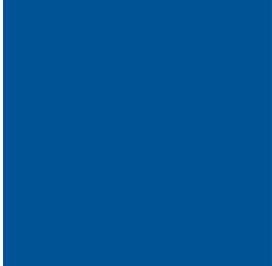


Wohngebäude an der Friedenspromenade und der Georg-Kerschensteiner-Straße in München

Ökologische und ökonomische Bewertung

Kurzfassung basierend auf einer Studie der
Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt





Inhalt

Zielvorstellung	4
Untersuchte Gebäude	5
Ökobilanz	6
Wirkungsindikatoren	7
Systemgrenze – Was wurde berücksichtigt	8
Vergleich der Gebäude und verschiedener Außenwandkonstruktionen	9
Übersicht der untersuchten GEWOFAG-Gebäude	10
Ergebnisse aus der Betriebsphase	12
Primärenergiebedarf	14
CO ₂ -Emissionen	16
Umweltbelastung	18
Entsorgung	20
Kosten	21
Fazit	22

Zielvorstellung



Lageplan Friedenspromenade

An der Friedenspromenade und in der Messestadt Riem hat die GEWOFAG im Rahmen des experimentellen Wohnungsbaus Gebäude mit öffentlich geförderten Wohnungen errichtet, bei denen Möglichkeiten für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen ausgelotet werden sollten. Fördermittelgeber waren der Freistaat Bayern und die Landeshauptstadt München.

Das Projekt wurde durch die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA in Dübendorf wissenschaftlich begleitet.

In einer Studie wurde eine ökologische Kosten- und Nutzenbilanz erstellt, in welcher fünf Gebäude an der Friedenspromenade mit unterschiedlichen Außenwandkonstruktionen und ein Gebäude in Holzbauweise in München-Riem zwei Referenzgebäuden gegenübergestellt wurden.



Lageplan Messestadt Riem

Die Beurteilung umfasst die Ökobilanzierung der Summe aller heizwärmebedarfsrelevanten Bauteile und der typischen Außenwände anhand folgender Indikatoren:

- Primärenergiebedarf
- CO₂-Emissionen
- Umweltbelastungspunkte
- anfallende Abfallmengen
- Investitions-, Betriebs- und Entsorgungskosten.

Insbesondere sollte die Studie Aufschluss darüber geben, ob sich der bauliche Mehraufwand zur Erreichung eines besseren Wärmeschutzes und damit ein erhöhter Energiebedarf bei Transport, Herstellung und Entsorgung der Baustoffe durch die Einsparungen im Heizwärmebedarf rechtfertigen lässt.

Untersuchte Gebäude

Friedenspromenade

Im Neubaugebiet an der Friedenspromenade wurden fünf Gebäude errichtet mit dem Ziel, die Vorgaben der damals gültigen Wärmeschutzverordnung 95 um 25 % zu unterschreiten. Die Anlage verfügt über insgesamt 102 Mietwohnungen, die im 1. Förderweg gefördert wurden. Die Gebäude haben gleiche Abmessungen und sind der Himmelsrichtung nach gleich orientiert, weisen aber unterschiedliche Bauweisen und Ausstattungsmerkmale auf. Darüber hinaus wurden auch in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen unterschiedliche Erschließungskonzepte verfolgt.



Die fünf Gebäude an der Felicitas-Füss-Straße mit unterschiedlichen Außenwandkonstruktionen; Bauträger GEWOFAG

Gebäude in Holzbauweise in der Messestadt Riem

Beim Gebäude in der Messestadt Riem an der Georg-Kerschensteiner-Straße wurde ein Jahresheizwärmebedarf unter 50 kWh/a angestrebt. Das Gebäude ist in Holzskelett-Tafelbauweise aus vorgefertigten Modulen erstellt. Das Kellergeschoss wurde konventionell errichtet. Im Gebäude befinden sich neun Eigentumswohnungen.



Gebäude an der Georg-Kerschensteiner-Straße in Holzbauweise; Bauträger GEWOFAG

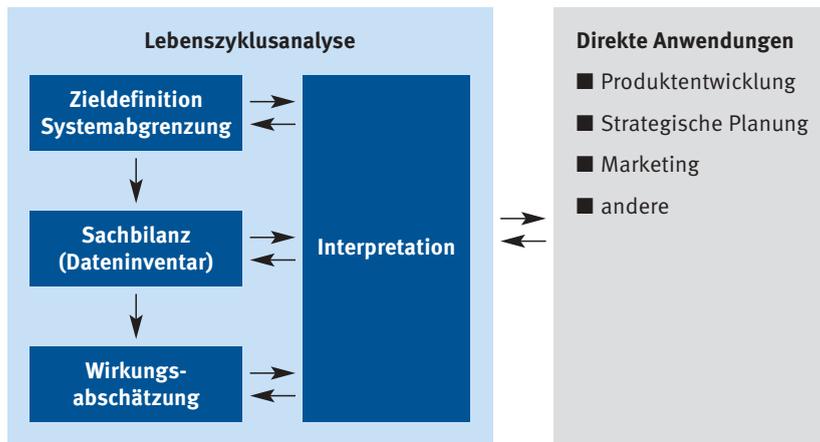
Referenzgebäude an der Friedenspromenade und in der Messestadt Riem

Im Baugebiet an der Friedenspromenade und in der Messestadt Riem wurde jeweils ein weiteres Referenzgebäude in die Untersuchung mit einbezogen, das in Lage, Ausrichtung und Größe mit den Gebäuden an der Felicitas-Füss-Straße vergleichbar ist. Beide Referenzgebäude entsprechen den Anforderungen der früher geltenden Wärmeschutzverordnung 95.

Vereinfacht ausgedrückt ist eine Ökobilanz das „Umweltprotokoll“ eines Produktes. Sie beschreibt die Auswirkungen auf die Umwelt, die im Zusammenhang mit dem Produkt entstehen.

Die von Produkten ausgehenden Auswirkungen auf die Umwelt lassen sich aber nur dann vollständig beschreiben, wenn der gesamte Lebenszyklus des Produktes betrachtet wird: Von der Herstellung über die Nutzungsphase bis zur Verwertung am Ende der Nutzungsdauer. Einbezogen werden dabei auch alle Transporte.

Lebenszyklusanalyse (weitere Erläuterungen siehe EMPA-Bericht)



Funktionelle Einheiten

Für den Gebäudevergleich sind die gewählten funktionellen Einheiten:

- Bauteilfläche der Außenbauteile oder wärmeübertragenden Umfassungsflächen in m² wie z.B. Außenwände, Eingangstüren, Decke über Obergeschoss und
- Gebäudenutzfläche (m²) nach Wärmeschutzverordnung 95 (beheiztes Bauwerksvolumen mal 0,32 in m² bei einer lichten Raumhöhe von $\geq 2,60$ m) als Grundlage für den Vergleich der Gebäude untereinander.



Erläuterung der Funktionsweise der technischen Einrichtungen.

Wirkungsindikatoren



Für eine ökologische Aussage und um eine Wirkungsabschätzung treffen zu können, müssen Parameter (Wirkungsindikatoren) herangezogen werden, welche die Auswirkung der ermittelten Stoff- und Energieflüsse (Sachbilanz) auf die Umwelt wiedergeben. Für diese Studie wurden in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber folgende Wirkungsindikatoren ausgewählt:

- Primärenergiebedarf (PE)
- CO₂-Emissionen
- Umweltbelastungspunkte
- Entsorgung (Masse)
- Kosten

Wirkungsindikator	Beschreibung
Primärenergie (PE) [MJ]	Summe der Energieinhalte aller nicht erneuerbaren und erneuerbaren Primärenergieträger, die am Markt gehandelt werden können, auch Wasser- und Windkraft. Nicht bewertet werden energetisch verwertbare Abfälle, passivsolare Gewinne und Solarenergie aus Kleinanlagen, die direkt am Ort der Erzeugung verwendet werden.
CO₂(-Emissionen) [kg]	Direkte CO ₂ -Emissionen. Das in Biomasse gespeicherte CO ₂ fließt in die Bewertung ein. Zum Beispiel hat der Baustoff Holz große Mengen an CO ₂ aus der Luft gespeichert, welche erst wieder bei der Entsorgung durch Kompostierung oder Verbrennung in die Luft entweichen.
Umweltbelastungspunkte (UBP) [Punkte]	Mit der Methode der ökologischen Knappheit werden alle Umweltauswirkungen bewertet und in Punkten zusammengefasst dargestellt. (z.B.: Die Entsorgung von 1 kg eines Baustoffes in einer Inertstoffdeponie erhält 500 Umweltbelastungspunkte, die Emission von 1 kg CO ₂ in die Luft erhält 200 Umweltbelastungspunkte).
Entsorgung [kg Material]	Für die in Betracht gezogenen Baumaterialien wird ein „worst-case“-Szenario mit nur zwei Entsorgungsarten modelliert: Müllverbrennungsanlage für brennbare Stoffe und Inertstoffdeponie für mineralische Stoffe. (Keine Bewertung z.B. nach Schadstoffen.)
Kosten [€]	Kostenschätzung der für die ökologische Beurteilung relevanten Bauteile der Gebäudehülle. Dabei wurden die Produktion, der Ersatz und die Entsorgung untersucht. Nicht eingeflossen sind zum Beispiel Installationseinrichtungen, Schall- und Feuerchutzmaßnahmen, Sockelleisten, Treppen, etc.

