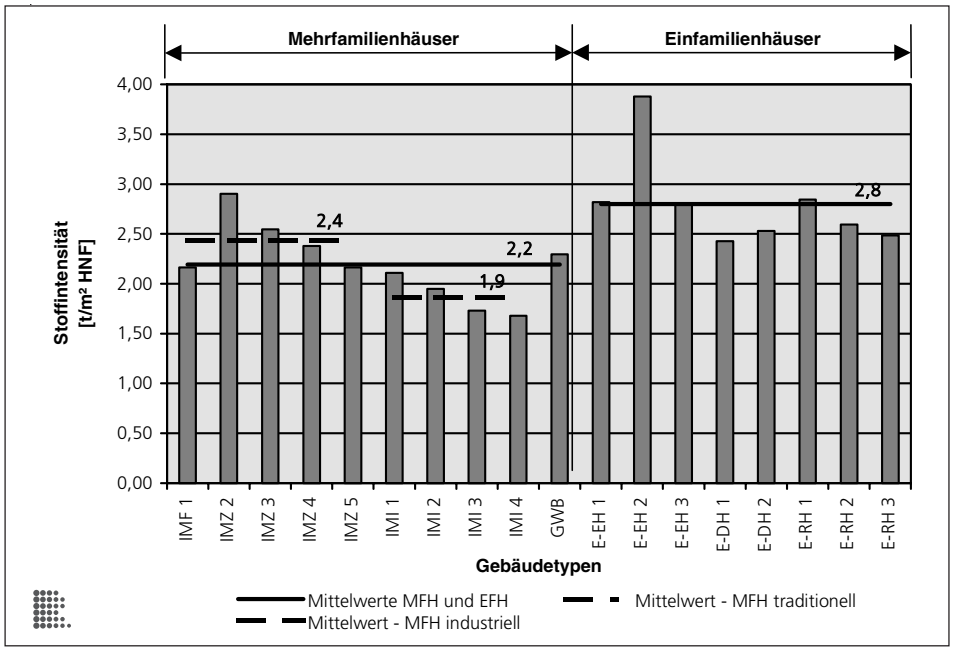


Abb. 3-21: Stoffintensität in t/m² HNF – MFH und EFH im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

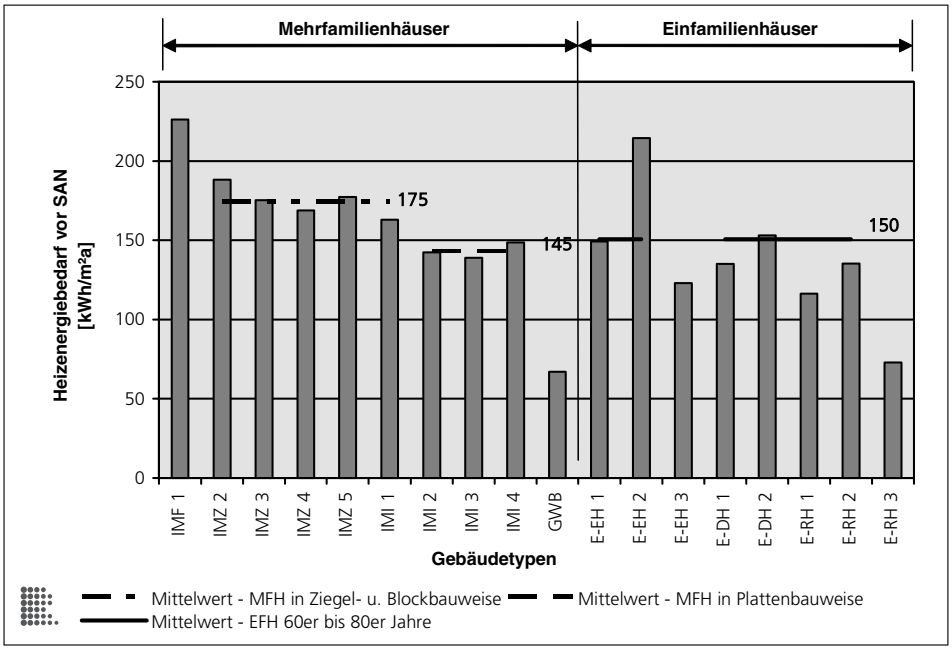


Abb. 3-22: Heizenergiebedarf – MFH und EFH im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

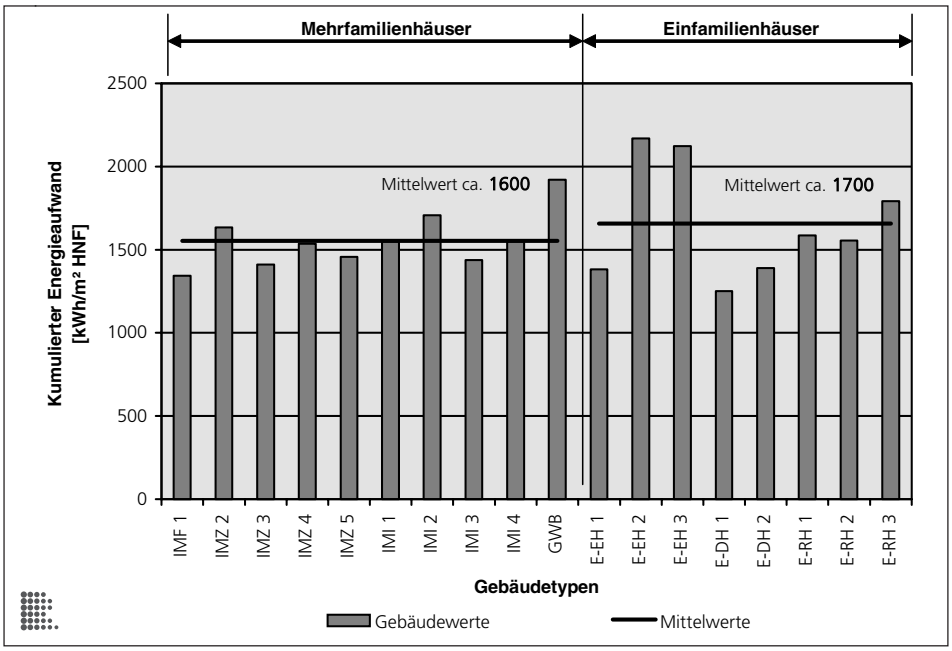


Abb. 3-23: Kumulierter Energieaufwand – MFH und EFH im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

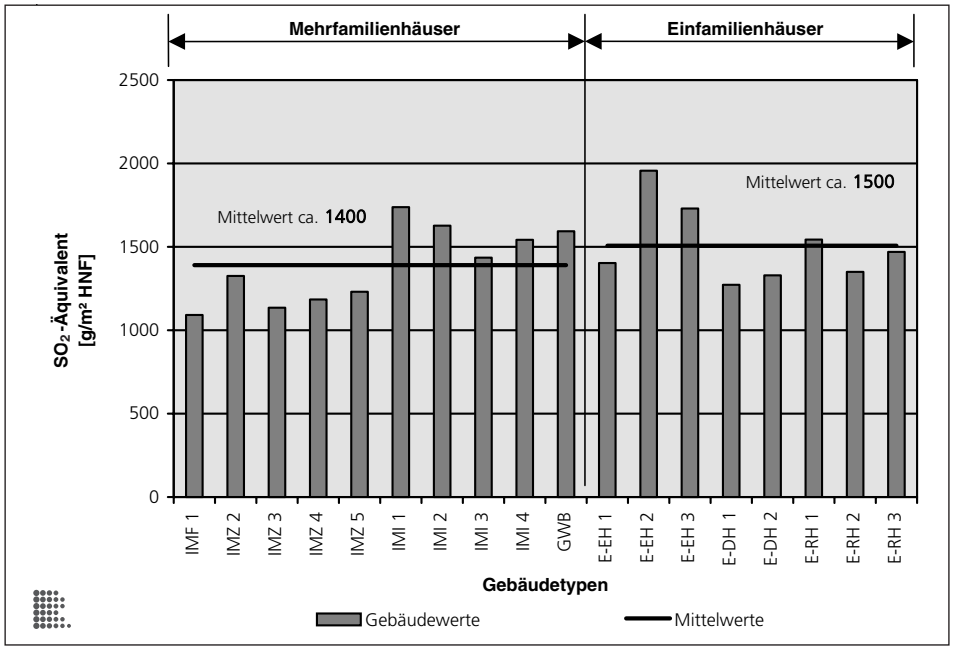


Abb. 3-24: Versauerungspotenzial – MFH und EFH im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

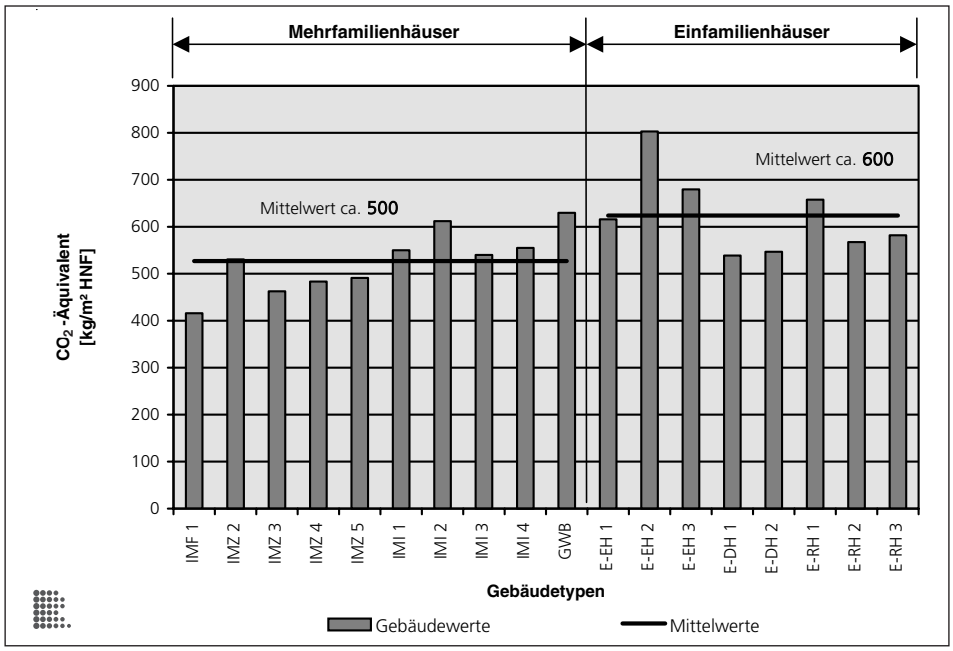


Abb. 3-25: Treibhauspotenzial – MFH und EFH im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Neben diesen ersten Orientierungswerten lassen sich allgemeingültige Zusammenhänge beschreiben und Kernaussagen formulieren.

Im Rahmen der Einschätzung von Baustoffmengen ist die **Stoffintensität** von Bedeutung. Sie ist eine spezifische Größe und beschreibt die in einem Bauteil bzw. einem Gebäude vergegenständlichte Baustoffmenge bezogen auf eine gebäudetypische Fläche oder ein gebäudetypisches Volumen. Je nach **Bezugsgröße** hat die Stoffintensität eine unterschiedliche Ausprägung, sowohl hinsichtlich der Größenordnung als auch bezüglich der Unterschiede zwischen verschiedenen Gebäuden. Wird die **Hauptnutzfläche**, die im Allgemeinen der Wohnfläche entspricht, als Bezugsgröße gewählt, gibt die daraus abgeleitete Stoffintensität Auskunft darüber, in welchem Maß ein Gebäude seinem eigentlichen Zweck, der Wohnnutzung, dient. So ist die Stoffintensität bei Gebäuden, die neben Hauptnutzflächen noch einen relativ hohen Anteil an Nebennutzflächen aufweisen, stets höher als bei denen mit eher geringen Nebennutzflächen-Anteilen. Wird der **Brutto-Rauminhalt** als Bezugsgröße bestimmt, erfahren die verbauten Stoffmengen in gewisser Weise eine „Rechtfertigung", da der Brutto-Rauminhalt als äußeres Hüllvolumen jeden Raum, sei er für Wohnzwecke genutzt oder nicht, berücksichtigt.

Die Frage, welche der beiden Bezugsgrößen sinnvollerweise verwendet werden sollte, ist schwer und teilweise nur subjektiv zu beantworten. Im Allgemeinen werden Bezugsgrößen aus dem gegebenen Sachzusammenhang heraus bestimmt. So ist im Rahmen der stofflichen Einschätzung von Wohngebäuden die Hauptnutzfläche sicherlich die bedeutendere Bezugsgröße und sollte zur Bildung der Stoffintensität herangezogen werden.

Die Stoffintensität von Gebäuden in t/m² HNF ist im Wesentlichen von zwei Aspekten abhängig. Einerseits spielt die **ausgeführte Konstruktion** eine wichtige Rolle. Dabei ist von Bedeutung, welche Baustoffe – die Dichte ist dabei entscheidend – in welchen Dimensionen (Längen, Breiten, Höhen) in einem Gebäude vergegenständlicht sind. Andererseits beeinflusst die für ein Gebäude **ausgewiesene** Größe an **Hauptnutzfläche** die Stoffintensität. Diese beiden Aspekte, ausgeführte Konstruktion und ausgewiesene Hauptnutzfläche, bestimmen generell die Größe der Stoffintensität.

Dennoch gibt es weitere spezifische Einflussgrößen, aus denen sich die teilweise charakteristischen Unterschiede zwischen verschiedenen Gebäudetypen erklären lassen. So hat die **Geschossigkeit** im Bereich der Mehrfamilienhäuser einen spürbaren Einfluss auf die Stoffintensität. Je mehr Geschosse ein Gebäude aufweist (durchschnittliche Raumhöhe 2,5 bis 2,7 m), umso günstiger gestaltet sich das Verhältnis von Baustoffmenge zu Hauptnutzfläche, d. h. umso geringer wird die Stoffintensität. Aus diesem Zusammenhang heraus erklärt sich auch der Stoffintensitäts-Unterschied zwischen Mehr- und Einfamilienhäusern. Aufgrund der geringen Geschoss-

anzahl sind die Einfamilienhäuser um durchschnittlich 0,6 t/m² HNF stoffintensiver als die Mehrfamilienhäuser.

Innerhalb der Einfamilienhäuser hat die Geschossigkeit keinen prägenden Einfluss auf die Stoffintensität, da Einfamilienhäuser i. d. R. nur ein- bis zweigeschossig sind. Bei diesen Gebäudetypen ist stärker von Bedeutung, ob vorhandene **Dach-** und/oder **Kellergeschosse** für Wohnzwecke **genutzt** werden oder nicht. So haben Einfamilienhäuser mit für Wohnzwecke ausgebautem Dachraum eine geringere Stoffintensität als Einfamilienhäuser, deren Dachraum Nebennutzungen dient. Des Weiteren ist bei Einfamilienhäusern von Bedeutung, ob sie als frei stehende Einzel- oder als Doppel- bzw. Reihenhäuser ausgeführt sind. Bei gleichen Rahmenbedingungen sind Einzelhäuser stets stoffintensiver als Doppel- oder Reihenhäuser.

Im Rahmen der Einschätzung unterschiedlicher **Umweltkennwerte** sind vor allem der Kumulierte Energieaufwand, das Versauerungs- sowie das Treibhauspotenzial von Bedeutung. Die Größe dieser Umweltindikatoren wird einerseits von der Stoffintensität, d. h. der pro Quadratmeter aufgewendeten **Baustoffmenge** bestimmt. Andererseits spielt eine Rolle, wie hoch die **Umweltindikator-Grunddaten** der einzelnen Baustoffe sind, d. h., wie viel Kilowattstunden Energie, wie viel Gramm SO_2-Äquivalent bzw. wie viel Kilogramm CO_2-Äquivalent im Rahmen der Herstellung von einem Kilogramm Baustoff verbraucht bzw. emittiert werden. Je nach Ausprägung und Kombination beider Abhängigkeitsgrößen (Baustoffmenge und Grunddaten) sind die Wirkungen der einzelnen Umweltindikatoren in ihrer Größenordnung unterschiedlich.

Im Bereich der Mehrfamilienhäuser wird deutlich, dass die Werte der Umweltindikatoren mit geringer werdendem Baualter der Gebäude tendenziell leicht ansteigen. Grund dafür ist vor allem der steigende Einsatz an Baustoffen, insbesondere an Wärmedämm- und Dichtungsstoffen, die bedingt durch vielfältige energie- und emissionsintensive Herstellungsprozesse hohe Umweltindikator-Grunddaten aufweisen. Im Bereich der Einfamilienhäuser, speziell der vor 1990 errichteten Gebäude, verhält sich dies etwas anders. Hier ist die Größe der Umweltindikatoren stärker von der verwendeten Baustoffmenge abhängig, da die ausgewählten Gebäudetypen, einen kurzen Betrachtungszeitraum widerspiegeln, in dem eher die gleiche Auswahl an Baustoffen Verwendung fand.

4 Anwendung stofflich-energetischer Kennwerte auf Ebene von Bebauungsstrukturen

4.1 Verbindungselement Gebäudemix

Die im Rahmen des Baustoff-Berechnungs-Programms (BBP) ermittelten stofflich-energetischen Kennwerte unterschiedlicher Mehr- und Einfamilienhaus-Gebäudetypen lassen sich für höhere Maßstabsebenen und damit zur Abbildung des Wohnungsbestandes nutzen. Um die entsprechenden Gebäude-Kennwerte auf ausgewählte Gebiete, wie Quartiere, Stadtteile, Städte, Regionen, Bundesländer etc., um- bzw. hochrechnen zu können, ist der so genannte Gebäudemix zu bestimmen. D. h., es muss ermittelt werden, welche Gebäudetypen zu welchen Anteilen in dem zu betrachtenden Gebiet vorhanden sind.

Bei der Ermittlung des Gebäudemixes für städtische Teilräume wird im Allgemeinen wie folgt vorgegangen. Die in dem betrachteten Gebiet vorhandenen Gebäude werden Mehr- sowie Einfamilienhaus-Gebäudetypen zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt in erster Linie auf Grundlage der Merkmale Baualter, Geschossanzahl und Bauweise. Zusätzlich ist das äußere Erscheinungsbild der vorhandenen Gebäude hinsichtlich seiner Übereinstimmung mit dem zuzuordnenden Gebäudetyp zu überprüfen. Das Ergebnis ist der Gebäudemix in dem betrachteten Gebiet, z. B. Gebiet 4 der Beispielmatrix (Tab. 4-1).

Tab. 4-1: Matrix Gebäudemix – Beispieldarstellung (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

	Gebäudetypen							
	MFH-Typen				EFH-Typen			
	Typ 2 Anzahl	Typ 2 Anzahl	Typ 3 Anzahl	Typ ... Anzahl	Typ 1 Anzahl	Typ 2 Anzahl	Typ 3 Anzahl	Typ ... Anzahl
Gebiet 1	14	2	28		4		13	
Gebiet 2	5		39			12	8	
Gebiet 3		2	41		1	3	9	
Gebiet 4		7	26		4		17	
Gebiet ...								
...								

Mithilfe des Gebäudemixes sowie der stofflich-energetischen Kennwerte der einzelnen Gebäudetypen können gebietsspezifische Kennwerte errechnet werden (Abb. 4-1).

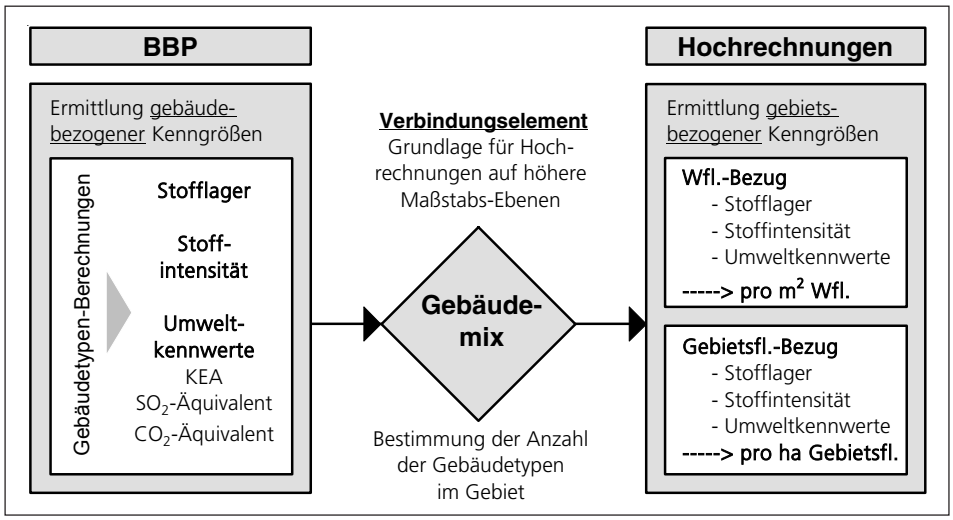


Abb. 4-1: Übertragung stofflich-energetischer Kennwerte auf höhere Maßstabsebenen – Prinzipdarstellung (Quelle: Eigener Entwurf)

Im Rahmen der Hochrechnungen werden Aussagen zum Stofflager, zur Stoffintensität und zu ausgewählten Umweltkennwerten (Kumulierter Energieaufwand, Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial) sowohl bezogen auf die Wohnfläche[3] im betrachteten Gebiet als auch bezogen auf eine Wohngebietsfläche, z. B. das Netto-Wohnbauland (NWBL), ermittelt.

