

TUM.wood  
ALLES AUS HOLZ

# Ökobilanzierung im Holzbau

Kohlenstoff: Implementierung und -substitution

München 05.02.2015

Dipl. Ing. Architekt Holger König

## Ökobilanzierung im Holzbau

### Kohlenstoff: Implementierung und Substitution

#### Inhalt

#### 1. Grundlagen

Nachhaltigkeit - Dreisäulenmodell

#### 2. Ökobilanz

Prinzipien

#### 3. Projektbeispiele

Gemeindehaus Ludesch, Lebenshilfe Lindenberg,  
Finanzamt Garmisch, MFH Erlangen, MFH  
München, MFH Samer Mösl, UNI-Salzburg,  
Jugendzentrum München

#### 4. Zusammenfassung

Fazit / Ergebnisse

## Ökobilanzierung im Holzbau

### Kohlenstoff: Implementierung und Substitution

#### Inhalt

#### 1. Grundlagen

Nachhaltigkeit - Dreisäulenmodell

#### 2. Ökobilanz

Prinzipien

#### 3. Projektbeispiele

Gemeindehaus Ludesch, Lebenshilfe Lindenberg,  
Finanzamt Garmisch, MFH Erlangen, MFH  
München, MFH Samer Mösl, UNI-Salzburg,  
Jugendzentrum München

#### 4. Zusammenfassung

Fazit / Ergebnisse

# Das Nachhaltigkeitsdreieck - Transparenz

**Gesundheit**

**Reach – Inhaltsstoffe vollständige Deklaration**



**Nachhaltigkeit**

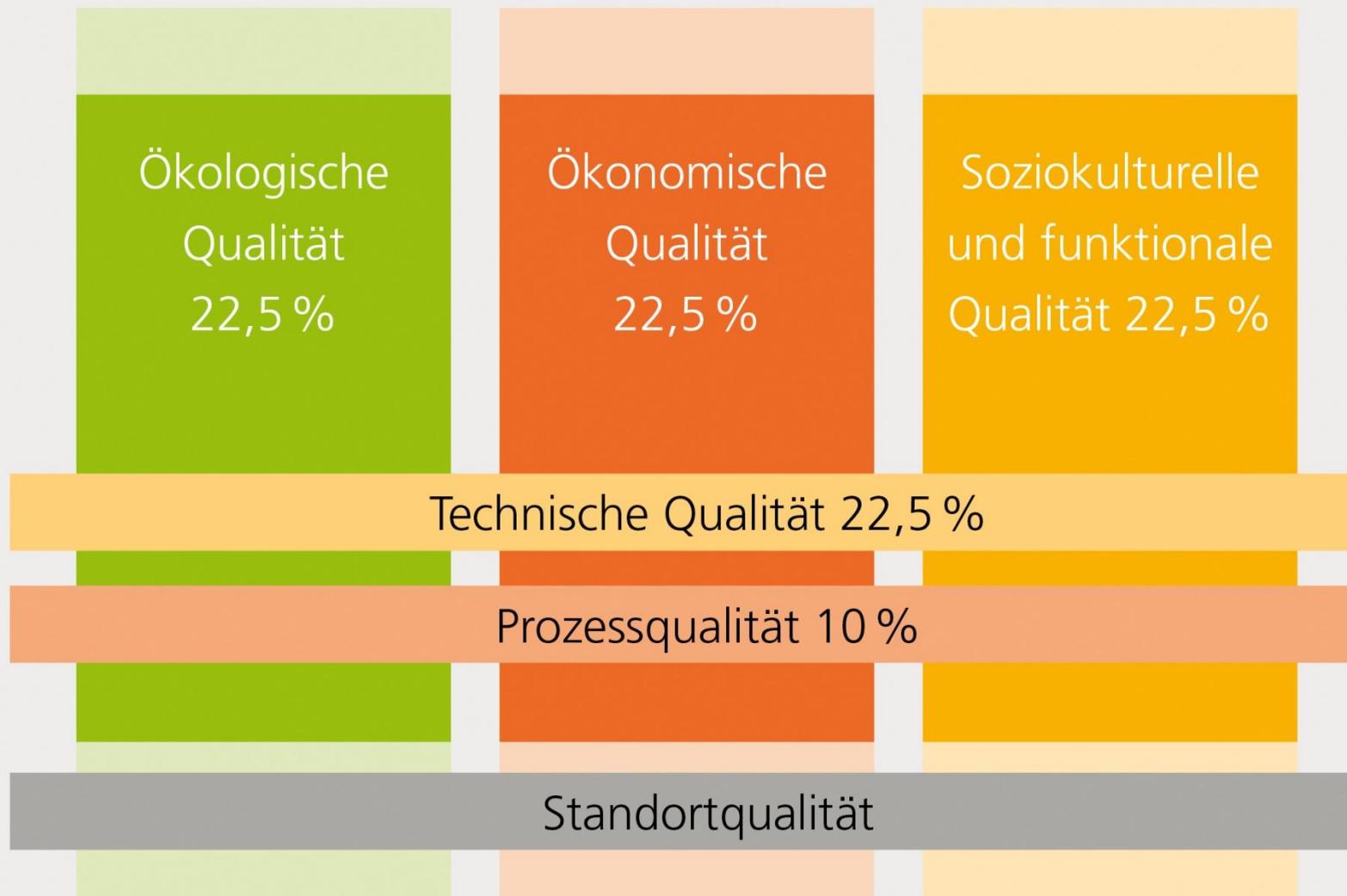
**Herstellungskosten –  
Lebenszykluskosten,  
LCC**