Systemgrenze

Was wurde berücksichtigt

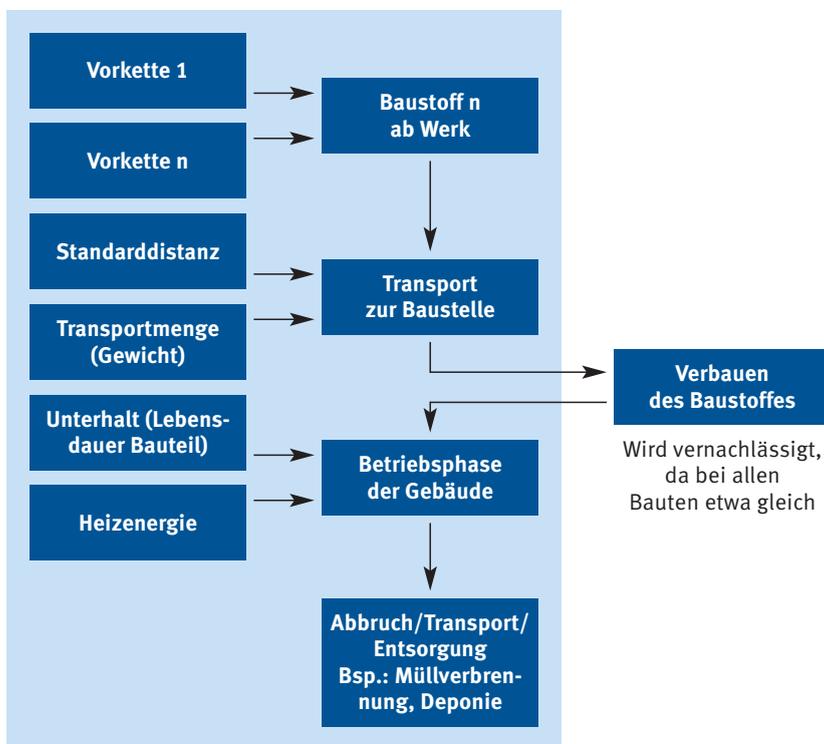
Das System für das Gebäudemodell wird für die Sach- und Wirkbilanz wie folgt eindeutig beschrieben (Systemabgrenzung):

Die untersuchten Baustoffe, die Betriebsphase und der Rückbau der Gebäude beinhalten die in der untenstehenden Abbildung dargestellten

Vorketten mit den entsprechenden Produkten und Prozessen. Die Lebensdauer der Gebäude wurde mit 50 Jahren angenommen.

Die berücksichtigten Material- und Energieflüsse begrenzen sich auf die wärmeschutzrelevante Außenhülle, da nur diese Konstruktionen eine Verknüpfung der Auswirkungen aus den Materialien mit den Auswirkungen aus dem Betrieb zulassen.

Systemgrenze Baustoffe



Die Transporte der Materialien vom Hersteller zur Baustelle und, nach „Lebensende“, vom Gebäude zur Entsorgungsstelle werden im Vergleich mitberücksichtigt.

Der Heizbetrieb der einzelnen Gebäude fließt aufgrund der Nettotransmissionsverluste¹⁾ und der Lebensdauer der Gebäude in den Vergleich ein.

Die Lebensdauer der Baumaterialien und -teile wird berücksichtigt.

Die Entsorgungsprozesse werden nach Kategorie (Inertstoffdeponie²⁾ oder Müllverbrennung) erfasst und entsprechend ausgewiesen.

1) Differenz aus Wärmeverlusten und -gewinnen

2) Deponie zur Ablagerung vorwiegend mineralischer Abfälle (mindestens 95 %), deren Anteil an Schwermetallen und Schadstoffen unter festgelegten Grenzwerten liegt.

Vergleich der Gebäude und verschiedener Außenwandkonstruktionen

Gebäudedaten	Außenwandkonstruktion	Jahreswärmebedarf (kWh/a) ¹⁾	Jahreswärmebedarf (kWh/a) pro m ² Gebäudenutzfläche ¹⁾	Anzahl der Wohnungen	Gebäudenutzfläche (m ²) ²⁾
Felicitas-Füss-Straße 7	Porenbeton 36,5 cm	79 361,46	49,21	21	1 612,83
Felicitas-Füss-Straße 9	Ziegel 24 cm Mineralwolle 12 cm	82 419,34	51,11	18	1 612,48
Felicitas-Füss-Straße 11	Kalksandstein 17,5 cm Mineralwolle 16 cm	66 368,63	47,65	23	1 392,77
Felicitas-Füss-Straße 13	Ziegel 24 cm Mineralwolle 12 cm	77 208,72	48,10	18	1 605,24
Felicitas-Füss-Straße 15	Ziegel 17,5 cm Mineralwolle 18 cm	69 544,32	42,90	22	1 620,90
Referenzgebäude Friedenspromenade	Ziegel 24 cm bzw. Stahlbeton 20 cm Polystyrol 8 cm	104 456,00	62,35	22	1 675,40
Georg-Kerschensteiner-Straße 12	Holzkonstruktion 26 cm mit Zellulosefaserdämmung	20 796,00	20,84	9	998,00
Referenzgebäude Messestadt Riem	Ziegel 24 cm Polystyrol 8 cm	78 088,00	64,40	20	1 212,63

1) errechnet nach Wärmeschutzverordnung 95; 2) entnommen aus Wärmeschutznachweisen

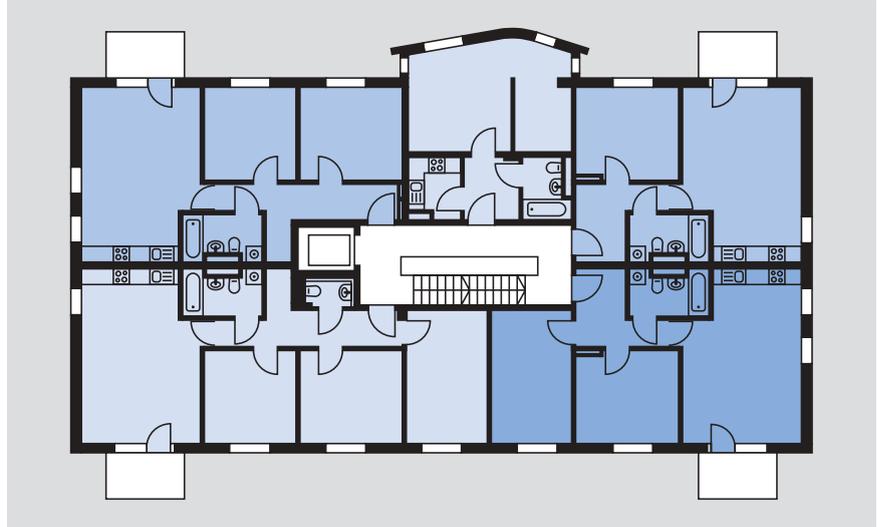


Unterschiedliche
Wandkonstruktionen

Übersicht der untersuchten GEWOFLAG-Gebäude



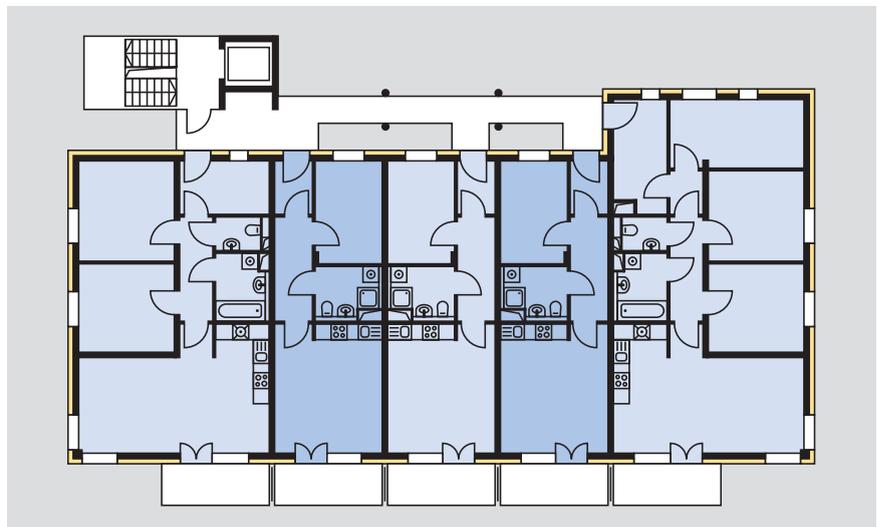
Felicitas-Füss-Straße 7;
Architekten:
Färbinger Steinert Rossmay

