



Untersuchung zur Nachhaltigkeit von Stahlkonstruktionen

Fallstudien



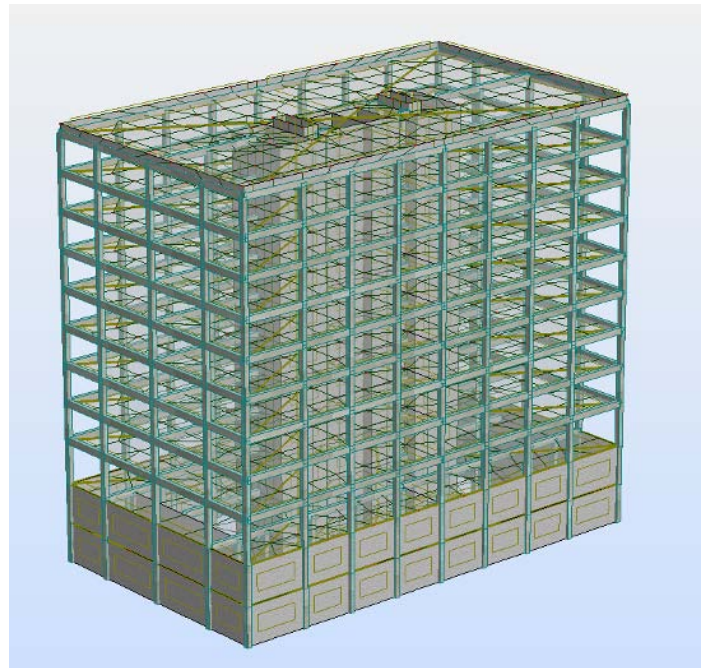
Stand Juni 2014



Agenda

- 1) Bürogebäude: für Frankreich typisches Bürogebäude**
- 2) Wohngebäude: CasaBuna Wohnhaus in Rumänien**
- 3) Industriehalle: Stahl- & Beton-Rahmenkonstruktion in Paris**

Bürogebäude: für Frankreich typisches Bürogebäude



Umfang der Studie

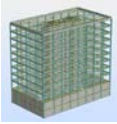


Ziel dieser Studie ist es, die ökologische Qualität eines Bürogebäudes mit verschiedenen Tragstrukturen zu vergleichen.

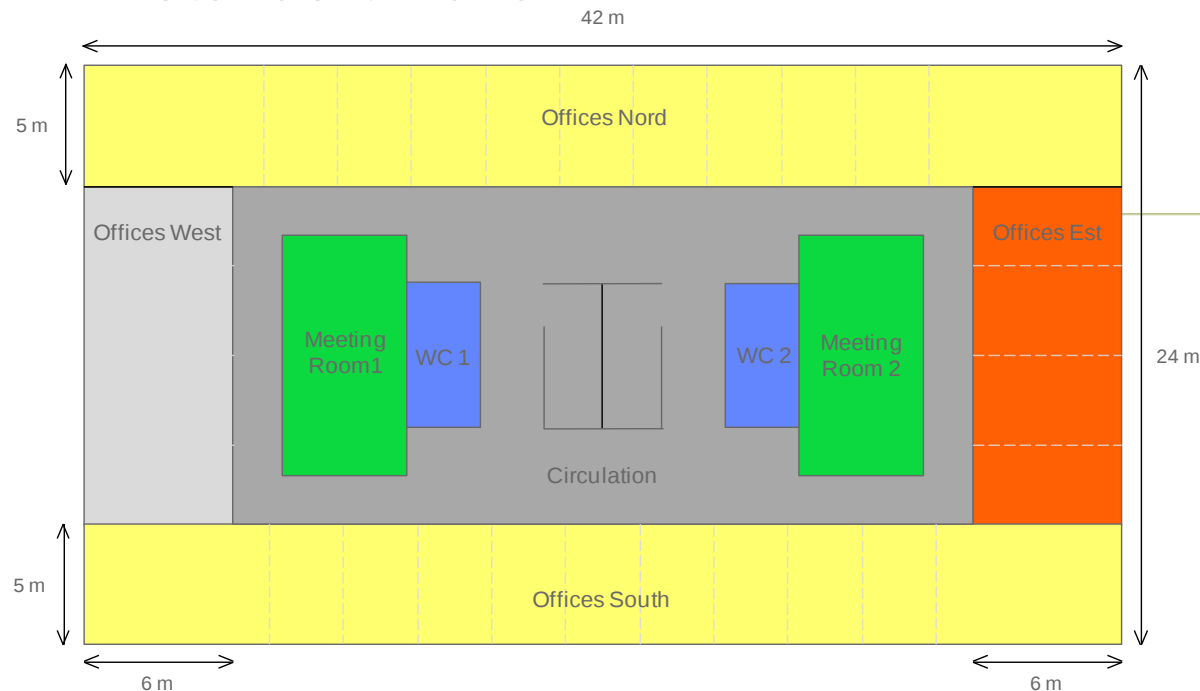
Drei Arten von Tragsystemen werden analysiert:

- Stahl-Beton-Verbundkonstruktion
- Betontragwerk
- optimierte Stahl-Beton-Verbundkonstruktion
(Die Optimierung wurde auf Basis eines Öko-Designs vorgenommen.)

Definition des Gebäudes



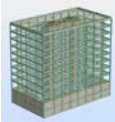
- Grundfläche des Gebäudes: 42x24 m
- Anzahl Geschosse aufgehende Konstruktion (ohne Erdgeschoss): 8 Geschosse
- Standort: Paris



Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof
---------	----------	----------	------------	------

North - South facade Length	42.4	m
East - West facade length	24.4	m
Floor height	3.4	m
Floor height under ceiling	2.7	m
Number of intermediate floors	8	
Area of intermediate floors	8276.48	m ²
Total area of building	9311	m ²
Structure only	No	▼
Building type	Office	▼

Nutzung & Systeme



Project Building Envelope Base Floor Roof **Occupancy** Systems Structure Floors Transport

Occupancy related data

Comfort requirements

Für Bürogebäude →

Heating set-point temperature	20	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport

- Heizung & Kühlung: Split-System
- Mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnungssystem
- Warmwassersystem: Elektroboiler

Description of building systems

Heating system

Heating system type

Cooling system

Cooling type system

Mechanical ventilation system

Heat recovery system

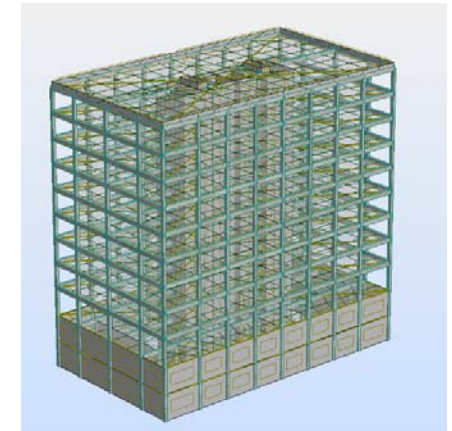
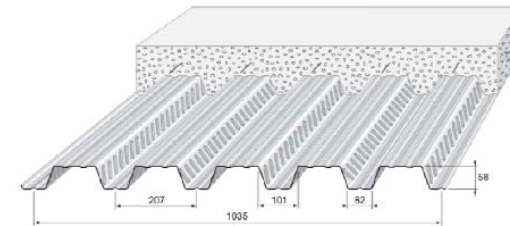
Heat recovery percentage