**Ökologie – Ökobilanz,  
LCA und EPD**

**Funktionalität, Technik**

# Das deutsche Zertifizierungssystem

## KRITERIENGRUPPEN UND GEBÄUDEQUALITÄTEN



Quelle: Praxis-Check, Weka-Verlag 2015

## Ökobilanzierung im Holzbau

### Kohlenstoff: Implementierung und Substitution

#### Inhalt

#### 1. Grundlagen

Nachhaltigkeit - Dreisäulenmodell

#### 2. Ökobilanz

Prinzipien

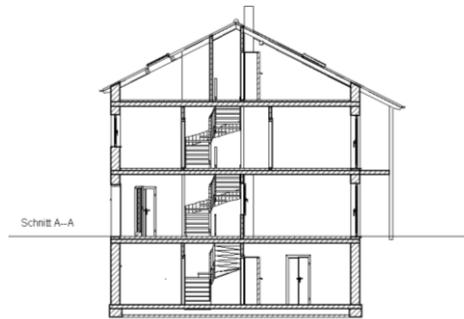
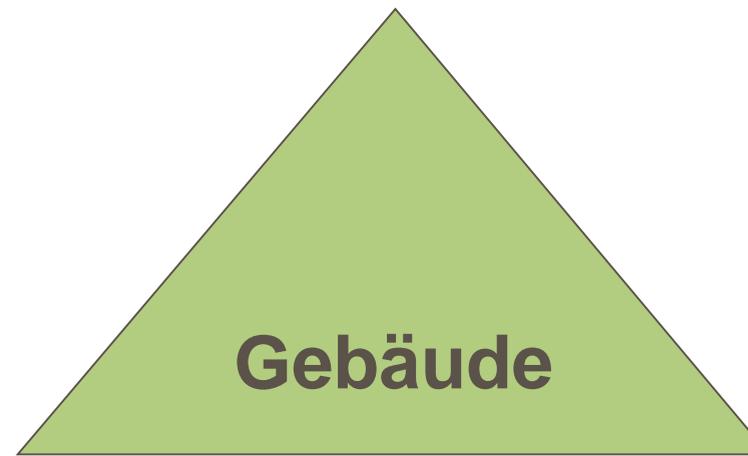
#### 3. Projektbeispiele

Gemeindehaus Ludesch, Lebenshilfe Lindenberg,  
Finanzamt Garmisch, MFH Erlangen, MFH  
München, MFH Samer Mösl, UNI-Salzburg,  
Jugendzentrum München