Am Beispiel von zwei Mittelstädten (Freiberg, Zittau) sowie einer Großstadt (Leipzig) wurden entsprechende Hochrechnungen durchgeführt. Zur Vereinfachung der empirischen Vorgehensweise wurden die Beispielstädte in eine Vielzahl von Teilräumen mit möglichst ähnlicher physiognomischer Ausprägung – so genannte Stadtstrukturtypen der Wohnbebauung (SST) – gegliedert.

[3] Die auf Gebäude-Ebene verwendete Bezugsgröße Hauptnutzfläche wird gegen den Begriff Wohnfläche ersetzt. Da auf städtischer Ebene Gebiete mit Wohnnutzung allgemein als Wohnbauflächen bezeichnet werden (BauNVO 1999), wird auch die in Gebäuden der Hauptnutzung Wohnen dienende Fläche sprachlich angepasst und als Wohnfläche bezeichnet. Ein Tausch beider Begriffe ist möglich. Die innerhalb der 2. Berechnungsverordnung (BV/II. 2002 a und b) ermittelte Wohnfläche kann alternativ zur nach DIN 277 berechneten Hauptnutzfläche eingesetzt werden.

4.2 Stofflich-energetische Kennwerte für Stadtstrukturtypen der Wohnbebauung

4.2.1 Stadtstrukturtypen und Gebäudemix

Die Stadtstrukturtypologie gliedert eine Stadt aufgrund von physiognomischen Ähnlichkeiten in charakteristische Teilräume, die so genannten Stadtstrukturtypen (SST). Stadtstrukturtypen sind bezüglich der Art und Dichte der Bebauung sowie der Freiflächenausprägung weitgehend homogene Gebiete im städtischen Raum (Kötitz, Schiller 2000). Sie lassen sich nach Nutzungsarten unterscheiden. Innerhalb der vorliegenden Untersuchungen sind die **Stadtstrukturtypen** der **Wohnbebauung** von Interesse. Sie werden in zehn verschiedene Typen differenziert. Diese sind (Tab. 4-2):

- geschlossene Blockrandbebauung (Typ A),
- offene Blockrandbebauung (Typ B),
- geschlossene Blockbebauung (Typ C),
- offene Blockbebauung (Typ D),
- Zeilenbebauung (Typ E),
- Ein-/Zweifamilienhausbebauung (Typ F),
- Villen (Typ G),
- Großwohnsiedlungen (Typ H),
- Plattenbauwohnsiedlungen (Typ I),
- ehemalige Dorfkerne (Typ J).

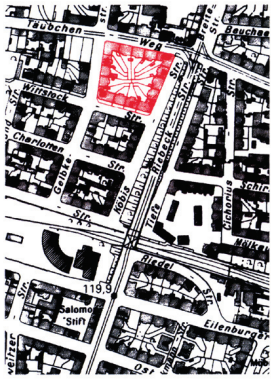
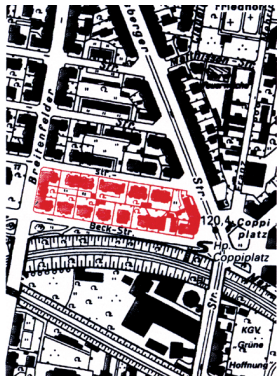
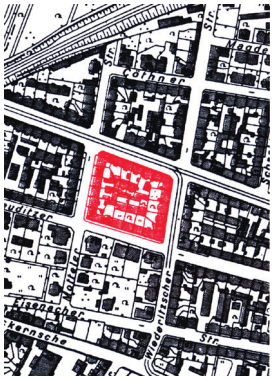
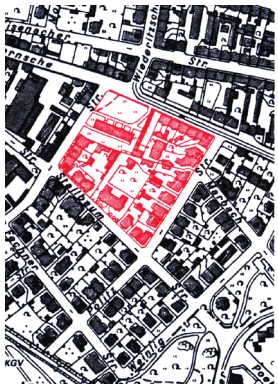
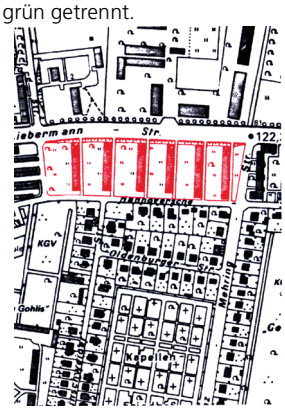
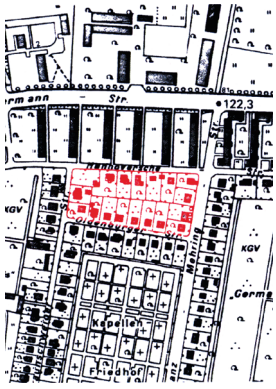
Von diesen Stadtstrukturtypen wird im Rahmen der Untersuchungen ausgegangen. Als Beispielstädte wurden die Mittelstädte Freiberg und Zittau sowie die Großstadt Leipzig gewählt.

Zu Beginn der Untersuchungen wurden die drei Beispielstädte flächendeckend analysiert und in die verschiedenen Stadtstrukturtypen untergliedert. Dabei zeigte sich, dass der Stadtstrukturtyp ehemalige Dorfkerne in keiner der drei Städte ausgeprägt vorhanden ist. Er bleibt daher durchgängig unberücksichtigt.

Die geschlossene Blockrandbebauung ist nur in der Großstadt Leipzig vertreten, in den beiden Mittelstädten kommt dieser Stadtstrukturtyp nicht vor.

Die geschlossene Blockbebauung ist in allen drei Beispielstädten vorhanden. In Freiberg tritt dieser Stadtstrukturtyp mit stark unterschiedlichen Bebauungsdichten auf. Er wurde daher in drei verschiedenen Gebieten erhoben. Die erhobenen Daten wurden gemittelt.

Tab. 4-2: Stadtstrukturtypen der Wohnbebauung (Quelle: Deilmann 2001)

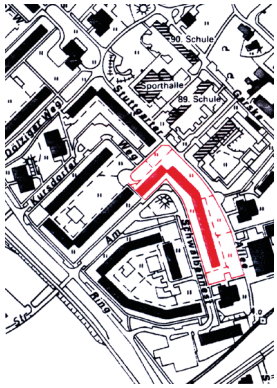
Geschlossene Blockrandbebauung (Typ A) Bebauung, die bandartig den Block umläuft, ohne bebauten Innenbereich, i. d. R. ohne seitlichen Grenzabstand. 	**Offene Blockrandbebauung (Typ B)** Baulich nicht miteinander verbundene Einzel-/Doppelhäuser oder Häusergruppen (Gebäude mit seitlichem Grenzabstand, § 22 BauNVO), die bandähnlich den Block umlaufen. 	**Geschlossene Blockbebauung (Typ C)** Verdichtete mehrgeschossige Bebauung eines Blocks bzw. geschlossene Blockrandbebauung mit bebautem Hofbereich (Hinterhäuser/Seitenflügel). 
Offene Blockbebauung (Typ D) Offene Bebauung mit hellen, nicht allseitig umschlossenen Hinterhöfen mit bebautem Hofbereich. Zu diesem Typ werden auch Blöcke gezählt, deren Struktur relativ ungeordnet ist und weder als „geschlossen" noch als „Randbebauung" bezeichnet werden kann. 	**Zeilenbebauung (Typ E)** Gebäude/Hausgruppen (mehrgeschossig) mit erheblichem Winkel zur Straße (zeilenförmig angeordnete halboffene Bebauung) und straßenbegleitend angeordnete mehrgeschossige Gebäude/Hausgruppen mit mehreren Hauseingängen. Die Zeilen sind voneinander bzw. von der Straße durch Abstandsgrün getrennt. 	**Ein-/Zweifamilienhausbebauung (Typ F)** Ein-, zweigeschossige Gebäude mit umfangreichem Gartengrün (freistehend und Reihenhäuser). 

Villen
(Typ G)

Die Struktur der oft großzügig angelegten Villenbebauung gleicht der Ein- und Zweifamilienhausbebauung. Die Gebäude sind jedoch meist repräsentativ gestaltet: Die meist größeren Grünflächen sind von parkähnlicher Gestalt und unterliegen weniger einer Gartennutzung.

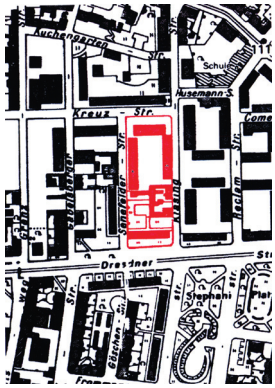
Großwohnsiedlungen
(ab ca. 2 500 WE)
(Typ H)

Vier- bis zwölfgeschossige Anlagen regelmäßiger Anordnung (ab ca. 2 500 WE, i. d. R. Plattenbau) im Randbereich von Mittel- und Großstädten. Meist in halboffener Bauweise errichtet. Der Innenhof wird oft nur von zwei Seiten von baulich miteinander verbundenen Gebäuden eingeschlossen.



Plattenbauwohnsiedlungen
(Typ I)

Regelmäßig angeordnete Wohngebäudekomplexe in Plattenbauweise (i. d. R. innerstädtisch). Die Abgrenzung vom Typ Großwohnsiedlung erfolgt durch die Gebietsgröße (ca. 2 500 WE). Die Abgrenzung zum Typ Zeilenbebauung erfolgt durch den vorherrschenden Gebäudetyp (Plattenbau). Die „Altstadtplatte" ist in diesem Typ nicht enthalten, sondern findet sich in den SST A-D wieder.



Ehemalige Dorfkerne
(Typ J)

Ein- und Zweifamilienhausbebauung auf Grundrissen ehemaliger Dorfkerne.

Des Weiteren muss vorangestellt werden, dass in Freiberg der Stadtstrukturtyp Ein-/Zweifamilienhausbebauung und in Zittau die Großwohnsiedlungen nicht vertreten sind.

Um den Erhebungsaufwand in einem vertretbaren Umfang zu halten, wurden für die verschiedenen Stadtstrukturtypen in den Beispielstädten ausgewählte Gebietsausschnitte, i. d. R. ein Straßengeviert, detaillierter analysiert. Da die Gebietsausschnitte jeweils einen Stadtstrukturtyp repräsentieren, kann der für die Gebietsausschnitte ermittelte Gebäudemix als Gebäudemix des jeweiligen Stadtstrukturtyps interpretiert werden. In diesem Sinne wurde der Gebäudemix unterschiedlicher Stadtstrukturtypen für die drei Beispielstädte bestimmt (Schiller, Gruhler 2000) (Tab. 4-3).

Tab. 4-3: Gebäudemix unterschiedlicher SST in den Beispielstädten Freiberg, Zittau und Leipzig (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Stadtstrukturtypen		Gesamtanzahl	Gebäudetypen[4]										
			IMF 1	IMZ 2	IMZ 3	IMZ 4	IMZ 5	IMI 1	IMI 2	EFH I	EFH II	EFH III	EFH IV
Freiberg													
Typ B	offene Blockrandbebauung	15				15							
Typ C	geschlossene Blockbebauung	35		24	11								
Typ D	offene Blockbebauung	30		30									
Typ E	Zeilenbebauung	15						15					
Typ G	Villen	15				15							
Typ H	Großwohnsiedlungen	47							47				
Typ I	Plattenbauwohnsiedlungen	52						52					
Zittau													
Typ B	offene Blockrandbebauung	16		15			1						
Typ C	geschlossene Blockbebauung	42		42									
Typ D	offene Blockbebauung	28		24	2	2							
Typ E	Zeilenbebauung	28						28					
Typ F	Ein-/Zweifamilienhausbebauung	68									64	1	3
Typ G	Villen	20				20							
Typ I	Plattenbauwohnsiedlungen	27						27					
Leipzig													
Typ A	geschlossene Blockrandbebauung	15		1	14								
Typ B	offene Blockrandbebauung	17		1	14	1	1						
Typ C	geschlossene Blockbebauung	42			42								
Typ D	offene Blockbebauung	22		1	20		1						
Typ E	Zeilenbebauung	6					6						
Typ F	Ein-/Zweifamilienhausbebauung	17									5	12	
Typ G	Villen	21		21									
Typ H	Großwohnsiedlungen	17							17				
Typ I	Plattenbauwohnsiedlungen	21		3			4		14				

[4] Bei den Einfamilienhäusern wurde auf die Typologie des Öko-Institutes (UBA 1999) zurückgegriffen.

4.2.2 Stoffkennwerte für Stadtstrukturtypen – Stoffintensität

Wohnflächenbezogene Stoffintensität der Stadtstrukturtypen

Die wohnflächenbezogene Stoffintensität der Stadtstrukturtypen wird aus der Stoffintensität der Gebäudetypen und ihrer Häufigkeit abgeleitet. Je nach dem, wie häufig die jeweiligen Gebäudetypen im Stadtstrukturtyp vertreten sind, lassen sich ihre prozentualen Anteile am Stadtstrukturtyp bestimmen. Diese prozentualen Anteile werden mit der im Baustoff-Berechnungs-Programm ermittelten Stoffintensität der Gebäudetypen multipliziert und anschließend zu einer Gesamtstoffintensität, die der des Stadtstrukturtyps entspricht, zusammengefasst (Tab. 4-4).

Tab. 4-4: Ermittlung der wohnflächenbezogenen Stoffintensität eines SST – Beispiel: Zittau, offene Blockbebauung (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

SST: Offene Blockbebauung (Typ D)		Summe Gebäude	IMZ 2	IMZ 3	IMZ 4
Stoffintensität	t/m² Wfl.		2,90	2,54	2,38
Anzahl	absolut	28	24	2	2
Anzahl	%	100	86	7	7
Stoffintensität, anteilig	t/m² Wfl.		2,49	0,18	0,17
Stoffintensität des SST in t/m² Wfl.			2,84		

Diesem Prinzip entsprechend wurde für alle Stadtstrukturtypen die wohnflächenbezogene Stoffintensität ermittelt (Tab. 4-5, Abb. 4-2).

Tab. 4-5: Wohnflächenbezogene Stoffintensität unterschiedlicher SST in den Beispielstädten Freiberg, Zittau und Leipzig (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Stadtstrukturtypen		Stoffintensität in t/m² Wfl.		
		Freiberg	Zittau	Leipzig
Typ A	geschlossene Blockrandbebauung			2,57
Typ B	offene Blockrandbebauung	2,38	2,86	2,53
Typ C	geschlossene Blockbebauung	2,84	2,90	2,54
Typ D	offene Blockbebauung	2,90	2,84	2,54
Typ E	Zeilenbebauung	2,07	2,07	2,16
Typ F	Ein-/Zweifamilienhausbebauung		3,77	3,64
Typ G	Villen	2,38	2,38	2,90
Typ H	Großwohnsiedlungen	1,95		1,95
Typ I	Plattenbauwohnsiedlungen	2,07	2,07	2,31

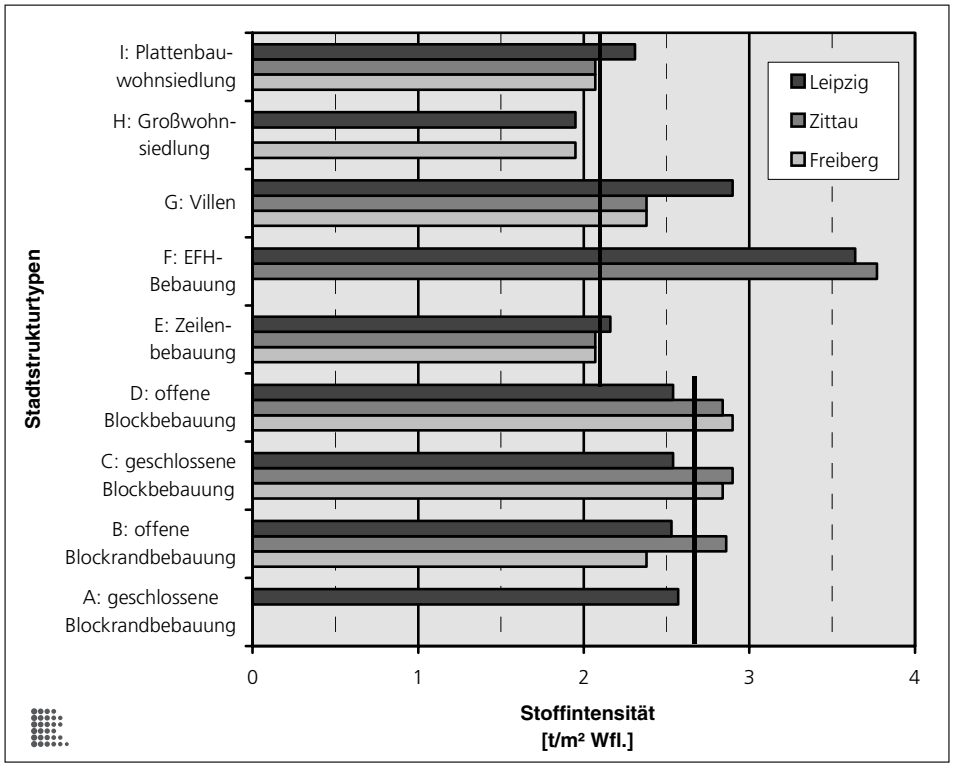


Abb. 4-2: Wohnflächenbezogene Stoffintensität unterschiedlicher SST – Beispielstädte Freiberg, Zittau und Leipzig im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Die wohnflächenbezogene Stoffintensität ist in den Stadtstrukturtypen geschlossene und offene Blockrandbebauung (Typ A und B) sowie geschlossene und offene Blockbebauung (Typ C und D) ähnlich ausgeprägt. Sie beträgt im Durchschnitt 2,7 t/m² Wfl. Trotz dieser Ähnlichkeiten lassen sich Unterschiede zwischen den beiden Mittelstädten und der Großstadt Leipzig feststellen. So ist die Stoffintensität in Freiberg und Zittau um ca. 0,3 t/m² Wfl. größer als in Leipzig. Grund dafür sind die in den Stadtstrukturtypen vorhandenen Gebäudetypen. In den Mittelstädten werden die Stadtstrukturtypen vorrangig durch zwei- bis dreigeschossige Ziegelbauten gebildet (Gebäudetyp IMZ 2). Diese sind baustoffintensiver, d. h., weisen mehr Tonnage pro m² Wfl. auf als die viergeschossigen Ziegelbauten (Gebäudetyp IMZ 3), die in Leipzig hauptsächlich die Blockstrukturen prägen[5]. In diesem Zusammenhang wird deutlich, dass in den vorgründer- und gründerzeitlichen Bebauungen die Geschossigkeit einen Einfluss auf das Ausmaß der Stoffintensität hat. So sind Mittelstädte im Allge-

[5] Ausnahme bildet die offene Blockrandbebauung in Freiberg. Dort wird der SST durch Gebäudetypen jüngeren Baualters, die weniger baustoffintensiv sind als der IMZ 2, gebildet.

meinen kleinformatiger und niedriger bebaut und haben eine höhere Stoffintensität, wohingegen Großstädte größere und höhere bauliche Strukturen aufweisen und damit weniger stoffintensiv sind.

Bei den Stadtstrukturtypen Zeilenbebauung (Typ E), Großwohnsiedlung (Typ H) und Plattenbauwohnsiedlung (Typ I) ist die wohnflächenbezogene Stoffintensität mit durchschnittlich 2,1 t/m² Wfl. wieder ähnlich ausgeprägt. Trotzdem sind speziell in den Stadtstrukturtypen Zeilenbebauung und Plattenbauwohnsiedlung leichte Unterschiede zwischen den beiden Mittelstädten und der Großstadt vorhanden. Die Mittelstädte Freiberg und Zittau haben in diesen Stadtstrukturtypen eine um ca. 0,2 t/m² Wfl. geringere Stoffintensität als Leipzig. Die Gründe für diese Abweichungen sind wiederum im Gebäudemix zu finden. Während die Plattenbauwohnsiedlungen, z. B. in Freiberg und Zittau, überwiegend aus Gebäuden in Block- und Streifenbauweise bestehen (Gebäudetyp IMI 1), ist der Mix an Gebäuden in Leipzig heterogener. Neben Plattenbauten jüngeren Baualters mit relativ geringer Stoffintensität (Gebäudetyp IMI 2) finden sich Nachkriegs- (Gebäudetyp IMZ 5) sowie gründerzeitliche Bebauungen (Gebäudetyp IMZ 2) mit demgegenüber höheren wohnflächenbezogenen Stoffintensitäten.

Die Ein-/Zweifamilienhaus-Gebiete (Typ F) weisen die höchste wohnflächenbezogene Stoffintensität auf. Mit 3,7 t/m² Wfl. liegen sie deutlich über den Werten der Stadtstrukturtypen, die durch Mehrfamilienhäuser gebildet werden.