DHW system

DHW system type

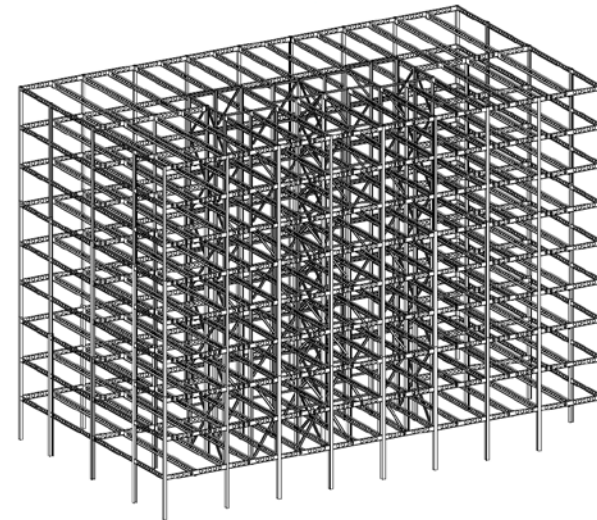
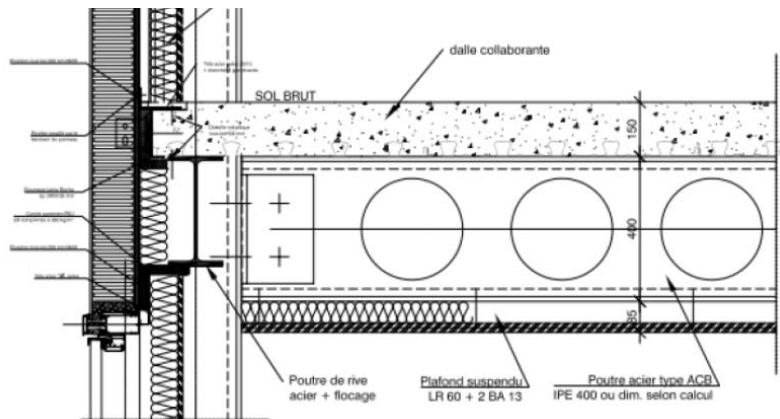
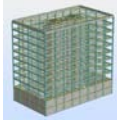
Tragwerks-Szenarien

- Verbundkonstruktion
 - Stahlprofile in S355
 - Stahlblech COFRA+60 mit 15 cm Beton (C30/37)
 - Stabilisierung über zentralen Betonkern (C30/37)
- Betonkonstruktion
 - vorgefertigte Hohlkörperplatten (C30/37)
 - Stahlbeton für die Träger und Stützen (C30/37)
 - Stabilisierung über zentralen Betonkern (C30/37)



Tragwerks-Szenarien

- Öko-optimierte Verbundkonstruktion
 - Stahlprofile in S460
 - Stahlblech COFRA+60 mit 15 cm Beton (C30/37)
 - Stabilisierung über Stahlverstrebungen (S460)



aufgehende Konstruktion des Bürogebäudes



konstruktive Komponente	Variante 1 Verbundkonstruktion	Variante 2 Betonkonstruktion	Variante 3 öko-optimierte Verbundkonstruktion
Beton Tragwerk	/	Beton C30/37 1.199 t Betonstahl 5,1 t	/
Stahlprofile	239,9 t	/	197,1 t
Blechverbindungen	14,994 t	/	11,827 t
Betonkern	Beton C30/37 1.941 t Betonstahl 44,16 t	Beton C30/37 1.941 t Betonstahl 44,16 t	/
Stahlkern	/	/	Stahlprofile 75,46 t Blechverbindungen 6,037 t

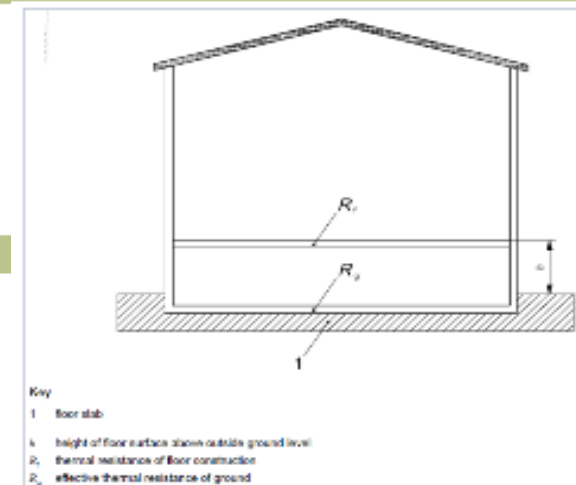
Bodenplatte des Bürogebäudes



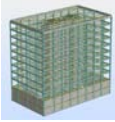
konstruktive Komponente	Variante 1 Verbundkonstruktion	Variante 2 Betonkonstruktion	Variante 3 öko-optimierte Verbundkonstruktion
Stahlelemente	Cofraplus 60: 70,6 t	/	Cofraplus 60: 70,6 t
Gesamtdicke	150 mm	240 mm + 70 mm Estrich	150 mm
Betonplatte	2.246 t	4.688 t	2.246 t
Betonstahl	16,56 t	16,56 t	16,56 t

Steel elements		
Type of slab	Composite slab	▼
Steel deck	Cofraplus 60	▼
Thickness of the deck	0.750	▼ mm
Mass of sheeting per m2 of floor	8.53	kg/m²
Mass of sheeting for the building	70.6	t
Minimum depth of the floor	100	mm

Concrete elements		
Total depth of the floor	150.0	mm
Concrete Type	In-situ/Poured	▼
Concrete Grade	C30/37	▼
Total mass of the floor concrete (incl. base floor)	2735	t
Steel reinforcement	0.0	t
Total mass of the floor slabs	2805	t



Transport

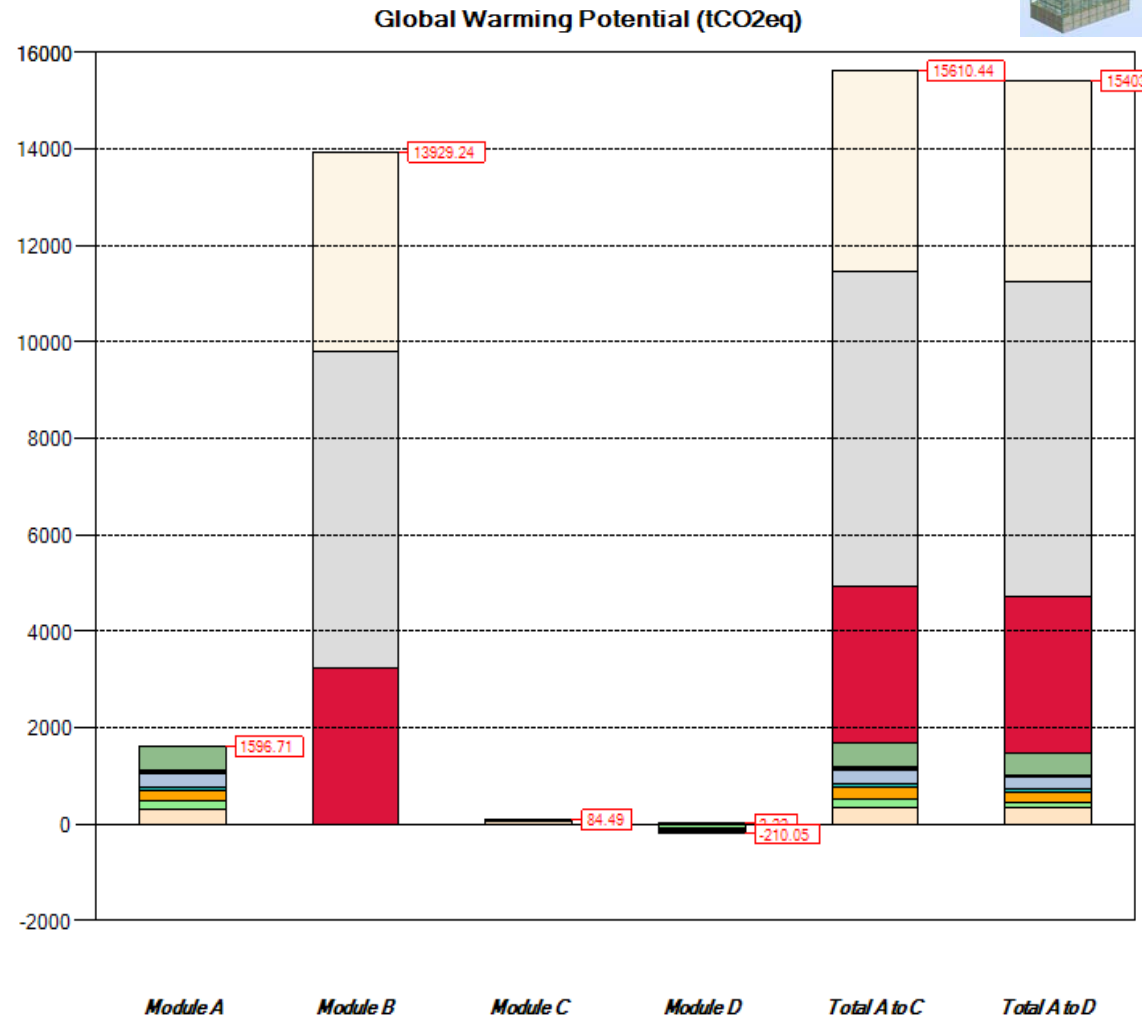
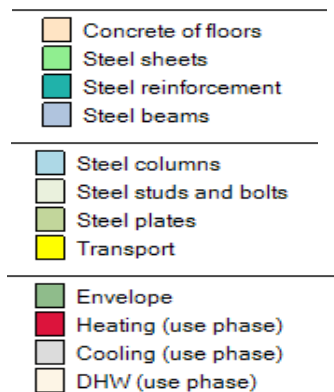


