

# ZERsiedelt

## **Bilanzierung der Grauen Energie für Wohngebäude und zugehörige Infrastruktur**

DI Martin Stejskal

FCP – Fritsch, Chiari & Partner Ziviltechniker GmbH

Projektlaufzeit: 2009 – 2011

Gefördert von KliEn & FFG

[www.zersiedelt.at](http://www.zersiedelt.at)



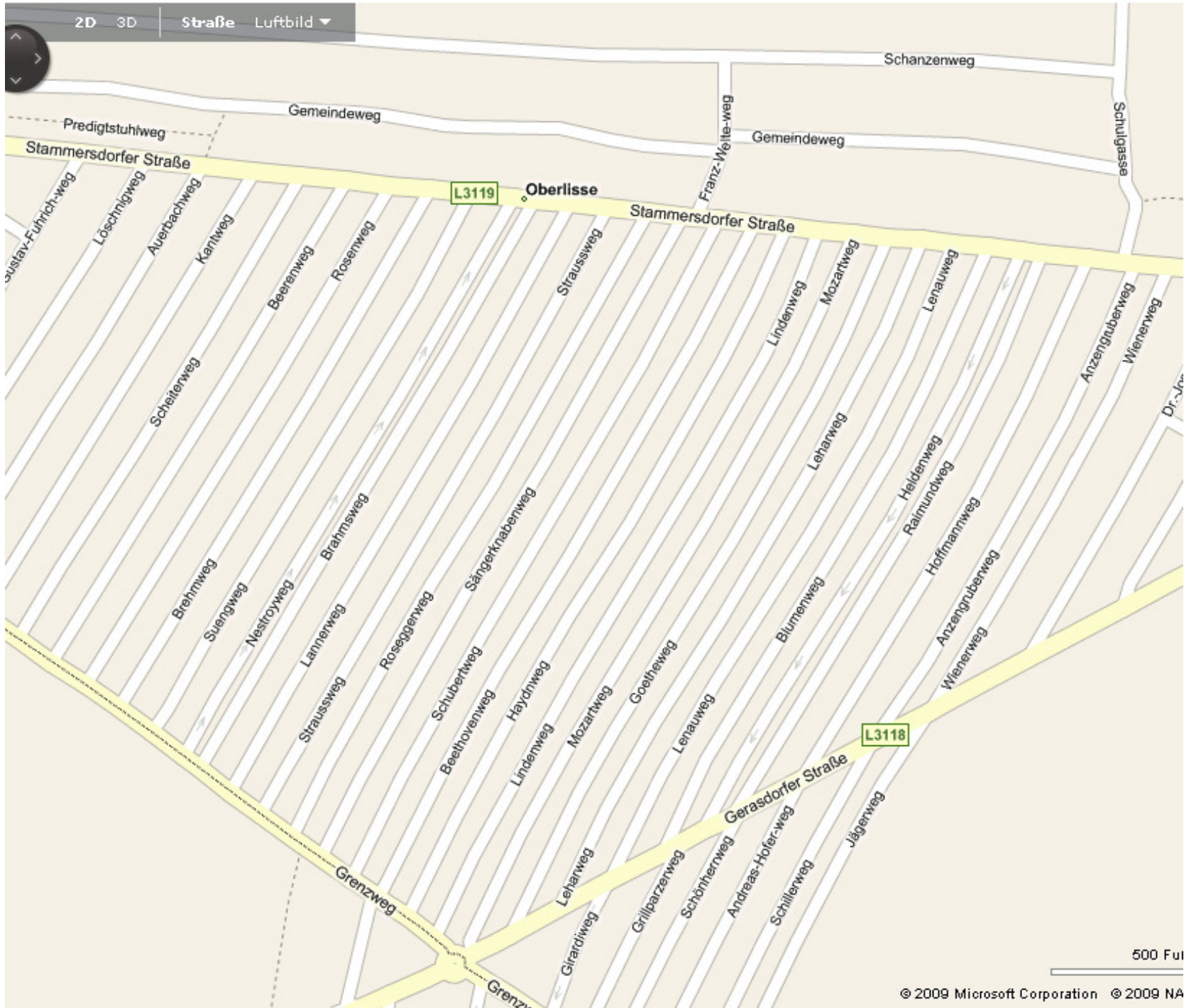
	<b>Streusiedlung</b>	<b>Siedlungsverband</b>	<b>3-geschossiger</b>	<b>7-geschossiger</b>
	<b>Einfamilienhaus</b>	<b>Einfamilienhaus</b>	<b>Wohnbau</b>	<b>Wohnbau</b>
	<b>KG+EG+OG</b>	<b>KG+EG+OG</b>	<b>KG+EG+2 OG</b>	<b>KG+EG+6 OG</b>
<b>2010</b>	<b>2010 EFH-Streu</b>	<b>2010 Einfam</b>	<b>2010 Wohnbau 3-G</b>	<b>2010 Wohnbau 7-G</b>
<b>1990</b>	<b>1990 EFH-Streu</b>	<b>1990 Einfam</b>	<b>1990 Wohnbau 3-G</b>	<b>1990 Wohnbau 7-G</b>
<b>1970</b>	<b>1970 EFH-Streu</b>	<b>1970 Einfam</b>	<b>1970 Wohnbau 3-G</b>	<b>1970 Wohnbau 7-G</b>

















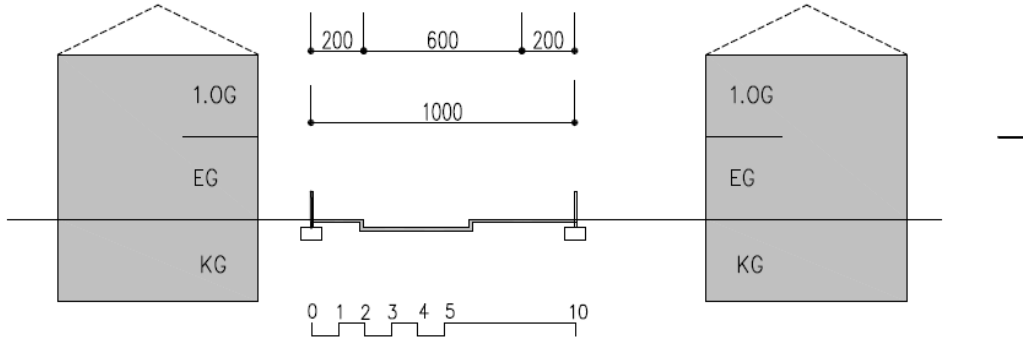
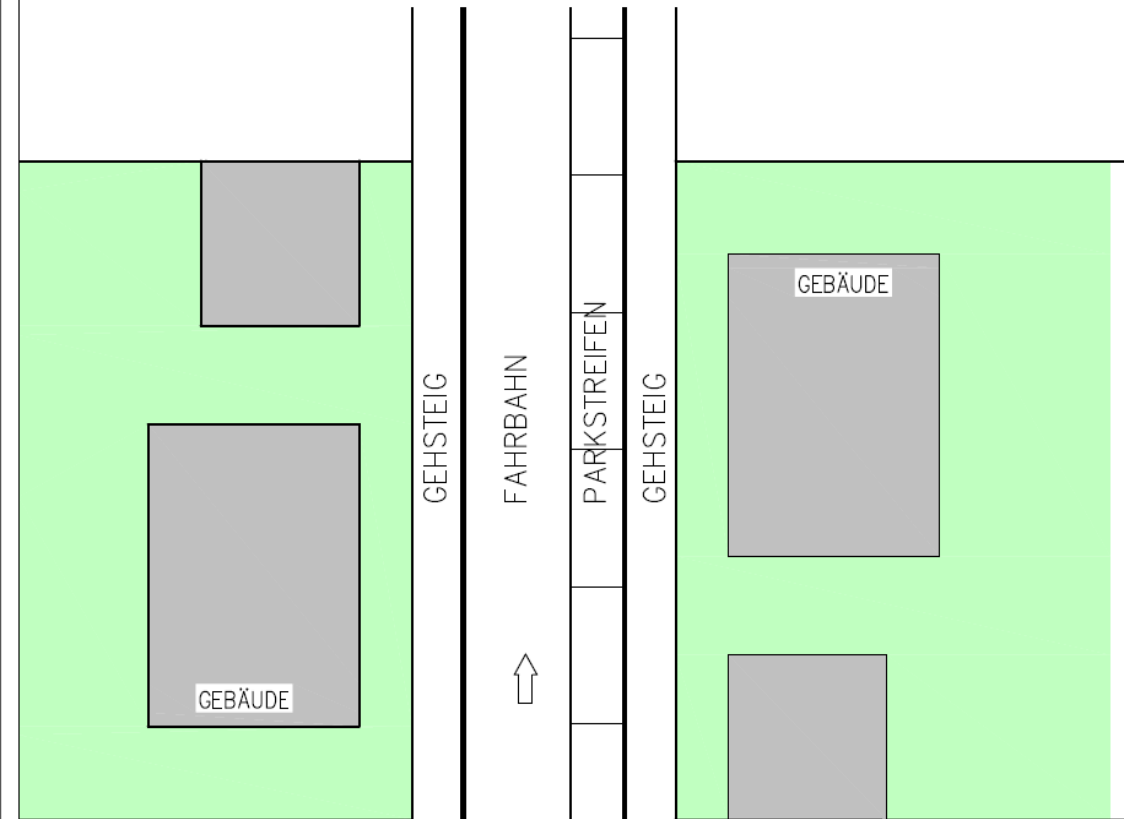