Netto-Wohnbauland-bezogene Stoffintensität der Stadtstrukturtypen

Eine wichtige Bezugsgröße im Städtebau ist das Netto-Wohnbauland (NWBL). Wesentliche städtebauliche Kenngrößen, wie die Grundflächenzahl (GRZ)[6] und die Geschossflächenzahl (GFZ)[7], beziehen sich auf das Netto-Wohnbauland. Das Netto-Wohnbauland umfasst die Summe der Grundstücke, die mit Wohngebäuden bebaut sind oder bebaut werden sollen, und setzt sich aus überbauter Grundstücksfläche, Hof, Garten, grundstückseigenen Zugangswegen und grundstückseigenen Kfz-Einstellplätzen zusammen (Müller 1978, 126). In Annäherung kann das Netto-Wohnbauland eines Gebietes der Summe der Grundstücksflächen in dem Gebiet gleichgesetzt werden.

Im Rahmen der Ermittlung der Netto-Wohnbauland-bezogenen Stoffintensität der Stadtstrukturtypen wurde wie folgt vorgegangen (Tab. 4-6).

---

[6] Die Grundflächenzahl (GRZ) ist der Quotient aus der Grundfläche in m² und der Grundstücksfläche (BauNVO, § 19, Abs. 1).

[7] Die Geschossflächenzahl (GFZ) ist der Quotient aus der Geschossfläche in m² und der Grundstücksfläche (BauNVO, § 20, Abs. 2).

Tab. 4-6: Rechenverfahren zur Ermittlung der NWBL-bezogenen Stoffintensität (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Nr.	Berechnungsschritt	Formel
1	Geschossflächenbezogene Stoffintensität der Gebäudetypen	SI_{GF}-G = SL-G / GF-G
2	Mittlere geschossflächenbezogene Stoffintensität der SST	$\overline{SI_{GF}\text{-}SST} = \sum SI_{GF}\text{-}G_i * q_i$
3	Geschossfläche der SST	GF-SST = $\sum GR_i * \overline{G}$
4	Stofflager der SST	SL-SST = $\overline{SI_{GF}\text{-}SST}$ * GF-SST
5	NWBL-bezogene Stoffintensität der SST	SI_{NWBL}-SST = SL-SST / NWBL

Legende:

SI_{GF}-G	Geschossflächenbezogene Stoffintensität der Gebäudetypen
SL-G	Stofflager der Gebäudetypen
GF-G	Geschossfläche der Gebäudetypen
$\overline{SI_{GF}\text{-}SST}$	Mittlere geschossflächenbezogene Stoffintensität der SST
q	Prozentuale Anteile der Gebäudetypen im SST (Gebäudemix)
GF-SST	Geschossfläche der SST
GR	Grundfläche der SST
$\overline{G}$	Mittlere Geschossigkeit der SST
SL-SST	Stofflager der SST
SI_{NWBL}-SST	NWBL-bezogene Stoffintensität der SST

In einem ersten Schritt **(1)** wird die geschossflächenbezogene Stoffintensität der in den jeweiligen Stadtstrukturtypen vertretenen Gebäudetypen bestimmt. Dies erfolgt jeweils durch Division des Stofflagers der einzelnen Gebäudetypen durch ihre Geschossfläche.

In einem zweiten Schritt **(2)** wird die mittlere geschossflächenbezogene Stoffintensität der Stadtstrukturtypen ermittelt. In diesem Zusammenhang ist der Gebäudemix im Stadtstrukturtyp von Bedeutung. So werden die geschossflächenbezogenen Stoffintensitäten der im Gebietsausschnitt vorhandenen Gebäudetypen mit den prozentualen Anteilen der Häufigkeit ihres Vorkommens im Stadtstrukturtyp multipliziert und abschließend zur mittleren Stoffintensität des Stadtstrukturtyps zusammengefasst.

Nach Ermittlung der mittleren geschossflächenbezogenen Stoffintensität der Stadtstrukturtypen ist die Geschossfläche im Stadtstrukturtyp **(3)** zu bestimmen. Dazu werden alle überbauten Flächen (Grundflächen) mit der mittleren Geschossigkeit im Stadtstrukturtyp multipliziert.

An dieser Stelle des Verfahrens lassen sich Ungenauigkeiten in den Berechnungen nicht völlig ausschließen. Ungenauigkeiten bzw. Unsicherheiten können sich im Wesentlichen ergeben aus:

– der Größe der Bandbreite der Geschossigkeit im Gebiet (je größer die Bandbreite, umso größere Abweichungen können sich durch Ansatz der mittleren Geschossigkeit ergeben),

– den Abweichungen der Flächenverhältnisse der real vorhandenen Gebäude gegenüber den verwendeten Gebäudetypen (Verhältnis der Bauteilflächen zur Geschossfläche bestimmt bei angenommener Konstruktionsweise und Dimensionierung wesentlich die geschossflächenbezogene Stoffintensität),
– dem Anteil der überbauten Flächen von Nichtwohngebäuden (diese Flächen sind mit in der Gesamtgrundfläche berücksichtigt und gehen über die mittlere Geschossigkeit mit in die Gesamtgeschossfläche des Gebietes ein).

Nach Abschluss der Rechenschritte (2) und (3) wird das Stofflager der Stadtstrukturtypen **(4)** durch Multiplikation der mittleren geschossflächenbezogenen Stoffintensität der Stadtstrukturtypen mit der Geschossfläche der Stadtstrukturtypen bestimmt.

Im fünften und letzten Schritt **(5)** wird das Stofflager der Stadtstrukturtypen durch das Netto-Wohnbauland dividiert und somit die Netto-Wohnbauland-bezogene Stoffintensität der Stadtstrukturtypen abgeleitet.

Diesem Prinzip entsprechend wurde für alle Stadtstrukturtypen die Netto-Wohnbauland-bezogenen Stoffintensität ermittelt (Tab. 4-7).

Tab. 4-7: NWBL-bezogene Stoffintensität unterschiedlicher SST in den Beispielstädten Freiberg, Zittau und Leipzig (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Stadtstrukturtypen		Stoffintensität in t/ha NWBL		
		Freiberg	Zittau	Leipzig
Typ A	geschlossene Blockrandbebauung			41 100
Typ B	offene Blockrandbebauung	21 400	12 900	24 300
Typ C	geschlossene Blockbebauung	53 200	38 700	39 500
Typ D	offene Blockbebauung	30 200	12 200	24 700
Typ E	Zeilenbebauung	8 300	12 500	16 800
Typ F	Ein-/Zweifamilienhausbebauung		3 100	6 200
Typ G	Villen	4 600	6 600	7 300
Typ H	Großwohnsiedlungen	16 500		21 600
Typ I	Plattenbauwohnsiedlungen	16 600	21 300	24 500

Die Netto-Wohnbauland-bezogene Stoffintensität ist eine städtebauliche Größe. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, unterschiedliche Stadtstrukturtypen hinsichtlich ihrer Bebauungsdichte einzuschätzen und zu bewerten (Abb. 4-3).

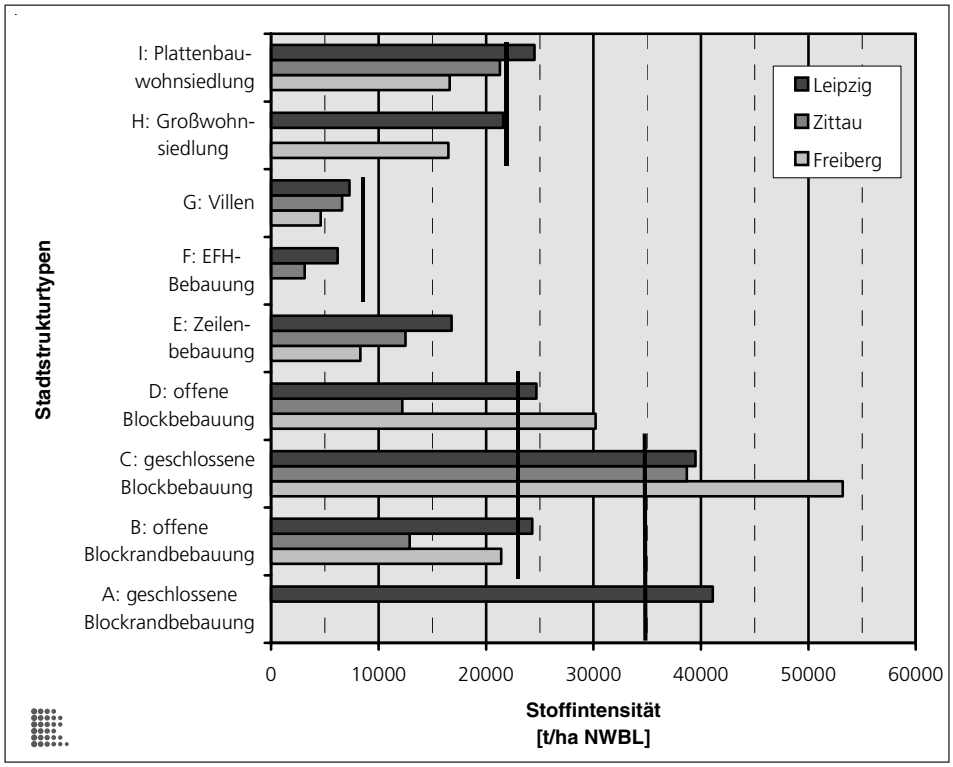


Abb. 4-3: NWBL-bezogene Stoffintensität unterschiedlicher SST – Beispielstädte Freiberg, Zittau und Leipzig im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Die Netto-Wohnbauland-bezogene Stoffintensität wird durch die Bebauungsdichte bestimmt. Im Rahmen der Betrachtung der Stadtstrukturtypen geschlossene und offene Blockrandbebauung (Typ A und B) sowie geschlossene und offene Blockbebauung (Typ C und D) wird dieser Zusammenhang speziell am Beispiel der Großstadt Leipzig deutlich. Die geschlossenen und damit dichter bebauten Blockstrukturen haben stets eine höhere Stoffintensität als die offenen, weniger dicht bebauten Strukturen. Die Differenz macht in Leipzig ca. 15 000 t/ha NWBL aus, im Durchschnitt liegt sie bei 20 000 t/ha NWBL. Innerhalb der geschlossenen (Typ A und C) bzw. der offenen (Typ B und D) Blockstrukturen weist die Stoffintensität vom Grundsatz her jeweils ähnliche Werte auf, obwohl die Streuung zwischen den Städten teilweise erheblich ist. Trotz dieser Streuung lassen sich in den vorgründer- und gründerzeitlichen Blockstrukturen keine charakteristischen Unterschiede zwischen den Mittelstädten und der Großstadt erkennen. Eine Besonderheit der Mittelstädte ist im Stadtstrukturtyp geschlossene Blockbebauung die überwiegend vorgründerzeitliche Bebauung der Innenstadt. Diese weist in Zittau eine mit der Bebauung der Großstadt Leipzig vergleichbare Dichte auf und liegt in Freiberg teilweise noch weit darüber.

Die Stadtstrukturtypen Zeilenbebaung, Ein-/Zweifamilienhaus-Bebauung, Villen, Großwohnsiedlung und Plattenbauwohnsiedlung weisen durchgängig geringere Netto-Wohnbauland-bezogene Stoffintensitäten auf als die Blockstrukturen, wobei die Stoffintensitätswerte der Großwohn- und Plattenbauwohnsiedlungen mit ca. 20 000 t/ha NWBL denen der offenen Blockstrukturen (21 000 t/ha NWBL) ähneln. Die geringsten Stoffintensitätswerte sind aufgrund der geringen Bebauungsdichte in den Ein-/Zweifamilienhaus- und den Villengebieten mit durchschnittlich 5 500 t/ha NWBL zu verzeichnen. Grundsätzlich ist bei den genannten Stadtstrukturtypen ein deutliches Gefälle zwischen den beiden Mittelstädten und der Großstadt zu erkennen. In Leipzig sind die einzelnen Stadtstrukturtypen stets dichter, mit geringerem Freiflächenanteil ausgebildet als in Freiberg und Zittau.

Wie eingangs erläutert, wird die Netto-Wohnbauland-bezogene Stoffintensität von der Bebauungsdichte bestimmt. Zwischen der Stoffintensität in t/ha NWBL und der die Bebauungsdichte widerspiegelnden Geschossflächenzahl (GFZ) besteht ein nahezu linearer Zusammenhang. Dieser lässt sich mithilfe einer Trendgeraden abbilden (Abb. 4-4).

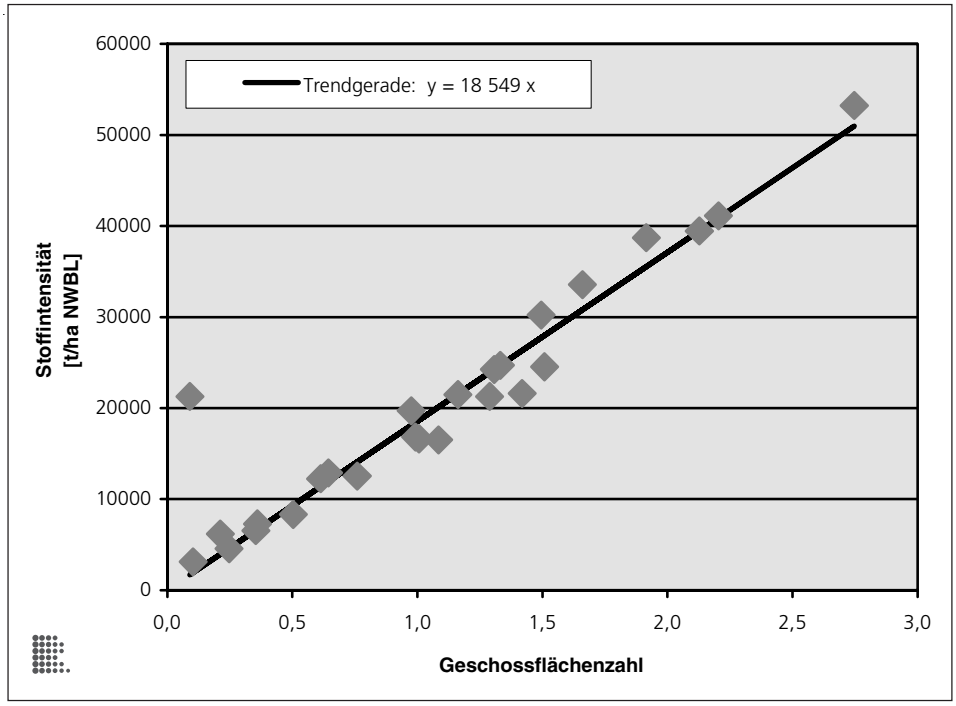


Abb. 4-4: NWBL-bezogene Stoffintensität unterschiedlicher SST in Abhängigkeit der GFZ – Beispielstädte Freiberg, Zittau und Leipzig (Quelle: Eigener Entwurf)

Mithilfe einer Regressionsanalyse wurde eine Trendgerade über die in den Beispielstädten für die einzelnen Stadtstrukturtypen ermittelten Stoffintensitätswerte gelegt.

Die Gleichung der Trendgeraden lautet y = 18 549 x. Aus dem Anstieg der ermittelten Ausgleichsgeraden kann für den betrachteten Wertebereich die Stoffintensität in t/ha NWBL überschlägig ermittelt werden. Demnach entsprechen 0,1 Punkte Geschossflächenzahl einem Stofflager von ca. 1 900 t/ha NWBL. Dieser Zusammenhang kann als erster Orientierungswert zur Abschätzung gebietsbezogener Stoffintensität herangezogen werden.

4.2.3 Energiekennwerte für Stadtstrukturtypen – Kumulierter Energieaufwand

Ausgangspunkt der energetischen Betrachtungen auf Stadtstrukturtypen-Ebene ist der Kumulierte Energieaufwand (KEA) von Gebäuden. Er gibt die Gesamtheit des primärenergetisch bewerteten Aufwandes an, der im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Beseitigung von Gebäuden entsteht bzw. diesen ursächlich zugewiesen werden kann. Er setzt sich dementsprechend aus den kumulierten Energieaufwendungen für die Herstellung (KEA_H), für die Nutzung (KEA_N) und für die Entsorgung (KEA_E) zusammen (vgl. VDI 4600).

Der Kumulierte Energieaufwand, der für die Herstellung von Gebäuden erforderlich ist (KEA_H), bildet, vereinfacht betrachtet, die in den Gebäuden vergegenständlichte Energie ab. Obwohl im Rahmen der Gebäudeherstellung Festlegungen hinsichtlich der zu verwendenden Baustoffe und Baukonstruktionen getroffen werden und diese maßgeblichen Einfluss auf die folgende Gebäudenutzung und später die Entsorgung haben, nimmt der Kumulierte Energieaufwand für die Herstellung KEA_H selbst einen relativ geringen Anteil am KEA-Gesamtwert ein. Größenordnungsmäßig liegt der Anteil des KEA_H am KEA-Gesamtwert bei 10 bis 15 %. Die Anteile für die Nutzung dagegen betragen ca. 75 bis 85 %. Für die Instandhaltung ergeben sich Anteile von 2 bis 7 %, für den Abriss und die Entsorgung Anteile von 2 bis 4 % (Geiger 1991 und 1993; Kloft 1998).

Der Kumulierte Energieaufwand für die Herstellung (KEA_H) kann einen groben Überblick über den „energetischen Wert" der in den Stadtstrukturtypen vergegenständlichten Baustoffmengen (Stofflager und Stoffintensität) vermitteln. Hinsichtlich der Einschätzung und Bewertung möglicher stadtstruktureller Entwicklungen bietet die Analyse des KEA_H die Möglichkeit, den IST-Zustand nahezu vollständig zu beschreiben und damit entwicklungsbedingte Veränderungen zu verdeutlichen.

Die Ermittlung des KEA_H erfolgte im Rahmen des Baustoff-Berechnungs-Programms durch Verknüpfung der Stoffdaten der Gebäudetypen mit den entsprechenden Da-

ten der GEMIS-Datenbank (GEMIS 1998 und 1999). Dabei waren folgende Vereinfachungen notwendig:

– Betrachtet wurde nur die in den Baumaterialien vergegenständlichte Energie, also die Energie, die zur Herstellung der Baustoffe erforderlich ist.
– Die Systemgrenze ist stets das Werkstor der Baustoff- bzw. Bauelement-Hersteller. Transporte zur Baustelle und Aufwendungen für den Bauprozess[8] sind nicht enthalten.
– Mangels Daten wurden die für die Haustechnik notwendigen Energieaufwendungen[9] ausgeklammert.

Im Ergebnis des Baustoff-Berechnungs-Programms liegen, unter Beachtung der eben beschriebenen Vereinfachungen, Aussagen zum Kumulierten Energieaufwand für die Herstellung KEA_H auf Gebäudetypen-Ebene vor (Tab. 4-8).

Tab. 4-8: Absoluter und spezifischer KEA_H unterschiedlicher Gebäudetypen (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Gebäudetypen		KEA_H		
		GJ	kWh/m² Wfl.	GJ/m² Wfl.
Mehrfamilienhäuser	IMF 1	1 921	1 342	4,83
	IMZ 2	2 283	1 634	5,88
	IMZ 3	2 638	1 411	5,08
	IMZ 4	2 798	1 535	5,53
	IMZ 5	2 856	1457	5,25
	IMI 1	2 560	1 548	5,57
	IMI 2	3 561	1 706	6,14
Einfamilienhäuser	EFH I	587	1 831	6,59
	EFH II	589	2 126	7,65
	EFH III	610	1 904	6,86
	EFH IV	777	1 861	6,70

[8] Während die stofflichen Aufwendungen für den Bauprozess selbst (nicht Baustoffherstellung) eher als gering einzuschätzen sind, ist der für den Bauprozess notwendige Energieaufwand von wesentlich größerer Bedeutung. Untersuchungen am Beispiel von Verwaltungsgebäuden ergaben einen Energieanteil des Bauprozesses am KEA für die Gebäudeerstellung KEA_H von ca. 30 % (Kloft 1998, 144 ff.).

[9] Untersuchungen von Kloft ergaben einen durchschnittlichen Anteil des Primärenergieinhaltes der Haustechnik am Gesamtgebäude von 6 % für EFH und 9 % für MFH (Kloft 1998, 55).

Wohnflächenbezogener KEA_H der Stadtstrukturtypen

Der wohnflächenbezogene KEA_H der Stadtstrukturtypen wird aus den KEA_H-Werten der Gebäudetypen abgeleitet. Dabei kommt, wie bereits bei der Ermittlung der Stoffintensität der Stadtstrukturtypen, der Gebäudemix zur Anwendung (vgl. Tab. 4-2). Die KEA_H-Werte der Gebäudetypen werden mit dem prozentualen Anteil ihrer Häufigkeit im jeweiligen Stadtstrukturtyp multipliziert. Die so ermittelten Teil-KEA_H-Werte werden abschließend zu einer Gesamtgröße, dem KEA_H des Stadtstrukturtyps, zusammengefasst (Tab. 4-9).