#### 4. Zusammenfassung

Fazit / Ergebnisse

# Gebäudeebene - Ökobilanz



- **Energiebedarf**

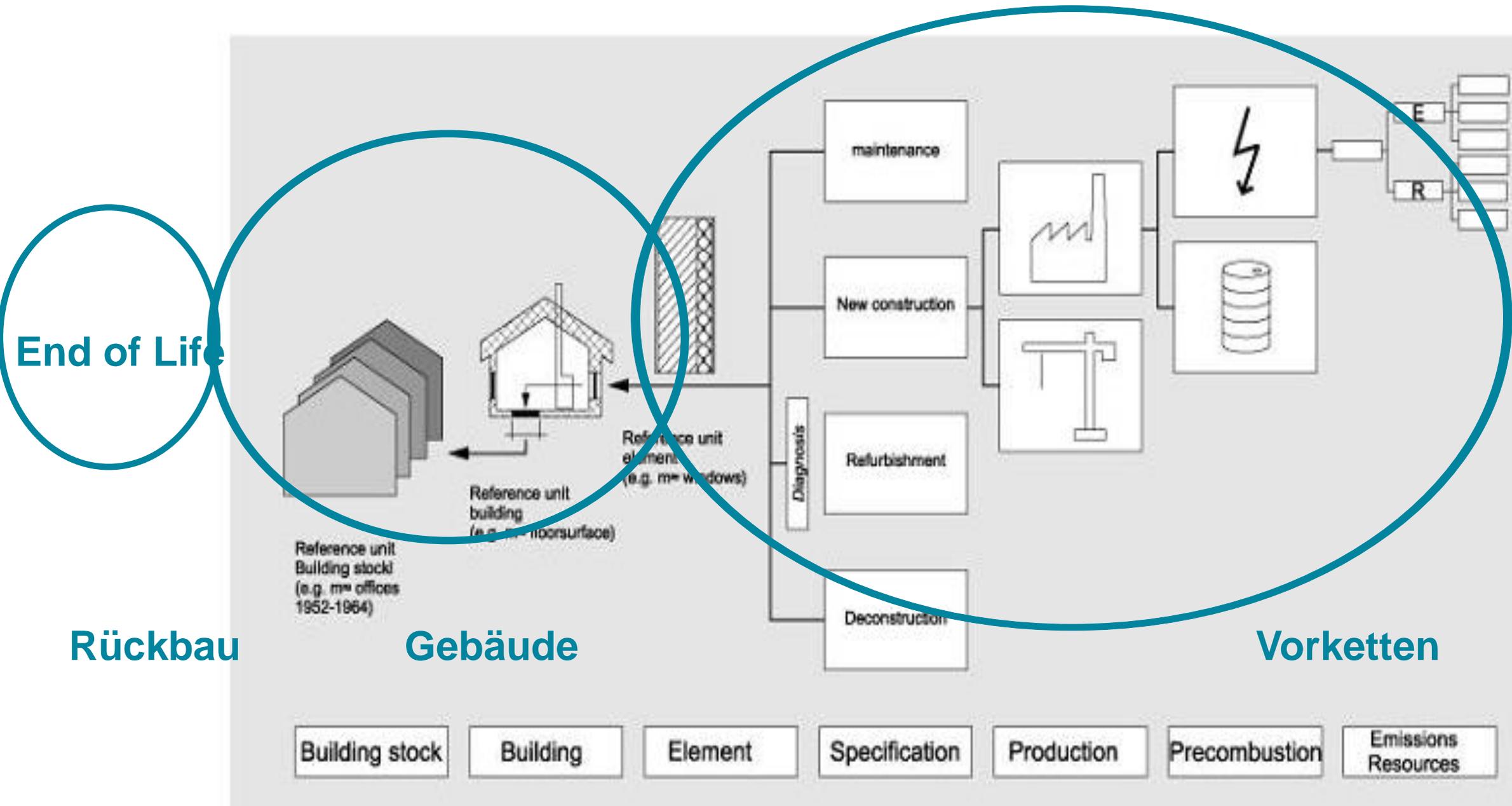
- **Umweltrisiken**
- **LCA-Gebäude**

**Klimagaspotenzial**  
(kg CO<sub>2</sub>-Äquiv.)

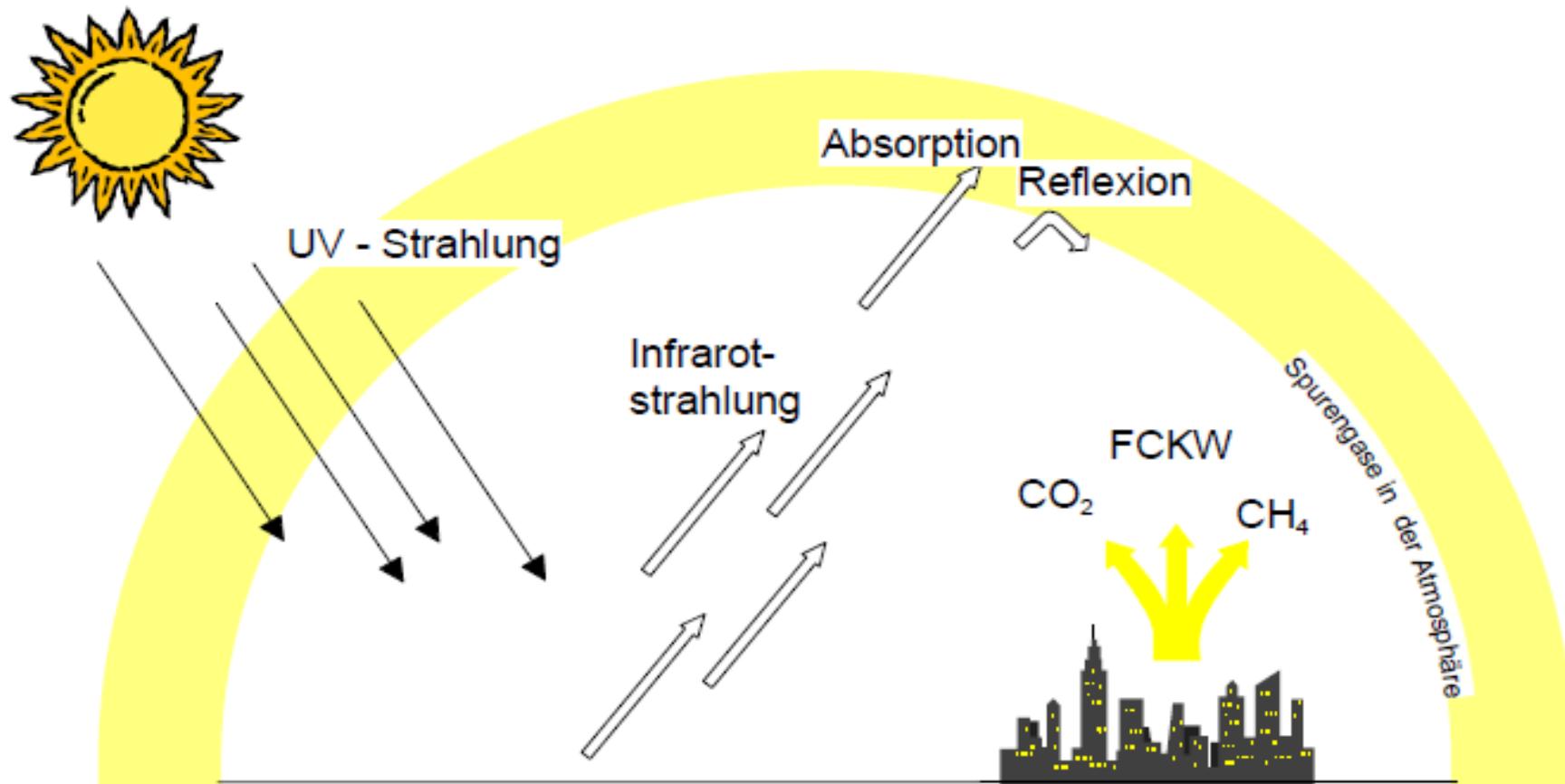
**Versauerungspotenzial**  
(kg SO<sub>2</sub>-Äquiv.)

**Primärenergiebedarf**  
(MJ)

# Betrachtungsraum und Phase



# Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) Potentieller Beitrag eines Stoffes zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten



Bildquelle: Kreißig, J.; Kümmel, J.: Baustoff-Ökobilanzen. Wirkungsabschätzung und Auswertung in der Steine-Erden-Industrie.