# Wiener Wohnbau

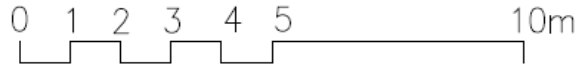
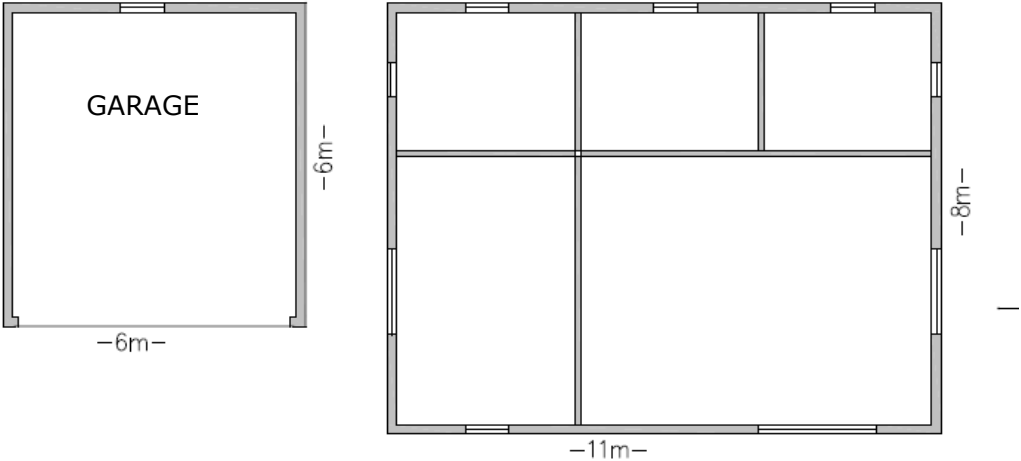
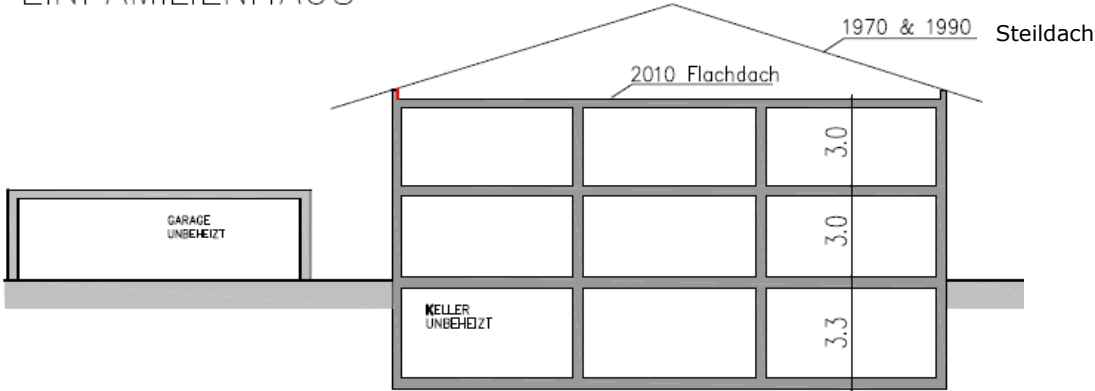


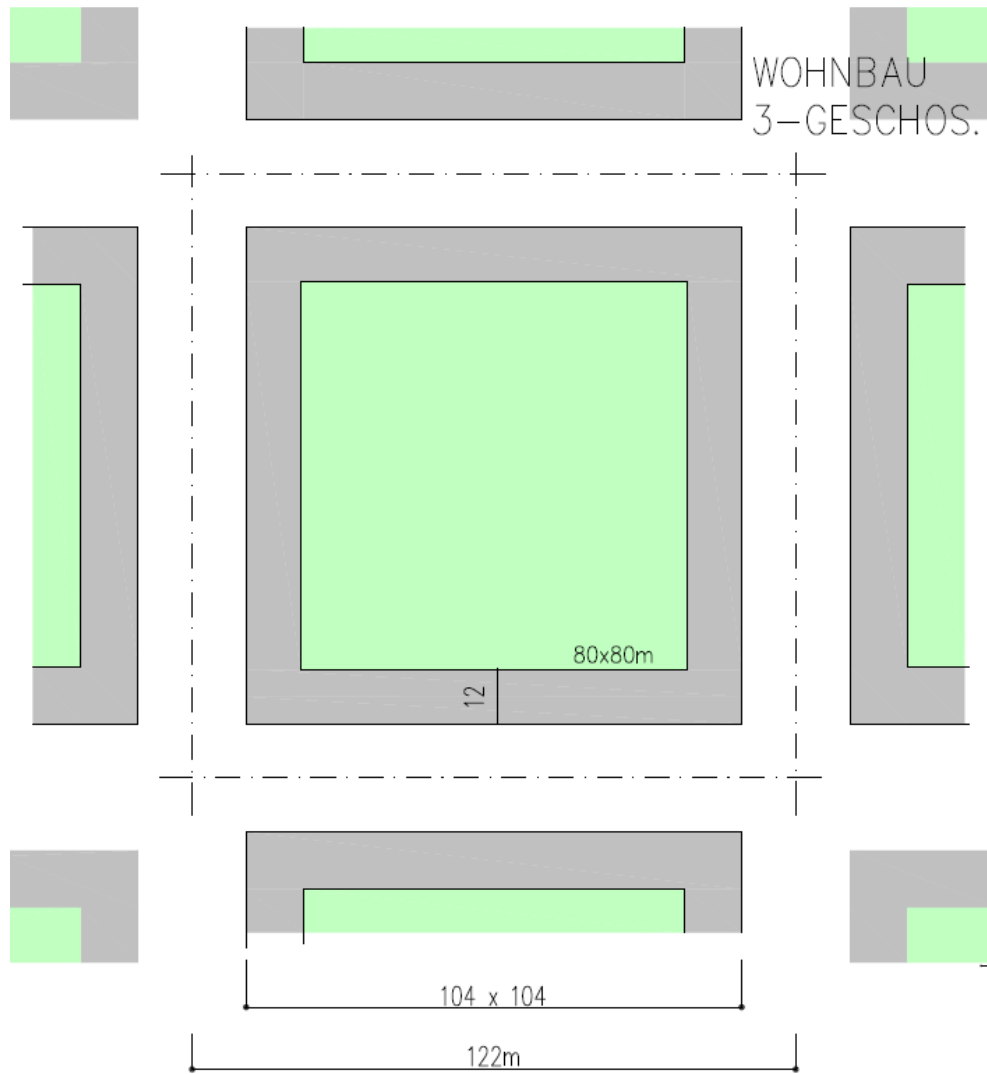


EINFAMILIENHAUS



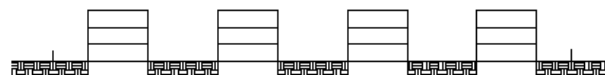
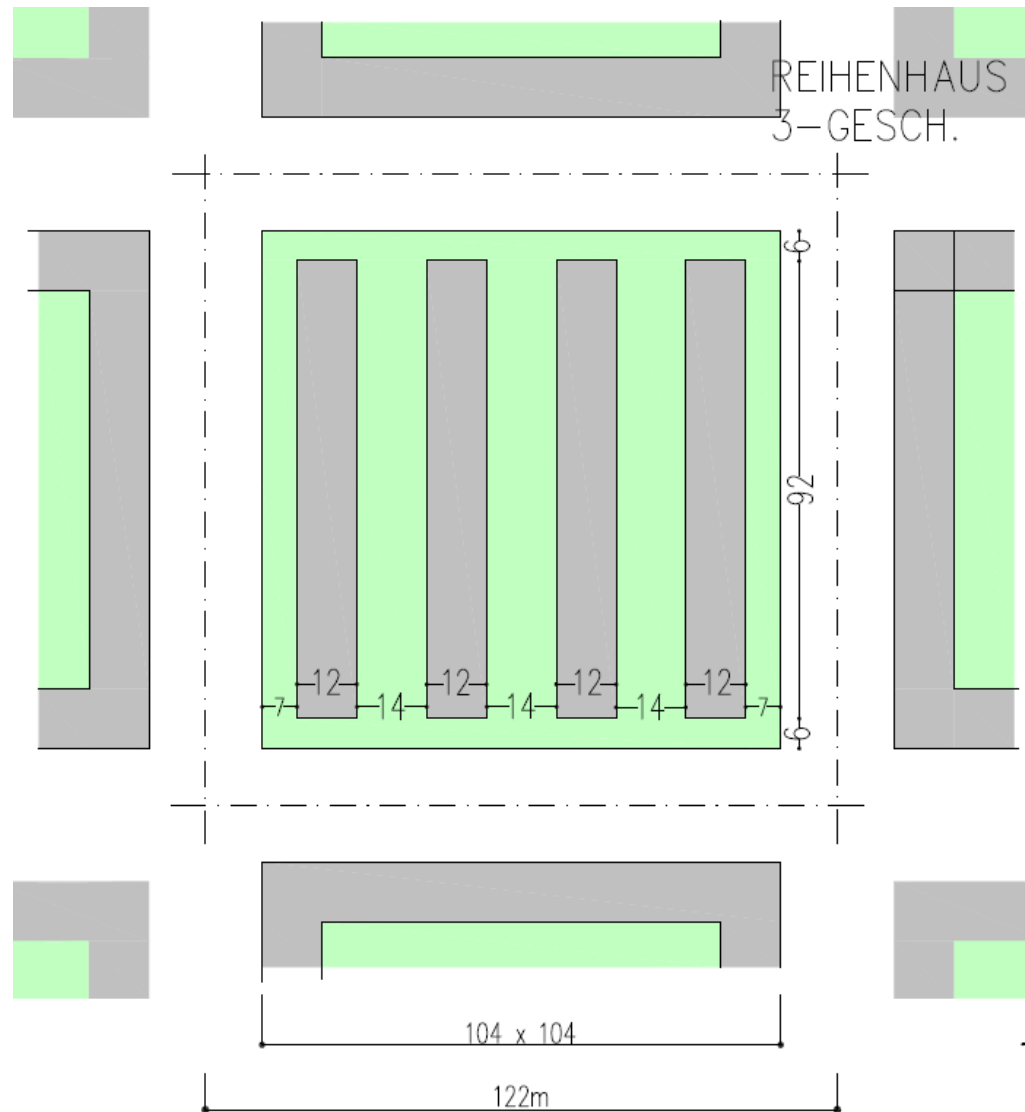
# EINFAMILIENHAUS