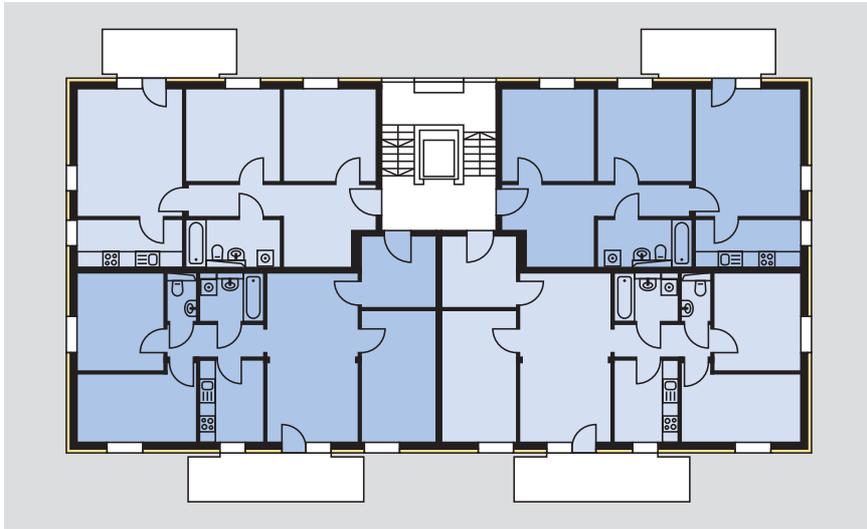


Felicitas-Füss-Straße 9;
Architekten:
Felix + Jonas

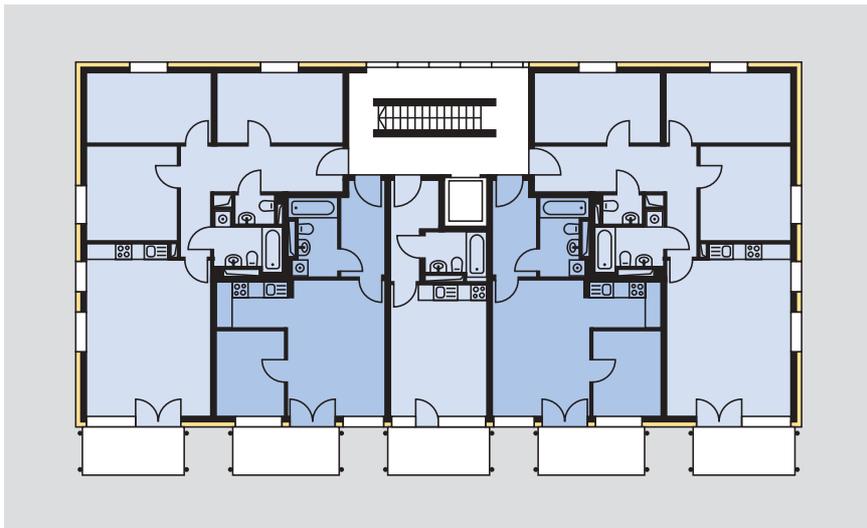


Felicitas-Füss-Straße 11;
Architekten:
Schulz-Brauns & Reinhart

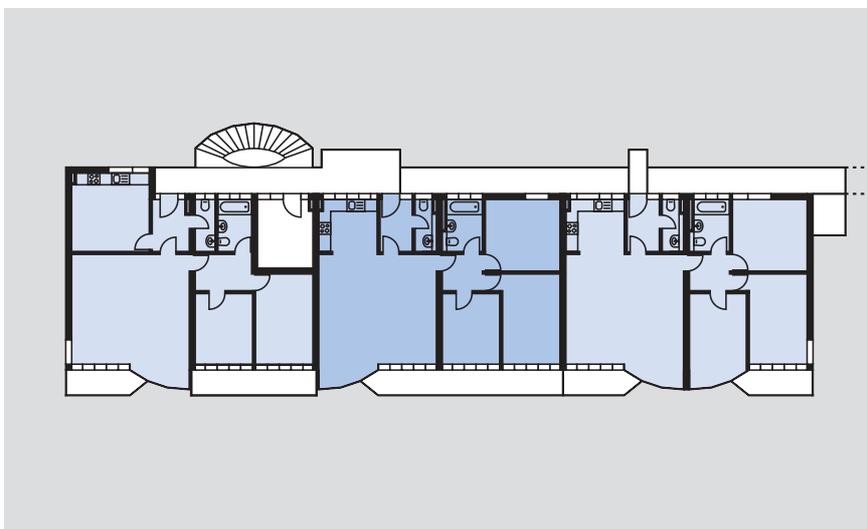




Felicitas-Füss-Straße 13;
Architekten:
Hempel, Oerter, Katikaridis



Felicitas-Füss-Straße 15;
Architekten:
Ackermann und Partner



Georg-Kerschensteiner-Straße 12;
Architekten:
Florian und Wendelin Lichtblau

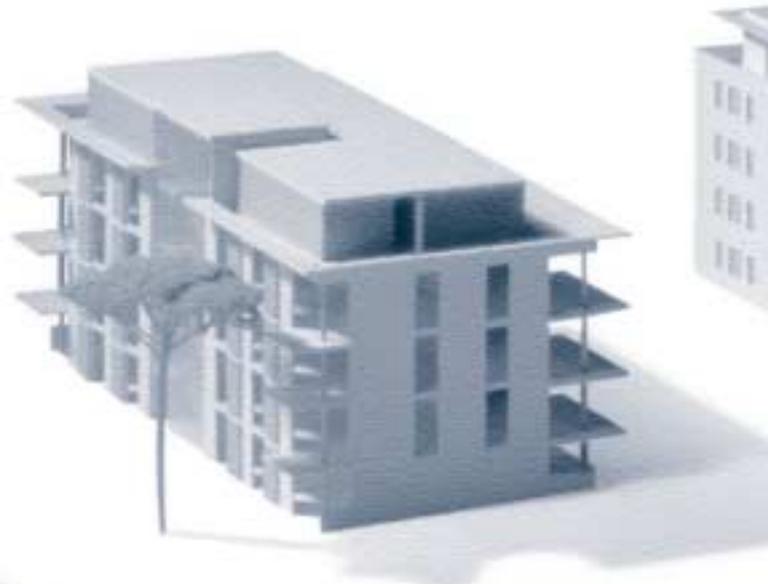
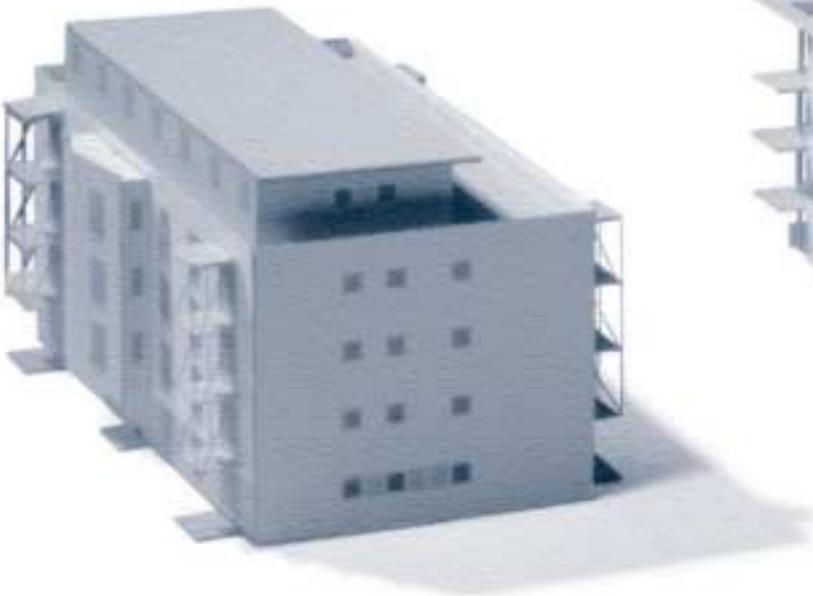
Ergebnisse aus der Betriebsphase¹⁾ gerechnet nach Wärmeschutzverordnung 95