Hrsg. Bundesverband Baustoffe Steine + Erden e.V. 1999 in: Albrecht, S. u.a.: ÖkoPot -Ökologische Potenziale durch Holznutzung gezielt fördern. Abschlussbericht zum BMBF-Projekt

## **Indikatoren für Wirkungen:**

**Treibhausgaspotenzial kg CO<sub>2</sub> äquival.**

**Ozonabbaupotenzial kg CF11 äquival.**

**Ozonbildungspotenzial kg Ethen äquival.**

**Versauerungspotenzial kg SO<sub>2</sub> äquival.**

**Überdüngungspotenzial kg PO<sub>4</sub> äquival.**

## **Indikatoren für Ressourceninanspruchnahme:**

**Primärenergie nicht erneuerbar kWh**

**Primärenergie erneuerbar kWh**

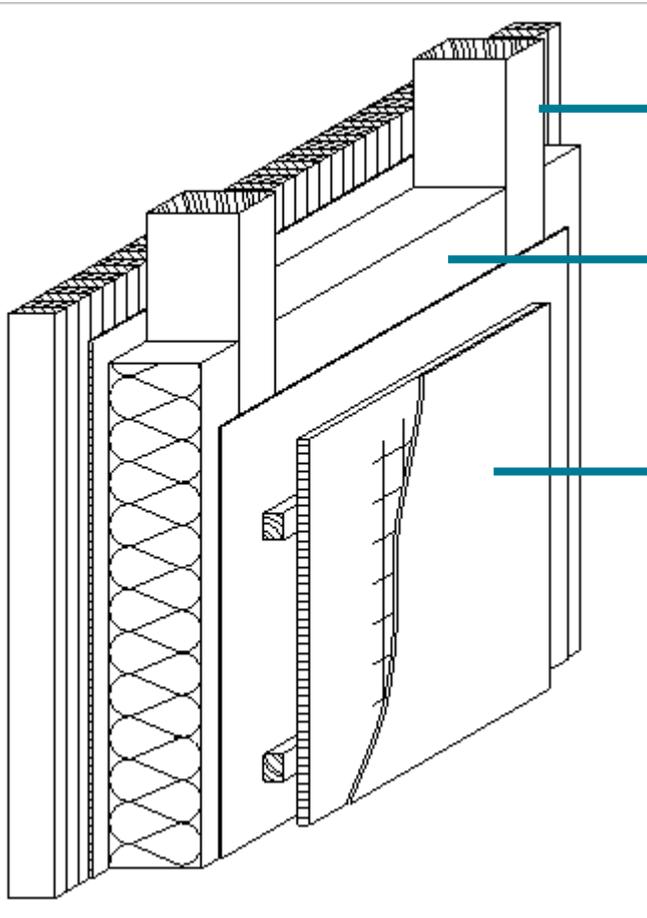
**Abiotischer Ressourcenbedarf (kg Pb-äquival.)**

# Konstruktions-Elemente mit Ökobilanzdaten z.B. LEGEP

Datenbank: Ökobilanzmodule,  
z.B. Ökobau.dat

Sachbilanz

Input/Output  
Material und  
Energie



LEGEP Sachbilanzen

Bezeichner
S Bitumendichtungsbahn
S Bitumenschweißbahn G 200 S4
S Bitumenschweißbahn PYE-PV 200 S5 ns
S Blähperlit 0 - 1 mm
S Blähperlit 0 - 3 mm
S Blähschiefersand 0 - 2
S Blähvermiculit 0 - 2mm
S Blasstahl
S Blei
S Borax
S Bordenschiefer
S Borsäure
S Brandschutzputz
S Branntkalk, Feinkalk (G
S Branntkalk, Feinkalk (S
S Braunkohlen-Staub

LEGEP Sachbilanz: Kalkhydrat

Werte	Bezeichner	Einheit	Menge	Typ	Art
Rezeptur	S CO2 Kohlendioxid p	kg	430,00000000	↓	
	S Erdgas frei UCPT E, D	m3	78,93723280	↑	
	S Naturkalk, gebrochen, gewaschen	t	1,38000000	↑	
	S Partikel p	kg	0,03190000	↓	
	S Strom Mittelspannung - Bezug in UCPT E	TJ	0,00008104	↑	
	S Wasser	kg	243,00000000	↑	