Tab. 4-9: Ermittlung des KEA_H für einen SST – Beispiel: Zittau, offene Blockbebauung (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

SST: Offene Blockbebauung		Summe Gebäude	IMZ 2	IMZ 3	IMZ 4
KEA_H	GJ/m² Wfl.		5,88	5,08	5,53
Anzahl	absolut	28	24	2	2
Anzahl	%	100	86	7	7
KEA_H, anteilig	GJ/m² Wfl.		5,04	0,36	0,40
KEA_H des SST in GJ/m² Wfl.			5,80		

Diesem Prinzip entsprechend wurden für alle Stadtstrukturtypen die wohnflächenbezogenen KEA_H-Werte ermittelt (Tab. 4-10, Abb. 4-5).

Tab. 4-10: Wohnflächenbezogener KEA_H unterschiedlicher SST in den Beispielstädten Freiberg, Zittau und Leipzig (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Stadtstrukturtypen		KEA_H in GJ/m² Wfl.		
		Freiberg	Zittau	Leipzig
Typ A	geschlossene Blockrandbebauung			5,13
Typ B	offene Blockrandbebauung	5,53	5,84	5,16
Typ C	geschlossene Blockbebauung	5,75	5,88	5,08
Typ D	offene Blockbebauung	5,88	5,80	5,12
Typ E	Zeilenbebauung	5,57	5,57	5,25
Typ F	Ein-/Zweifamilienhausbebauung		7,60	7,09
Typ G	Villen	5,53	5,53	5,88
Typ H	Großwohnsiedlungen	6,14		6,14
Typ I	Plattenbauwohnsiedlungen	5,57	5,57	5,93

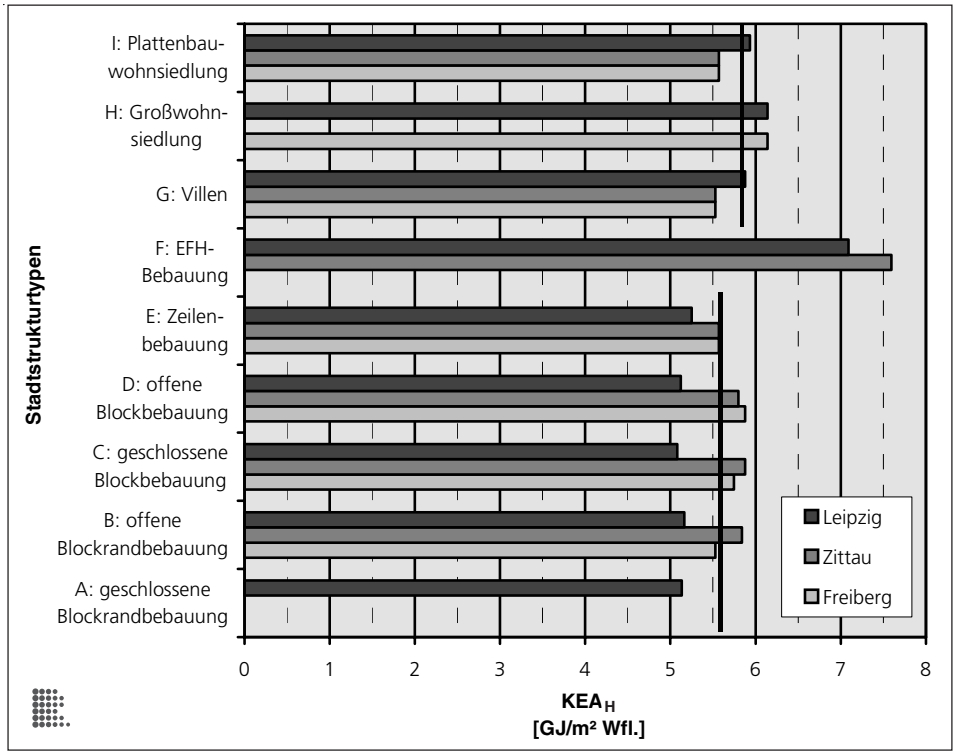


Abb. 4-5: Wohnflächenbezogener KEA_H unterschiedlicher SST – Beispielstädte Freiberg, Zittau und Leipzig (Quelle: Eigener Entwurf)

Der wohnflächenbezogene KEA_H beträgt in den Stadtstrukturtypen geschlossene und offene Blockrandbebauung (Typ A und B) sowie geschlossene und offene Blockbebauung (Typ C und D) durchschnittlich 5,5 GJ/m² Wfl. Die Blockstrukturen werden von den gründerzeitlichen Gebäudetypen IMZ 2 und IMZ 3 gebildet, wobei der kleinere, energieintensivere Typ IMZ 2 in den Mittelstädten stets zu höheren KEA_H-Werten führt.

Der Stadtstrukturtyp Zeilenbebauung (Typ E) hat den gleichen Durchschnittswert und lässt sich in die Gruppe der Blockstrukturen einordnen. Die Stadtstrukturtypen Villen (Typ G) und Plattenbauwohnsiedlung (Typ I) sind mit einem durchschnittlichen KEA_H-Wert von 5,7 GJ/m² Wfl. ebenfalls gleich energieintensiv.

Die Gründe für die Abweichungen der KEA_H-Werte der Großstadt gegenüber denen der Mittelstädte sind im Gebäudemix zu finden. So wird z. B. der Stadtstrukturtyp Villen (Typ G) in der Großstadt von energieintensiveren Gebäudetypen gebildet als in den Mittelstädten (IMZ 2 gegenüber IMZ 4). Damit ist auch der KEA_H dieses Stadtstrukturtyps in der Großstadt Leipzig größer. Beim Stadtstrukturtyp Plattenbauwohn-

siedlung (Typ I) verhält es sich ähnlich. Leipzig weist aufgrund des energieintensiveren Plattenbautyps IMI 2 höhere KEA_H-Werte auf als die Mittelstädte, in denen der Blockbautyp IMI 1 vertreten ist.

Die Ein-/Zweifamilienhaus-Gebiete (Typ F) weisen grundsätzlich den höchsten wohnflächenbezogenen KEA_H auf. Mit durchschnittlich 7,3 GJ/m² Wfl. liegen sie deutlich über den Werten der Stadtstrukturtypen, die durch Mehrfamilienhäuser gebildet werden. Die Gründe dafür sind in den Einfamilienhäusern selbst, in ihrem Verhältnis von vergegenständlichter Baumasse zu vorhandener Wohnfläche, zu finden.

Netto-Wohnbauland-bezogener KEA_H der Stadtstrukturtypen

Die Ermittlung des Netto-Wohnbauland-bezogenen KEA_H erfolgt in gleicher Art und Weise wie die unter Punkt 4.2.2 erläuterte Berechnung der Netto-Wohnbauland-bezogenen Stoffintensität. Folgende Werte wurden ermittelt (Tab. 4-11, Abb. 4-6).

Der Netto-Wohnbauland-bezogene KEA_H wird wie die Stoffintensität durch die Bebauungsdichte bestimmt.

Bei den Blockstrukturen ist ein Unterschied zwischen geschlossenen, dicht bebauten (Typ A und B) und offenen und damit weniger dicht bebauten Strukturen (Typ C und D) vorhanden. In Leipzig beträgt der Unterschied ca. 30 000 GJ/ha NWBL; im Durchschnitt liegt die Differenz bei 40 000 bis 45 000 GJ/ha NWBL. Innerhalb der einzelnen Blockstrukturen schwanken die KEA_H-Werte teilweise erheblich. Es lassen sich jedoch keine charakteristischen Unterschiede zwischen den Mittelstädten und der Großstadt erkennen.

Tab. 4-11: NWBL-bezogener KEA_H unterschiedlicher SST in den Beispielstädten Freiberg, Zittau und Leipzig (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Stadtstrukturtypen		KEA_H in GJ/ha NWBL		
		Freiberg	Zittau	Leipzig
Typ A	geschlossene Blockrandbebauung			82 100
Typ B	offene Blockrandbebauung	37 900	26 300	48 400
Typ C	geschlossene Blockbebauung	107 300	78 700	78 700
Typ D	offene Blockbebauung	61 400	24 600	49 600
Typ E	Zeilenbebauung	19 200	28 900	37 000
Typ F	Ein-/Zweifamilienhausbebauung		6 300	12 000
Typ G	Villen	8 100	11 600	14 800
Typ H	Großwohnsiedlungen	47 100		61 700
Typ I	Plattenbauwohnsiedlungen	38 400	49 100	63 300

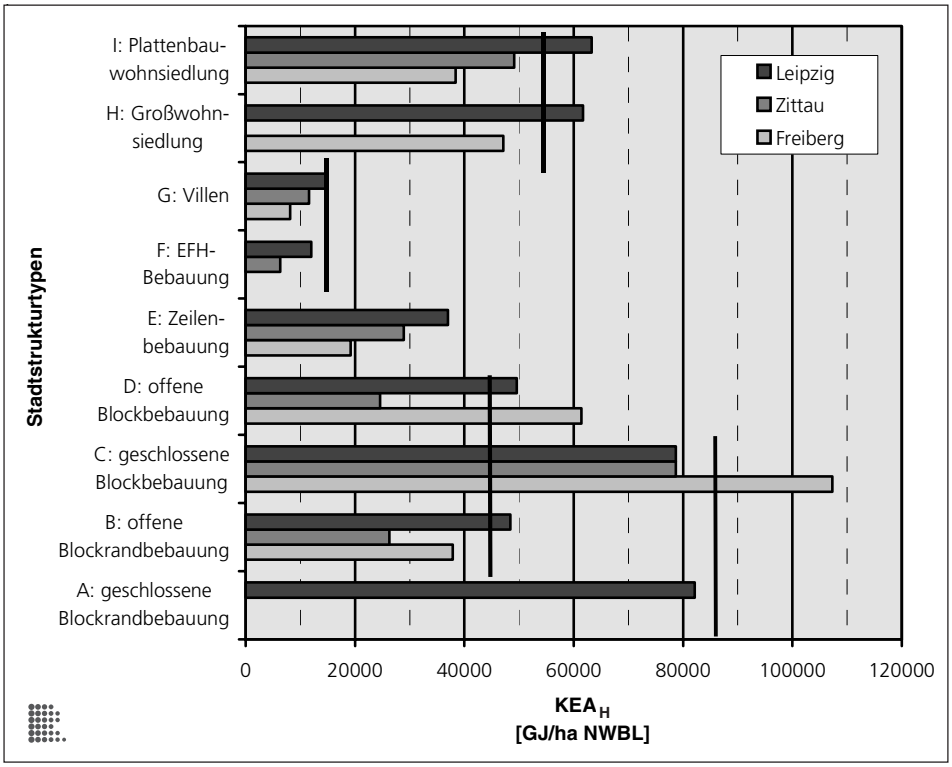


Abb. 4-6: NWBL-bezogener KEA_H unterschiedlicher SST – Beispielstädte Freiberg, Zittau und Leipzig im Vergleich (Quelle: Eigener Entwurf)

Nochmals um ca. 30 000 GJ/ha NWBL geringer sind die KEA_H-Werte in den Ein-/Zweifamilienhaus- und den Villen-Gebieten. Grundsätzlich ist bei den genannten Stadtstrukturtypen ein Gefälle zwischen den beiden Mittelstädten und der Großstadt zu erkennen. In Leipzig sind die KEA_H-Werte jeweils höher als in den Mittelstädten Freiberg und Zittau.

4.2.4 Kernaussagen

Stoffintensität

Die Stadtstrukturtypen weisen im Allgemeinen gebietscharakteristische Gebäudetypen auf. Dabei sind bei jeweils gleichen Stadtstrukturtypen in der Großstadt andere Gebäudetypen charakteristisch als in den Mittelstädten.

Die Stoffintensität der Stadtstrukturtypen, sowohl die wohnflächen- als auch die Netto-Wohnbauland-bezogene, ist in der Großstadt und den Mittelstädten nahezu

gleich groß und damit charakteristisch. Folgende überschlägliche Orientierungswerte lassen sich auf Grundlage erster empirischer Untersuchungen ableiten (Tab. 4-12).

Tab. 4-12: Wohnflächen- und NWBL-bezogene Stoffintensität – überschlägliche Orientierungswerte (Durchschnittswerte) (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Stadtstrukturtypen		Stoffintensität	
		t/m² Wfl.	t/ha NWBL
Typ A und C	geschlossene Blockrand- und Blockbebauung	2,7	43 000
Typ B und D	offene Blockrand- und Blockbebauung		21 000
Typ F	Ein-/Zweifamilienhaus-Bebauung	3,7	5 500
Typ G	Villen	2,6	
Typ E	Zeilenbebauung	2,1	12 500
Typ H und I	Groß- und Plattenbauwohnsiedlungen		20 000

Die **wohnflächenbezogene Stoffintensität** wird ausschließlich von den in den einzelnen Stadtstrukturtypen vertretenen Gebäudetypen bestimmt.

In den einzelnen Stadtstrukturtypen lassen sich im Allgemeinen charakteristische Gebäudetypen identifizieren. Sie prägen die einzelnen Strukturen.

Die offene Blockbebauung bietet sowohl in Groß- als auch in Mittelstädten eine große Varianz an Gebäudetypen. Auch in den Stadtstrukturtypen Villen und Ein-/Zweifamilienhaus-Bebauung ist aufgrund der hohen Individualität von Einzelbauwerken (Unikatcharakter) eine breite Vielfalt an Gebäudetypen zu erkennen.

In den gründerzeitlichen Blockstrukturen hat die Geschossigkeit der dort vorhandenen Gebäude Einfluss auf die Stoffintensität dieser Stadtstrukturtypen. In den Mittelstädten werden die gründerzeitlichen Blockstrukturen stärker von kleineren zwei- bis dreigeschossigen Ziegelbauten gebildet, in den Großstädten sind stärker die größeren vier- bis fünfgeschossigen Gebäudetypen vertreten.

Die **Netto-Wohnbauland-bezogene Stoffintensität** wird vorrangig durch die Bebauungsdichte bestimmt.

Innerhalb der Blockstrukturen hat die geschlossene Bebauung stets eine höhere Stoffintensität als die offene. Charakteristische Unterschiede zwischen der Großstadt und den Mittelstädten lassen sich nicht erkennen.

Die Stadtstrukturtypen Zeilenbebaung, Ein-/Zweifamilienhaus-Bebauung, Villen, Großwohnsiedlung und Plattenbauwohnsiedlung weisen durchgängig eine geringere Netto-Wohnbauland-bezogene Stoffintensität auf als die Blockstrukturen, wobei die

Stoffintensitätswerte der Großwohn- und Plattenbauwohnsiedlungen denen der offenen Blockstrukturen ähneln. Die geringsten Stoffintensitätswerte sind aufgrund der geringen Bebauungsdichte in den Ein-/Zweifamilienhaus- und den Villen-Gebieten zu verzeichnen. Grundsätzlich ist bei den genannten Stadtstrukturtypen ein deutliches Gefälle zwischen den beiden Mittelstädten und der Großstadt zu erkennen. In der Großstadt Leipzig sind die einzelnen Stadtstrukturtypen stets dichter, mit geringerem Freiflächenanteil ausgebildet als in den Mittelstädten Freiberg und Zittau.

Zwischen der Stoffintensität in t/ha NWBL und der die Bebauungsdichte beschreibenden Geschossflächenzahl besteht ein nahezu linearer Zusammenhang. Demnach entsprechen 0,1 Punkte Geschossflächenzahl in den untersuchten Stadtstrukturtypen einer Stoffintensität von ca. 1 900 t/ha NWBL. Dieses Verhältnis kann als erster Orientierungswert zur Abschätzung gebietsbezogener Stoffintensität herangezogen werden.

Kumulierter Energieaufwand für die Herstellung

Der KEA_H der Stadtstrukturtypen spiegelt die in ihnen vergegenständlichte Energie wider. Er wird auf Grundlage der in den vorhandenen Gebäuden steckenden Baustoffmengen ermittelt und bietet als wohnflächen- bzw. Netto-Wohnbauland-bezogene Größe die Möglichkeit, Stadtstrukturtypen hinsichtlich ihres vergegenständlichten Energieinhaltes („Energiedichte") einzuschätzen und zu bewerten.

Der KEA_H der Stadtstrukturtypen, sowohl der wohnflächen- als auch der Netto-Wohnbauland-bezogene, ist in der Großstadt und den Mittelstädten hinsichtlich seiner Größenordnungen ähnlich ausgeprägt und damit charakteristisch. Folgende überschlägliche Orientierungswerte lassen sich auf Grundlage erster empirischer Untersuchungen ableiten (Tab. 4-13).

Tab. 4-13: Wohnflächen- und NWBL-bezogener KEA_H – überschlägliche Orientierungswerte (Durchschnittswerte) (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Stadtstrukturtypen		KEA_H	
		GJ/m² Wfl.	GJ/ha NWBL
Typ A und C	geschlossene Blockrand- und Blockbebauung	5,5	86 500
Typ B und D	offene Blockrand- und Blockbebauung		41 500
Typ E	Zeilenbebauung		28 500
Typ F	Ein-/Zweifamilienhaus-Bebauung	7,3	10 500
Typ G	Villen	5,7	
Typ I	Plattenbauwohnsiedlungen		52 000
Typ H	Großwohnsiedlungen	6,1	

Der **wohnflächenbezogene KEA_H** wird wie die wohnflächenbezogene Stoffintensität ausschließlich von den in den Stadtstrukturtypen vertretenen Gebäudetypen bestimmt. Da er aus den die Stoffintensität prägenden Baustoffmengen abgeleitet wird, hat er eine ähnliche Ausprägung wie diese. Jedoch sind auch Unterschiede vorhanden, da nicht jeder „schwere" Baustoff automatisch ein energieintensiver ist. D. h., eine hohe Stoffintensität führt nicht immer zu einem gleichermaßen hohen KEA_H.

Die einzelnen Stadtstrukturtypen haben bis auf die Ein-/Zweifamilienhaus-Bebauung ähnliche durchschnittliche KEA_H. Trotzdem sind Unterschiede zwischen den Mittelstädten und der Großstadt vorhanden. Innerhalb der Stadtstrukturtypen geschlossene und offene Block- und Blockrandbebauung, Zeilen- sowie Ein-/Zweifamilienhausbebauung haben die Mittelstädte stets geringere KEA_H-Werte als die Großstadt. In den Villen-Gebieten sowie Plattenbau- und Großwohnsiedlungen ist es eher umgekehrt. Grund dafür sind die Kennwerte der in den Stadtstrukturtypen vertretenen Gebäudetypen.

Der **Netto-Wohnbauland-bezogene KEA_H** wird wie die Stoffintensität durch die Bebauungsdichte bestimmt.

Die geschlossenen Blockstrukturen weisen grundsätzlich die größte „Energiedichte" auf. Ihre ermittelten KEA_H-Werte sind um durchschnittlich 40 000 bis 45 000 GJ/ha NWBL höher als die der offenen Blockstrukturen und um ca. 35 000 GJ/ha NWBL höher als die der Plattenbau- und Großwohnsiedlungen. Die geringsten KEA_H-Werte sind aufgrund der geringen Bebauungsdichte in den Ein-/Zweifamilienhaus- und den Villen-Gebieten zu verzeichnen.

Innerhalb der Blockstrukturen lassen sich keine charakteristischen Unterschiede zwischen den Mittelstädten und der Großstadt erkennen. In den übrigen Stadtstrukturtypen ist ein Gefälle zwischen den beiden Mittelstädten und der Großstadt vorhanden; die Großstadt hat stets höhere KEA_H-Werte.

Zusammenfassung

Es wurden 18 repräsentative Gebäudetypen der Wohnbebauung bestimmt, **stofflich-energetische Kennwerte** ermittelt und in einer **Gebäudetypen-Dokumentation** zusammengestellt. Die einzelnen Kennwerte liefern Aussagen zu gebäudetypischen Flächen und Volumen, zu in den Gebäuden vergegenständlichten Baustoffmengen, zum Heizenergieverbrauch sowie zu möglichen Umweltwirkungen. Die Kennwerte ermöglichen Hochrechnungen für den Gebäudebestand und liefern **Grundlagen** für ein **vorausschauendes Stoffstrommanagement**. Neben dem Vergleich unterschiedlicher Gebäuderepräsentanten wurden Hochrechnungen und Analysen für Stadtstrukturtypen der Wohnbebauung durchgeführt.

Gebäudeebene

Das in den Gebäuden vergegenständlichte **Stofflager** sollte aus ökologischer Sicht langfristig genutzt und die mit der Nutzung verbundenen Stoffströme reduziert werden. Die **Stoffintensität** ist der Quotient aus dem Stofflager und einer gebäudetypischen Fläche (z. B. Hauptnutzfläche) oder einem gebäudetypischen Volumen (z. B. Brutto-Rauminhalt). Je nach Bezugsgröße variiert die Stoffintensität sowohl hinsichtlich der Größe als auch bezüglich der Unterschiede zwischen verschiedenen Gebäudetypen. Die Wahl der Bezugsgröße ist entscheidend für die Einschätzung der Gebäude. Sie eröffnet unterschiedliche Interpretationen.