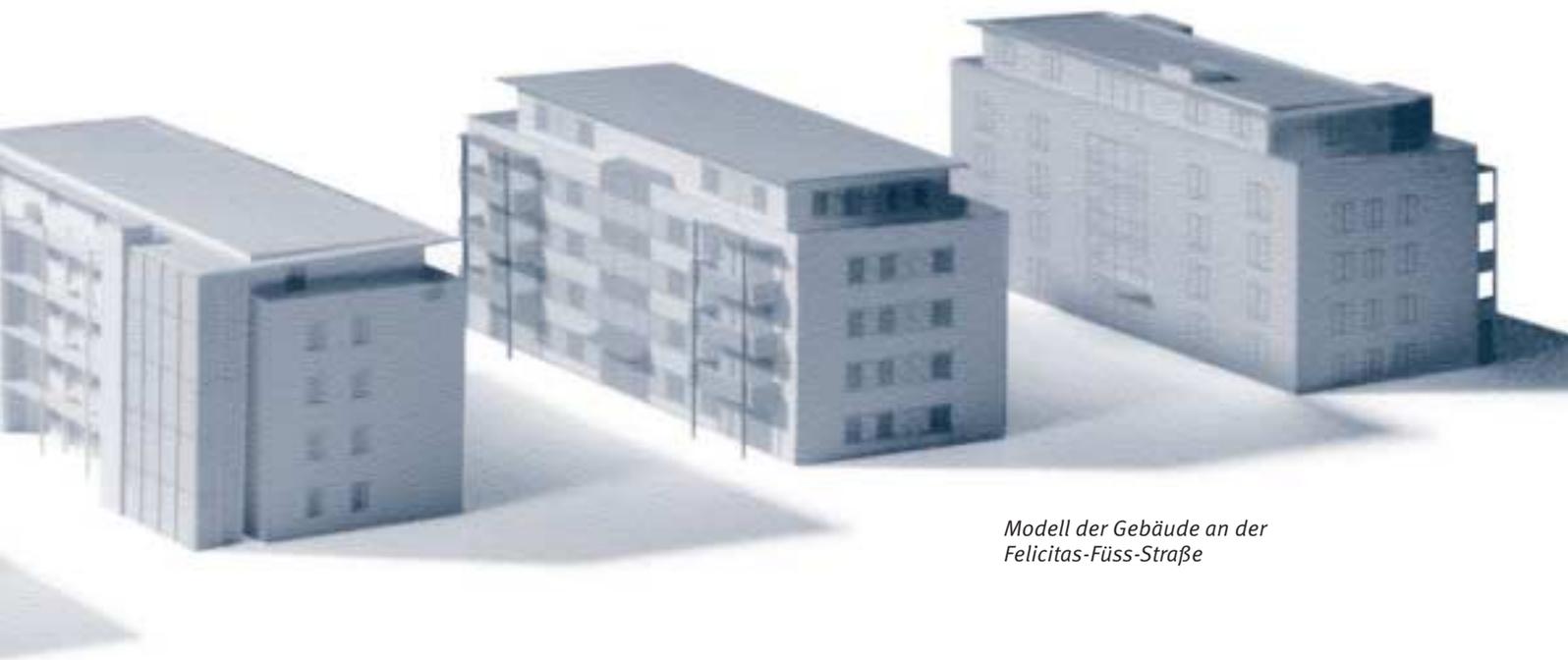
Die Berechnung der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der Betriebsphase umfasst die notwendige Heizenergie und die dafür notwendige Infrastruktur. Diese ergibt sich aus den Heizwärmebedarfsberechnungen (nach Wärmeschutzverordnung 95), welche den Wärmeschutznachweisen entnommen wurden. Da die nötige Heizenergie bei allen Gebäuden durch eine Gasheizung gedeckt wird, ergibt

sich eine eindeutige Korrelation hinsichtlich Primärenergiebedarf, CO₂-Emissionen, UBP, Kosten und den Energiestandards der Gebäude.

1) Unter Betriebsphase wird der angenommene rechnerische Zeitraum von 50 Jahren Wohnnutzung verstanden.