LEGEP Sachbilanz: Kalkhydrat

Bezeichner	Werte	Werte
Einheit	t	
Typ	Bewertete kumulierte Sachbilanz	
Herkunft	BU/W	
CO2	472,822200	0,000000
SO2	0,268693	0,000000
Ozonschicht	0,000024	0,000000
Abiotisch	66,865800	0,000000
Überdüngung	0,021860	0,000000
Sommersmog	0,048338	0,000000
Schwermetall	0,000219	0,000000
Radioaktivität	12926,130000	0,000000
Ecopoints	0,157681	0,000000
PEIE	22,146300	0,000000
PEINE	4328,141000	0,000000

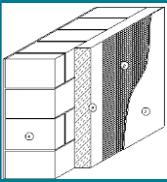
**Wirkungs-bilanz**

Neu berechnen

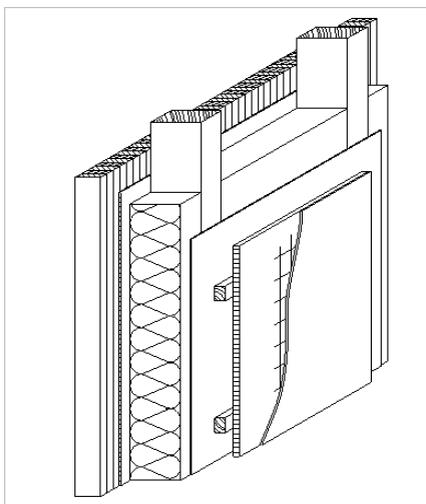
Generisch ←  
Spezifisch ←

LCA: CO<sub>2</sub>-äq., SO<sub>2</sub>-äq., PEI /m<sup>2</sup>

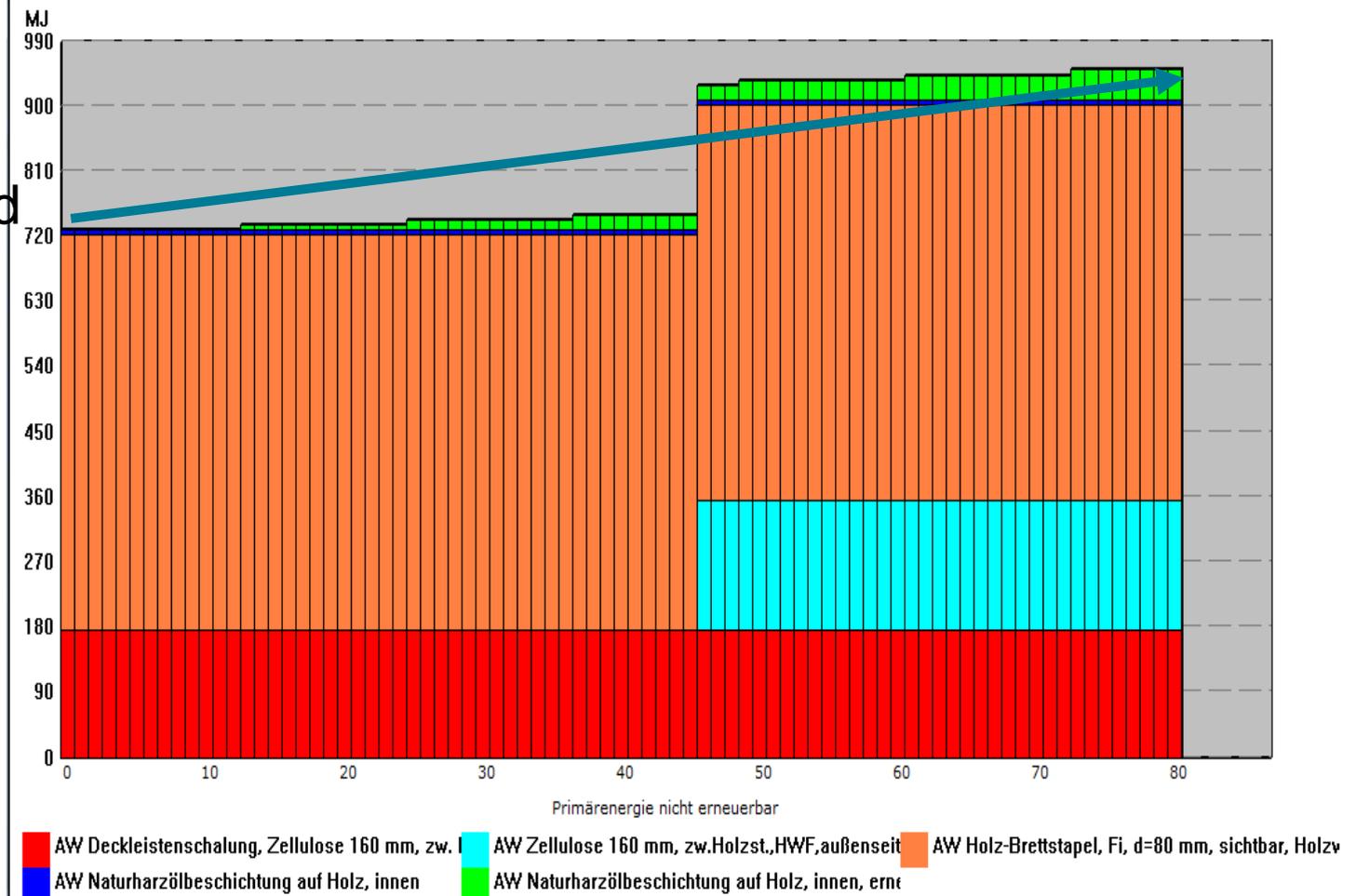
# Umweltindikator Primärenergie n. ern. MJ 80 a