- Transport von Stahl:
 - Gesamtgewicht: 369,6 t
 - Transport: 500 km per LKW
- Transport von Beton:
 - Gesamtgewicht : 4.676 t
 - Transport: 50 km per Betonmischwagen

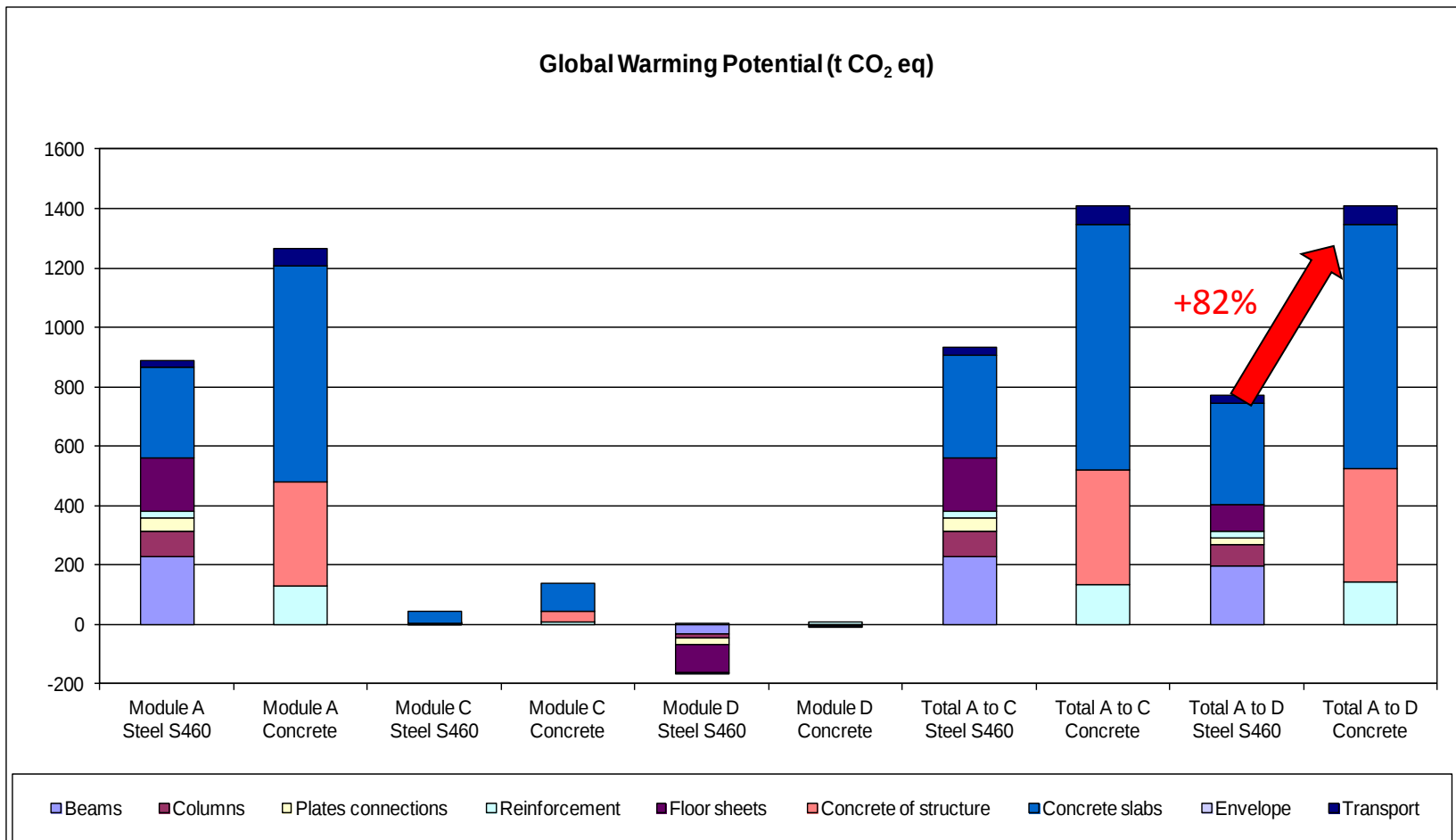
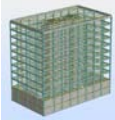
Roof	Occupancy	Systems	Structure	Floors	Transport	Results
Transport parameters						
Steel elements						
Total steel transported	369.6				t	
Values for the transport impacts	User values					
Mass transported by electric train	0.0				t	
Distance	0.0				km	
Mass transported by regular trucks	369.6				t	
Distance	500				km	
Concrete elements						
Total concrete transported	4676				t	
Concrete produced on site	4676				t	
Distance by mixer trucks	50.0				km	
Prefabricated concrete	0.0				t	
Distance by regular trucks	0.0				km	

Ergebnisse Bürogebäude

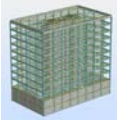
- Die Nutzungsphase (Modul B) verursacht etwa 91% des GWP, unabhängig von der Konstruktionsart



Ergebnisse: Stahl- vs. Betonkonstruktion GWP



Ergebnisse: Schlussfolgerungen

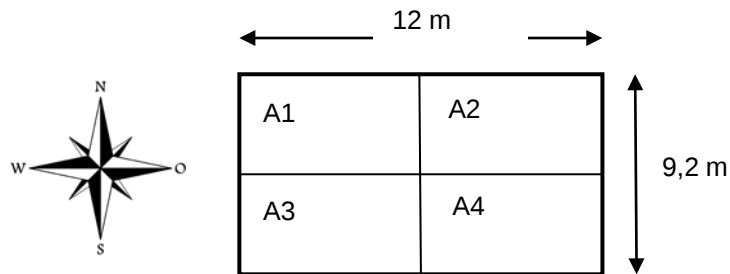


- Im Vergleich zur Nutzung geringer Einfluss der Konstruktionsart auf die globalen Umweltwirkungen des Gebäudes.
- Aus Sicht des ökologischen Fußabdrucks ist es vorteilhaft, Verbundkonstruktionen aus Stahl und Beton zu wählen (beste Ausnutzung beider Materialien).
- Nachhaltigere Konstruktionen durch das Recycling von Materialien am Lebensende (unendliches Recycling von Stahl und Verwertung von zerkleinertem Beton) = Nutzung von Modul D.
- Minimierung des Materialeinsatzes durch die Wahl hochfester Stähle.