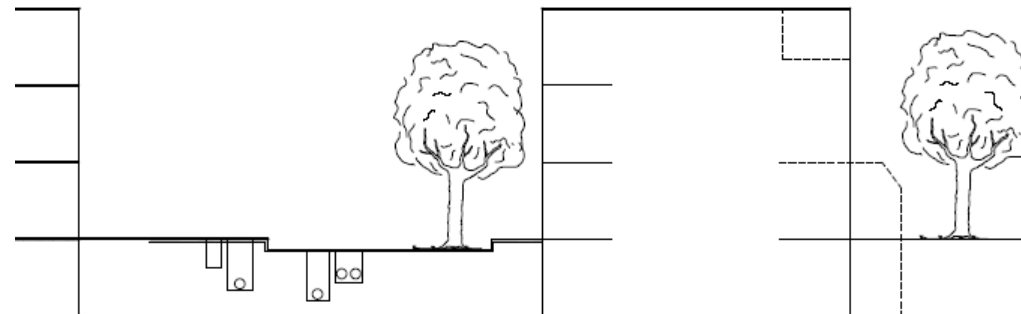
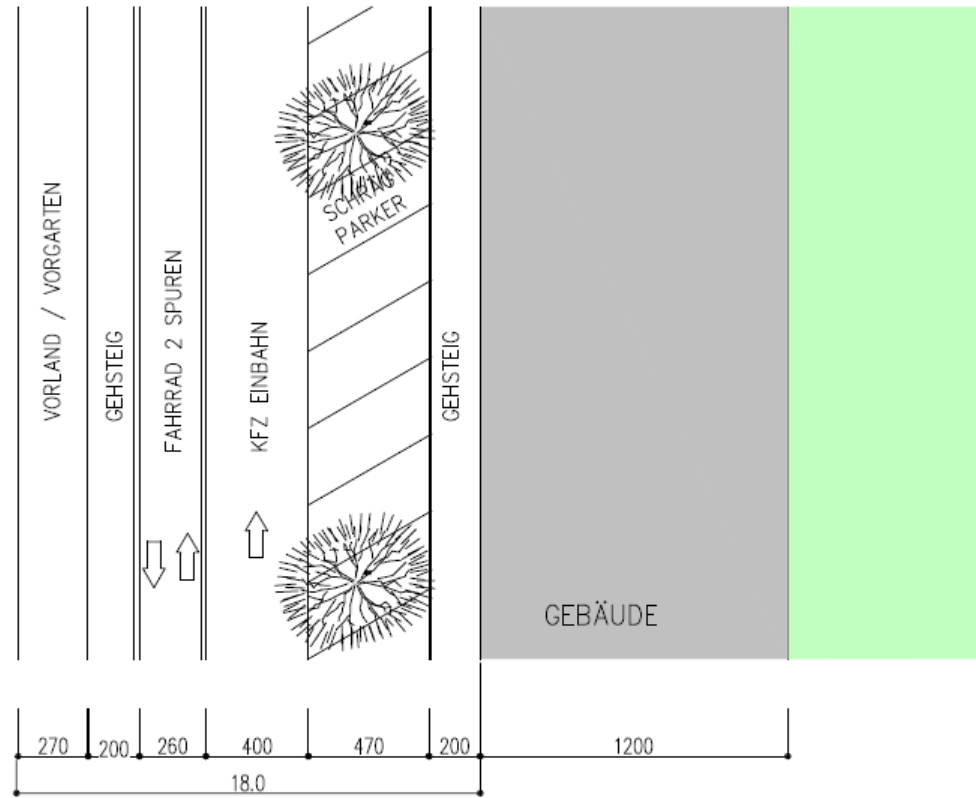
FAHRBAHN	3,20	20G	
GEHSTEIG	3,20	10G	
GRÜNFLÄCHE	3,20	EG	
BEHEIZT	3,20	KG	-b=12m-

GRÜNHOF

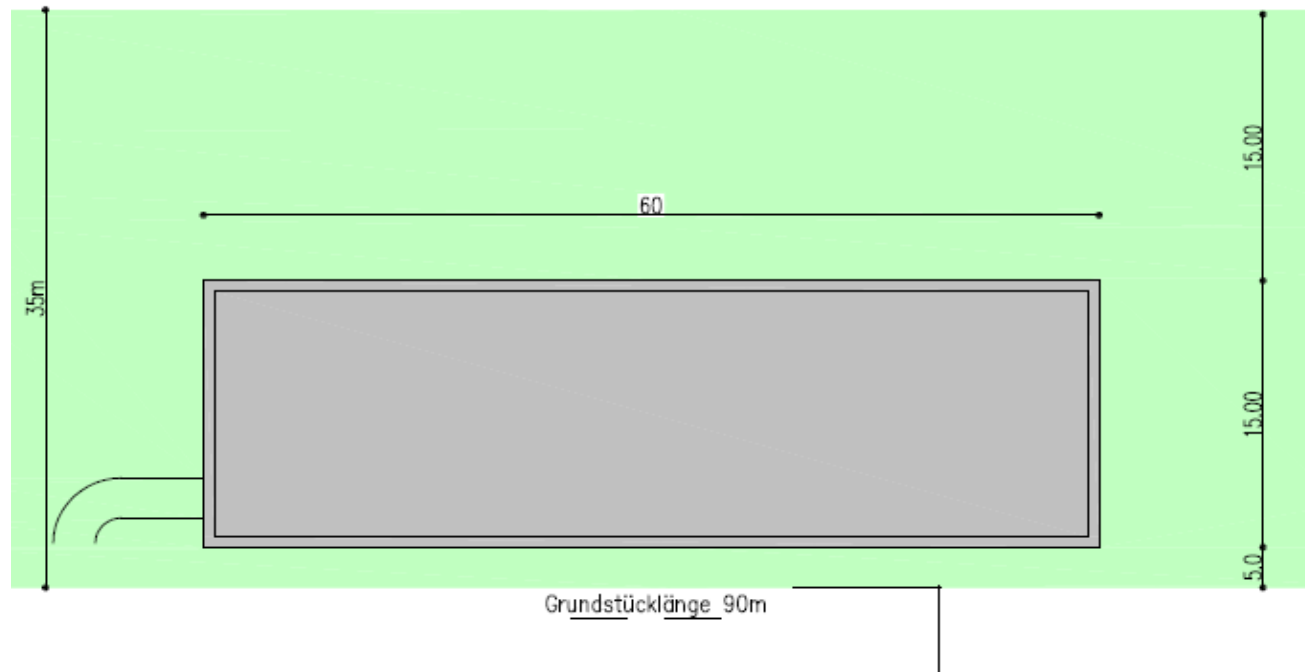
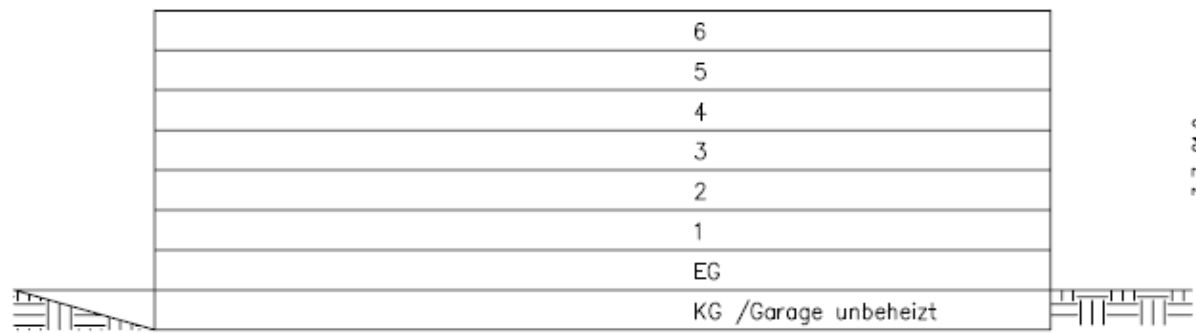


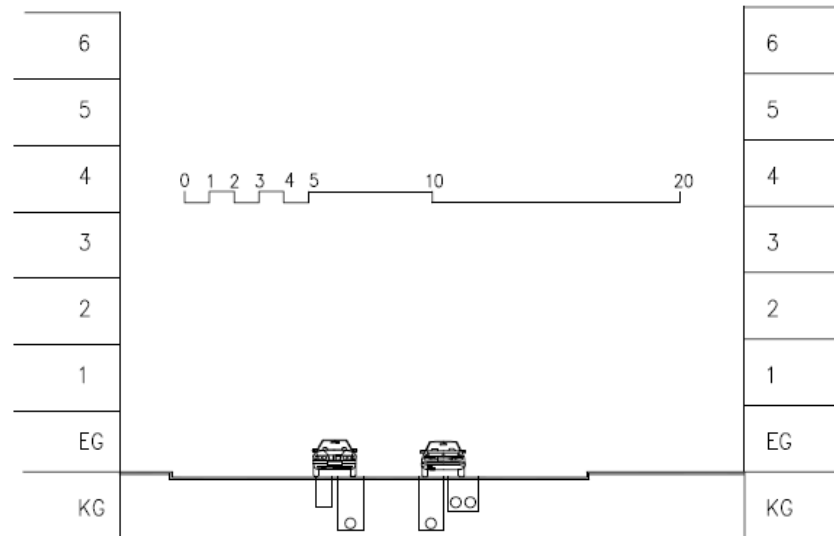
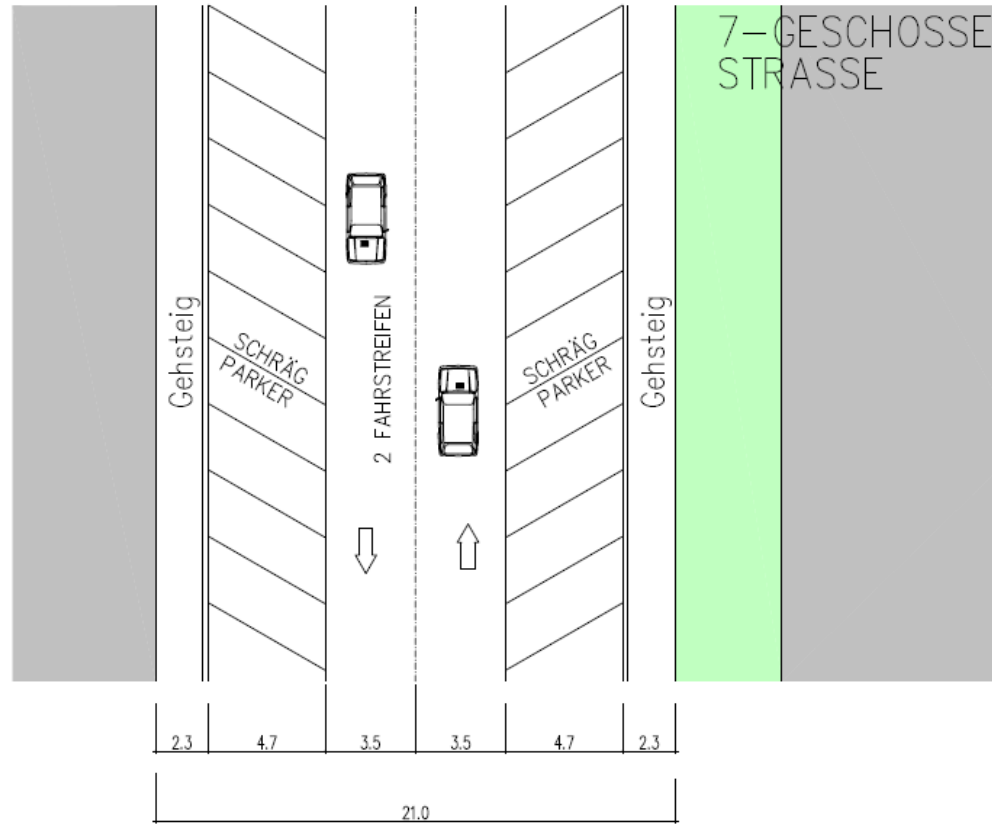


# WOHNBAU 3-GESCH. STRASSE

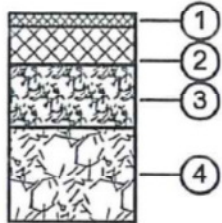


# WOHNBAU 7 GESCHOSSE





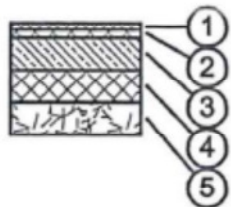
**Lastklasse III (n = 20 Jahre) BNLW > 0,4 bis 1,3 Mio**