Mehrfamilienhäuser haben eine **Stoffintensität in t/m² HNF** von durchschnittlich 2,2 t/m² HNF, wobei die traditionellen Gebäudetypen stets stoffintensiver sind als die industriell errichteten. Einfamilienhäuser haben mit durchschnittlich 2,8 t/m² HNF eine um 0,6 t/m² HNF (27 %) höhere Stoffintensität als Mehrfamilienhäuser. Innerhalb der Einfamilienhäuser sind wiederum die frei stehenden Einzelhäuser stoffintensiver als Doppel- bzw. Reihenhäuser.

Wird im Rahmen der Analyse der Mehr- und Einfamilienhäuser die **Stoffintensität in t/m³ BRI** betrachtet, nivellieren sich die zuvor beschriebenen Unterschiede. So sind kaum Unterschiede in der Stoffintensität der Mehr- und Einfamilienhäuser festzustellen. Auch innerhalb der Mehr- und Einfamilienhäuser haben sich die Unterschiede aufgehoben. Der „Verpackungsaufwand" für Raumvolumen im Wohnungsbau scheint einen Standard-„Preis" von ca. 0,43 t/m³ BRI zu haben.

Bei den Mehrfamilienhäusern hat die **Geschossigkeit** großen Einfluss auf die Stoffintensität. Je mehr Geschosse ein Gebäude aufweist (durchschnittliche Raumhöhe von 2,5 bis 2,7 m), umso günstiger gestaltet sich das Verhältnis von Baustoffmen-

ge zu Hauptnutzfläche, d. h. umso geringer wird die Stoffintensität. Innerhalb der Gruppe der Einfamilienhäuser wird die Stoffintensität vor allem davon bestimmt, ob vorhandene **Dach-** und/oder **Kellergeschosse** für Wohnzwecke **genutzt** werden **oder nicht**.

Vor allem wenn es darum geht, Entwicklungspotenziale von Wohngebäuden (Umbau-, Ausbau-, Umnutzungsmöglichkeiten) zu identifizieren, sind u. a. die **Flächenverhältnisse** von Bedeutung. Wohngebäude sind nur dann ressourceneffizient und nachhaltig, wenn sie flexibel auf veränderte Nutzungsansprüche „reagieren" können.

Die Unterschiede zwischen den Mehr- und Einfamilienhäusern zeigen sich vor allem bei der Analyse der **Haupt- und Nebennutzflächen**. Das Verhältnis von Haupt- zu Nebennutzfläche beträgt bei den Mehrfamilienhäusern durchschnittlich 75 zu 25 %, bei den Einfamilienhäusern 60 zu 40 %. Die Flächenverhältnisse der Geschosswohnungsbauten der Gründerzeit, die einen höheren Grad an Nebennutzflächen aufweisen, ähneln denen der Einfamilienhäuser. Dies ist u. a. ein möglicher Grund für die besondere Attraktivität von Altbauten.

Hinsichtlich der Umweltkennwerte sind sowohl die **Menge** als auch die spezifischen Umweltindikator-**Grunddaten** der verwendeten Baustoffe bestimmend. Trotz vorhandener Unterschiede zwischen den einzelnen Gebäudetypen lassen sich innerhalb der Mehr- und Einfamilienhäuser Mittelwerte für die Umweltindikatoren Kumulierter Energieaufwand, Versauerungspotenzial und Treibhauspotenzial bestimmen, wobei die Werte für Einfamilienhäuser auf den Quadratmeter Hauptnutzfläche bezogen stets höher sind.

Aus ressourcenökonomischer Sicht ist die **Stoffintensität** durchaus eine **geeignete Beurteilungsgröße**. Sie ist aber nur ein Beitrag zur allgemeinen Bewertung von Wohngebäuden, denn Wohnqualität, Wohnlage, Umbau- bzw. Umnutzungsmöglichkeiten, städtebauliche Einbindung oder soziales Milieu sind in die Betrachtungen einzubeziehen.

Bebauungsebene

Im Rahmen der Ermittlung der Stoffintensität unterschiedlicher **Stadtstrukturtypen der Wohnbebauung** sind als Bezugsgrößen die Wohnfläche (entspricht der Hauptnutzfläche) und vor allem das Netto-Wohnbauland von Bedeutung. Die **Stoffintensität in t/m² Wfl.** ist ausschließlich von den in den einzelnen Stadtstrukturtypen vertretenen Gebäudetypen abhängig. Die **Stoffintensität in t/ha NWBL** hingegen wird vorrangig durch die Bebauungsdichte in den Strukturen bestimmt.

Die einzelnen Stadtstrukturtypen weisen im Allgemeinen **gebietscharakteristische Gebäudetypen** auf. Dabei sind bei jeweils gleichen Stadtstrukturtypen für Groß- und Mittelstädte andere Gebäudevertreter gebietstypisch. Der Unterschied liegt vor al-

lem in der Geschossigkeit. Die verschiedenen Stadtstrukturtypen weisen weiterhin unterschiedliche **Bebauungsdichten** und damit unterschiedliche Stoffintensität in t/ha NWBL auf.

Zwischen der **Stoffintensität in t/ha NWBL** und der die Bebauungsdichte beschreibenden **Geschossflächenzahl** besteht ein nahezu linearer Zusammenhang. Demnach entsprechen 0,1 Punkte Geschossflächenzahl in den untersuchten Stadtstrukturtypen einer Stoffintensität von ca. 1 900 t/ha NWBL. Dieses Verhältnis kann als Orientierungswert zur Abschätzung gebietsbezogener Stoffintensität herangezogen werden.

Die Hochrechnungen und Analysen auf der Ebene von Stadtstrukturtypen der Wohnbebauung haben gezeigt, dass stofflich-energetische Kennwerte von Gebäudetypen geeignet sind, Wohnungsbestände in ihrem vorhandenen Zustand abzubilden und zu beschreiben. Darüber hinaus bieten sie die Möglichkeit, die ökologischen Effekte unterschiedlicher Bestandsentwicklungsszenarien „vorauszusehen" und anhand bedeutsamer Umweltindikatoren wie Flächeninanspruchnahme, Stoff- und Energieverbrauch oder Treibhauspotenzial zu verdeutlichen.

Anhang A

Baustofftabelle

Umweltkennwerte

Baustofftabelle

Tab. A-1: Baustofftabelle
(Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Index	Baustoffgruppen / Baustoffe	Dichte kg/m³
1	**Putze, Estriche und andere Mörtelschichten**	
11	Kalkmörtel, Kalkzementmörtel	1 800
12	Zementmörtel	2 000
13	Kalkgipsmörtel, Gipsmörtel	1 400
14	Gipsputz	1 200
15	Anhydritestrich	2 100
16	Zementestrich	2 000
17	Gussasphaltestrich	2 300
18	Dünnbettmörtel	1 800
19		
2	**Betone**	
21	Normalbeton B5	2 400
22	Normalbeton B10	2 400
23	Normalbeton B15	2 400
24	Normalbeton B20	2 400
25	Normalbeton B25	2 400
26	Leichtbeton	1 600
27	Gasbeton	600
28	Holzbeton	800
29		
3	**Mauersteine**	
31	Klinker	2 200
32	Vollziegel	1 800
33	Hochlochziegel	1 400
34	Leichthochlochziegel	800
35	Kalksandstein	2 000
36	Gasbeton-Blocksteine	600
37	Beton-Hohlblocksteine	1 500
38	Beton-Hüttensteine	1 800
39	Bruchsteine	2 200
4	**Bauplatten**	
41	Asbestzementplatten	2 000
42	Gasbeton-Bauplatten	600
43	Leichtbeton-Wandbauplatten	1 000
44	Gips-Wandbauplatten	900
45	Gipskartonplatten	900
46	Faserzementplatten, eben	1 800
47	Faserzementplatten, gewellt	1 800
48		
49		

Index	Baustoffgruppen / Baustoffe	Dichte kg/m³
5	**Holz und Holzwerkstoffe**	
51	Schnittholz, Bretter	600
52	Schnittholz, Kanthölzer	600
53	Brettschichtholz	800
54	Sperrholz	800
55	Spanplatten	700
56	Hartfaserplatten	1 000
57	Weichfaserplatten	200
58		
59		
6	**Wärmedämmstoffe**	
61	Holzwolle-Leichtbauplatten	420
62	Korkplatten	300
63	Polystyrol (PS)-Hartschaum	30
64	Polyurethan (PUR)-Hartschaum	30
65	Phenolharz (PF)-Hartschaum	30
66	Mineralwolle	250
67	Schaumglas	125
68	Zellulose	60
69	Hochofenschlacke, Blähton	700
610	Glaswolle	100
611	XPS	30
7	**Dachdeckungen**	
71	Holzschindeln	800
72	Stroh, Schilf	300
73	Schiefer	2 700
74	Asbestzementplatten	2 000
75	Blechplatten	7 500
76	Ziegel, allgemein	1 800
77	Ziegel, Biber	2 000
78	Betondachsteine	2 000
79		
8	**Beläge und Dichtungsbahnen**	
81	Bitumendachbahn	1 200
82	Kunststoffdachbahn	1 500
83	PVC-Folie	1 200
84	PE-Folie	1 200
85	Aluminium-Folie	2 700
86		
87		
88		
89		

Index	Baustoffgruppen / Baustoffe	Dichte kg/m³
9	**Sonstige gebräuchliche Stoffe und Schüttungen**	
91	Sand, Kies, Splitt	1 800
92	Sand, Lehm, Schlacke	1 600
93	Granit, Basalt, Marmor	2 800
94	Sandstein, Muschelkalk	2 600
95	Keramik, Glasmosaik	2 000
96	Fliesen	2 000
97	Glas	2 500
98	Drahtglas	2 800
99	Pappe, Papier	260
10	**Metalle**	
101	Stahl	7 800
102	Kupfer	8 900
103	Zink	7 100
104	Aluminium	2 700
105	Blei	11 300
106	Gusseisen	7 200
107		
108		
109		

Umweltkennwerte

Die Baustofftabelle ist in zehn verschiedene Baustoffgruppen untergliedert. Innerhalb dieser Baustoffgruppen sind für eine Vielzahl von Baustoffen die Grunddaten für die Umweltindikatoren Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) aufgeführt. Die Grunddaten sind dem Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) entnommen. Sie beziehen sich jeweils auf die Bereitstellung der entsprechenden Baustoffe (inklusive vorgelagerter Prozesse) und werden in Kilogramm bzw. Kilowattstunde pro Tonne Baustoff ausgewiesen.

Im Rahmen der Berechnung der Umweltindikatoren unterschiedlicher Gebäudetypen muss beachtet werden, dass nicht für alle in der Baustofftabelle aufgeführten Baustoffe Umweltindikatoren im GEMIS ausgewiesen sind. D. h., für einige Baustoffe liegen keine KEA-, SO_2-Äquivalent- bzw. CO_2-Äquivalent-Grunddaten vor, sodass für die Mengen dieser Baustoffe auch keine Umweltkennwerte abgeleitet und berechnet werden können. Dies betrifft die folgenden Baustoffe (Tab. A-2).

Tab. A-2: Liste der Baustoffe, für die keine Umweltindikatoren ausgewiesen sind (Quelle: Eigene Zusammenstellung)

Nr.	Baustoffgruppe	Index	Baustoff
6	Wärmedämmstoffe	62	Korkplatten
		64	Polyurethan (PUR)-Hartschaum
		65	Phenol (PF)-Hartschaum
9	Sonstige gebräuchliche Stoffe und Schüttungen	93	Granit, Basalt, Marmor
		94	Sandstein, Muschelkalk
10	Metalle	106	Gusseisen

Für alle anderen in der Baustofftabelle aufgeführten Stoffe sind Umweltindikator-Grunddaten aufgeführt (Tab. A-3).

Tab. A-3: Umweltindikatoren – baustoffbezogene Grundwerte (Datenquelle: GEMIS 1998)

Index	Baustoffgruppen / Baustoffe	Dichte	GEMIS – Grunddaten		
		kg/m³	KEA kWh/t	CO_2-Äqu. kg/t	SO_2-Äqu. kg/t
1	**Putze, Estriche und andere Mörtelschichten**				
11	Kalkmörtel, Kalkzementmörtel	1 800	222,9	148,7	0,24
12	Zementmörtel	2 000	308,6	205,9	0,39
13	Kalkgipsmörtel, Gipsmörtel	1 400	186,1	46,9	0,20
14	Gipsputz	1 200	186,1	46,9	0,20
15	Anhydritestrich	2 100	364,3	120,2	0,29
16	Zementestrich	2 000	284,1	186,8	0,36
17	Gussasphaltestrich	2 300	1 458,8	94,0	0,47
18	Dünnbettmörtel	1 800	547,9	361,5	0,65
19					
2	**Betone**				
21	Normalbeton B5	2 400	147,8	88,0	0,19
22	Normalbeton B10	2 400	194,9	122,9	0,25
23	Normalbeton B15	2 400	237,1	154,0	0,30
24	Normalbeton B20	2 400	250,3	163,7	0,32
25	Normalbeton B25	2 400	263,5	173,4	0,33
26	Leichtbeton	1 600	939,5	374,2	2,11
27	Gasbeton	600	768,2	427,8	0,61
28	Holzbeton	800	265,5	163,4	0,33
29					
3	**Mauersteine**				
31	Klinker	2 200	1 432,5	389,2	0,88
32	Vollziegel	1 800	716,2	194,6	0,44
33	Hochlochziegel	1 400	716,2	194,6	0,44
34	Leichthochlochziegel	800	716,2	194,6	0,44
35	Kalksandstein	2 000	316,1	143,2	0,24
36	Gasbeton-Blocksteine	600	768,2	427,8	0,61
37	Beton-Hohlblocksteine	1 500	250,3	163,7	0,32
38	Beton-Hüttensteine	1 800	250,3	163,7	0,32
39	Bruchsteine	2 200	147,8	88,0	0,19
4	**Bauplatten**				
41	Asbestzementplatten	2 000	3 226,8	1 204,0	2,06
42	Gasbeton-Bauplatten	600	768,2	427,8	0,61
43	Leichtbeton-Wandbauplatten	1 000	939,5	374,2	2,11
44	Gips-Wandbauplatten	900	952,6	240,3	0,79
45	Gipskartonplatten	900	952,6	240,3	0,79
46	Faserzementplatten, eben	1 800	3 226,8	1 235,8	2,35
47	Faserzementplatten, gewellt	1 800	1 440,4	745,5	1,26
48					
49					

Index	Baustoffgruppen / Baustoffe	Dichte	GEMIS – Grunddaten		
		kg/m³	KEA	CO_2-Äqu.	SO_2-Äqu.
			kWh/t	kg/t	kg/t
5	**Holz und Holzwerkstoffe**				
51	Schnittholz, Bretter	600	2 452,6	671,1	2,56
52	Schnittholz, Kanthölzer	600	2 894,8	746,6	2,76
53	Brettschichtholz	800	5 468,9	1 218,0	4,84
54	Sperrholz	800	9 386,5	1 127,2	3,25
55	Spanplatten	700	3 047,4	516,2	2,49
56	Hartfaserplatten	1 000	3 172,7	788,8	2,50
57	Weichfaserplatten	200	3 360,9	791,3	2,52
58					
59					
6	**Wärmedämmstoffe**				
61	Holzwolle-Leichtbauplatten	420	1207,9	324,4	1,87
62	Korkplatten	300			
63	Polystyrol (PS)-Hartschaum	30	38 331,8	4962,5	16,44
64	Polyurethan (PUR)-Hartschaum	30			
65	Phenolharz (PF)-Hartschaum	30			
66	Mineralwolle	250	4 074,6	1 087,4	3,12
67	Schaumglas	125	10 475,1	2 723,2	7,49
68	Zellulose	60	3 175,6	998,4	3,80
69	Hochofenschlacke, Blähton	700	1 106,8	237,4	3,19
610	Glaswolle	100	12 169,7	2 422,1	6,11
611	XPS	30	38 331,8	4 962,5	16,44
7	**Dachdeckungen**				
71	Holzschindeln	800	2 452,6	671,1	2,56
72	Stroh, Schilf	300	2,0	0,6	0,00
73	Schiefer	2 700	42,8	11,3	0,08
74	Asbestzementplatten	2 000	3 226,8	1 204,0	2,06
75	Blechplatten	7 500	7 773,6	2 080,2	6,00
76	Ziegel, allgemein	1 800	1 226,3	481,4	1,55
77	Ziegel, Biber	2 000	1 226,3	481,4	1,55
78	Betondachsteine	2 000	410,5	249,7	0,52
79					
8	**Beläge und Dichtungsbahnen**				
81	Bitumendachbahn	1 200	13 385,7	1087,4	3,71
82	Kunststoffdachbahn	1 500	11 799,4	1 793,5	4,06
83	PVC-Folie	1 200	11 799,4	1 935,5	5,49
84	PE-Folie	1 200	34 014,7	4 213,4	13,41
85	Aluminium-Folie	2 700	56 685,2	21 482,2	110,44
86					
87					
88					
89					

Index	Baustoffgruppen / Baustoffe	Dichte	GEMIS – Grunddaten		
		kg/m³	KEA	CO_2-Äqu.	SO_2-Äqu.
			kWh/t	kg/t	kg/t
9	**Sonstige gebräuchliche Stoffe und Schüttungen**				
91	Sand, Kies, Splitt	1 800	25,5	6,7	0,05
92	Sand, Lehm, Schlacke	1 600	25,5	6,7	0,05
93	Granit, Basalt, Marmor	2 800			
94	Sandstein, Muschelkalk	2 600			
95	Keramik, Glasmosaik	2 000	2 148,7	583,7	1,32
96	Fliesen	2 000	2 148,7	583,7	1,32
97	Glas	2 500	3 207,5	1 105,4	5,46
98	Drahtglas	2 800	3 207,5	1 105,4	5,46
99	Pappe, Papier	260	3 175,6	998,4	3,80
10	**Metalle**				
101	Stahl	7 800	6 442,2	1 787,2	5,49
102	Kupfer	8 900	19 108,8	5 632,6	39,42
103	Zink	7 100	19 648,9	5 715,0	14,81
104	Aluminium	2 700	51 742,8	16 496,5	53,17
105	Blei	11 300	7 813,9	2 223,1	7,68
106	Gusseisen	7 200			
107					
108					
109					

Anhang B

Rahmenbedingungen zum Baustoff-Berechnungs-Programm

1 Festlegungen zu Grundflächen und Rauminhalten

2 Festlegungen bei der Bestimmung der Grund-Module

Rahmenbedingungen zum Baustoff-Berechnungs-Programm

1 Festlegungen zu Grundflächen und Rauminhalten

Bei der Berechnung typischer Flächen und Rauminhalte wird von der DIN 277 „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau“ (Weiß 1995) ausgegangen. Im Rahmen des Baustoff-Berechnungs-Programms (BBP) werden die folgenden Größen als geeignete Flächen- und Rauminhalts-Bezüge gewählt:

- Brutto-Grundfläche (BGF),
- Netto-Grundfläche (NGF),
- Hauptnutzfläche (HNF),
- Nebennutzfläche (NNF),
- Funktionsfläche (FF),
- Verkehrsfläche (VF),
- Brutto-Rauminhalt (BRI).

Die Begriffe und Berechnungsgrundlagen entsprechend der DIN 277 werden im Folgenden erläutert.

1.1 Grundflächen und Rauminhalte nach DIN 227

Die Größen Brutto-Grundfläche, Netto-Grundfläche, Hauptnutzfläche, Nebennutzfläche, Funktionsfläche, Verkehrsfläche sowie Brutto-Rauminhalt sind in der DIN 277 „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau“ begrifflich definiert und hinsichtlich ihrer Berechnung genau beschrieben (Abb. B-1).

Die Berechnung aller Grundflächen und Rauminhalte erfolgt im Allgemeinen getrennt nach ihrer Zugehörigkeit zu den Bereichen

a: überdeckt und allseitig in voller Höhe umschlossen,

b: überdeckt, jedoch nicht allseitig in voller Höhe umschlossen,

c: nicht überdeckt.