Wohngebäude: CasaBuna Wohnhaus in Rumänien



Definition des Gebäudes



- 4 Wohnungen mit 55 m² Nettogrundfläche, gleichmäßig verteilt über 2 Etagen.
- Standort: Temeschwar (Rumänien)

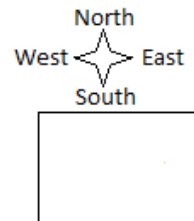


Project **Building** Envelope Base Floor Roof

Definition of the building

General parameters

North - South facade Length	12	m
East - West facade length	9.2	m
Floor height	2.9	m
Floor height under ceiling	2.7	m
Number of intermediate floors	1	
Area of intermediate floors	110,4	m ²
Total area of building	220,8	m ²
Structure only	No	▼
Building type	Residential	▼



Location

Country Romania ▼

Location Timisoara ▼

Display

Komponenten der Gebäudehülle



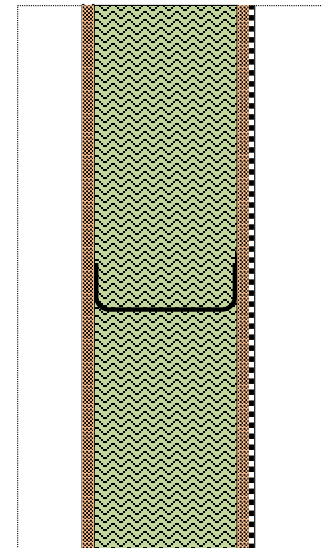
	Nord&Süd [m ²]	West&Ost [m ²]	Summe [m ²]
Wände	54,29	46,96	202,49
Fenster	15,31	6,4	43,42
Gesamtfläche	69,6	53,36	245,92

Definition of the building envelope

Facade

Direction	North	East	South	West	
Facade area	69.6	53.36	69.6	53.36	m ²
Opening area	22	12	22	12	%

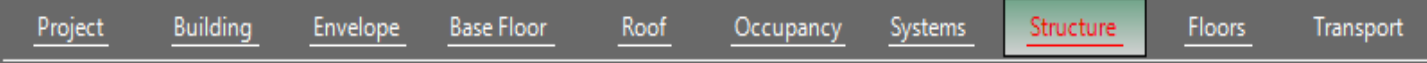
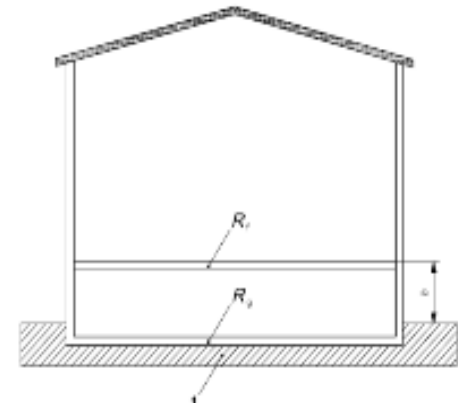
- Fassade: Sandwichelemente, gedämmt mit 120 mm Steinwolle
- Fenster: Doppelverglasung & Aluminium-Rahmen



Bodenplatte & Tragwerk des Wohnhauses



- Doppelboden, 20 cm dick aus bewehrtem Beton (0,7 t Bewehrung)



- Stahlrahmen in den Fassaden- und Dachelementen enthalten
➡ keine zusätzlichen konstruktiven Stahlelemente

Steel elements		
Beams (Hot rolled profiles)	0	t
Columns (Hot rolled profiles)	0	t
Studs	0,0	t
Bolts	0	t
Plate Connections	0,0	t
Total mass of structure	0,0	t

Nutzung & Systeme



Project Building Envelope Base Floor Roof **Occupancy** Systems Structure Floors Transport

für Wohngebäude →

Occupancy related data

Comfort requirements

Heating set-point temperature	20	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport

Description of building systems

Heating system

Heating system type

Cooling system

Cooling type system

Mechanical ventilation system

Heat recovery system

DHW system

DHW system type

- Heizsystem: Gasheizung
- keine Kühlung
- keine mechanische Lüftung
- Warmwasser: Elektroboiler

Transport



- Transport von Stahl:

- Gesamtgewicht: 1,583 t (Bewehrung)
- Transport: europäischer Durchschnitt für Stahl, für 1 t durchschnittliche Transportdistanz

Roof Occupancy Systems Structure Floors **Transport** Results

Transport parameters

Steel elements

Total steel transported t

Values for the transport impacts ▼

- Transport von Beton:

- Gesamtgewicht: 52,11 t (Bodenplatte)
- Transport: 30 km per Betonmischwagen

Concrete elements

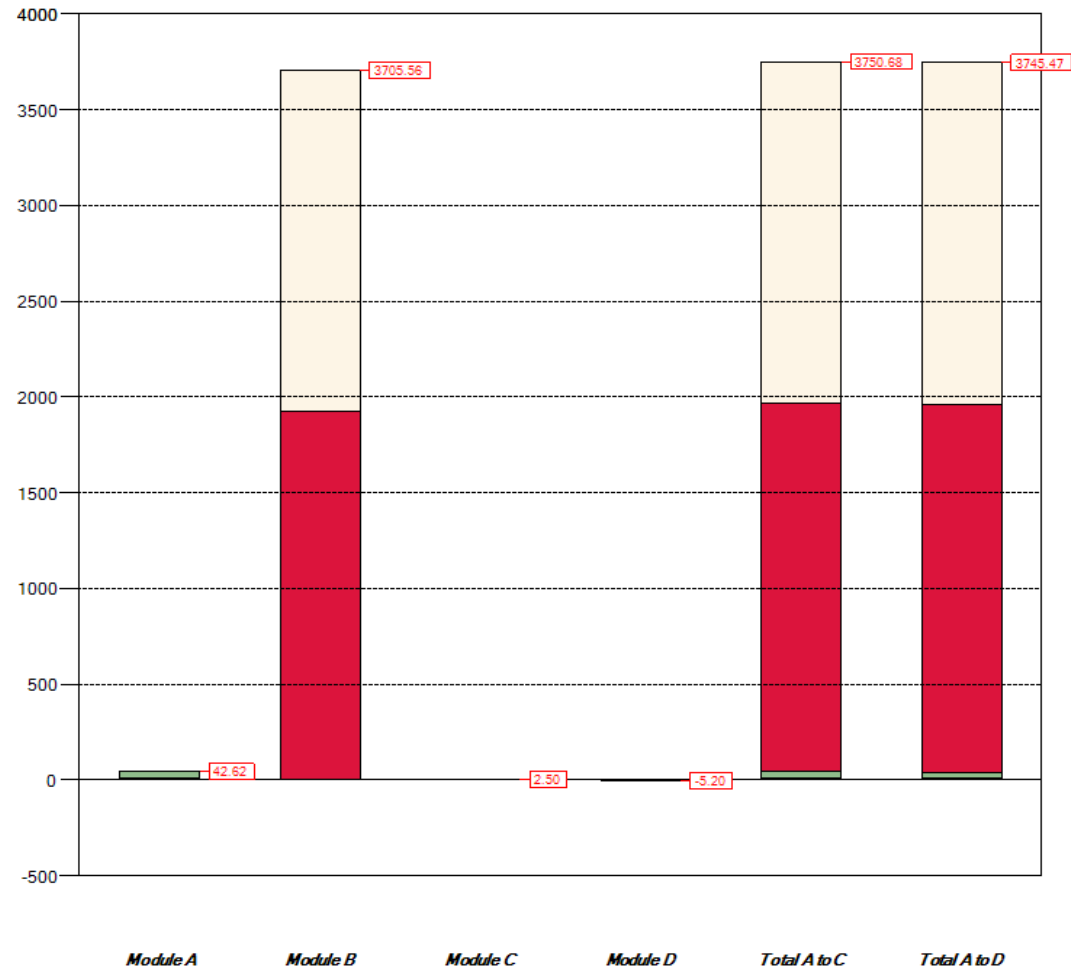
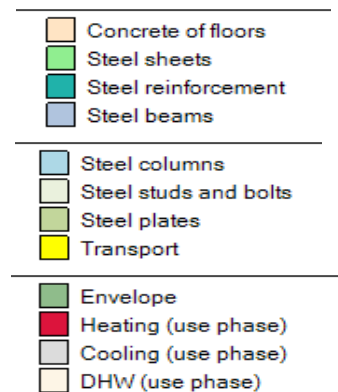
Total concrete transported	52,11	t
Concrete produced on site	52,11	t
Distance by mixer trucks	30,0	km
Prefabricated concrete	0,0	t
Distance by regular trucks	0,0	km

Ergebnisse Wohnhaus CasaBuna



Global Warming Potential (tCO₂eq)

- Die Nutzungsphase (Modul B) verursacht unabhängig von der Bauweise etwa 99% des GWP.