- Mischgutsorte gemäß LB, LG 16
- 1 Pos. 16.0403C bituminöse Decke AB 11 LK S B 70/100
  - 2 Pos. 16.0302K bituminöse Tragschicht BT 22 LK III B 70/100  
1 Lage!
  - 3 Pos. 15.0111D ungebundene obere Tragschicht KK
  - 4 Pos. 15.0201A ungebundene untere Tragschicht (Frostschuttschicht)

**bituminöse Geh- und Radwegkonstruktionen**

**Lastklasse V (n = 20 Jahre) BNLW > 0,05 bis 0,1 Mio**



- Mischgutsorte gemäß LB, LG 16
- 1 Pos. 16.0502A GA 4 LK S B 90/10
  - 2 Pos. 16.0401C AB 4 LK V B 70/100 ✓
  - 3 Pos. 17.0301G Unterlagsbeton C20/25/X0
  - 4 Pos. 16.0301P BT 16 LK V B 70/100 ✓
  - 5 Pos. 15.0210A Frostschuttschicht ✓

**Randeinfassungen  
Granitrandstein 18/20**

**REGELBLATT**

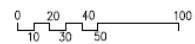
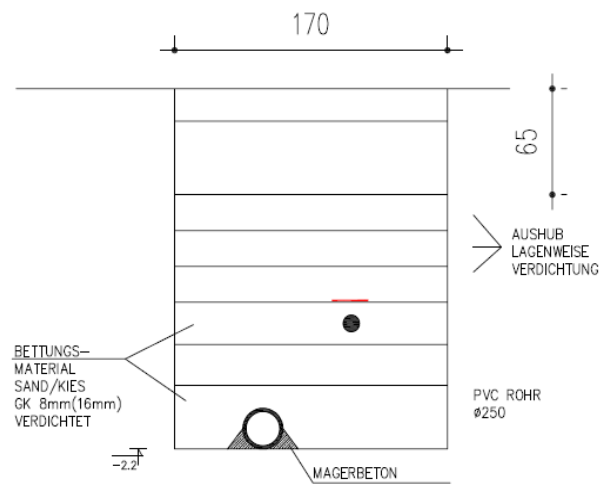
Detailzeichnung M 1:10

**Technische Daten**

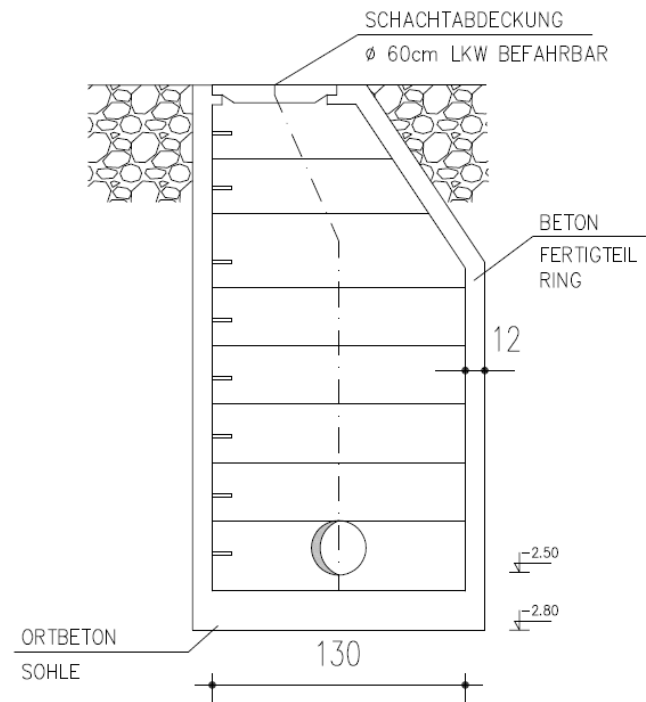
Bezeichnung	Typ K2	It. ÖNorm B 3108	
Längen	Granitstein		70 bis 200 cm
spez. Gewichte	Zementmörtel	It. ÖNorm B 4010	21 kN/m <sup>3</sup>
Masse / m	Granitstein	It. ÖNorm B 3108 Pkt. 4-4	= 100 kg/m
	Rückenstütze	2.400 x 0,15 x 0,125	= 45 kg/m
	Unterlagsbeton	2.400 x 0,35 x 0,20	= 188 kg/m
	Zementmörtelbett	2.100 x 0,18 x 0,045	= 17 kg/m
	Summe		330 kg/m

Anmerkung  
Granitstein: Auftritts- und Ansichtsflächen gestockt oder sandgestrahlt  
Bogensteine It. ÖNorm B 3108 / Tabelle 5

# TRINKWASSER VERSORGUNG & KANAL

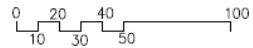
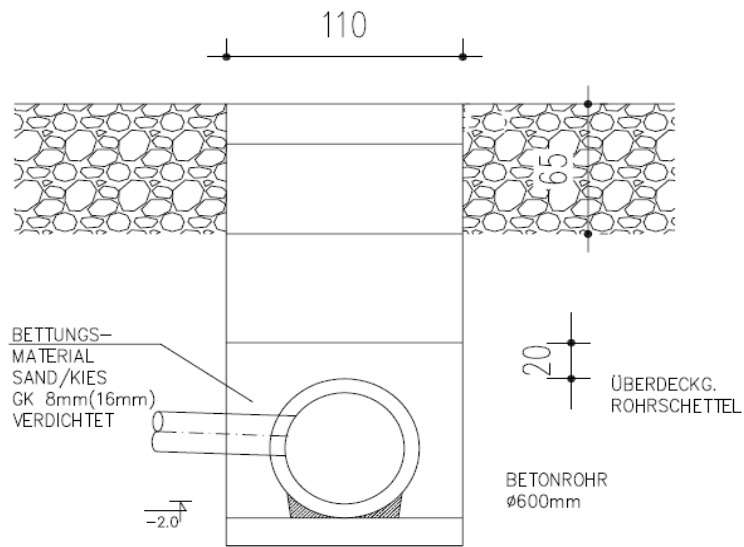


# SCHÄCHTE

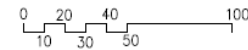
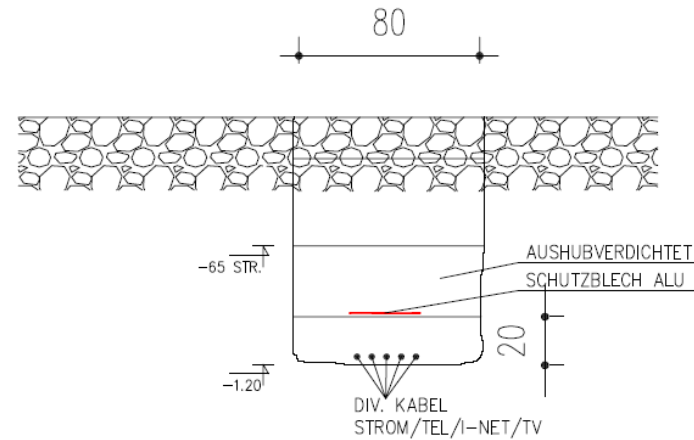




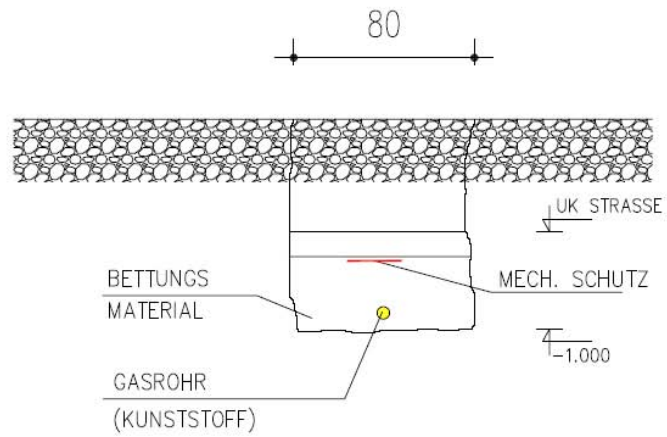
# REGENWASSER-KANAL



# STROM-& INFORMATIONSLAITUNGEN



# GASLEITUNG





**10 DA Flachdach Stb, 20cm XPS, bekiest**

Neubau

AD

O-U

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	✍ Kies	0,0600	0,700	0,086
2	Vlies (PE)	0,0020	0,500	0,004
3	✍ Polystyrol XPS-G, Zellgas Luft	0,2000	0,041	4,878
4	bitu. Abdicht. 2-lag. lt. ÖN B 2209 & 7209	0,0080	0,170	0,047
5	✍ Bitumenvoranstrich Titanol V	0,0030	0,230	0,013
6	Stahlbeton-Decke i. Gef., lt. Statik 16-22 cm	0,1900	2,300	0,083
7	Spachtelung	0,0030	1,400	0,002
Wärmeübergangswiderstände				0,140
			<b>0,4660</b>	RT = 5,253
				<b>U = 0,190</b>

**20 FB erdberührt , 10 EPS**

Neubau

EB

U-O

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	✍ Fliesen	0,0150	2,300	0,007
2	Estrich (Heiz-) ÖN B 2232, faserbew. F	0,0700	1,400	0,050
3	PE-Folie 0,2 mm	0,0002	0,230	0,001
4	✍ Heralan-TPT o. glw.	0,0300	0,036	0,833
5	✍ Polystyrol EPS zem. geb. <250 kg/m <sup>3</sup>	0,1000	0,080	1,250
6	✍ Stahlbeton lt. stat. Erfordernis	0,2500	2,500	0,100
7	Vlies-Schutzschicht	0,0020	0,220	0,009
8	Abdichtung bitumin., 2-lag. ÖN B 2209	0,0080	0,230	0,035
9	Sauberkeitsschicht, geglättet	0,0700	1,710	0,041
10	Rollierung	0,2500	0,700	0,357
11	Erdreich	0,0000		
Wärmeübergangswiderstände				0,170
			<b>0,7950</b>	RT = 2,853
				<b>U = 0,351</b>

F = Schicht mit Flächenheizung

## Bilanzgrenzen für Graue Energie

### In der PEI (Primärenergie) – Bilanz sind berücksichtigt:

- o) Baukonstruktionen mit sämtlichen Schichtaufbauten
- o) Bodenbeläge Parkett
- o) Fliesen
- o) Fenster, Türen
- o) Sonnenschutz
- o) Verrohrungen, Metalleinbauten für Heizkörper, Rohre, Türen, Geländer etc.
- o) Sanitärgegenstände Keramik
- o) Kabel für Elektroinstallationen (Kupfer und Kunststoffisolierungen, Dosen, Schalter)
  
- o) Balkone, Terrassen
- o) Kinderspielplatz
- o) Wege, Zäune
- o) Garagen
  
- o) Straßen des örtlichen Erschließungsnetzes  
(unvermeidliche und direkt zuordenbare Länge)