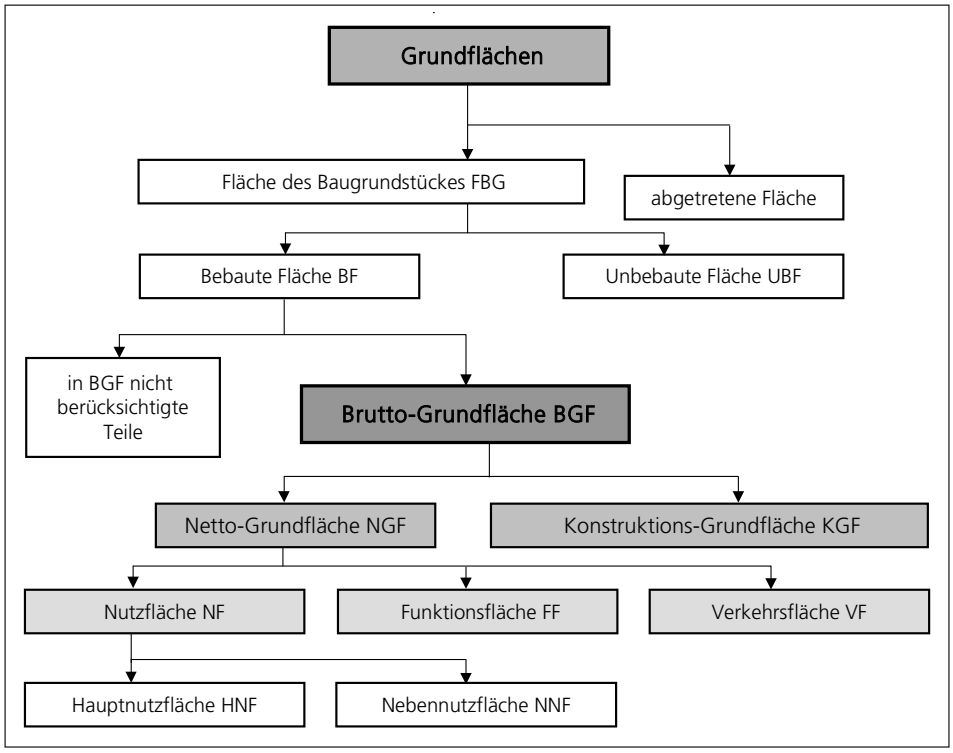


Abb. B-1: Flächen von Hochbauten (Quelle: Weiß, F. K. 1995, 101)

1.1.1 Brutto-Grundfläche

Begriff

„Die Brutto-Grundfläche ist die Summe der Grundflächen aller Grundrißebenen eines Bauwerkes.

Nicht dazu gehören die Grundflächen von nicht nutzbaren Dachflächen und konstruktiv bedingten Hohlräumen, z. B. in belüfteten Dächern oder über abgehängten Decken.

Die Brutto-Grundfläche gliedert sich in Konstruktionsgrundfläche und Netto-Grundfläche." (Weiß, F. K. 1995, 102)

Berechnung

„Für die Berechnung der Brutto-Grundfläche sind die äußeren Maße der Bauteile einschließlich Bekleidung, z. B. Putz, in Fußbodenhöhe anzusetzen. Konstruktive und gestalterische Vor- und Rücksprünge an den Außenflächen bleiben dabei unberücksichtigt." (Weiß, F. K. 1995, 105)

Die Brutto-Grundfläche setzt sich aus den Grundflächen der Bereiche a, b und c zusammen. Sie „ist als Summe der einzelnen Grundrißebenen anzugeben. Sie wird für alle nutzbaren Grundrißebenen – auch für die der Nichtvollgeschosse – berechnet." (Weiß, F. K. 1995, 107)

1.1.2 Konstruktions-Grundfläche

Begriff

„Die Konstruktions-Grundfläche ist die Summe der Grundflächen der aufgehenden Bauteile aller Grundrißebenen eines Bauwerks, z. B. von Wänden, Stützen und Pfeilern. Zur Konstruktions-Grundfläche gehören auch die Grundflächen von Schornsteinen, nicht begehbaren Schächten, Türöffnungen, Nischen sowie Schlitzen." (Weiß, F. K. 1995, 102)

Berechnung

„Die Konstruktions-Grundfläche ist aus den Grundflächen der aufgehenden Bauteile zu berechnen. Dabei sind die Fertigmaße der Bauteile in Fußbodenhöhe einschließlich Putz oder Bekleidungen anzusetzen."

„Die Konstruktions-Grundfläche darf auch als Differenz aus Brutto- und Netto-Grundfläche ermittelt werden." (Weiß, F. K. 1995, 105)

1.1.3 Netto-Grundfläche

Begriff

„Die Netto-Grundfläche ist die Summe der nutzbaren, zwischen den aufgehenden Bauteilen befindlichen Grundflächen aller Grundrißebenen eines Bauwerkes. Zur Netto-Grundfläche gehören auch die Grundflächen von freiliegenden Installationen und von fest eingebauten Gegenständen, z. B. Öfen, Heizkörpern oder Tischplatten.

Die Netto-Grundfläche gliedert sich in Nutzfläche, Funktionsfläche und Verkehrsfläche." (Weiß, F. K. 1995, 102)

Berechnung

„Für die Ermittlung der Netto-Grundfläche bzw. der Nutz-, Funktions- und Verkehrsfläche im einzelnen sind die lichten Maße der Räume in Fußbodenhöhe ohne Berücksichtigung von Fuß-, Sockelleisten oder Schrammborden anzusetzen." (Weiß, F. K. 1995, 106)

Die Netto-Grundfläche setzt sich aus den Grundflächen der Bereiche a, b und c zusammen. Sie ist die Summe der Grundflächen der einzelnen Grundrissebenen und lässt sich in Nutz-, Funktions- und Verkehrsfläche untergliedert abbilden (Abb. B-2).

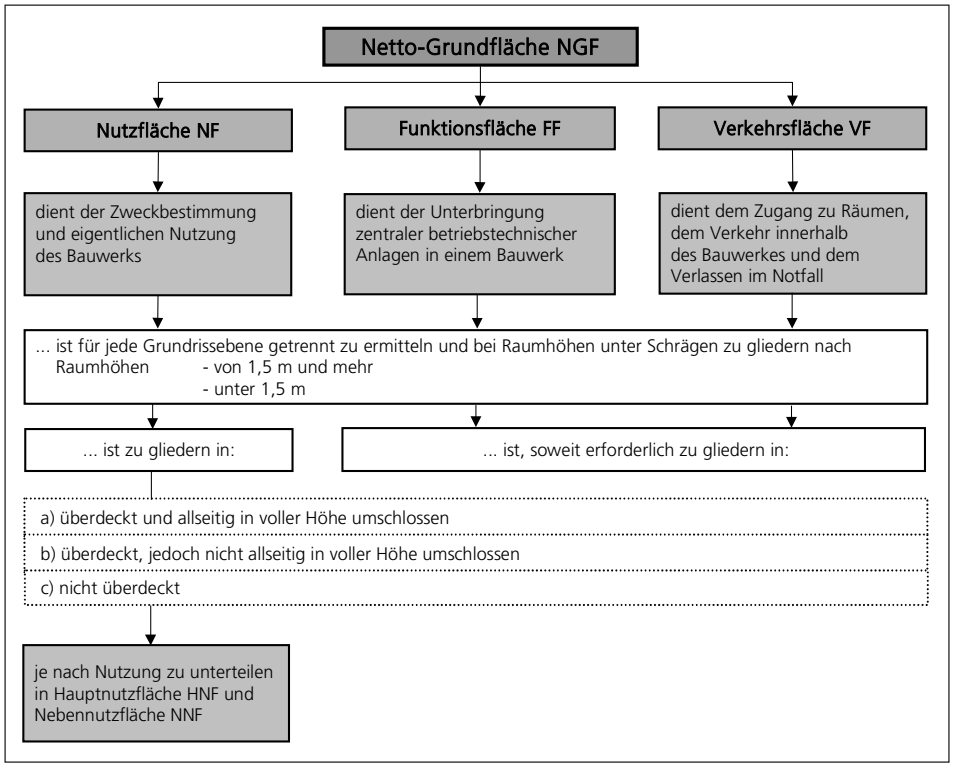


Abb. B-2: Nutzfläche, Funktionsfläche und Verkehrsfläche als Teile der Netto-Grundfläche (Quelle: Weiß, F. K. 1995, 113)

Nutzfläche

„Die Nutzfläche ist derjenige Teil der Netto-Grundfläche, der der Nutzung des Bauwerkes aufgrund seiner Zweckbestimmung dient.

Die Nutzfläche gliedert sich in Hauptnutzfläche und Nebennutzfläche." (Weiß, F. K. 1995, 102)

Die **Hauptnutzfläche** setzt sich dabei aus der Summe der Grundflächen der folgenden Nutzungsarten zusammen:

- Wohnen und Aufenthalt,
- Büroarbeit,
- Produktion, Hand- und Maschinenarbeit, Experimente,
- Lagern, Verteilen, Verkaufen,
- Bildung, Unterricht und Kultur,
- Heilen und Pflegen.

Die **Nebennutzfläche** wird durch die Grundflächen der Nutzungsart sonstige Nutzungen (Sanitärräume, Garderoben, Abstellräume, Fahrzeugabstellflächen, Fahrgastflächen, Räume für zentrale Technik, Schutzräume) beschrieben.

Funktionsfläche

„Die Funktionsfläche ist derjenige Teil der Netto-Grundfläche, der der Unterbringung zentraler betriebstechnischer Anlagen in einem Bauwerk dient.

Sofern es die Zweckbestimmung eines Bauwerkes ist, eine oder mehrere betriebstechnische Anlagen unterzubringen, die der Ver- und Entsorgung anderer Bauwerke dienen, z. B. bei einem Heizhaus, sind die dafür erforderlichen Grundflächen jedoch Nutzfläche ... ." (Weiß, F. K. 1995, 103)

Verkehrsfläche

„Die Verkehrsfläche ist derjenige Teil der Netto-Grundfläche, der dem Zugang zu den Räumen, dem Verkehr innerhalb des Bauwerkes und auch dem Verlassen im Notfall dient.

Bewegungsflächen innerhalb von Räumen, die zur Nutz- oder Funktionsfläche gehören, z. B. zwischen Einrichtungsgegenständen, zählen nicht zur Verkehrsfläche." (Weiß, F. K. 1995, 103)

1.1.4 Brutto-Rauminhalt

Begriff

„Der Brutto-Rauminhalt ist der Rauminhalt des Baukörpers, der nach unten von der Unterfläche der konstruktiven Bauwerkssohle und im übrigen von den äußeren Begrenzungsflächen des Bauwerkes umschlossen wird.

Nicht zum Brutto-Rauminhalt gehören die Rauminhalte von

- Fundamenten;
- Bauteilen, soweit sie für den Brutto-Rauminhalt von untergeordneter Bedeutung sind, z. B. Kellerlichtschächte, Außentreppen, Außenrampen, Eingangsüberdachungen und Dachgauben;
- untergeordneten Bauteilen wie z. B. konstruktive und gestalterische Vor- und Rücksprünge an den Außenflächen, auskragende Sonnenschutzanlagen, Lichtkuppeln, Schornsteinköpfe, Dachüberstände, soweit sie nicht Überdeckungen für den Bereich b (überdeckt, jedoch nicht allseitig in voller Höhe umschlossen) sind." (Weiß, F. K. 1995, 103)

Berechnung

„Der Brutto-Rauminhalt ist aus den berechneten Brutto-Grundflächen und den dazugehörigen Höhen zu errechnen. Als Höhen für die Ermittlung des Brutto-Rauminhaltes gelten die senkrechten Abstände zwischen den Oberflächen des Bodenbelages der jeweiligen Geschosse bzw. bei Dächern des Dachbelages." (Weiß, F. K. 1995, 115)

Der Brutto-Rauminhalt wird wie die Brutto-Grundfläche BGF nach den Bereichen a, b und c (a: überdeckt und allseitig in voller Höhe umschlossen; b: überdeckt, jedoch nicht allseitig in voller Höhe umschlossen; c: nicht überdeckt) gruppiert.

1.2 Grundflächen und Rauminhalte im Rahmen des Baustoff-Berechnungs-Programms

Obwohl die oben genannten Grundflächen und Volumen eindeutig definiert sowie hinsichtlich ihrer Ermittlung genau geregelt sind, müssen zu den Flächen- und Rauminhaltsberechnungen im Rahmen des Baustoff-Berechnungs-Programms einige Festlegungen zur Vereinfachung getroffen werden. Diese werden im Folgenden beschrieben.

Brutto-Grundflächen

Die Brutto-Grundflächen der unterschiedlichen Gebäudetypen wurden auf Basis der vorhandenen Geschossflächen (Kellergeschoss, Erdgeschoss, Obergeschosse, Dachgeschoss) gebildet. In die Berechnungen gehen stets Außenabmessungen ein. Ausnahme bilden die Gebäudetypen mit Putzfassade. Bei ihnen wird als Außenkante nicht die Putzschicht sondern das Mauerwerk angesetzt.

Des Weiteren werden bei der Berechnung der Brutto-Grundflächen – und in Folge auch bei der Ermittlung der Netto-Grundflächen – vorhandene Balkone, Loggien und ähnliche Freisitze vorerst vernachlässigt. Sie werden bisher nur zahlenmäßig bei der Beschreibung der Gebäudetypen erfasst. Ihre Berechnung (Flächen, Volumen, Stoffe) ist für nachfolgende Untersuchungen als Zusatzmodul geplant.

Netto-Grundflächen

Die Netto-Grundflächen der unterschiedlichen Gebäudetypen wurden ebenfalls auf Basis der vorhandenen Geschossflächen (Kellergeschoss, Erdgeschoss, Obergeschosse, Dachgeschoss) gebildet. Bei der Berechnung wurde stets von lichten Innenmaßen ausgegangen, wobei auch hier, wie bei der Berechnung der Brutto-Grundflächen, für die Gebäudetypen mit Putzfassade die innere Putzschicht vernachlässigt wurde.

Weiterhin wurden speziell bei den Gebäudetypen mit Ofenheizung bei der Berechnung der Netto-Grundflächen die Schornsteine übermessen, d. h., sie wurden nicht als Konstruktions-Grundflächen registriert, sondern erhöhen die Netto-Grundflächen geringfügig. Die Schornsteine werden damit bisher noch vernachlässigt. Jedoch erfolgt ihre Erfassung im Rahmen der Gebäudetyp-Beschreibungen. Dort werden die Schornsteine den Angaben des Gebäudeatlas entsprechend (Schulze, Walther 1990) hinsichtlich der Anzahl ihrer Züge sowie ihrer Gesamtanzahl registriert. Ihre Berechnung (Flächen, Volumen, Stoffe) als Zusatzmodul ist ebenfalls geplant.

Im Rahmen der Untergliederung der Netto-Grundflächen in Nutzflächen, Funktionsflächen und Verkehrsflächen wurden folgende Festlegungen getroffen.

Nutzflächen

Bei der Darstellung der Nutzfläche erfolgt eine Unterscheidung in Hauptnutzfläche und Nebennutzfläche. Als Hauptnutzflächen werden alle Flächen registriert, die den Nutzungsarten Wohnen und Aufenthalt, Büroarbeit sowie Lagern, Verteilen, Verkaufen dienen. Konkret betrifft dies die Flächen aller nutzbaren Vollgeschosse (Bereich a: überdeckt und allseitig in voller Höhe umschlossen), die als Wohnungen – bzw. teilweise Läden oder Büros – ausgewiesen sind. D. h., die Nutzfläche aller Wohnungen[10] sowie möglicher Läden und Büros bilden die Hauptnutzfläche. Als Nebennutzflächen werden die Flächen mit sonstigen Nutzungen, wie z. B. Waschräume, Trockenräume, Abstellräume etc., ausgewiesen. In der Regel sind dies alle nutzbaren Flächen in den Keller- und begehbaren Dachgeschossen. So werden bei Gebäudetypen in Fachwerk- und Ziegelbau die nutzbaren Flächen in den Keller- und begehbaren Dachgeschossen als Nebennutzflächen registriert. Bei den industriell gefertigten Typen, die keine begehbaren Dachgeschosse haben, ergibt sich die Nebennutzfläche vorrangig aus den Kellergeschossflächen.

Funktionsflächen

Funktionsflächen dienen der Unterbringung zentraler betriebstechnischer Anlagen und sind daher stärker in Gebäuden mit zentral organisierten Versorgungssystemen vorzufinden. Gebäudetypen in Fachwerk- und Ziegelbau sowie ältere Gebäudetypen in industrieller Bauweise werden dezentral mit Wärme und Warmwasser versorgt, damit wird bei ihnen die Funktionsfläche gleich null gesetzt. Jüngere industriell errichtete Gebäudetypen hingegen weisen durch Boilerräume, elektrische Schaltzentralen und Müllschluckerräume Funktionsflächen auf.

[10] Die Flächen in Wohnungen sind ausschließlich Nutzflächen. D. h., auch Bewegungsflächen innerhalb von Wohnungen sind Nutzflächen und nicht Verkehrsflächen.

Verkehrsflächen

Verkehrsflächen sind in jedem Gebäude vorhanden. Für die typischen Wohngebäude werden die Verkehrsflächen aus den Flächen, die dem Zugang und dem Verlassen des Gebäudes, dem Zugang zu den Wohnungen sowie dem Erreichen unterschiedlicher Geschosse dienen, berechnet. Die Verkehrsflächen der Gebäudetypen setzen sich damit konkret aus Flächen von Ein- und Ausgangsbereichen, Hallen, Treppen und Fluren sowie Aufzugsschächten zusammen.

Brutto-Rauminhalt

Der Brutto-Rauminhalt wird durch Multiplikation der Brutto-Grundfläche mit der Summe der Geschosshöhen aller Vollgeschosse (Kellergeschoss, Erdgeschoss, Obergeschosse, Dachgeschoss) gebildet. In die Berechnungen gehen stets Außenabmessungen ein. Ausnahme bilden die Gebäudetypen mit Putzfassade. Bei ihnen wird als Außenkante nicht die Putzschicht sondern das Mauerwerk angesetzt. Bei der Berechnung des Brutto-Rauminhaltes werden vorhandene Balkone, Loggien und ähnliche Freisitze vorerst vernachlässigt. Sie werden bisher nur zahlenmäßig bei der Beschreibung der Gebäudetypen erfasst. Ihre Berechnung (Flächen, Volumen, Stoffe) ist für nachfolgende Untersuchungen als Zusatzmodul geplant.

2 Festlegungen bei der Bestimmung der Grund-Module

2.1 Bereich Bauteilbeschreibung

Um die Grund-Module zur Beschreibung der vorgegebenen Bauteile eindeutig und nachvollziehbar beschreiben und bestimmen zu können, müssen zu unterschiedlichen Sachverhalten Annahmen und Festlegungen getroffen werden. So sind z. B. Angaben über die Zusammensetzung kombinierter Baustoffschichten oder über rechnerisch anzunehmende Dicken geometrisch unregelmäßiger Bauteile erforderlich. Die notwendigen Annahmen und Festlegungen werden im Folgenden beschrieben.

Mauerwerk

Mauerwerk ist stets ein Gemisch aus Bausteinen und Mörtel. Je nach Ausprägung der Bausteine (groß, klein, stark verzahnt) sind die Anteile beider Komponenten unterschiedlich ausgeprägt.

Für Ziegelmauerwerk wurde angenommen, dass Ziegel zu 75 % und Mörtel zu 25 % enthalten sind. Beim Bruchsteinmauerwerk machen die Bruchsteine einen Anteil von 80 % und der Mörtel einen von 20% aus. Gasbetonmauerwerk wird aus den Anteilen 90 % Gasbeton und 10 % Mörtel gebildet. Beim Betonblockbau besteht das Mauerwerk aus großen Stahlbetonblöcken (ca. 1,00 bis 1,20 Meter im Quadrat, nur

mit Hebezeug verlegbar), die in Mörtel verlegt sind. Der Mörtelanteil wird aufgrund der großen Steinformate mit 5 % angenommen.

Fachwerk

Beim ausgemauerten Fachwerk werden die Anteile der unterschiedlichen Wandmaterialien wie folgt eingeschätzt: Holz 18 %, Ziegel 62 %, Mörtel 20 %.

Putzschichten

Der Verputz von Mauerwerk wird innen stets in einer Stärke von 0,015 m und außen von 0,020 m angenommen.

Fenster

Bei den Fenstern lassen sich hinsichtlich des Konstruktionsprinzips Einfachfenster, Verbundfenster und Kastenfenster unterscheiden. Je nach Fensterart sind die Fensterrahmen und -flügel bezüglich der Anzahl und Formung der einzelnen Profile unterschiedlich ausgebildet. Damit ist auch die für Fenster und Rahmen anzusetzende durchschnittliche Dicke verschieden. Für die Berechnungen werden speziell für die unterschiedlichen Fenstertypen aus Holz folgende Annahmen getroffen:

- Einfachfenster - Einfachverglasung d = 0,040 m,
- Einfachfenster - Isolierverglasung d = 0,045 m,
- Einfachfenster - 3-Scheiben-Verglasung d = 0,075 m,
- Verbundfenster - Einfachverglasung d = 0,070 m,
- Kastenfenster - Einfachverglasung d = 0,085 m.

Hinsichtlich der Anteile von Rahmen zu Glas wird angenommen, dass der Rahmen (Holz, Kunststoff) 35 % und die Verglasung 65 % ausmachen.

Türen

Als Holztüren werden Futtertüren mit Holzfüllung und Futtertüren mit Glasfüllung unterschieden. Bei den letzteren wird der Anteil von Holz zu Glas mit 85 % zu 15 % angesetzt.

Bei den Wabenkern-Türen werden die folgenden Materialanteile angenommen: 35 % Holzrahmen, 20 % Papierwabenkern, 45 % Luft.

Für Stahl-Rahmen-Türen gelten die Festlegungen: 35 % Stahlrahmen, 65 % Füllung (Glas, Drahtglas).