Heizung Verbrauch

Use phase heating



Energy for space heating					
Heat transfer by transmission					
Walls	Glazing	Ext Floor	Roof	Ground	Total
kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year
4845.1	5968.3	0.0	3328.8	3008.7	16882.1
Heat Transfer by ventilation			Heat gains		
Ventilation			Glazed	Opaque	Internal
kWh/year			kWh/year	kWh/year	kWh/year
8963.6			14064.4	783.0	10757.0

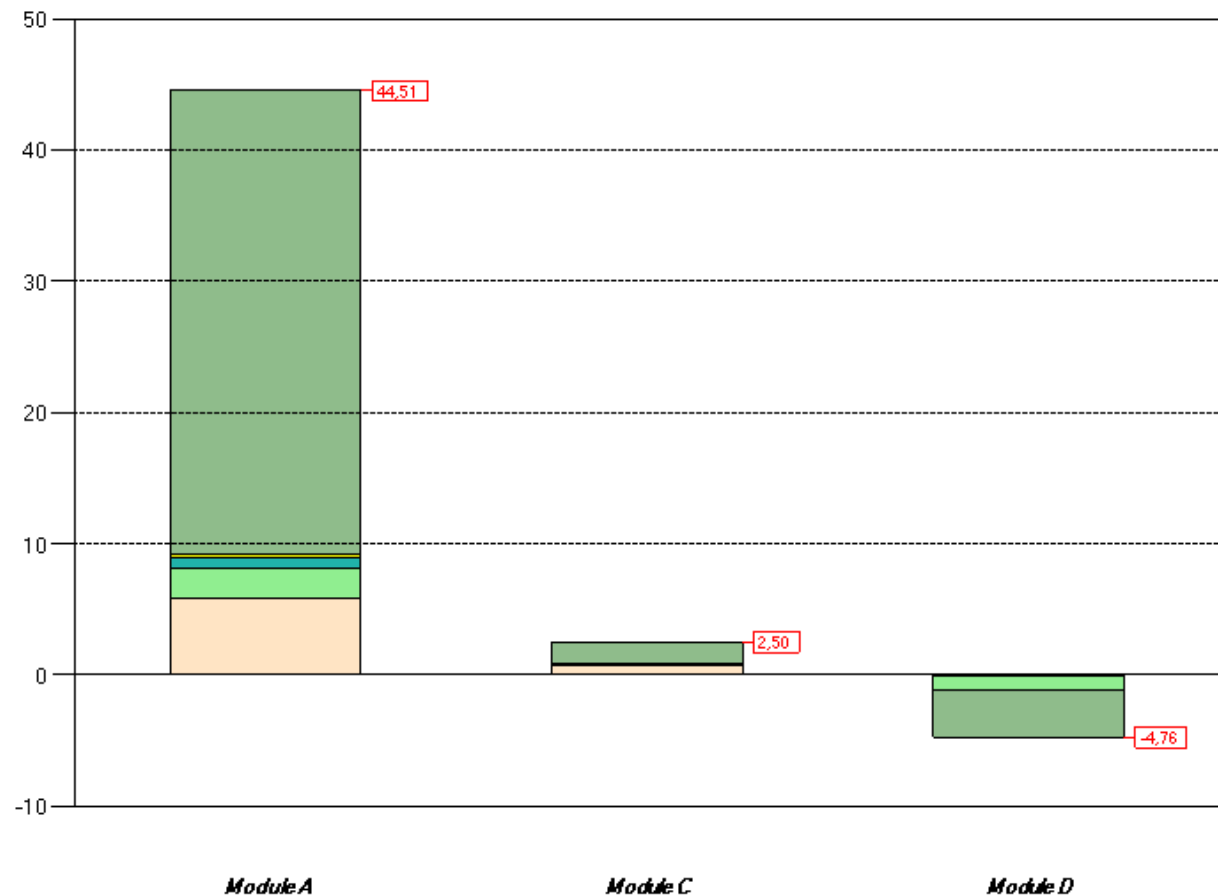
Energy need for heating												
Qh,nd	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
kWh	911.2	606.4	435.1	129.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.9	454.8	816.6
kWh/m²	4.1	2.7	2.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.1	3.7

Energy Breakdowns		
Building totals for heating		
Energy need	3454.2	kWh/year
	15.6	kWh/m²/year
Delivered energy	3970.4	kWh/year
COP : 0.87	18.0	kWh/m²/year
Primary	341.5	kgoe/year
fconv : 0.086	1.5	kgoe/m²/year

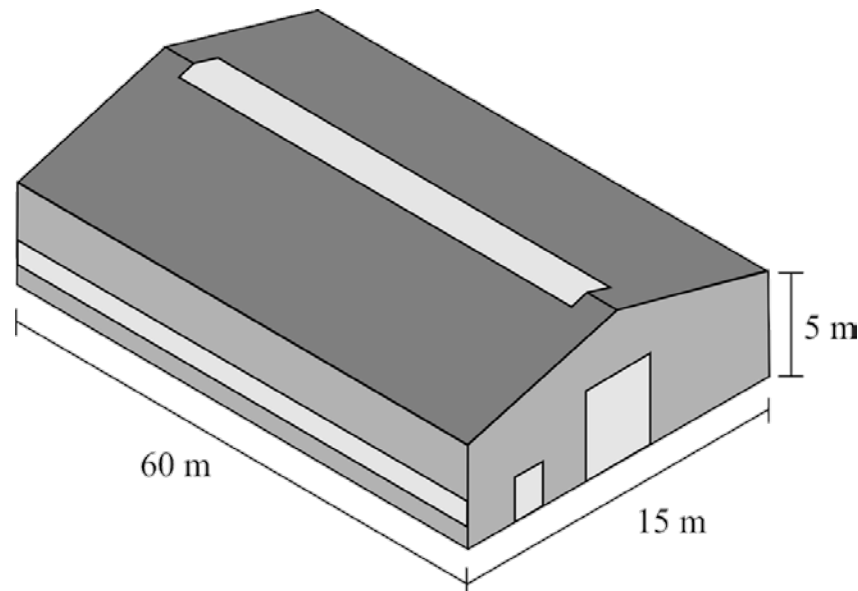
Ergebnisse: Materialauswirkungen

Global Warming Potential (tCO₂eq)

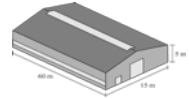
- Die Materialien für die Gebäudehülle verursachen 79% des GWP der Herstellungsphase (Modul A).



Industriehalle: Stahl- & Betonkonstruktion in Paris



Umfang der Studie

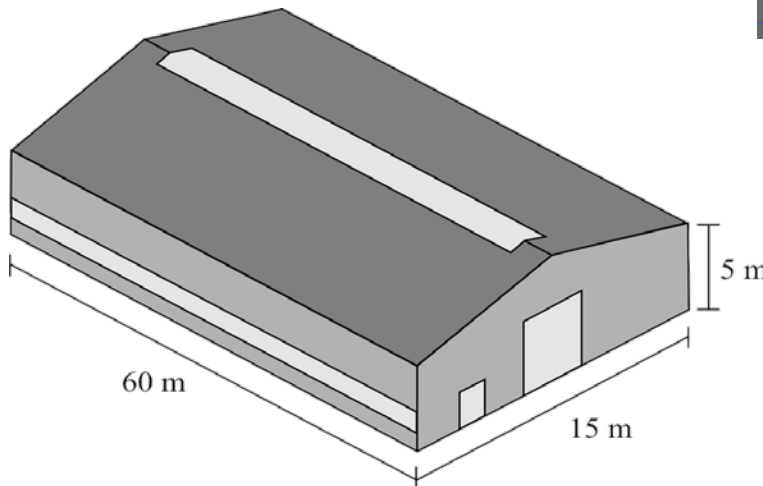


Vergleich der Ökobilanzen eines Industriegebäudes mit zwei unterschiedlichen Tragsystemen:

- Zweigelenkrahmen mit biegesteifen Rahmenecken, bestehend aus warmgewalzten Profilen
- Eingespannte Stützen mit gelenkig angeschlossenen Binder, bestehend aus Stahlbetonstützen und -trägern



Definition des Gebäudes

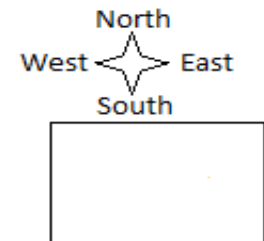


Project **Building** Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems Structure

Definition of the building

General parameters

North - South facade Length	60	m
East - West facade length	15	m
Floor height	5	m
Floor height under ceiling	5	m
Number of intermediate floors	0	
Area of intermediate floors	0	m ²
Total area of building	900,0	m ²
Structure only	No	▼
Building type	Industrial	▼