Auswirkungen aus Betriebsphase pro m² Nutzfläche über 50 Jahre

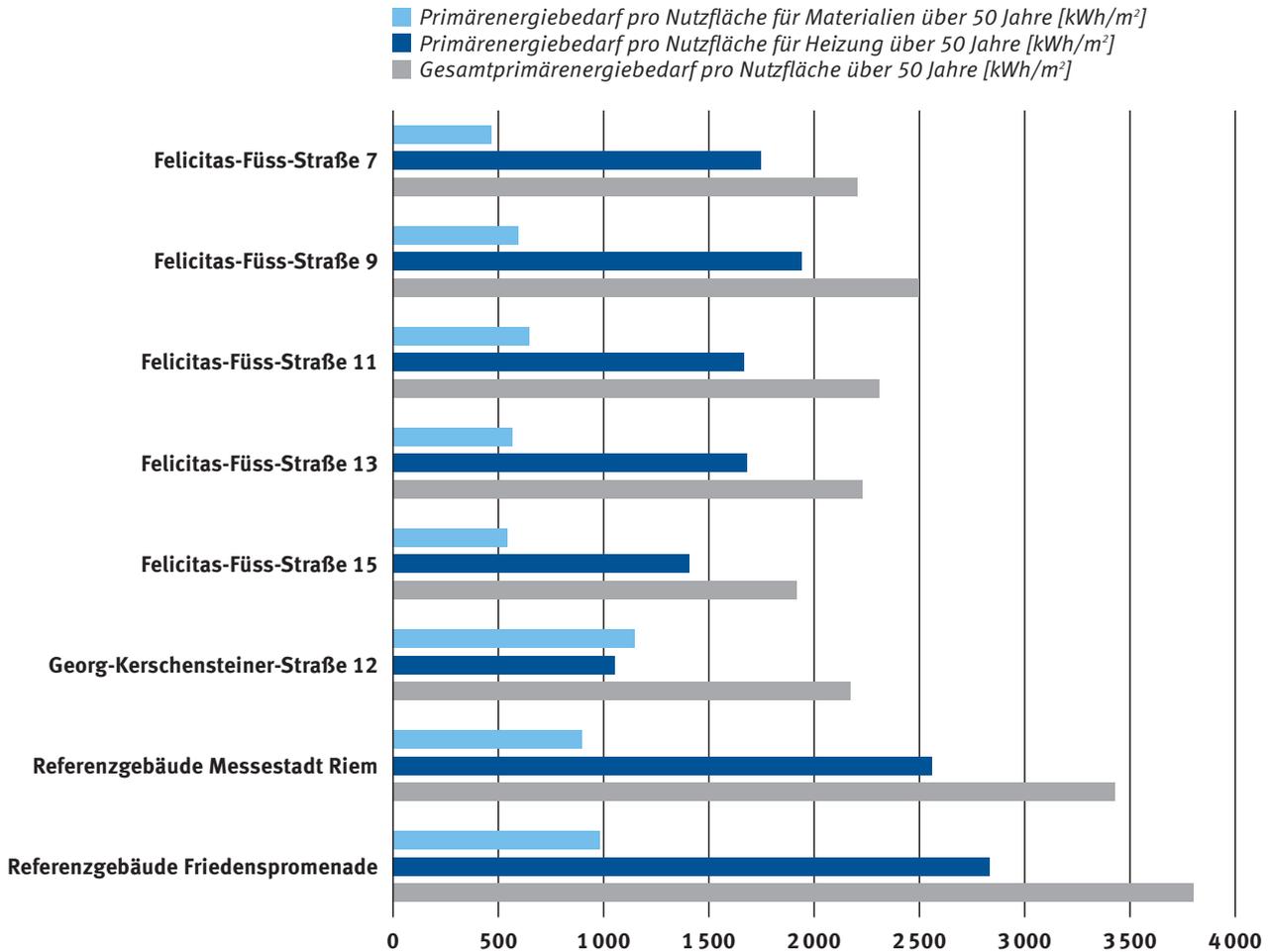


Modell der Gebäude an der Felicitas-Füss-Straße

Wirkungsindikatoren

Primärenergiebedarf

Primärenergiebedarf in kWh pro m² Nutzfläche



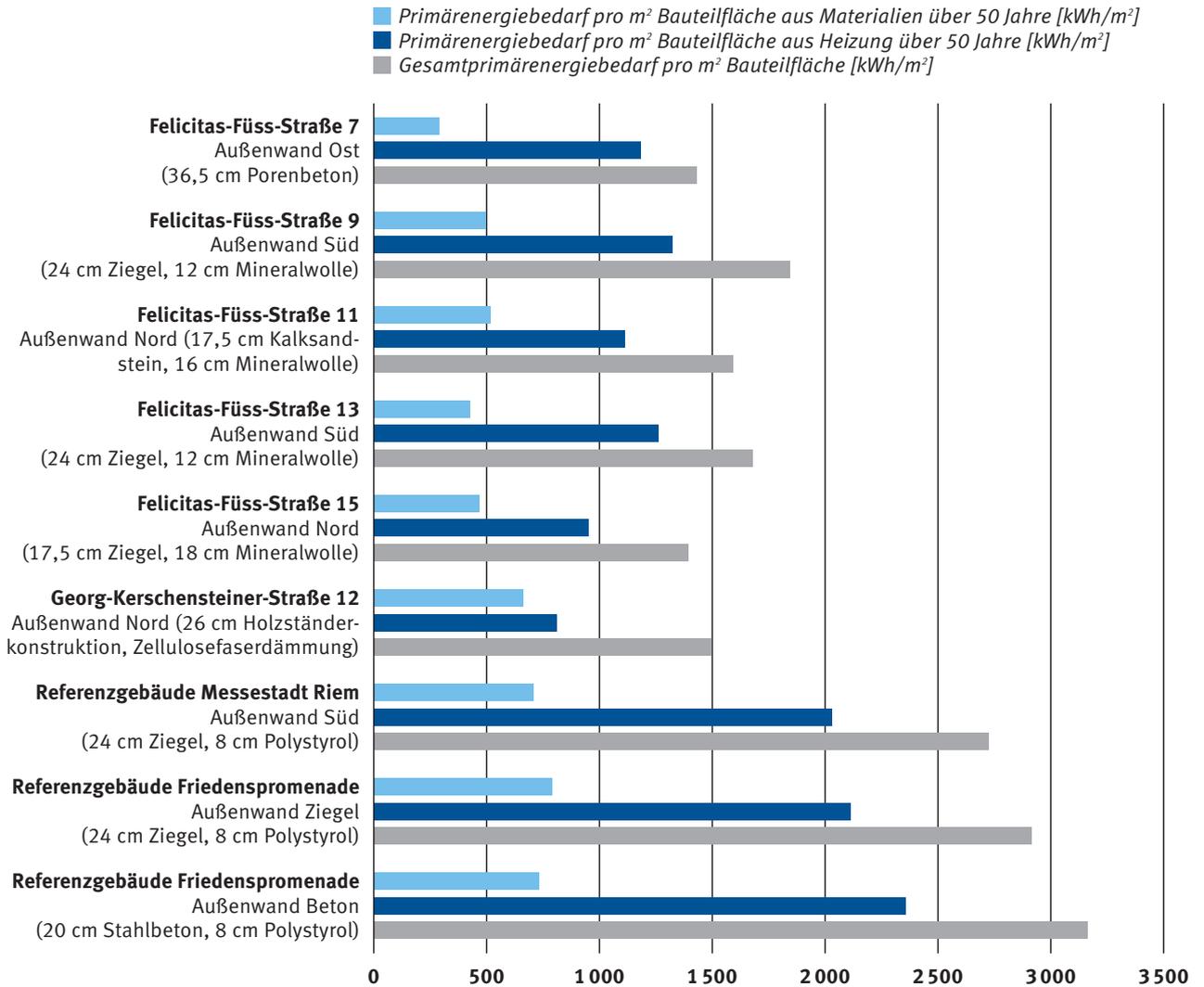
Bezüglich der Herstellung, des Ersatzes und der Entsorgung der Bauteile der Außenhülle über 50 Jahre (hellblauer Balken) schließt das Gebäude Felicitas-Füss-Straße 7 wegen des geringen Primärenergiebedarfs des Baustoffes Porenbeton mit dem besten Ergebnis ab.

Bei dem Gebäude in Holzbauweise ist der hohe Primärenergiegehalt der Holzbaustoffe bei Betrachtung der Materialien für dessen eher schlechtes Resultat verantwortlich. Dies liegt im methodischen Ansatz der Untersuchung begründet, der besagt, dass die

im Holz chemisch gespeicherte Energie nach der Entsorgung dem Holz auch dann angelastet bleibt, wenn die bei der Entsorgung frei werdende Energie genutzt wird.

Mit Ausnahme des Wohnhauses an der Georg-Kerschensteiner-Straße in der Messestadt Riem sind bei allen Gebäuden die Betriebsphasen für das Gesamtergebnis ausschlaggebend.

Primärenergiebedarf in kWh pro m² Bauteilfläche der Außenwände



Im Vergleich der Bauteile der Gebäudehülle erzielen die Wohnhäuser Felicitas-Füss-Straße 7 und 15 an der Friedenspromenade die beste Gesamtbewertung.

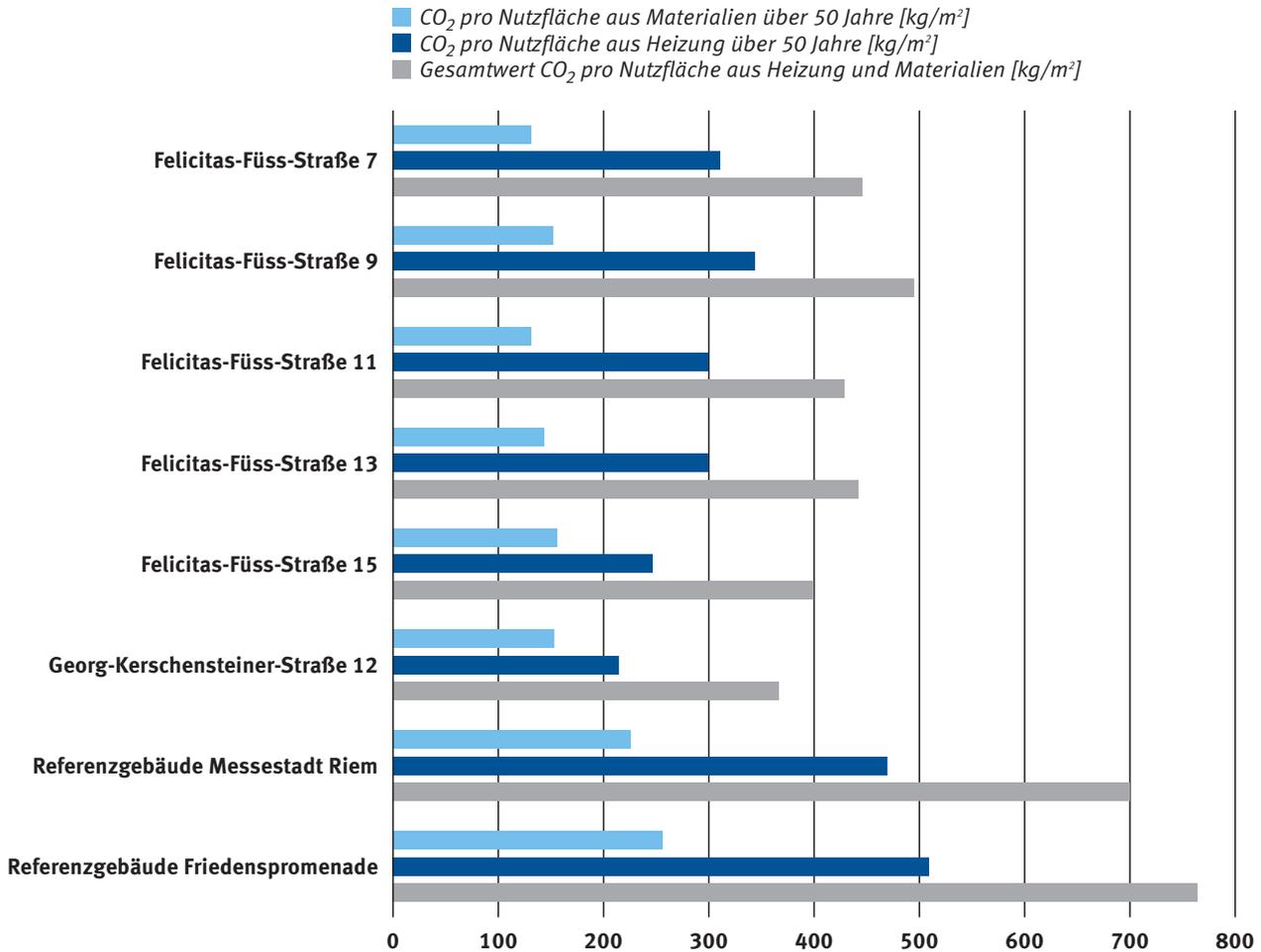


Heizzentrale der Gebäude in der Felicitas-Füss-Straße.