- o) Gehsteige, Fahrradwege
- o) Parkplätze bzw. Garagen
  
- o) Kanal für Schmutz- & Regenwasser inkl. Revisionschächten
- o) Trinkwasserversorgung
- o) Strom- und Informationskabel
- o) Gasleitung
- o) Straßenbeleuchtung
  
- o) Transportenergie der Baustoffe zur Baustelle für ang.  
    durchschnittliche Transportdistanz
- o) Energieaufwand auf der Baustelle für Hoch- und Tiefbau-Arbeiten  
    (Aushub, Grabungsarbeiten, Baumaschinen,  
    Materialtransport (Diesel) sowie elektrische Baumaschinen)



**In der PEI – Bilanz wird *nicht* berücksichtigt, bzw. zusätzlich wäre für darüber hinausgehende Analysen zu erfassen:**

- o) **Menschliche Arbeit:** Arbeitsstunden an der Gebäudeerrichtung, gewichtet zB. mit Energieaufwand für die Anfahrt etc.
- o) Bauhilfsmittel und deren Herstellenergie  
(temporäre Gerüste; anteilige Herstellenergie für Baufahrzeuge, Baumaschinen, Kräne, Werkzeug)
- o) Verschnitt von Baustoffen & Baustellenabfall, Über- und **Reservemengen**, Ersatzteile
- o) Baustellenbeheizung: als Forcierungsmaßnahme bei Winterbaustellen ggf. sehr energieaufwendig
- o) **Fernwärmeleitungen**
- o) **Aufzüge** (nur bei höherem Geschößwohnbau erforderlich; ist dort jedoch dort ein bedeutsamer Energieanteil in Herstellung und Betrieb)
- o) **Heizungs- & Lüftungsanlagen** (Zentralen)
- o) Sonnenkollektoren, Solaranlagen
- o) Ventilatoren, Klimageräte
- o) Elektro-Verteilerschränke
- o) Lampen, Beleuchtungskörper

- o) **Elektrogeräte** Haushalt: Herd, Kühlschrank, Geschirrspüler, Waschmaschine, etc.
- o) Haushaltselektronik: HiFi, Computer etc.
- o) Küchen, Möbel, textile Bodenbeläge, Vorhänge etc.
- o) Anstriche, Farben, Lacke
  
- o) Werkzeug, Gartengeräte
- o) Elektrogeräte Haus-Werkstatt (Bohrmaschinen etc.)
- o) **Sauna, Schwimmbäder, Whirlpools** (extrem energierelevant, falls vorhanden)
- o) Fitneßgeräte
- o) **Sonderbaumaßnahmen**, wie sie speziell im Tiefbau vorkommen: Baugrubenumschließungen, Unterfangungen, Schlitzwände, Bohrpfähle, Ankerwände, Hochdruck-Bodenvermörtelung etc.
- o) Sonderbaumaßnahmen, die für Bauten in Risikozonen bzgl. Naturgefahren anfallen: **Hochwasserbauten**, Lawinenverbau, Sicherungen gegen Steinschlag oder Hangrutschung
- o) **übergeordnetes Straßennetz**, Kraftfahrzeuge, Beschilderung, Leitsysteme, Tankstellen
- o) **Schienenwege**, Schienenfahrzeuge, Bahnhöfe, Leitsysteme
- o) **übergeordnete Infrastruktur**: Wasserwerke, Kläranlagen, Fernheizwerke, Kraftwerke, Umspannwerke  
Deponien, Müllverwertungs- & Reststoffsammelanlagen,  
Recycling, Straßenverwaltungen, Schneeräumung, etc.



# Ökologische Bewertung

2010 Wohnbau 3-Gesch -- KG unbeheizt - Alle Gebäudeteile/Zonen

## 07 Sanitärgegenstände Keramik

Neubau

ang. 50 kg je 100 m2

				d [m]	Rho [kg/m3]	MJ eq. je kg	CO2 eq. je kg	SO2 eq. je kg
1	Keramische Beläge	2142684225	baubook	0,0125	2.000	13,90	0,71	0,00298
						<b>PEI<sub>ne</sub></b>	<b>GWP</b>	<b>AP</b>
						<b>107.419,2</b>	<b>5.541,0</b>	<b>23,0</b>

309,12 m2

## 10 DA Flachdach bekiest, Stb, 20cm XPS

Neubau

				d [m]	Rho [kg/m3]	MJ eq. je kg	CO2 eq. je kg	SO2 eq. je kg
1	Kies	2142684329		0,0500	1.800			
2	Vlies (PE)	2142684292	baubook	0,0020	600	97,10	2,75	0,02520
3	Polystyrol XPS-G, Zellgas Luft	2142684267	öbox	0,2000	38	107,00	3,73	0,02520
4	bitu. Abdicht.2-lag. lt. ÖNB 2209 & 7209		IBO 2008	0,0080	1.200	45,40	0,15	0,00551
5	Bitumenvoranstrich Titanol V	2142684286		0,0030	1.050			
6	Stahlbeton-Decke i.Gef., lt. Statik 16-22 cm		IBO 2008	0,1900	2.400	1,31	0,12	0,00039
7	Spachtelung		IBO 2008	0,0030	2.100	3,29	0,14	0,00068
						<b>PEI<sub>ne</sub></b>	<b>GWP</b>	<b>AP</b>
						<b>8.769.853,6</b>	<b>408.658,6</b>	<b>2.017,1</b>

4.416,00 m2

## 20 DE Stb Keramik

Neubau

				d [m]	Rho [kg/m3]	MJ eq. je kg	CO2 eq. je kg	SO2 eq. je kg
1	Fliesen im Dünnbett		IBO 2008	0.0100	2.000	13.90	0.71	0.00298

# Energieausweis für Wohngebäude

gemäß ÖNORM H 5055  
und Richtlinie 2002/91/EG

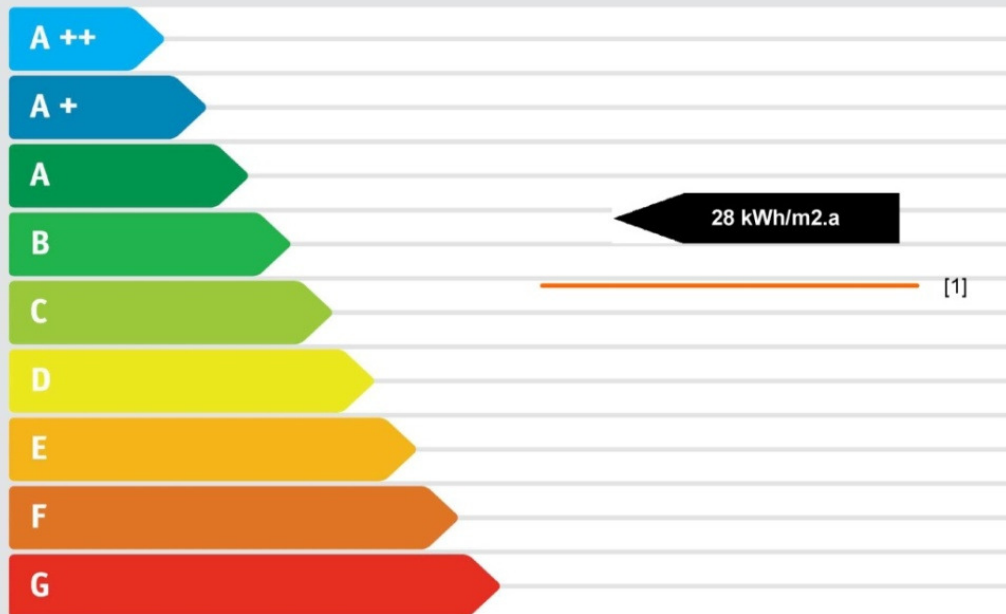
**OIB**  
Österreichisches Institut für Bautechnik

# FCP

## GEBÄUDE 2010 Wohnbau 3-Gesch -- KG unbeheizt

Gebäudeart	Mehrfamilienhäuser	Erbaut	2010
Gebäudezone	Energieausweis (Mehrfamilienhäuser)	Katastralgemeinde	
Straße		KG-Nummer	
PLZ/Ort		Einlagezahl	
EigentümerIn		Grundstücksnummer	

## SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)



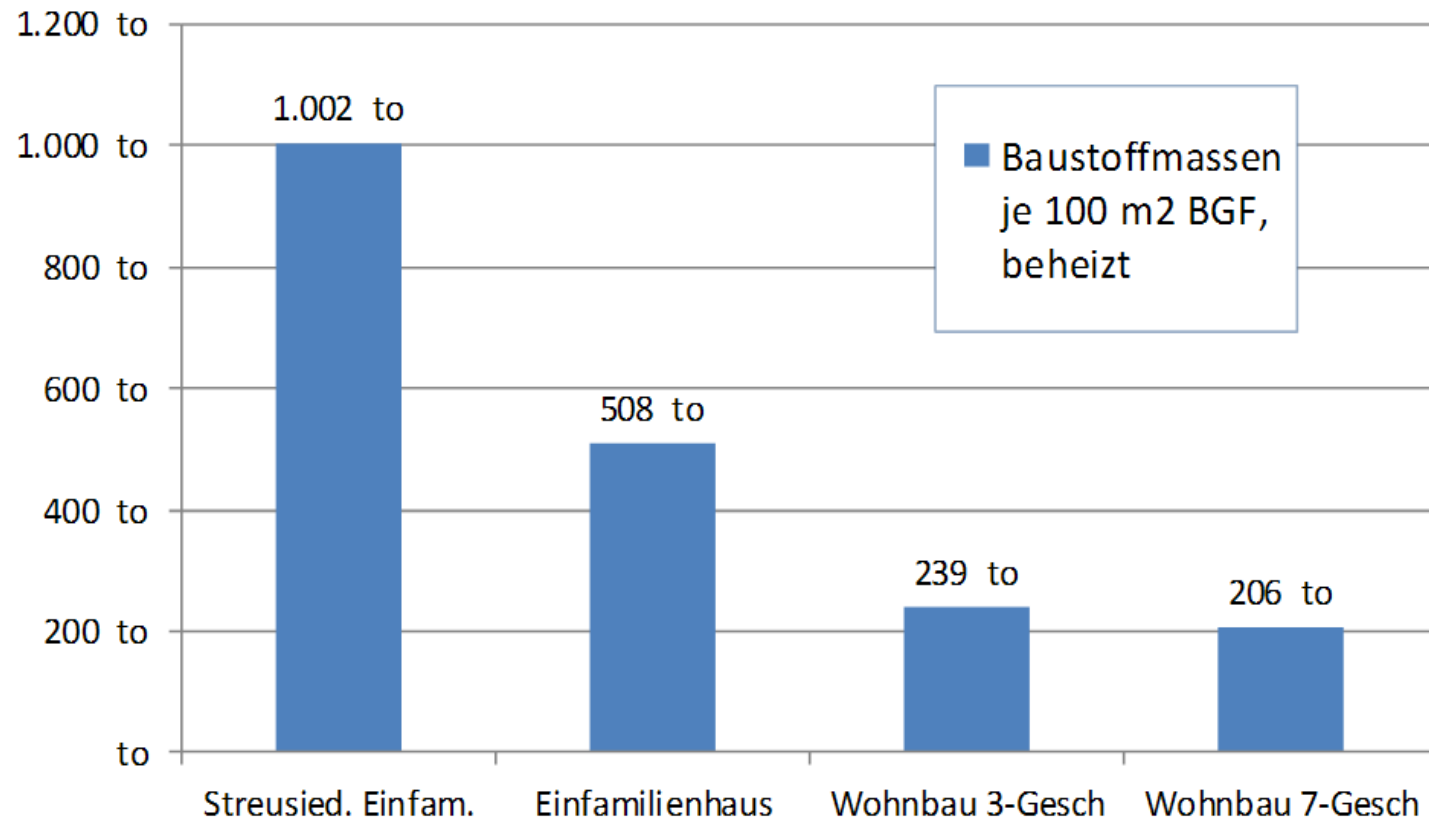
[1] Anf. Bauordnung

## ERSTELLT

ErstellerIn	FCP Fritsch, Chiari & Partner	Organisation	Ziviltechniker GmbH
ErstellerIn-Nr.	SMr	Ausstellungsdatum	16.05.2011
GWR-Zahl		Gültigkeitsdatum	15.05.2021
Geschäftszahl	09-1133	Unterschrift	