- 900 m² Industriehalle
- Standort: Paris

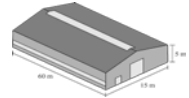
Location

Country France ▼

Location Paris ▼

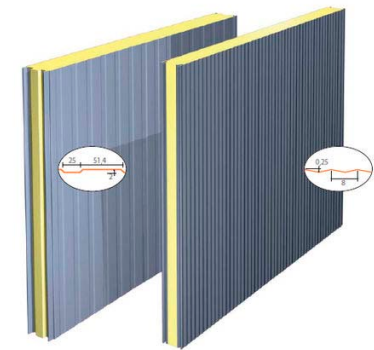
Display

Gebäudehülle



- Fassade: 80 mm PUR-Sandwichelemente
energieeffiziente Variante: 200 mm PUR-Sandwichelemente
- Fenster: Doppelverglasung & Aluminium-Rahmen

Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure
Facade properties							
Wall type	Sandwich panel (PUR 80 mm)						
U-value for walls	0,3						W/(m².K)
Opening type	Double glazing						
U-value for openings	2,9						W/(m².K)
Shading device type	No shading device						
Shutter type	No shutter						

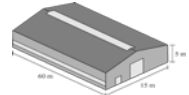


- Dach: Abdichtungsbahn, Isolierung mit 140 mm Mineralwolle

Roof	
Roof type	Waterproof membrane
U-value for the roof (flat part)	0,31



Bodenplatte Industriehalle



**konstruktive
Komponente**

**Variante 1
Stahlrahmen S235**

**Variante 2
Stahlrahmen S460**

**Variante 3
Betonrahmen**

Bodenplatte

**Beton: 425,7 kg
Bewehrung: 14,4 t**

Project

Building

Envelope

Base Floor

Roof

Occupancy

Systems

Structure

Floors

Transport

Results

Base floor

U-value for the base floor

0.44

W/(m².K)

Base floor type

Slab on Ground Floor ▼

Thickness of concret base floor

0.2

m

Mass of reinforcing steel

14.4

t

Internal heat capacity of ground

74612

J/(m².K)

Internal heat capacity of intermediate floor

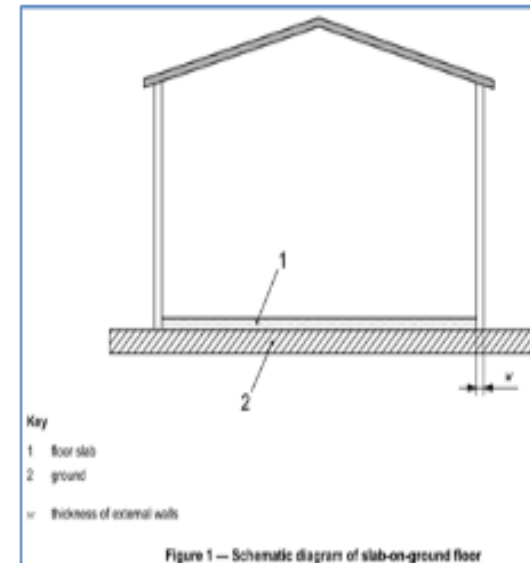
0

J/(m².K)

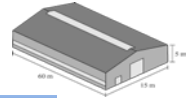
Internal heat capacity of internal wall

0

J/(m².K)



Nutzung & Systeme



Project Building Envelope Base Floor Roof **Occupancy** Systems Structure Floors Transport

Industrie-
gebäude →

Comfort requirements		
Heating set-point temperature	18	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport

- Heizsystem: Gasheizung
- keine Kühlung
- keine mechanische Lüftung
- kein Warmwasser

Description of building systems

Heating system

Heating system type

Cooling system

Cooling type system

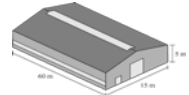
Mechanical ventilation system

Heat recovery system

DHW system

DHW system type

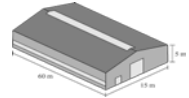
Tragwerk Industriehalle



konstruktive Komponente	Variante 1 Stahlrahmen S235	Variante 2 Stahlrahmen S460	Variante 3 Betonrahmen
Träger	IPE 450 (6,88 t)	IPE 330 (4,33 t)	Betonfertigteil T80 (34,19 t) Bewehrung BSt500 202,5 kg/m ³ (2,93 t)
Stützen	primär: IPE400 sekundär: HEA480 (4,17 t)	primär: IPE400 sekundär: HEA480 (4,17 t)	Beton 0,4x0,4m C30/37 (30,12 t) Bewehrung BSt500 108,1 kg/m ³ (1,38 t)
Schrauben	43 kg		/
Blechverbindungen	336 kg		/

Steel elements		
Beams (Hot rolled profiles)	4,330	t
Columns (Hot rolled profiles)	4,170	t
Studs	0,0	t
Bolts	0,043	t
Plate Connections	0,336	t
Total mass of structure	8,879	t

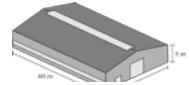
Transport



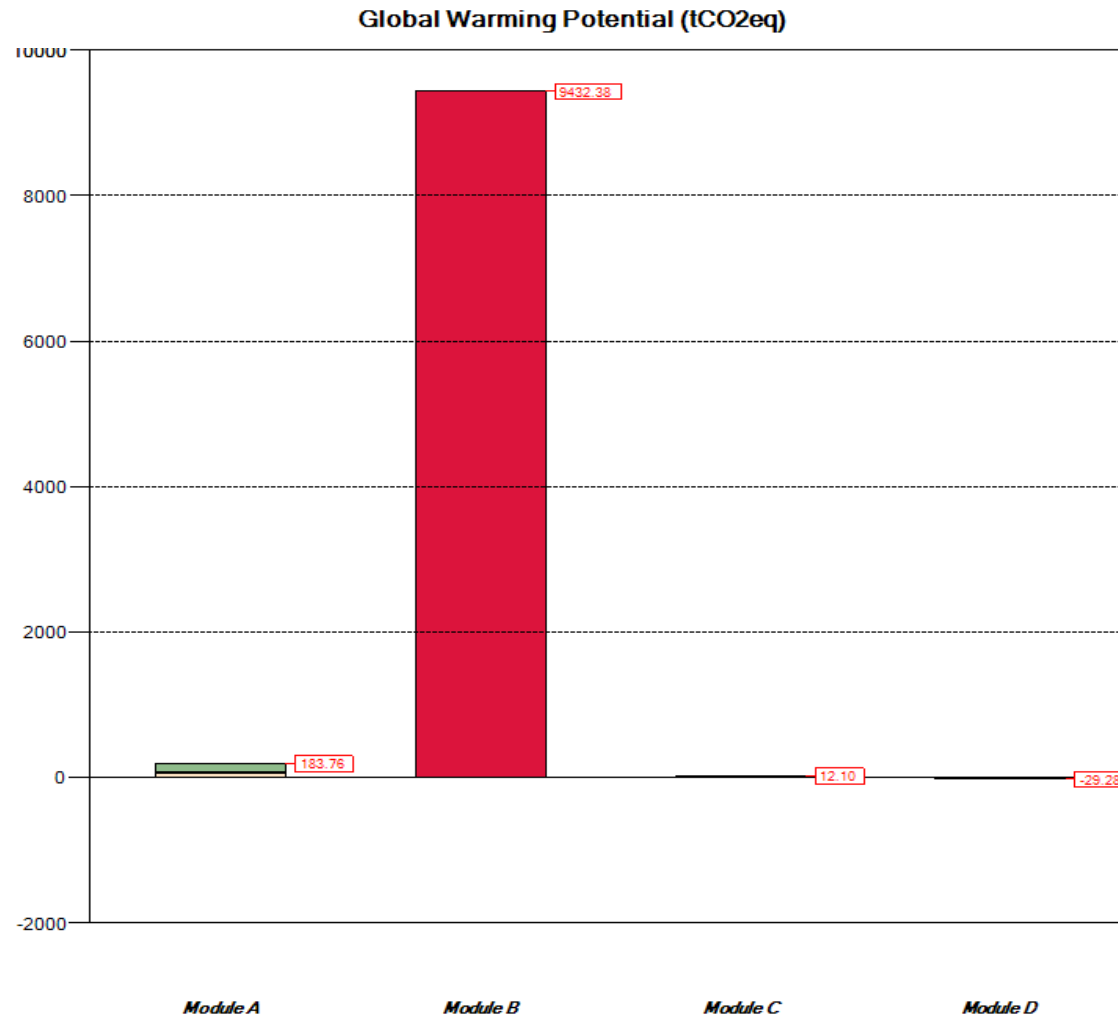
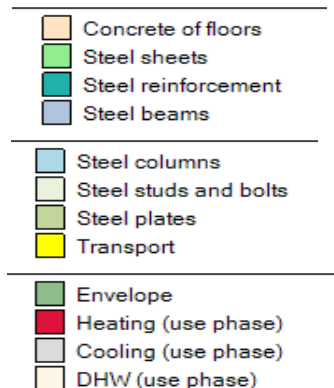
- Transport von Stahl:
 - Gesamtgewicht: 25,83 t (Träger + Stützen + Verbindungselemente)
 - Transport: durchschnittlicher europäischer Transport für Stahl, für 1 t durchschnittliche Transportdistanz
- Transport von Beton:
 - Gesamtgewicht : 424,8 t (Träger + Stützen)
 - Transport: 30 km per Betonmischwagen