Bei den industriell gefertigten Gebäudetypen kommen teilweise Stahlzargentüren zum Einsatz. Der Flächenanteil der Stahlzarge an der Gesamt-Tür wird bei angenommener Dicke des Stahls von 1,2 mm mit 20 % in den Berechnungen berücksichtigt.

Decken

In Massivdecken der Vor- und Nachkriegsbauten sind Bewehrungsstähle eingebaut. Ihr Anteil wird stets mit 3 % angenommen. Bei den industriell gefertigten Gebäudetypen kommen vorrangig vorgefertigte Stahlbetonelemente zum Einsatz. Der Stahlanteil in diesen Elementen wird mit 4 % eingeschätzt.

Bei Stahlbetonelementen wurde grundsätzlich angenommen, dass Bauteile mit hoher statischer Beanspruchung, wie Gründungen, Decken und Dächer, einen Bewehrungsanteil von 4 % haben, Bauteile mit geringerer statischer Beanspruchung wie Wände hingegen 3 %.

Dachdeckungen

Obwohl die Dicke unterschiedlicher Hart-und Weichdeckungsmaterialien relativ genau angegeben werden kann, entsprechen diese Dicken in der Regel nicht der im eingebauten Zustand anzusetzenden Dicke. Falze, Kerben u. ä. sowie notwendige Überlappungen führen meist zu im Durchschnitt größeren Dicken. Für die folgenden Deckungsmaterialien werden daher entsprechende Dicken festgelegt:

– Schiefer 0,010 m (Doppeldeckung),
– Tonziegel 0,015 m (Falze, teilweise Überlappung),
– Biberschwänze 0,018 (Doppeldeckung),
– Bitumendachbahnen 0,012 m (3-lagig verlegt).

2.2 Bereich Bauteilflächenberechnung

Um Stoffmengen für die einzelnen Gebäudetypen errechnen zu können, müssen gleichzeitig die Flächen und Volumen der unterschiedlichen Bauteile eines Gebäudes bestimmt werden. Im Rahmen der Bestimmung der Bauteilflächen und -volumen wurde eine Reihe von Festlegungen getroffen, die im Folgenden benannt werden.

Gründungen

Als Gründung wurde der Fußbodenaufbau über Erdreich zwischen den aufsteigenden, gegründeten Wänden beschrieben. Grundlage der Ermittlung der Gründungsflächen ist der Kellergeschossgrundriss. Als Gründungsfläche werden alle Bodenflächen zwischen den vorhandenen, gegründeten Wänden bestimmt. Dabei werden Treppenhausbereiche mit in die Gründungsfläche einbezogen.

Fundamente

Als Fundamente wurden Streifenfundamente mit einer Höhe von 0,600 m angenommen (außer komplette Bodenplatten). Ihre Breite ergibt sich jeweils aus der Breite der

zu gründenden Wand plus einem beidseitigen Überstand von 0,060 m. Eine Ausnahme bilden die außen quer angeordneten Fundamente (Giebel). Sie haben Achslage, d. h., ihre Breite wird um die Hälfte reduziert angenommen. Die Fundamentlänge der Längsaußenwände wird vom Achsmaß bestimmt, die der Queraußenwände entspricht der eigentlichen Gebäudetiefe (Außenmaß) minus zweimal Längsaußenwanddicke sowie minus zweimal Fundamentüberstand von 0,060 m. Die Fundamentlängen für tragende Innenwände werden von Innenmaßen minus jeweils zweimal 0,060 m (Fundamentüberstand) bestimmt. Bei längs und quer angeordneten Fundamenten ist darauf zu achten, dass keine Überschneidungen (Doppelrechnungen) auftreten. Für Innenwände mit einer Dicke ≥ 0,250 m werden Fundamente angenommen.

Außenwände

Die Dicke der Außenwände ergibt sich aus den Dicken der in ihr vorhandenen einzelnen Schichten. So ist z. B. eine 0,240 m starke Ziegelwand mit 0,100 m Außendämmung insgesamt 0,340 m dick. Die Höhe der Außenwände entspricht der Geschosshöhe, d. h., sie werden jeweils von Oberkante Decke zu Oberkante Decke „durchgemessen". Die Länge der Längsaußenwände wird vom Achsmaß bestimmt, die der Queraußenwände entspricht der eigentlichen Gebäudetiefe (Außenmaß) minus zweimal Längsaußenwanddicke. Fenster und Türen werden grundsätzlich „übermessen". Ihre Flächen werden im BBP durch entsprechende Verknüpfungen automatisch von den Außenwandflächen abgezogen.

Innenwände

Die Dicke der Innenwände ergibt sich aus den Dicken der in ihr vorhandenen einzelnen Schichten. So ist z. B. eine Holzständerwand aus 60/60 mm Holzständern und beidseitiger 12,5 mm starker Gipskartonbeplankung insgesamt 0,085 m dick. Die Höhe der Innenwände entspricht der Raumhöhe, d. h. der Differenz von Außenwand- und Deckenhöhe. Die Länge der Innenwände wird von Innenmaßen bestimmt, d. h., die Längen der Längs- und Queraußenwände werden um ihre Dicke reduziert. Da die Innenwände längs und quer stehen, sind Überschneidungen (Doppelrechnungen) zu vermeiden. Innentüren werden grundsätzlich „übermessen". Ihre Flächen werden im Rahmen des Baustoff-Berechnungs-Programms automatisch von den Innenwandflächen abgezogen.

Fenster und Türen

Höhe und Breite der Fenster und Türen werden bei entsprechenden Angaben den Zeichnungen entnommen oder unter Beachtung der Maßstäbe aus den Zeichnungen „herausgemessen".

Decken

Die Dicke/Höhe der Decken ergibt sich aus den Dicken der in ihr vorhandenen einzelnen Schichten. Die Länge ist in der Regel Länge der Längsaußenwand minus zweimal vorhandene Dicke der Queraußenwände (Giebelwände). Die Breite ist Gebäudetiefe(-breite) minus zweimal Dicke der Längsaußenwände. Damit „stoßen" die Decken an die Außenwände, „überdecken" aber vollständig die Innenwände. Die Bereiche von Treppenläufen zählen nicht als Deckenfläche und werden dementsprechend abgezogen.

Dach

Die Gesamtfläche eines Daches ergibt sich stets aus der Summe der vorhandenen geneigten Dachteilflächen. Je nach Dachart (Pultdach, Satteldach, Zeltdach, Walmdach etc.) bilden eine oder mehrere Teilflächen die gesamte Dachfläche. Die Teildachflächen selbst errechnen sich bei rechteckiger Form aus Länge mal Breite bzw. bei dreieckiger Form aus Länge mal halbe Höhe des Dreiecks, wobei die Längen im Allgemeinen die Längen der Längsaußenwände (Achsmaß) und die Breiten bzw. Höhen die Abstände zwischen Traufe und First sind. Breiten bzw. Höhen der Teildachflächen sind entweder in den Zeichnungen angegeben oder werden unter Beachtung der Maßstäbe aus diesen „herausgemessen".

Sowohl bei der Bauteilberechnung als auch bei der Bauteilbeschreibung bleiben Balkone, Loggien, Schornsteine, Rauchrohre, Dachrinnen, Fallrohre und Treppenläufe bisher unberücksichtigt. Für sie ist in nachfolgenden Untersuchungen die Erfassung in Form von Zusatzmodulen geplant.

Literaturverzeichnis

Ahnert, R.; Krause, K. H. (1987): Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz. Teil I: Gründungen, Wände, Decken, Dachtragwerke. Verlag für Bauwesen, Berlin, 215 S.

Ahnert, R.; Krause, K. H. (1988): Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz. Teil II: Stützen, Treppen, Erker und Balkone, Bogen, Fußböden, Dachdeckungen. Verlag für Bauwesen, Berlin, 216 S.

Ahnert, R.; Krause, K. H. (2000): Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz. Band I: Gründungen, Abdichtungen, tragende massive Wände, Gesimse, Hausschornsteine, tragende Wände aus Holz, alte Maßeinheiten. Verlag Bauwesen, Berlin, 216 S.

Ahnert, R.; Krause, K. H. (2001): Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz. Band II: Holzbalkendecken, Massivdecken, Deckenregister, Fußböden, Erker und Balkone, Verkehrslasten im Überblick. Verlag Bauwesen, Berlin, 207 S.

BauNVO (1999): Baugesetzbuch. Mit Verordnung über Grundsätze für die Ermittlung der Verkehrswerte von Grundstücken, Baunutzungsverordnung, Planzeichenverordnung, Raumordnungsgesetz, Raumordnungsverordnung. Beck-Texte im dtv 1090, Dt. Taschenbuch Verlag, München. 376 S.

BauPlan (1996): Projektunterlagen zum Einfamilienhaus „Medingen". BauPlan – Ingenieurbüro für Bauplanung, Garsebach.

BV/II. (2002 a): 2. Berechnungsverordnung (BV/II.). Glossar. http://www.glossar.de/glossar/z_2berechnungsvo.htm, abgerufen 19.06.02, 14.45 Uhr.

BV/II. (2002 b): 2. Berechnungsverordnung (BV/II.). Neuregelung ab 01.01.2002. http://www.wowi.de/info/gesetze/IIbv/2.berechnungsverordnung.htm, abgerufen 19.06.02, 14.45 Uhr.

Deilmann, C. u. a. (2001): Nachhaltige Entwicklung des Wohnungsbestandes in sächsischen Groß- und Mittelstädten: Entwicklungsszenarien ausgewählter Wohngebiete unter ressourcen- und nutzerorientierten Aspekten (NAWO). Endbericht. (www.ioer.de/NAWO)

Deilmann, H.; Kirschmann, J. C.; Pfeiffer, H. (1973): Wohnungsbau. Nutzungstypen, Grundrißtypen, Wohnungstypen, Gebäudetypen. Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 176 S.

Denneler, W. (1977): Lebensdauer von Bauteilen. In: Deutsche Bauzeitung (12), S. 52-58.

EAKV (1998): Verordnung zur Einführung des Europäischen Abfallkatalogs (EAK-Verordnung – 1996). In: Abfallrecht. Beck-Texte im dtv, C. H. Beck, München, S. 38 ff.

Erhorn, H.; Reiß, J. (1994): Stand und Tendenzen der Neubautätigkeit in Deutschland – Analyse und Entwicklung energierelevanter Gebäudekenndaten. In: Gesundheitsingenieur. Haustechnik – Bauphysik – Umwelttechnik 115, (5), S. 233-245.

Exposé „Leubnitzer Höhe" (1995): Projektunterlagen zur Wohnanlage „Leubnitzer Höhe". Philipp Holzmann Aktiengesellschaft und GAC Unternehmens- und Anlagenberatung GmbH, Dresden und Erlangen.

FZ Jülich GmbH (1994): Gebäudetypologie und spezifischer Energiebedarf für den Wohnungsbestand in den neuen Bundesländern. Jülich, 60 S.

Friedrichs, J. (1973): Methoden empirischer Sozialforschung. Reinbek.

Friege, H. (1999): Stoffstrommanagement – Herausforderung für eine nachhaltige Entwicklung. In: Brickwedde (Hrsg.), Stoffstrommanagement – Herausforderung für eine nachhaltige Entwicklung, 4. Internationale Sommerakademie St. Marienthal. DBU, Steinbacher Druck, Osnabrück, S. 27-48.

GEMIS (1998): Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme. Version 3.1. Öko-Institut, Darmstadt, Freiburg, Berlin. 42 S. + Anhang.

GEMIS (1999): Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme. Wie arbeite ich mit GEMIS 3.1? Tour 1: Von Prozessen zu Szenarien. Tour 2: Ergebnisse von Szenarien. Öko-Institut, Darmstadt. 15 S.

GEWOS (1992): Gebäuderepräsentanten der Mehrfamilienhaussubstanz der Stadt Leipzig – Teil 1 und 2. Institut für Stadt-, Regional- und Wohnforschung GmbH (Büro Leipzig), Hamburg, 18. S. + Anhang (Teil 1), 83 S. (Teil 2).

Görg, H. (1997): Entwicklung eines Prognosemodells für Bauabfälle als Baustein von Stoffstrombetrachtungen zur Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Institut WAR, TH Darmstadt, Eigenverlag, Darmstadt.

Grießhammer, R. (1999): Stoffstromanalysen als Basis für ein erfolgreiches Stoffstrommanagement. In: Brickwedde (Hrsg.), Stoffstrommanagement – Herausforderung für eine nachhaltige Entwicklung, 4. Internationale Sommerakademie St. Marienthal. DBU, Steinbacher Druck, Osnabrück, S. 69-81.

Gruhler, K. (1992): Leitfaden Energie. Ein Arbeitspapier zur Energie- und Schadstoffbilanz von Gebäuden. IÖR-Texte 018, Dresden, 48 S.

GWZ (1996): Gebäude- und Wohnungszählung im Freistaat Sachsen am 30. September 1995, Teil 1: Gebäude und Wohnungen, Statistische Berichte. Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, 360 S.

Henseling, K. O. (1999): Stoffstrommanagement aus gesamtwirtschaftlicher Sicht – Umwelthandlungsziele als Orientierungspunkte. In: Brickwedde (Hrsg.), Stoffstrommanagement – Herausforderung für eine nachhaltige Entwicklung, 4. Internationale Sommerakademie St. Marienthal. DBU, Steinbacher Druck, Osnabrück, S. 49-59.

IfLB (1984): Eigenheim-Angebotsprojekte. Projektauswahl. Bauinformation der Bauakademie der DDR, Berlin, 52 S.

IfLB (1987): Eigenheime. Projektauswahl. Bauinformation der Bauakademie der DDR, Berlin, 74 S.

IWU (1990): Energiebewußte Gebäudeplanung. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 145 S.

IWU (1994): Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 361 S.

IWU (1995): Einsparungen beim Heizwärmebedarf – ein Schlüssel zum Klimaproblem. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 26 S.

Jochem, E. (1983): Konzeptvorschlag für eine problemorientierte Typologisierung von Altbauwohnquartieren in Hamburg. Arbeitsbericht Städtebau, Objektbezogene Stadtplanung im Forschungsschwerpunkt 6, Stadterneuerung und Werterhaltung. TU Hamburg-Harburg.

Kötitz, A.; Schiller, G. (2000): Blocklupenbetrachtung. Datenerhebung, Übertragbarkeit, Kartierung, NAWO-Bulletin 4.2. Leipzig, Dresden (unveröffentlicht).

Lichtensteiger, T. (Hrsg.) (1998): Ressourcen im Bau. Aspekte einer nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung im Bauwesen. Vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich.

SBA (1984 bis 1990a): Statistisches Bundesamt, Tabelle HB 11B: Fertigstellungen im Wohn- und Nichtwohnbau nach Unterkellerung und Geschoßzahl.

SBA (1984 bis 1990b): Statistisches Bundesamt, Tabelle HB 21: Fertigstellungen im Wohnbau nach Gebäudearten und Haustypen.

Schiller, G.; Gruhler, K. (2000): Stofflich-energetische Untersuchungen im Gebäudebestand von Wohngebietsausschnitten der Städte Freiberg, Zittau und Leipzig. Stofflager, NAWO-Bulletin 3.3. Dresden (unveröffentlicht).

Schulze Darup, B. (1996): Bauökologie. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 446 S.

Schulze, H.-J.; Walther, P. (1990 a): Gebäudeatlas – Mehrfamilienwohngebäude der Baujahre 1880 bis 1980, Teil 1: Fachwerkbauten und Wohngebäude in Mauerwerksbauweise. Bauinformation der Bauakademie der DDR, Berlin, 95 S.

Schulze, H.-J.; Walther, P. (1990 b): Gebäudeatlas – Mehrfamilienwohngebäude der Baujahre 1880 bis 1980, Teil 2: Wohngebäude in Block-, Streifen-, Platten- und Skelettbauweise. Bauinformation der Bauakademie der DDR, Berlin, 60 S.

SMI (1993): Energiebewußtes Sanieren von Wohngebäuden im Freistaat Sachsen. Sächsisches Staatsministerium des Innern, Passage-Verlag, Leipzig, 56 S.

Stadt Heidelberg (1996): Heidelberger Gebäudetypologie. Amt für Umweltschutz und Gesundheitsförderung, Heidelberg.

UBA (1999): Stoffflussbezogene Bausteine für ein nationales Konzept der Nachhaltigen Entwicklung. UBA-Texte 47/99, Bundesumweltamt, Berlin.

VDI 4600 (1995): Kumulierter Energieaufwand. Begriffe, Definitionen, Berechnungsmethoden (Entwurf). Verein Deutscher Ingenieure. Beuth-Verlag, Berlin.

Weinböhla (2000): Prospektunterlagen zur Reihenhauswohnanlage Weinböhla. Teerbau/Hochbau, Unternehmen der Eurovia, 4 S.

Weiß, F. K. (1995): Normengerechtes Bauen. DIN 276, DIN 277. Kosten, Grundflächen und Rauminhalte von Hochbauten. R. Müller Verlag, Köln, 147 S.

Wollmann, H.; Hellstern, G. M. (1976): Sanierungsmaßnahmen, Städtebauliche und stadtstrukturelle Wirkungen. Schriftenreihe Stadtentwicklung 02.012, Bonn.

Tabellenverzeichnis

1 Umweltorientiertes Berechnungsverfahren für Gebäudetypen

Tab. 1-1: Grund-Modul für das Bauteil Fundament – Beispiel dreigeschossiges Gründerzeitgebäude 6
Tab. 1-2: Stoffberechnungen für Bauteile – Zusammenfassung: Beispiel dreigeschossiges Gründerzeitgebäude 7
Tab. 1-3: Ausschnitt aus der Baustofftabelle – Beispiel dreigeschossiges Gründerzeitgebäude 10
Tab. 1-4: Stoffberechnungen für Baustoffgruppen – Zusammenfassung: Beispiel dreigeschossiges Gründerzeitgebäude 11
Tab. 1-5: Umweltindikatoren – Zusammenfassung: Beispiel dreigeschossiges Gründerzeitgebäude 14
Tab. 1-6: Nomenklatur der Indexgebäude für Mehrfamilienhäuser 19
Tab. 1-7: Ausgewählte Angebotsprojekte für Einfamilienhäuser – Reihenhäuser, Doppelhäuser und Einzelhäuser 19
Tab. 1-8: Ausgewählte MFH-Gebäudetypen im Überblick 20
Tab. 1-9: Ausgewählte EFH-Gebäudetypen im Überblick 23

2 Stofflich-energetische Kennwerte unterschiedlicher Gebäudetypen – Dokumentation

Tab. 2-1: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMF 1 29
Tab. 2-2: Bauteilflächen – Typenvertreter IMF 1 30
Tab. 2-3: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMF 1 31
Tab. 2-4: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMF 1 33
Tab. 2-5: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMF 1 35
Tab. 2-6: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMF 1 37
Tab. 2-7: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMZ 2 39
Tab. 2-8: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 2 40
Tab. 2-9: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMZ 2 41
Tab. 2-10: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 2 43

Tab. 2-11: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 2 45
Tab. 2-12: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 2 47
Tab. 2-13: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMZ 3 49
Tab. 2-14: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 3 50
Tab. 2-15: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMZ 3 51
Tab. 2-16: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 3 53
Tab. 2-17: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 3 55
Tab. 2-18: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 3 57
Tab. 2-19: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMZ 4 59
Tab. 2-20: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 4 60
Tab. 2-21: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMZ 4 61
Tab. 2-22: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 4 63
Tab. 2-23: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 4 65
Tab. 2-24: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 4 67
Tab. 2-25: Grundflächen und Volumen –Typenvertreter IMZ 5 69
Tab. 2-26: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 5 70
Tab. 2-27: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMZ 5 71
Tab. 2-28: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 5 73
Tab. 2-29: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 5 75
Tab. 2-30: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 5 77
Tab. 2-31: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMI 1 79
Tab. 2-32: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 1 80
Tab. 2-33: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMI 1 81
Tab. 2-34: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMI 1 83

Tab. 2-35: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 1 85
Tab. 2-36: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 1 87
Tab. 2-37: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMI 2 89
Tab. 2-38: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 2 90
Tab. 2-39: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMI 2 91
Tab. 2-40: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMI 2 92
Tab. 2-41: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 2 94
Tab. 2-42: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 2 96
Tab. 2-43: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMI 3 98
Tab. 2-44: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 3 99
Tab. 2-45: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMI 3 100
Tab. 2-46: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMI 3 101
Tab. 2-47: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 3 103
Tab. 2-48: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 3 105
Tab. 2-49: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter IMI 4 107
Tab. 2-50: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 4 108
Tab. 2-51: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter IMI 4 109
Tab. 2-52: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters IMI 4 111
Tab. 2-53: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 4 113
Tab. 2-54: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 4 115
Tab. 2-55: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter GWB 117
Tab. 2-56: Bauteilflächen – Typenvertreter GWB 118
Tab. 2-57: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter GWB 119
Tab. 2-58: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters GWB 121