Wirkungsindikatoren

CO₂-Emissionen

CO₂-Emissionen in kg pro m² Nutzfläche

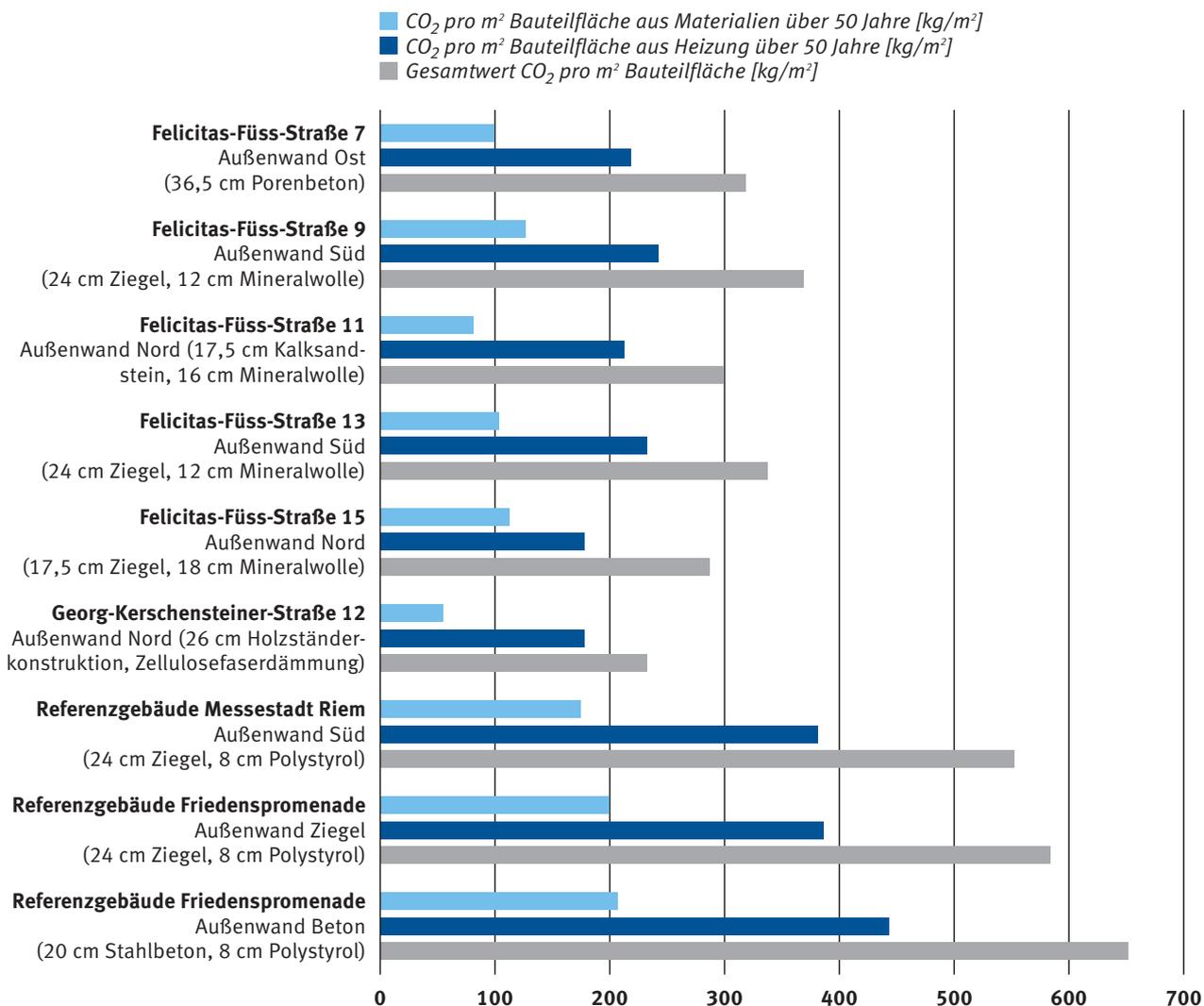


Die Werte der CO₂-Emissionen aus Produktion, Ersatz und Entsorgung der Bauteile der Gebäudehülle (Materialien) der Häuser an der Felicitas-Füss-Straße und des Gebäudes an der Georg-Kerschensteiner-Straße liegen nahe beieinander.

Der CO₂-Anteil der mineralischen Baustoffe ergibt sich beispielsweise aus Brennprozessen, die zur Herstellung der Materialien erforderlich sind.

Die Referenzgebäude in der Messestadt Riem und an der Friedenspromenade schneiden im Vergleich zu den übrigen Gebäuden schlechter ab (Dämmung mit Polystyrol und schlechterer Wärmestandard).

CO₂-Emissionen in kg pro m² Bauteilfläche der Außenwände



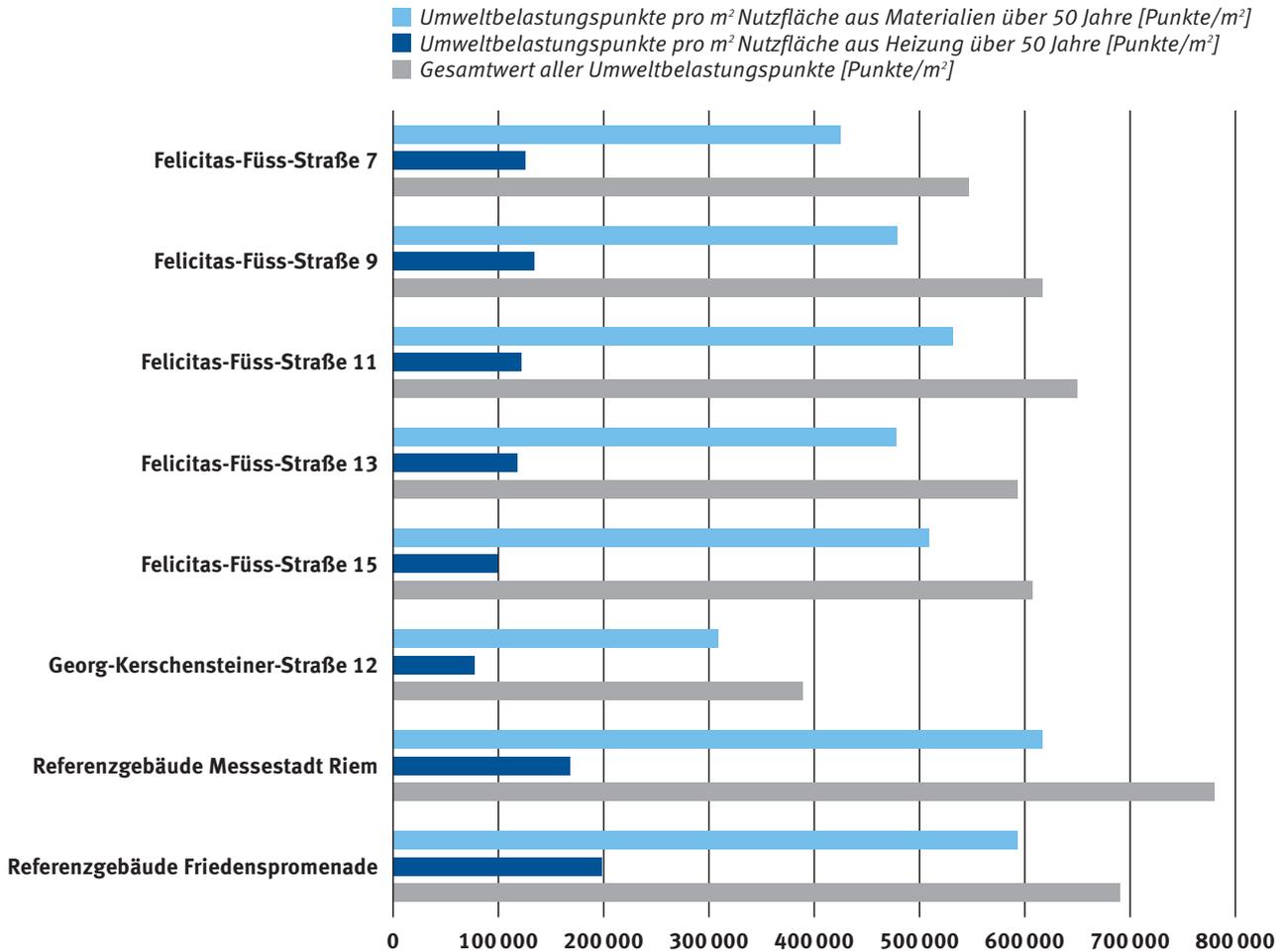
Holz verhält sich über den gesamten Lebenszyklus CO₂-neutral. Damit ergeben sich CO₂-Emissionen nur bei Gewinnung, Verarbeitung und Transport des Baustoffes. Die überwiegend aus Holz bestehenden Außenwände des Gebäudes an der Georg-Kerschensteiner-Straße erzielen damit im Vergleich zu den Außenwänden der anderen Gebäude entsprechend geringe Werte. Durch Verwendung

geschäumter Baustoffe bei der Dämmung der Bodenplatte im nicht unterkellerten Bereich werden die eigentlich sehr guten Ergebnisse etwas relativiert. Dennoch schließt diese Gebäudekonstruktion wegen der geringen CO₂-Emissionen und der hohen Dämmwerte mit dem besten Gesamtergebnis ab.