Roof	Occupancy	Systems	Structure	Floors	Transport	Results
Transport parameters						
Steel elements						
Total steel transported		25.83		t		
Values for the transport impacts		Average values ▼				
Concrete elements						
Total concrete transported		424.8		t		
Concrete produced on site		424.8		t		
Distance by mixer trucks		30.0		km		
Prefabricated concrete		0.0		t		
Distance by regular trucks		0.0		km		

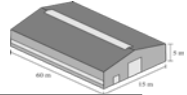
Ergebnisse Industriehalle



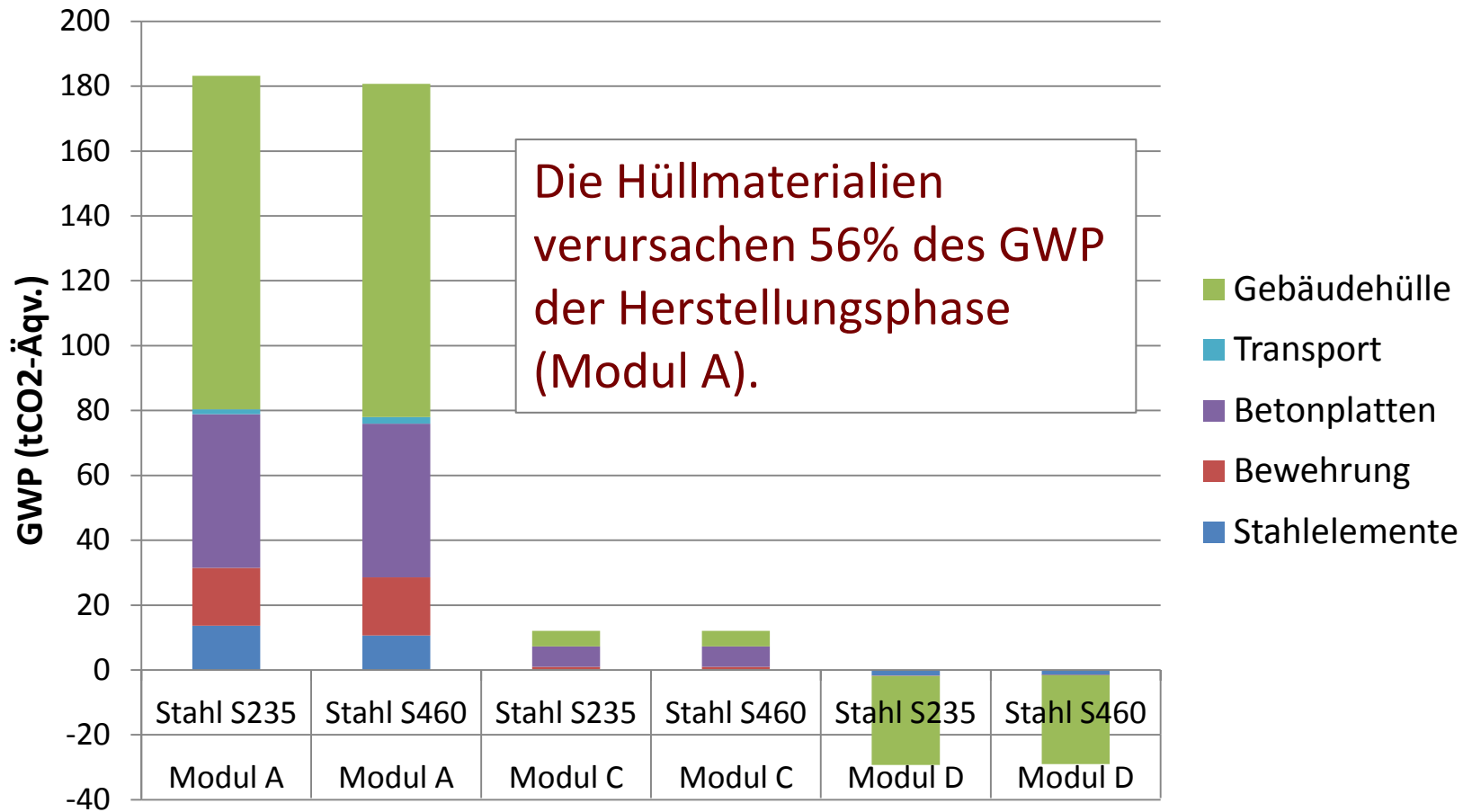
- Die Nutzungsphase (Modul B) verursacht etwa 99% des GWP, unabhängig von der Konstruktionsart.



Ergebnisse: Stahltragwerk



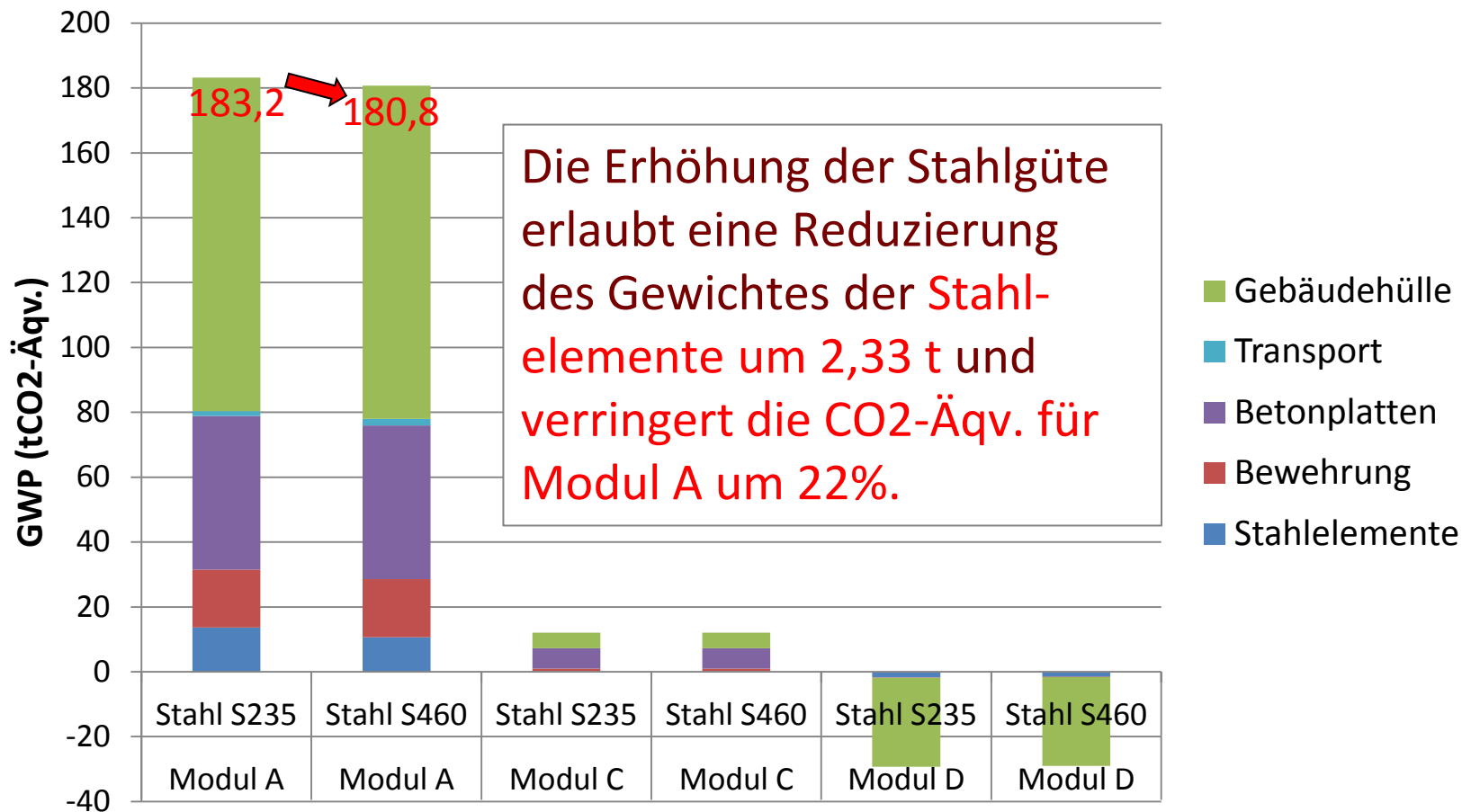
Vergleich des GWP von Stahlkonstruktionen mit S235 und S460