- Farbe innenseitig
- Wandkern Holz
- Außenverschalung und Beschichtung
- Instandsetzung Verschalung und Dämmung



Primärenergie nicht erneuerbar AWK Holz-Brettstapel, sichtb., Fi, Zellulose 160, Schalung, NH-Lasur  
Betrachtungszeitraum 80 a (Ökobau.dat 4/2010)



**Zeit 80 a**

# Ökobilanz für Bauprodukte, Bauteile und Gebäude

## Genauigkeit beim Gebäudevergleich

### 1. Modellierung

Genauigkeit wie bei Kostenplanung und U-Wert-Berechnung. Technische Anlagen sollten miteinbezogen werden.

### 2. Instandsetzungszyklus und Betrachtungszeitraum

Nachprüfbare Erneuerungszyklen sind notwendig. Unterschied zwischen Lebensdauer und Betrachtungszeitraum beachten.

### 3. Funktionale Einheit beim Gebäudevergleich

Die zu vergleichenden Gebäude müssen gleiche Qualitäten aufweisen, z.B. gleichen Endenergiebedarf..

### 4. Fazit

**Bei exakter Modellierung der Gebäude liefert die Ökobilanz eindeutige und belastbare Hinweise auf die Umweltfolgen durch verschiedene Gebäudeausführungen.**