Wirkungsindikatoren

Umweltbelastungspunkte

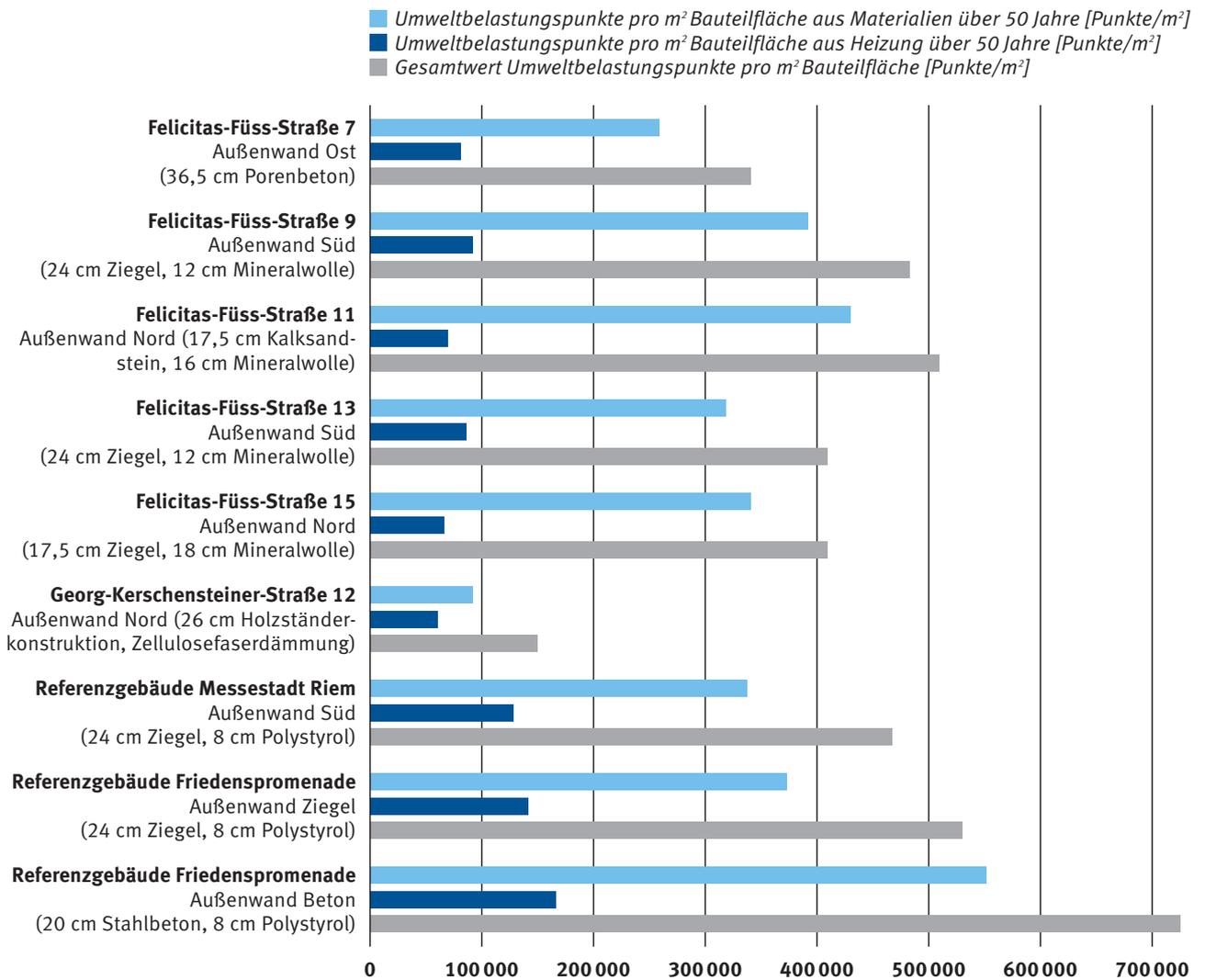
Umweltbelastungspunkte pro m² Nutzfläche



In Bezug auf den Indikator „Umweltbelastungspunkte“ schließt ebenfalls das Gebäude an der Georg-Kerschensteiner-Straße mit dem besten Gesamtergebnis ab. Ausschlaggebend hierfür ist die geringe Belastung aus Produktion, Ersatz und Entsorgung der Bauteile. Wegen des hohen Anteils an nicht-mineralischen Materialien, die weitgehend CO₂-neutral in einer Müllverbrennungsanlage entsorgt

werden können, wird Deponievolumen eingespart. Auffällig ist, dass unter den Gebäuden aus mineralischen Baustoffen das Haus aus Porenbeton (Felicitas-Füss-Straße 7) am besten abschneidet.

Umweltbelastungspunkte pro m² Bauteilfläche der Außenwände



Im Vergleich einiger Außenwandkonstruktionen erzielt die Außenwand des Wohnhauses an der Georg-Kerschensteiner-Straße die beste Gesamtbewertung. Ausschlaggebend sind die geringen Belastungen aus den verwendeten Holzbauteilen und insbesondere den sehr kleinen, nach dem Abbruch des Gebäudes zu deponierenden Bauteilmassen.

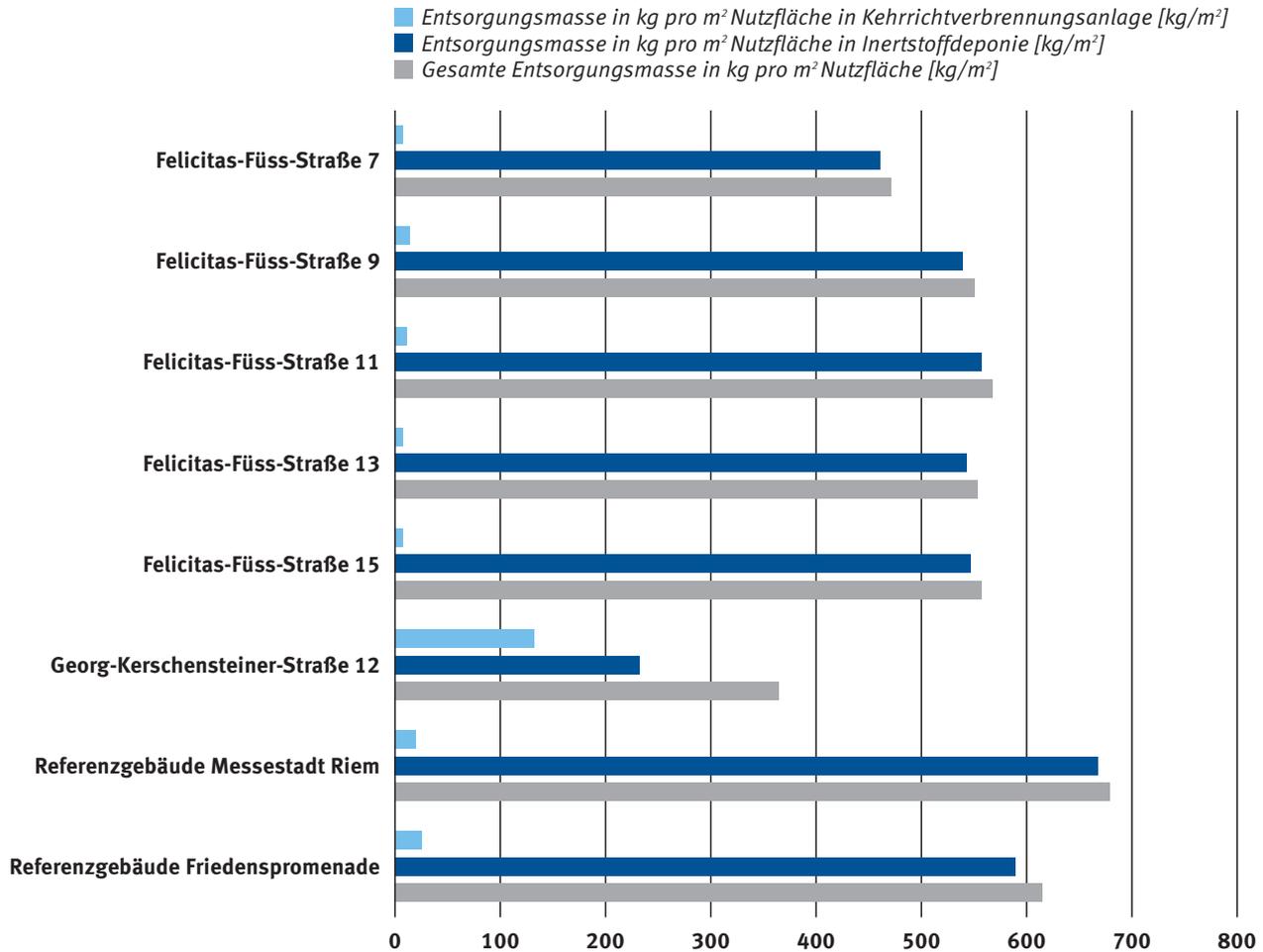


Nordfassade des Gebäudes Georg-Kerschensteiner-Straße 12.

Wirkungsindikatoren

Entsorgungsmasse

Entsorgungsmasse in kg pro m² Nutzfläche



Die Bauteile der Außenhülle bei den Gebäuden an der Felicitas-Füss-Straße und der Referenzgebäude werden zu beinahe 100 % von mineralischen Baustoffen bestimmt. Die Entsorgung erfolgt nach heutigem Standard zu meist in Inertstoffdeponien. Bei Holzbaustoffen ist die Dichte des Materials und damit die zu entsorgende Baustoffmasse erheblich geringer als bei mineralischen Außenwandkonstruktionen bei gleichem Volumen.