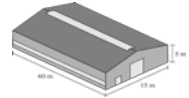
Ergebnisse: Stahltragwerk



Vergleich des GWP von Stahlkonstruktionen mit S235 und S460



Ergebnisse: Modul D der S460-Stahlkonstruktion



- Die Gutschriften und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen (Modul D) der S460-Konstruktion verringern das GWP um 27,60 t CO₂-Äqv.
- Dies unterstreicht die Vorteile der Recycling-Materialien der Gebäudehülle: vorwiegend leichte Stahlrahmenkonstruktion der Fassade und Stahlblech für das Dach.

Global Warming Potential (tCO₂eq)

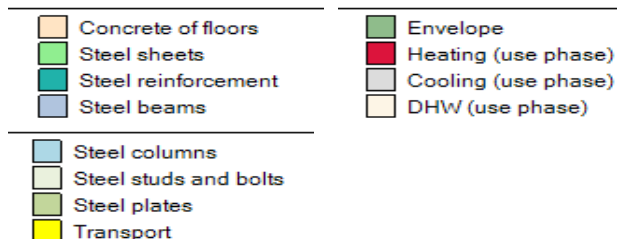
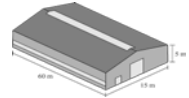


Concrete of floors	Steel columns	Envelope
Steel sheets	Steel studs and bolts	Heating (use phase)
Steel reinforcement	Steel plates	Cooling (use phase)
Steel beams	Transport	DHW (use phase)

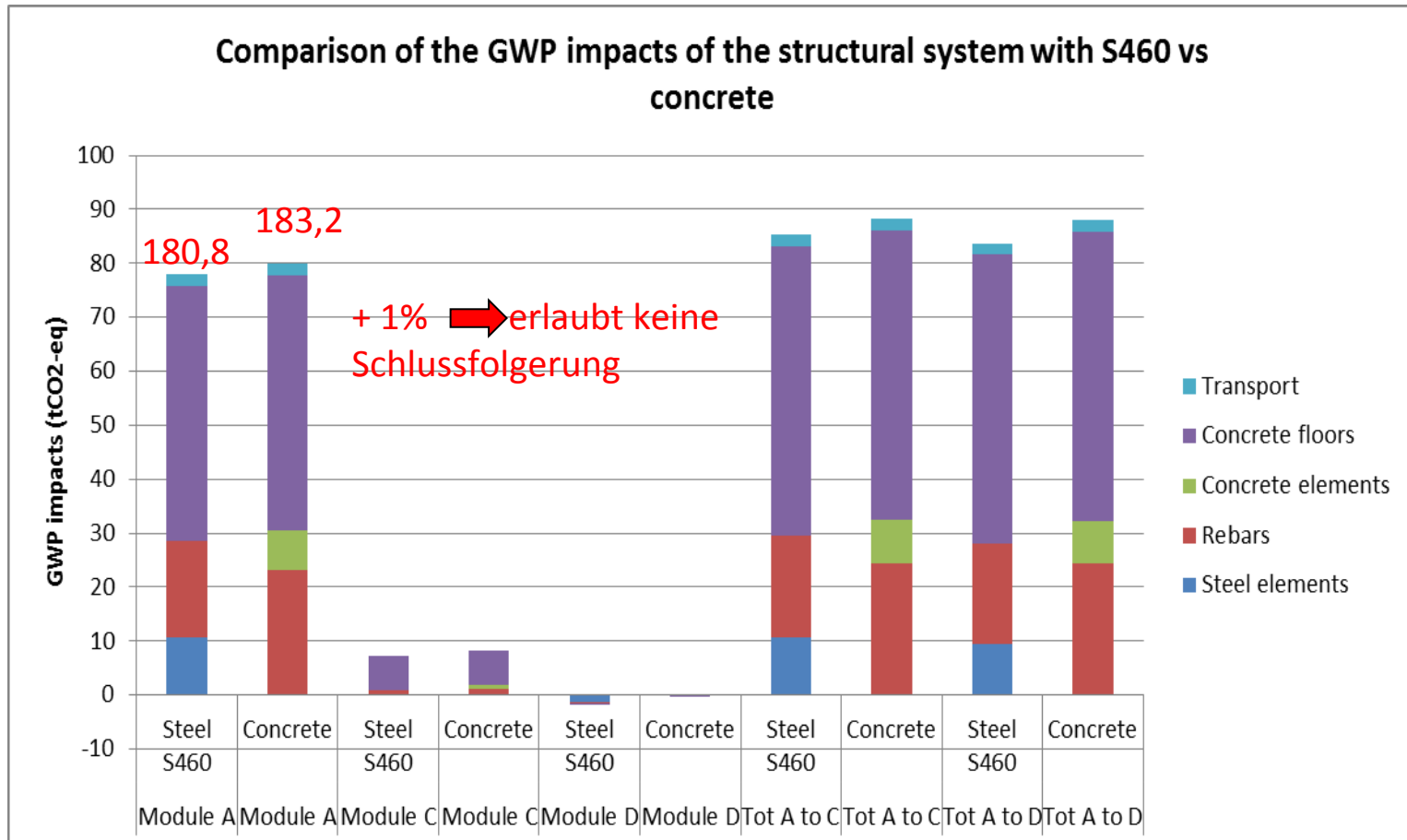
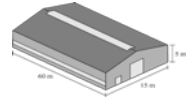
Ergebnisse: Betontragwerk

- Modul A hat einen gesamten GWP-Einfluss von 182,70 t CO₂-Äqv.
- Das gesamte auf das Tragwerk bezogene GWP entspricht 79,94 t CO₂-Äqv., von denen 40% auf die Betonplatte zurückzuführen sind.

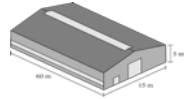
Global Warming Potential (tCO₂eq)



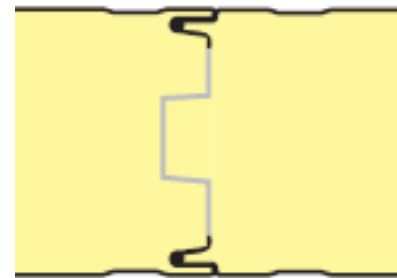
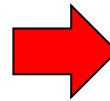
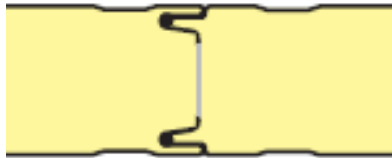
Ergebnisse: Stahl- vs. Betontragwerk GWP



Ökologische Vorteile aufgrund der Erhöhung der Dämmstoffdicke



80 mm



200 mm

- einfache Änderung mit AMECO3 → benutzerfreundlich
- Nutzungsphase (Modul B): Netto-Einsparung von 888 t CO₂-Äqv.
- Herstellungsphase (Modul A): Erhöhung um 13,12 t CO₂-Äqv., aufgrund der zusätzlichen Dämmstoffmenge
- Im Vergleich zur Reduzierung des Energieverbrauchs ist die zusätzliche Herstellung vernachlässigbar. Dies hebt das Interesse an der Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden hervor.