## Baustoffmassen je 100 m2 Bruttogeschossfläche - BGF

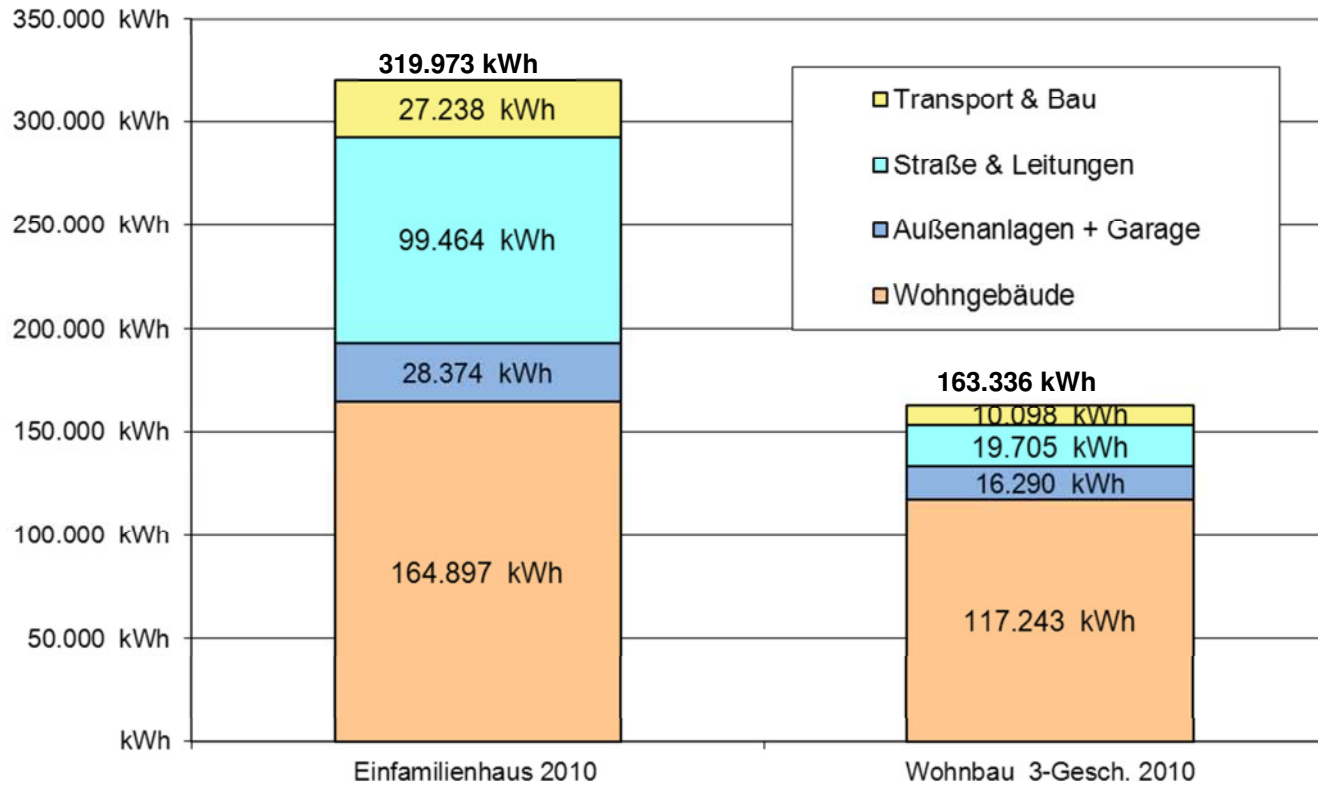


### Aussagen

- Die Graphik zeigt die Tonnen an Baustoffen, die zur Errichtung für jeweils 100 m2 Bruttogeschossfläche erforderlich sind.
- Enthalten sind darin jeweils die Baustoffe für die Wohnflächen selbst und umgelegt die zusätzlichen baulichen Aufwendungen für unbeheizten Keller, Garage, Zufahrtsstraße, Zäune, Terrassen etc.



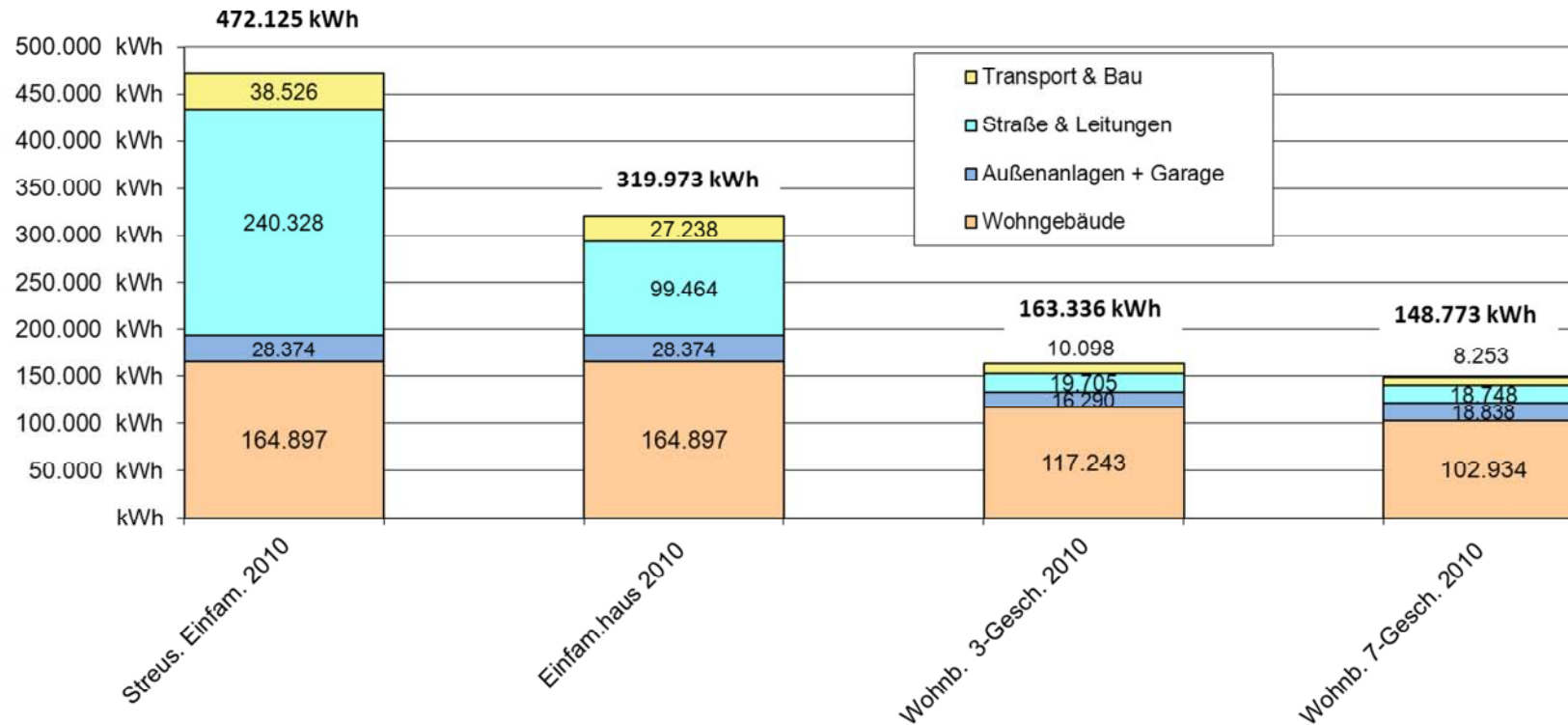
## Graue Energie zur Errichtung von Wohnsiedlungen je 100 m2 BGF-Bruttogeschossfläche