Tab. 2-59: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter GWB 123
Tab. 2-60: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter GWB 124
Tab. 2-61: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-EH 1 127
Tab. 2-62: Bauteilflächen – Typenvertreter E-EH 1 128
Tab. 2-63: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-EH 1 129
Tab. 2-64: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 1 130
Tab. 2-65: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-EH 1 132
Tab. 2-66: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-EH 1 134
Tab. 2-67: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-EH 2 136
Tab. 2-68: Bauteilflächen – Typenvertreter E-EH 2 137
Tab. 2-69: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-EH 2 138
Tab. 2-70: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 2 140
Tab. 2-71: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-EH 2 142
Tab. 2-72: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-EH 2 144
Tab. 2-73: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-EH 3 146
Tab. 2-74: Bauteilflächen – Typenvertreter E-EH 3 147
Tab. 2-75: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-EH 3 148
Tab. 2-76: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 3 149
Tab. 2-77: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-EH 3 151
Tab. 2-78: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-EH 3 152
Tab. 2-79: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-DH 1 155
Tab. 2-80: Bauteilflächen – Typenvertreter E-DH 1 156
Tab. 2-81: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-DH 1 157
Tab. 2-82: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-DH 1 159

Tab. 2-83: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-DH 1 161
Tab. 2-84: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-DH 1 163
Tab. 2-85: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-DH 2 165
Tab. 2-86: Bauteilflächen – Typenvertreter E-DH 2 166
Tab. 2-87: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-DH 2 167
Tab. 2-88: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-DH 2 169
Tab. 2-89: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-DH 2 171
Tab. 2-90: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-DH 2 173
Tab. 2-91: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-RH 1 175
Tab. 2-92: Bauteilflächen – Typenvertreter E-RH 1 176
Tab. 2-93: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-RH 1 177
Tab. 2-94: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 1 179
Tab. 2-95: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-RH 1 181
Tab. 2-96: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-RH 1 183
Tab. 2-97: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-RH 2 185
Tab. 2-98: Bauteilflächen – Typenvertreter E-RH 2 186
Tab. 2-99: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-RH 2 187
Tab. 2-100: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 2 189
Tab. 2-101: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-RH 2 191
Tab. 2-102: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-RH 2 193
Tab. 2-103: Grundflächen und Volumen – Typenvertreter E-RH 3 195
Tab. 2-104: Bauteilflächen – Typenvertreter E-RH 3 196
Tab. 2-105: Bauteilbeschreibung – Typenvertreter E-RH 3 197
Tab. 2-106: Bauteil- und baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stofflager und Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 3 198

Tab. 2-107: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial in kWh/m²a – Typenvertreter E-RH 3 200
Tab. 2-108: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-RH 3 201

3 Vergleich unterschiedlicher Gebäudetypen
Tab. 3-1: Grundflächen und Rauminhalte unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen 203
Tab. 3-2: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen in kWh/m²a 212
Tab. 3-3: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen 214
Tab. 3-4: Grunddaten unterschiedlicher Umweltindikatoren für einige ausgewählte Baustoffe 215
Tab. 3-5: Grundflächen und Rauminhalte unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen 216
Tab. 3-6: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen in kWh/m²a 224
Tab. 3-7: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen 226
Tab. 3-8: MFH- und EFH-Gebäudetypen im Vergleich – erste Orientierungswerte 228

4 Anwendung stofflich-energetischer Kennwerte auf Ebene von Bebauungsstrukturen
Tab. 4-1: Matrix Gebäudemix – Beispieldarstellung 236
Tab. 4-2: Stadtstrukturtypen der Wohnbebauung 239
Tab. 4-3: Gebäudemix unterschiedlicher SST in den Beispielstädten Freiberg, Zittau und Leipzig 241
Tab. 4-4: Ermittlung der wohnflächenbezogenen Stoffintensität eines SST – Beispiel: Zittau, offene Blockbebauung 242
Tab. 4-5: Wohnflächenbezogene Stoffintensität unterschiedlicher SST in den Beispielstädten Freiberg, Zittau und Leipzig 242
Tab. 4-6: Rechenverfahren zur Ermittlung der NWBL-bezogenen Stoffintensität 245
Tab. 4-7: NWBL-bezogene Stoffintensität unterschiedlicher SST in den Beispielstädten Freiberg, Zittau und Leipzig 246

Tab. 4-8: Absoluter und spezifischer KEA_H unterschiedlicher Gebäudetypen 250
Tab. 4-9: Ermittlung des KEA_H für einen SST – Beispiel: Zittau, offene Blockbebauung 251
Tab. 4-10: Wohnflächenbezogener KEA_H unterschiedlicher SST in den Beispielstädten Freiberg, Zittau und Leipzig 251
Tab. 4-11: NWBL-bezogener KEA_H unterschiedlicher SST in den Beispielstädten Freiberg, Zittau und Leipzig 253
Tab. 4-12: Wohnflächen- und NWBL-bezogene Stoffintensität – überschlägliche Orientierungswerte (Durchschnittswerte) 255
Tab. 4-13: Wohnflächen- und NWBL-bezogener KEA_H – überschlägliche Orientierungswerte (Durchschnittswerte) 256

Anhang A

Tab. A-1: Baustofftabelle 264
Tab. A-2: Liste der Baustoffe, für die keine Umweltindikatoren ausgewiesen sind 267
Tab. A-3: Umweltindikatoren – baustoffbezogene Grundwerte 268

Abbildungsverzeichnis

1 Umweltorientiertes Berechnungsverfahren für Gebäudetypen

Abb. 1-1: Baustoff-Berechnungs-Programm – Systematische Darstellung 4
Abb. 1-2: Bauteilbezogene spezifische Baustoffmengen – Stoffintensität eines dreigeschossigen Gründerzeitgebäudes 8
Abb. 1-3: Baustoffgruppenbezogene spezifische Baustoffmengen – Stoffintensität eines dreigeschossigen Gründerzeitgebäudes 11
Abb. 1-4: Umweltindikatoren – Spezifische Werte: Beispiel dreigeschossiges Gründerzeitgebäude 14

2 Stofflich-energetische Kennwerte unterschiedlicher Gebäudetypen – Dokumentation

Abb. 2-1: Ansicht Typenvertreter IMF 1 28
Abb. 2-2: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMF 1 29
Abb. 2-3: Bauteilflächen – Typenvertreter IMF 1 30
Abb. 2-4: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMF 1 34
Abb. 2-5: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMF 1 34
Abb. 2-6: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMF 1 36
Abb. 2-7: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMF 1 36
Abb. 2-8: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMF 1 37
Abb. 2-9: Ansicht Typenvertreter IMZ 2 38
Abb. 2-10: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMZ 2 39
Abb. 2-11: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 2 40
Abb. 2-12: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 2 44
Abb. 2-13: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 2 44
Abb. 2-14: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 2 46

Abb. 2-15: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMZ 2 46
Abb. 2-16: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 2 47
Abb. 2-17: Ansicht Typenvertreter IMZ 3 48
Abb. 2-18: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMZ 3 49
Abb. 2-19: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 3 50
Abb. 2-20: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 3 54
Abb. 2-21: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 3 54
Abb. 2-22: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 3 56
Abb. 2-23: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMZ 3 56
Abb. 2-24: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 3 57
Abb. 2-25: Ansicht Typenvertreter IMZ 4 58
Abb. 2-26: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMZ 4 59
Abb. 2-27: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 4 60
Abb. 2-28: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 4 64
Abb. 2-29: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 4 64
Abb. 2-30: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 4 66
Abb. 2-31: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMZ 4 66
Abb. 2-32: Kumulierter Enrgieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMZ 4 67
Abb. 2-33: Ansicht Typenvertreter IMZ 5 68
Abb. 2-34: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMZ 5 69
Abb. 2-35: Bauteilflächen – Typenvertreter IMZ 5 70
Abb. 2-36: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 5 74
Abb. 2-37: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMZ 5 74

Abb. 2-38: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMZ 5 76
Abb. 2-39: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMZ 5 76
Abb. 2-40: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe –Typenvertreter IMZ 5 77
Abb. 2-41: Ansicht Typenvertreter IMI 1 78
Abb. 2-42: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMI 1 79
Abb. 2-43: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 1 80
Abb. 2-44: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 1 84
Abb. 2-45: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 1 84
Abb. 2-46: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 1 86
Abb. 2-47: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMI 1 86
Abb. 2-48: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 1 87
Abb. 2-49: Ansicht Typenvertreter IMI 2 88
Abb. 2-50: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMI 2 89
Abb. 2-51: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 2 90
Abb. 2-52: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 2 93
Abb. 2-53: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 2 93
Abb. 2-54: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 2 95
Abb. 2-55: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMI 2 95
Abb. 2-56: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 2 96
Abb. 2-57: Ansicht Typenvertreter IMI 3 97
Abb. 2-58: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMI 3 98
Abb. 2-59: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 3 99
Abb. 2-60: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 3 102

Abb. 2-61: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 3 102
Abb. 2-62: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 3 104
Abb. 2-63: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMI 3 104
Abb. 2-64: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 3 105
Abb. 2-65: Ansicht Typenvertreter IMI 4 106
Abb. 2-66: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter IMI 4 107
Abb. 2-67: Bauteilflächen – Typenvertreter IMI 4 108
Abb. 2-68: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 4 112
Abb. 2-69: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters IMI 4 112
Abb. 2-70: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter IMI 4 114
Abb. 2-71: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter IMI 4 114
Abb. 2-72: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter IMI 4 115
Abb. 2-73: Ansicht Typenvertreter GWB 116
Abb. 2-74: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter GWB 117
Abb. 2-75: Bauteilflächen – Typenvertreter GWB 118
Abb. 2-76: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters GWB 122
Abb. 2-77: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters GWB 122
Abb. 2-78: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter GWB 123
Abb. 2-79: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter GWB 124
Abb. 2-80: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter GWB 125
Abb. 2-81: Ansicht Typenvertreter E-EH 1 (EW 65 B) 126
Abb. 2-82: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-EH 1 127
Abb. 2-83: Bauteilflächen – Typenvertreter E-EH 1 128
Abb. 2-84: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 1 131

Abb. 2-85: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 1 131
Abb. 2-86: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-EH 1 133
Abb. 2-87: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-EH 1 133
Abb. 2-88: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenverteter E-EH 1 134
Abb. 2-89: Ansicht Typenvertreter E-EH 2 (GU 1-86) 135
Abb. 2-90: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-EH 2 136
Abb. 2-91: Bauteilflächen – Typenvertreter E-EH 2 137
Abb. 2-92: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 2 141
Abb. 2-93: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 2 141
Abb. 2-94: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-EH 2 143
Abb. 2-95: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-EH 2 143
Abb. 2-96: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-EH 2 144
Abb. 2-97: Ansicht Typenvertreter E-EH 3 145
Abb. 2-98: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-EH 3 146
Abb. 2-99: Bauteilflächen – Typenvertreter E-EH 3 147
Abb. 2-100: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 3 150
Abb. 2-101: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-EH 3 150
Abb. 2-102: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-EH 3 151
Abb. 2-103: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-EH 3 152
Abb. 2-104: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-EH 3 153
Abb. 2-105: Ansicht Typenvertreter E-DH 1 (EW 65 B/D) 154
Abb. 2-106: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-DH 1 155
Abb. 2-107: Bauteilflächen – Typenvertreter E-DH 1 156
Abb. 2-108: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-DH 1 160

Abb. 2-109: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-DH 1 160
Abb. 2-110: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-DH 1 162
Abb. 2-111: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-DH 1 162
Abb. 2-112: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-DH 1 163
Abb. 2-113: Ansicht Typenvertreter E-DH 2 (D 72 Apolda) 164
Abb. 2-114: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-DH 2 165
Abb. 2-115: Bauteilflächen – Typenvertreter E-DH 2 166
Abb. 2-116: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-DH 2 170
Abb. 2-117: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-DH 2 170
Abb. 2-118: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-DH 2 172
Abb. 2-119: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-DH 2 172
Abb. 2-120: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-DH 2 173
Abb. 2-121: Ansicht Typenvertreter E-RH 1 (EW 71C) 174
Abb. 2-122: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-RH 1 175
Abb. 2-123: Bauteilflächen – Typenvertreter E-RH 1 176
Abb. 2-124: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 1 180
Abb. 2-125: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 1 180
Abb. 2-126: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-RH 1 182
Abb. 2-127: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-RH 1 182
Abb. 2-128: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-RH 1 183
Abb. 2-129: Ansicht Typenvertreter E-RH 2 (RH 2) 184
Abb. 2-130: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-RH 2 185
Abb. 2-131: Bauteilflächen – Typenvertreter E-RH 2 186
Abb. 2-132: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 2 190

Abb. 2-133: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 2 190
Abb. 2-134: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-RH 2 192
Abb. 2-135: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-RH 2 192
Abb. 2-136: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-RH 2 193
Abb. 2-137: Ansicht Typenvertreter E-RH 3 194
Abb. 2-138: Grundflächen im Vergleich – Typenvertreter E-RH 3 195
Abb. 2-139: Bauteilflächen – Typenvertreter E-RH 3 196
Abb. 2-140: Bauteilbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 3 199
Abb. 2-141: Baustoffgruppenbezogene Baustoffmengen – Stoffintensität des Typenvertreters E-RH 3 199
Abb. 2-142: Heizenergiebedarf in kWh/m²a – Typenvertreter E-RH 3 200
Abb. 2-143: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Gebäude – Typenvertreter E-RH 3 201
Abb. 2-144: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) pro Baustoffgruppe – Typenvertreter E-RH 3 202

3 Vergleich unterschiedlicher Gebäudetypen

Abb. 3-1: Unterschiedliche Flächenanteile der Brutto-Grundfläche – MFH im Vergleich 204
Abb. 3-2: Brutto-Rauminhalt zu Brutto-Grund- und Hauptnutzfläche – MFH im Vergleich 206
Abb. 3-3: Unterschiedliche Flächenanteile der Gesamt-Bauteilfläche – MFH im Vergleich 207
Abb. 3-4: Stoffintensität unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen in t/m² HNF 208
Abb. 3-5: Stoffintensität unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen in t/m² NF, t/m² NGF und t/m³ BRI 209
Abb. 3-6: Stoffintensität unterschiedlicher Bauteile – MFH-Gebäudetypen im Vergleich 210
Abb. 3-7: Stoffintensität unterschiedlicher Baustoffgruppen – MFH-Gebäudetypen im Vergleich 211
Abb. 3-8: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen in kWh/m²a 213

Abb. 3-9: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) unterschiedlicher MFH-Gebäudetypen 215
Abb. 3-10: Unterschiedliche Flächenanteile der Brutto-Grundfläche – EFH im Vergleich 217
Abb. 3-11: Brutto-Rauminhalt zu Brutto-Grund- und Hauptnutzfläche – EFH im Vergleich 218
Abb. 3-12: Unterschiedliche Flächenanteile an der Gesamt-Bauteilfläche – EFH im Vergleich 219
Abb. 3-13: Stoffintensität unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen in t/m² HNF 220
Abb. 3-14: Stoffintensität unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen in t/m² NF, t/m² NGF und t/m³ BRI 221
Abb. 3-15: Stoffintensität unterschiedlicher Bauteile – EFH-Gebäudetypen im Vergleich 222
Abb. 3-16: Stoffintensität unterschiedlicher Baustoffgruppen – EFH-Gebäudetypen im Vergleich 223
Abb. 3-17: Heizenergiebedarf und Einsparpotenzial unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen in kWh/m²a 225
Abb. 3-18: Heizenergiebedarf unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen – Mittelwerte im Vergleich 225
Abb. 3-19: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Versauerungspotenzial (SO_2-Äquivalent) und Treibhauspotenzial (CO_2-Äquivalent) unterschiedlicher EFH-Gebäudetypen 227
Abb. 3-20: Anteile unterschiedlicher Grundflächen an der BGF – MFH und EFH im Vergleich 231
Abb. 3-21: Stoffintensität in t/m² HNF – MFH und EFH im Vergleich 231
Abb. 3-22: Heizenergiebedarf – MFH und EFH im Vergleich 232
Abb. 3-23: Kumulierter Energieaufwand – MFH und EFH im Vergleich 232
Abb. 3-24: Versauerungspotenzial – MFH und EFH im Vergleich 233
Abb. 3-25: Treibhauspotenzial – MFH und EFH im Vergleich 233

4 Anwendung stofflich-energetischer Kennwerte auf Ebene von Bebauungsstrukturen

Abb. 4-1: Übertragung stofflich-energetischer Kennwerte auf höhere Maßstabsebenen – Prinzipdarstellung 237
Abb. 4-2: Wohnflächenbezogene Stoffintensität unterschiedlicher SST – Beispielstädte Freiberg, Zittau und Leipzig im Vergleich 243
Abb. 4-3: NWBL-bezogene Stoffintensität unterschiedlicher SST – Beispielstädte Freiberg, Zittau und Leipzig im Vergleich 247

Abb. 4-4: NWBL-bezogene Stoffintensität unterschiedlicher SST in Abhängigkeit der GFZ – Beispielstädte Freiberg, Zittau und Leipzig 248
Abb. 4-5: Wohnflächenbezogener KEA_H unterschiedlicher SST – Beispielstädte Freiberg, Zittau und Leipzig 252
Abb. 4-6: NWBL-bezogener KEA_H unterschiedlicher SST – Beispielstädte Freiberg, Zittau und Leipzig im Vergleich 254

Anhang B

Abb. B-1: Flächen von Hochbauten 273
Abb. B-2: Nutzfläche, Funktionsfläche und Verkehrsfläche als Teile der Netto-Grundfläche 275

Abkürzungsverzeichnis

ABL	Alte Bundesländer
Ap	Acidification Potential
AW	Außenwand
BBP	Baustoff-Berechnungs-Programm
BGF	Brutto-Grundfläche
BRI	Brutto-Rauminhalt
CH_4	Methan
CKW	Chlorkohlenwasserstoff(e)
CO_2	Kohlendioxid
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DG	Dachgeschoss
DH	Doppelhaus
DIN	Deutsches Institut für Normung
E-DH	Einfamilienhaus-Doppelhaus
E-EH	Einfamilienhaus-Einzelhaus
E-RH	Einfamilienhaus-Reihenhaus
EAKV	Europäischer Abfallkatalog – Verordnung
EFH	Einfamilienhaus
EG	Erdgeschoss
EH	Einzelhaus
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoff(e)
FF	Funktionsfläche
Fl.	Fläche
FZ	Forschungszentrum
G	Gebäudetyp
$\overline{G}$	Mittlere Geschossigkeit
GEMIS	Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme
GEWOS	Gesellschaft für Wohnungs- und Siedlungswesen
GF	Geschossfläche
GFZ	Geschossflächenzahl
GhK	Gesamthochschule Kassel
GR	Grundfläche
GRZ	Grundflächenzahl
GWB	Geschosswohnungsbau

GWP	Global Warming Potential
GWZ	Gebäude- und Wohnungszählung
HB	Holzbeton
HCl	Chlorwasserstoff
HF	Fluorwasserstoff
HH	Hochhaus
HNF	Hauptnutzfläche
HWL	Holzwolle-Leichtbauplatten
IfLB	Institut für Landwirtschaftliche Bauten
IMF	Indexgebäude Mehrfamilienhaus Fachwerkbau
IMI	Indexgebäude Mehrfamilienhaus industrielle Bauweise
IMZ	Indexgebäude Mehrfamilienhaus Ziegelbau
IÖR	Institut für ökologische Raumentwicklung
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
KEA	Kumulierter Energieaufwand
Kfz	Kraftfahrzeug
KG	Kellergeschoss
KGF	Konstruktions-Grundfläche
KW	Kellerwand
m	Menge
MAX	Maximal
MFH	Mehrfamilienhaus
MFPA	Materialforschungs- und Prüfungsanstalt
MIN	Minimal
NBL	Neue Bundesländer
NEH	Niedrigenergiehaus
NF	Nutzfläche
NGF	Netto-Grundfläche
NH_3	Ammoniak
NNF	Nebennutzfläche
NO_x	Stickoxide
N_2O	Distickstoffmonoxid
NWBL	Netto-Wohnbauland
OG	Obergeschoss
PE	Polyethylen
PF	Phenolharz
PS	Polystyrol
PUR	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid

q	prozentualer Anteil
RH	Reihenhaus
SAN	Sanierung
SI	Stoffintensität
SL	Stofflager
SMI	Sächsisches Staatsministerium des Innern
SO_2	Schwefeldioxid
SST	Stadtstrukturtyp(en)
St.	Stück
TFF	Technologiefolgenforschung
UBA	Umweltbundesamt
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VF	Verkehrsfläche
WD	Wärmedämmung
Wfl.	Wohnfläche
WC	Wasserklosett
WSchVO	Wärmeschutzverordnung
XPS	Extrudiertes Polystyrol

Einheiten

a	Jahr
g	Gramm
GJ	Giga Joule
ha	Hektar
J	Joule
kg	Kilogramm
kWh	Kilowattstunde
lfd. M.	laufende Meter
m	Meter
m^2	Quadratmeter
m^3	Kubikmeter
t	Tonne