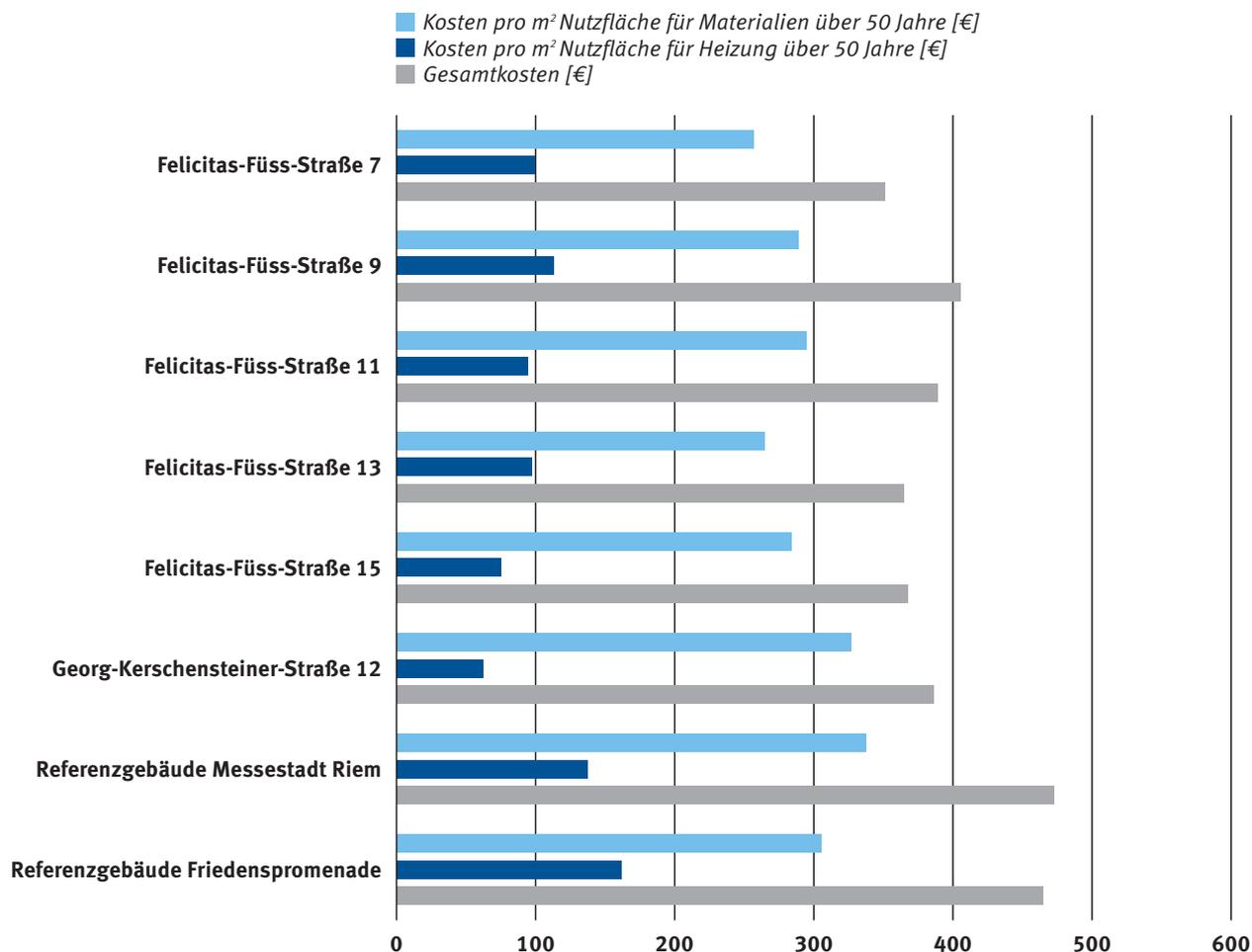
Es ergibt sich deshalb für das Gebäude in Holzbauweise die geringste Entsorgungsmasse.

In dieser Untersuchung wurden die anfallenden Entsorgungsmassen aufgeführt.

Wirkungsindikatoren

Kosten

Kosten in € pro m² Nutzfläche



Verglichen wurden nur die einmaligen Investitionskosten aus der Herstellung, dem Ersatz und der Entsorgung der betrachteten Bauteile der Gebäudehülle.

Eine Gesamtbetrachtung der Kosten für die untersuchten wärmerlevanten Bauteile über 50 Jahre zeigt deutlich, dass die Betriebskosten lediglich mit einem Anteil von 10 bis 35 % das Ergebnis beeinflussen. Ausschlaggebend dafür sind unter anderem die heute relativ niedrigen Energiekosten. Bei zu erwartenden steigenden Energiepreisen würde sich das Verhältnis zugunsten der Investitionskosten verschieben.

Die Erstellungs-, und Entsorgungskosten der Bauteile der Gebäudehülle aller Gebäude liegen in einem Bereich von +/- 20 % vom Mittelwert. Da dies etwa der geschätzten Unsicherheit entspricht, wird nicht näher auf die Unterschiede eingegangen.



Von den betrachteten Außenwänden sind bezüglich Primärenergiebedarf zwei Konstruktionen zu favorisieren:

- Aufgrund des geringen Primärenergiebedarfs bei Erstellung, Ersatz und Entsorgung der Bauteile erhält die Tragkonstruktion mit Wärmedämmfunktion (Porenbeton) ein gutes Gesamtergebnis über 50 Jahre.
- Ebenfalls gute Ergebnisse lassen sich mit einem Wandaufbau aus Tragkonstruktion und separater Dämmschicht erzielen, wenn die Wärmedämmfunktion in Summe entsprechend hoch ist.

Die Lebensdauer der Dämmschicht einer Außenwandkonstruktion wurde mit 30 Jahren angenommen. Bei einer verkürzten Lebensdauer von 20 Jahren ergeben sich entsprechend ungünstigere Ergebnisse bei allen betrachteten Umweltauswirkungen. Damit zeigt sich, dass durch einen handwerklich

einwandfreien Einbau der Bauteile und durch die Wahl von langlebigen Konstruktionen die Umweltauswirkungen und Kosten erheblich reduziert werden können.

Die Bewertung der verschiedenen Außenwände nach CO₂-Emissionen, Umweltbelastungspunkten und Entsorgungsmasse gibt der Holzständerkonstruktion mit Zellulosefaserdämmung im Vergleich zu den anderen Konstruktionen klar den Vorrang.

Bei Betrachtung des Gebäudes in Holzbauweise wurde der höhere Aufwand, der z. B. bei Installationen und Aufwendungen für den Brandschutz entstanden ist, nicht bewertet.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt und im Falle der untersuchten Gebäude lässt sich feststellen, dass die Holzständerkonstruktion über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren keinen Kostenvorteil zur Bauweise im Niedrigenergiestandard bringt. Die Niedrigenergiebauweise ist in der vorliegenden Untersuchung sowohl bei der Herstellung und der Entsorgung der Bauteile der Gebäudehülle als auch bei den Betriebskosten günstiger als Bauweisen, die den Anforderungen der Wärmeschutzverordnung 95 entsprechen.

Die Frage der Zielvorstellung, ob sich der bauliche Mehraufwand für besseren Wärmeschutz durch die erzielten Einsparungen im Heizwärmebedarf rechtfertigen lässt, kann nur situativ beantwortet werden. Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Referenzgebäude der anderen Baukörper im Vergleich zu den Gebäuden an der Friedenspromenade und der Georg-Kerschensteiner-Straße in allen untersuchten Punkten höhere Werte bei Erstinvestition und Betriebsphase aufweisen. Um ökologische Ziele zu erreichen, ist es nicht erforderlich in aufwendige und kostenintensive Maßnahmen zu investieren. Oft kann man die angestrebten Zielwerte durch geringfügige Konstruktionsänderungen bei Verwendung konventioneller Baustoffe erreichen.

Die vollständige Studie „Ökologische und ökonomische Untersuchung und Bewertung der Wohngebäude München Friedenspromenade“ (EMPA-Bericht) kann gegen einen Unkostenbeitrag von 5 € unter der E-Mail-Adresse gewofag@gewofag.de bezogen werden.



Impressum

Herausgeber

GEWOFAG
Gemeinnützige Wohnungsfürsorge AG
Ein Unternehmen
der Landeshauptstadt München
Kirchseeoner Straße 3
81669 München
Telefon: 089 / 41 23 - 123
Fax.: 089 / 41 23 - 340
E-Mail: gewofag@gewofag.de
Internet: gewofag.de

Fotos

Richie Müller, Daniel Hintersteiner, Ingrid Scheffler, Carsten Schmitz, GEWOFAG

Grafik

Carsten Schmitz, München
www.gestaltungsbureau.de

Druck

FIBO Druck und Verlags GmbH, München

Studie

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA

Autoren

D. Kellenberger,
Dr. K. Richter,
H.-J. Althaus,
EMPA Dübendorf, Abteilung Technologie
und Gesellschaft, Gruppe Ökobilanzen

Auftraggeber

GEWOFAG
Gemeinnützige Wohnungsfürsorge AG
Ein Unternehmen
der Landeshauptstadt München

Konzept

Ökologische und ökonomische Untersuchung und Bewertung der Wohngebäude

Stand

Januar 2005



Gemeinnützige Wohnungsfürsorge AG München
Ein Unternehmen der Landeshauptstadt München