### Aussage:

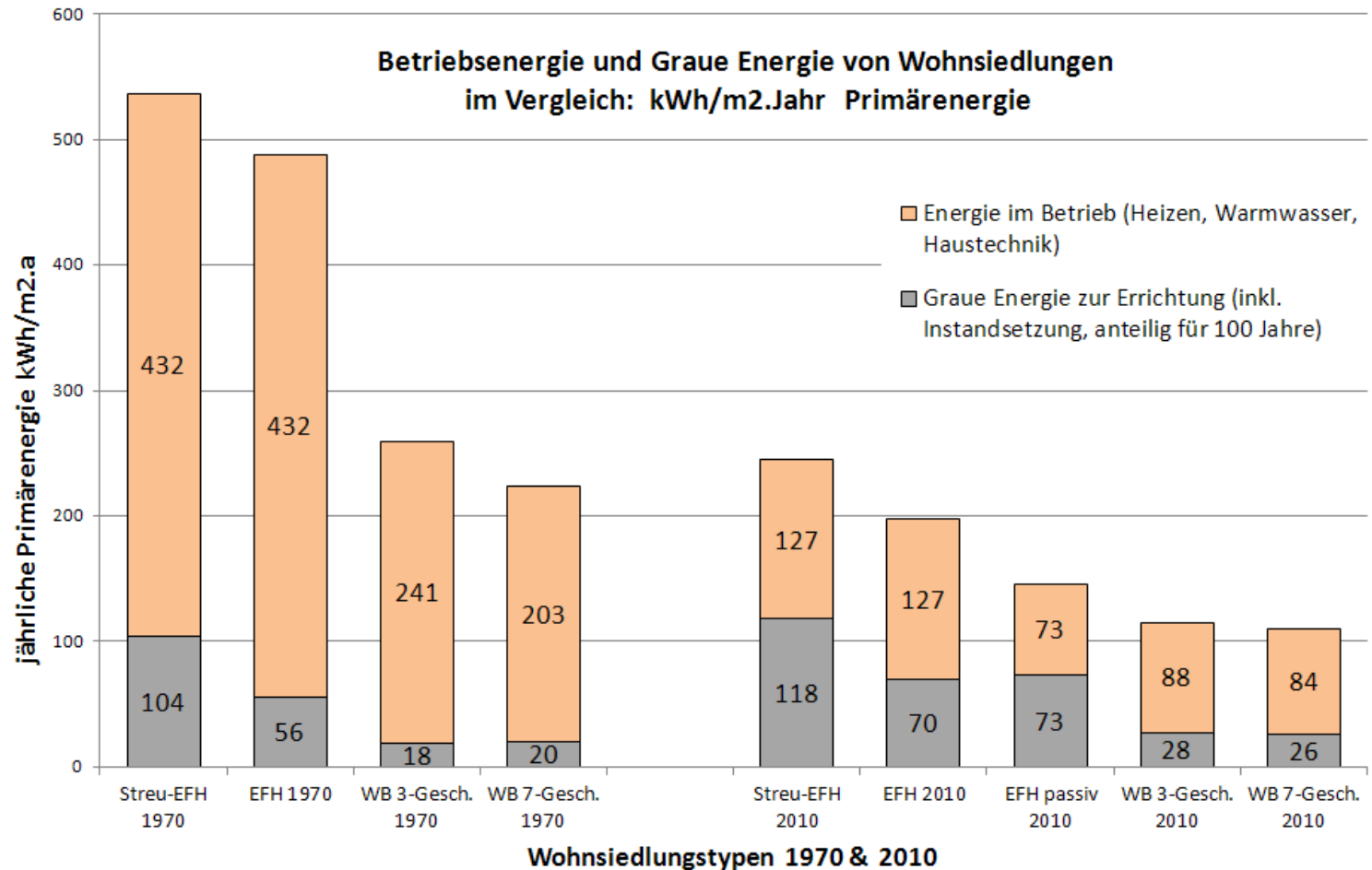
Geschoßwohnbau benötigt etwa die Hälfte an Ressourcen in der Herstellung, verglichen mit Einfamilienhäusern in gleichem Standard.

## Graue Energie zur Errichtung von Wohnsiedlungen je 100 m<sup>2</sup> BGF-Bruttogeschossfläche



### Aussagen

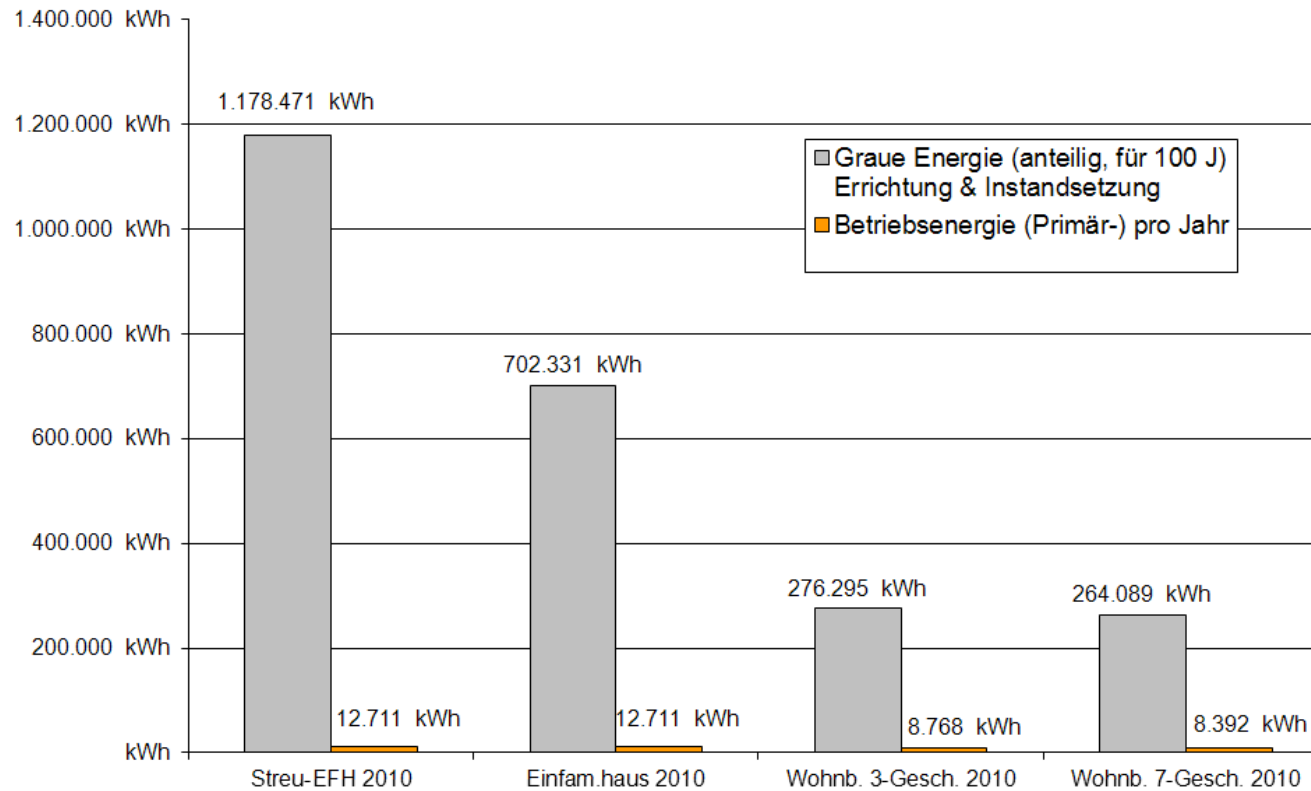
- Streusiedlungen benötigen extrem viel an Grauer Energie, v.a. zur Herstellung von Straße und Infrastruktur (ang.: 100 m Zufahrt).
- Einfamilienhäuser: der Energiebedarf zur Herstellung der Erschließung und Infrastruktur ist ähnlich groß wie für das Gebäude selbst.
- Mehrfamilienhäuser mit unterschiedlicher Geschoßanzahl benötigen je etwa gleich viel an Ressourcen.



**Aussagen:**

- **1970** Der Energieverbrauch im Betrieb war so hoch, daß die Graue Energie zur Herstellung vergleichsweise unbedeutend war.
- **2010** Der Anteil an Grauer Energie beträgt i.A. etwa 24 bis 48% des Gesamtenergiebedarfs – ist also nicht vernachlässigbar. Für Einfamilienhäuser in Streulage ist der Bedarf an Grauer Energie etwa gleich hoch wie für den Betrieb. Noch für Einfamilien-Passivhäuser ist der Gesamtenergiebedarf höher als für Mehrfamilienwohnhäuser nach dzt. gefordertem Mindeststandard (durch Mehraufwand für die Erschließung).

**Primär-Energiebedarf für Errichtung & Betrieb  
unterschiedlicher Siedlungstypen in 100 Jahren  
bezogen auf 100 m<sup>2</sup> BGF-Bruttogeschossfläche**



Wohnbau 3 & 7 Geschöße:  
Die Graue Energie beträgt etwa  
das **30**-fache der jährlichen  
Betriebsenergie.

Einfamilienhaus:  
Graue Energie beträgt ca.  
das **50**-fache der jährlichen  
Betriebsenergie.

Streusiedlung:  
Verhältnis ca. **1:100**

**Aussagen**

- Es ist sinnvoll, Gebäude und Infrastrukturen in ihrer Qualität für längere Nutzungsdauern (zB. zumindest für 100 Jahre) auszulegen.
- Streusiedlungen sind keinesfalls ressourcenschonend, selbst wenn am Ende der Zufahrtsstraße zB. ein Niedrigstenergie-Gebäude errichtet würde.



Grauer-Energie-Rechner Wohnbau

Grey energy calculator of residential buildings

### Wie viel graue Energie steckt in Wohnbau und Infrastruktur?



Grüne Wiese

Länge der Zufahrtstraße / Kanal etc  [m]

<b>1 Siedlungstyp wählen</b> Wählen Sie mit Hilfe dieser Symbole Ihren Siedlungstyp aus.	<b>2 Gebäude hinzufügen</b> Mit dem Plusymbol können Sie bis zu 5 Gebäude hinzufügen.	<b>3 Gebäude spezifizieren</b> Mit diesen Pfeilen können Sie die entsprechenden Infos aus den Dropdown-Menüs wählen.
<b>6 Erneut Hilfe?</b> Um diese Hilfe wieder aufzurufen, klicken Sie auf das Fragezeichen.	<b>5 Ergebnis und Analyse</b> Unter Ihrer Konfiguration finden Sie nun die Energiebewertung Ihrer Siedlung.	<b>4 Anzahl &amp; m<sup>2</sup> zufügen</b> Tragen Sie für Gebäude Anzahl und m <sup>2</sup> ein, für Geschöß- und Flachbau Anzahl und Wohneinheiten (fix à 100m <sup>2</sup> ).



Dieses Projekt wird aus den Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms "NEUE ENERGIEN 2020" durchgeführt.

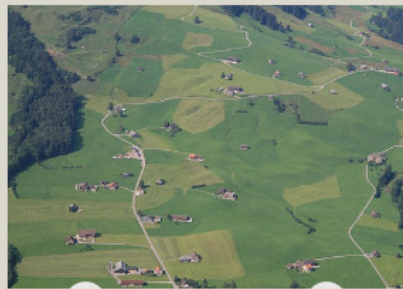
[Links](#) [Impressum](#) [Berechnung](#)



Grauer-Energie-Rechner Wohnbau

Grey energy calculator of residential buildings

Wie viel graue Energie steckt in Wohnbau und Infrastruktur?



Streusiedlung

Länge der Zufahrtsstraße / Kanal etc 100 [m]

7	Einfamilienhaus	9	Einfamilienhaus	1	Wohnbau 7 Ges
	Einzelgarage		Doppelgarage		Tiefgarage Keller
	1970		1990		2010
	145 m <sup>2</sup>		160 m <sup>2</sup>		23 WE
	Öl		Gas		Fernwärme konv
	296 EKZ		206 EKZ		57 EKZ

Ergebnisse [kWh primär]

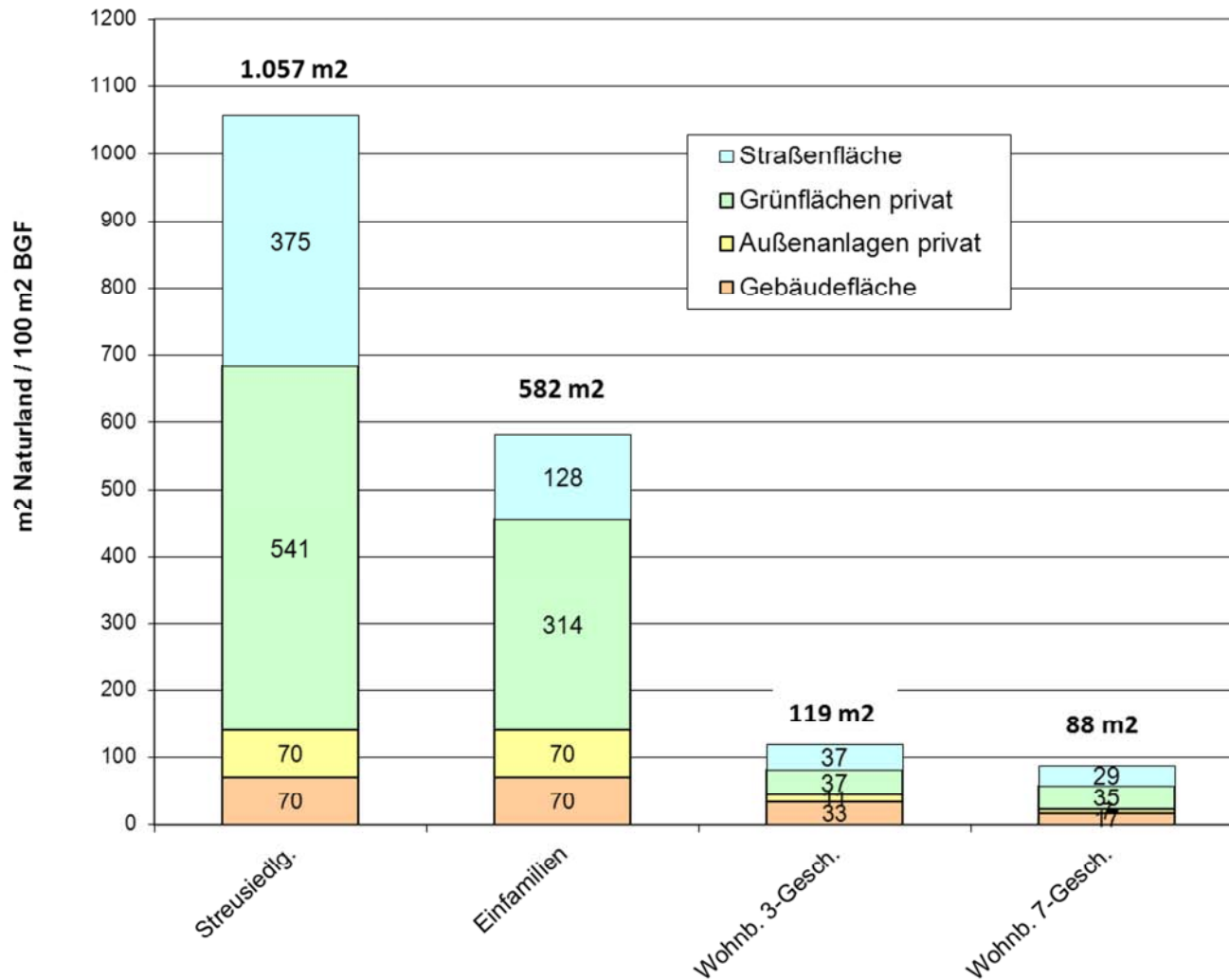
Übersicht 
  Gebäudevergleich nur Ersterrichtung 
  Gebäudevergleich mit Instandhaltung für 100 Jahre 
  Betriebsenergie 
  Zufahrtsstraße anzeigen

	[kWh]	[kWh/100m <sup>2</sup> ]	%	mit Instandhaltung [kWh/100Jahre]	[kWh/100m <sup>2</sup> /100Jahre]	%
Zufahrtsstraße	949 200	93 517	4	2 793 000	275 172	6
Gebäude	6 197 379	388 797	28	9 534 399	604 407	19
Aussenanlage	453 683	32 426	2	1 726 483	123 674	3
Garage	254 298	19 880	1	343 190	26 830	1
Erschließung	3 106 836	235 301	14	9 087 809	690 020	18
<b>Summe Graue Energie</b>	<b>21 854 245</b>	<b>1 722 479</b>	<b>100</b>	<b>49 399 625</b>	<b>4 007 817</b>	<b>100</b>

Dieses Projekt wird aus den Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms "NEUE ENERGIEN 2020" durchgeführt.

[Links](#)
[Impressum](#)
[Berechnung](#)

### Naturlandverbrauch je 100 m2 BGF-Bruttogeschosßfläche



### Aussagen

- Durch verstreut liegende Einfamilienhäuser wird extrem viel Naturland verbraucht – überwiegend durch die Straßenerschließung.
- Einfamilienhäuser benötigen ein Mehrfaches an Naturland als die beheizte Fläche beträgt. Sie sind im Naturlandverbrauch etwa fünfmal (!) so flächenverbrauchend wie verdichtete Wohnformen.
- Geschosßwohnbau & Flachbau: Der Unterschied im Flächenverbrauch ist in beiden Fällen gering. Beide benötigen an Naturland etwa so viel wie die beheizte Bruttogeschosßfläche.



# Unterschiedlicher Flächenbedarf für unterschiedliche Wohn-Siedlungsformen



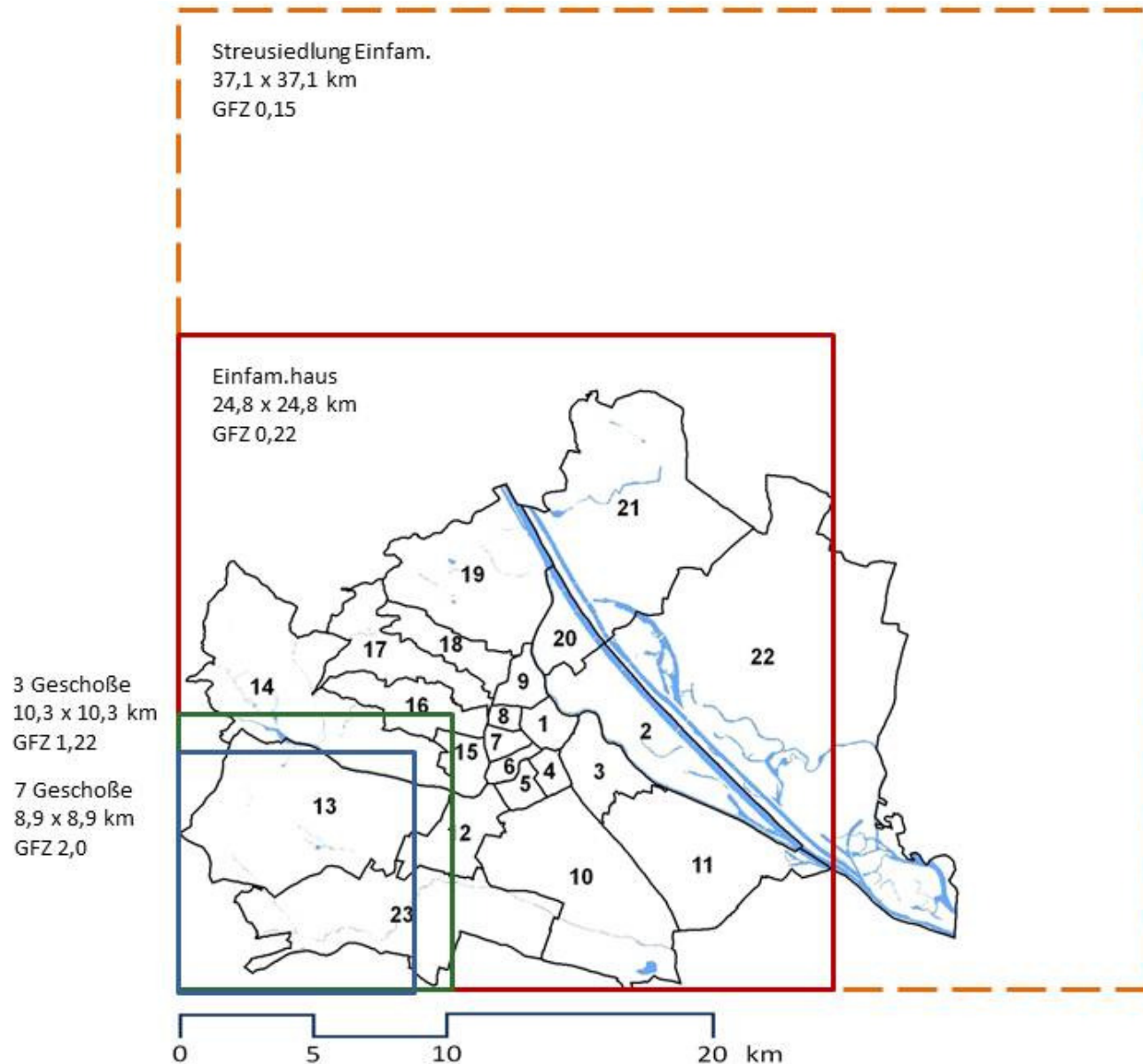
**Wien** 1.800.000 Einwohner

415 km<sup>2</sup> ≙ 20,4 x 20,4 km

- Die dargestellten Quadrate stellen den Flächenbedarf von Wohn-Siedlungstypen dar: Gebäude samt Gärten, Garagen und Zufahrtsstraßen.
- Nicht enthalten sind Flächen für Nicht-Wohnnutzung (Büros, Schulen, Gewerbe), Übergeordnetes Verkehrsnetz, öffentl. Grünflächen etc.

## Aussagen:

- Hoher Flächenbedarf für Einfamilienhaus-Siedlungen
- Geringer Flächenbedarf für mehrgeschossigen Wohnbau
- Kein wesentlicher Unterschied zwischen naturnahem Flachbau und Wohnsilo







## Wohnpark Alt-Erlaa

1230 Wien

3.172 Wohnungen

Bauzeit: 1973-1985

3 Baukörper von ca. 260-290 m Länge

24 Geschoße im Mittel



Bruttogeschoßfläche: ca. 330.000 m<sup>2</sup>

Grundstück: ca. 700 x 400 m =

280.000 m<sup>2</sup> = 28 ha

**GFZ** (Geschoßflächenzahl)  $\cong$  **1,17**

**Aussage:** Die erreichte Dichte ist **ident**  
der Dichte der untersuchten **3**-geschossigen  
Siedlungsform mit grünem Innenhof.



50 Fuß



Syntax-Architektur  
Klosterneuburg









Fa. Apple  
Kalifornien



Fa. Apple  
Kalifornien





Fa. Apple  
Kalifornien

**Projektbeteiligte**  
[www.zersiedelt.at](http://www.zersiedelt.at)



[www.akaryon.com](http://www.akaryon.com)  
internet | umwelt | fiederung

**FCP**



**ÖSTERREICHISCHES  
ÖKOLOGIE INSTITUT**



**Österreichische Gesellschaft  
für Umwelt und Technik**

**Luftbildaufnahmen:**

[www.bing.com/maps](http://www.bing.com/maps) – Microsoft