# Entropiepfad erneuerbare und fossile Rohstoffquellen

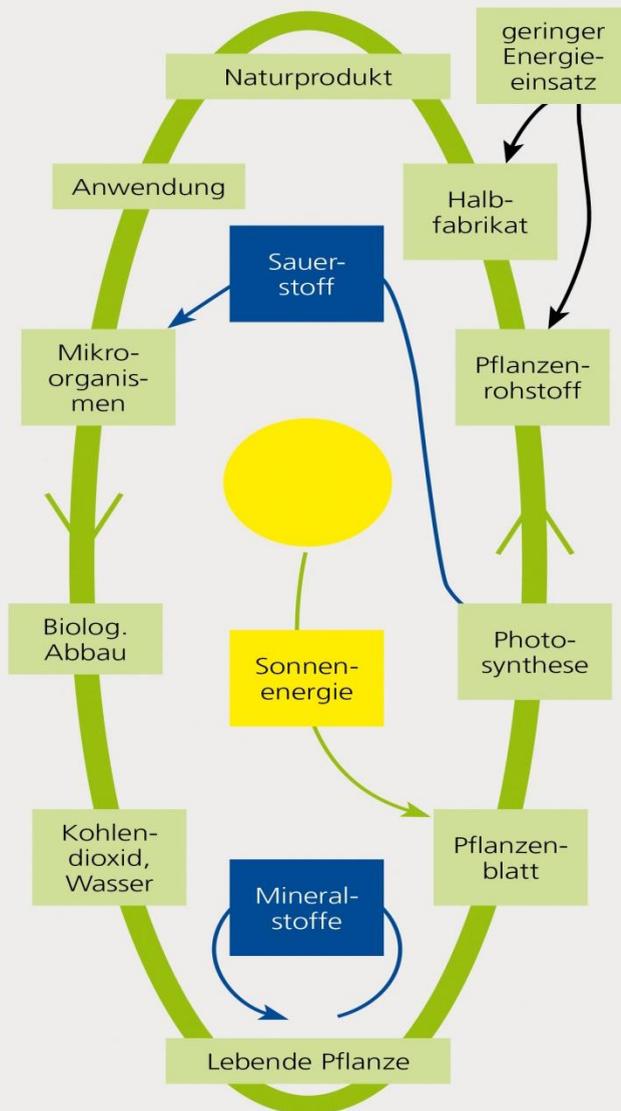
**Phytochemie:  
Geschlossener  
Zyklus**

**Neg-Entropie  
ist die  
Zunahme von  
Ordnung**

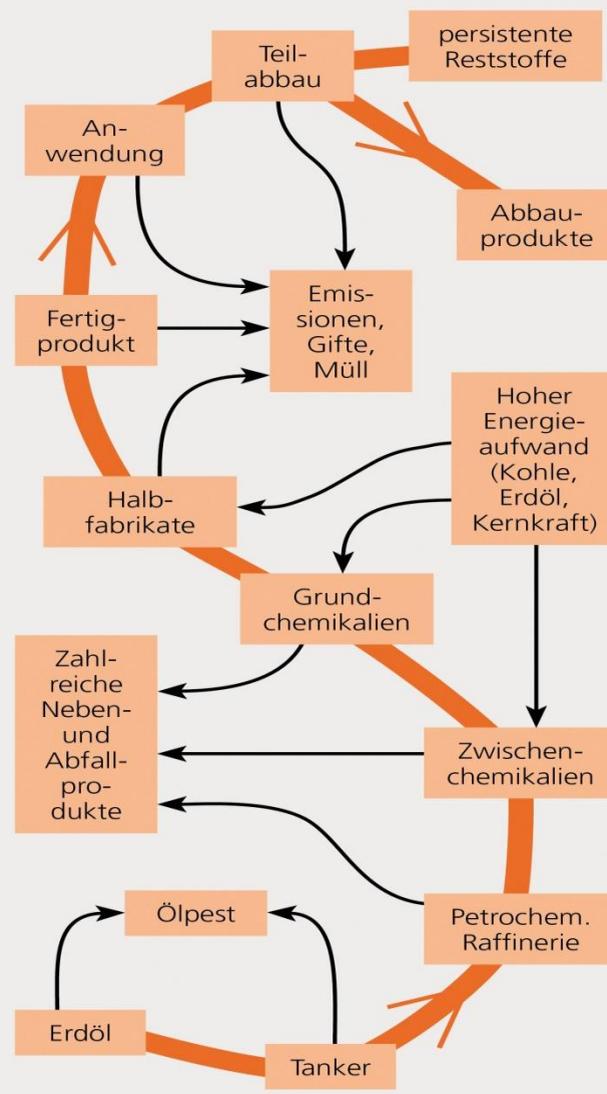
Hermann Fischer  
Fa. AURO

## STOFFKREISLÄUFE ODER WEGE OHNE WIEDERKEHR: DIE BEIDEN KOHLENSTOFFSTRÖME DER MODERNEN WELT

Pflanzen-Chemie: geschlossener Kreis



Petro-Chemie: offenes Ende



**Petrochemie:  
Offener Zyklus**

**Entropie ist die  
Zunahme der  
Unordnung**

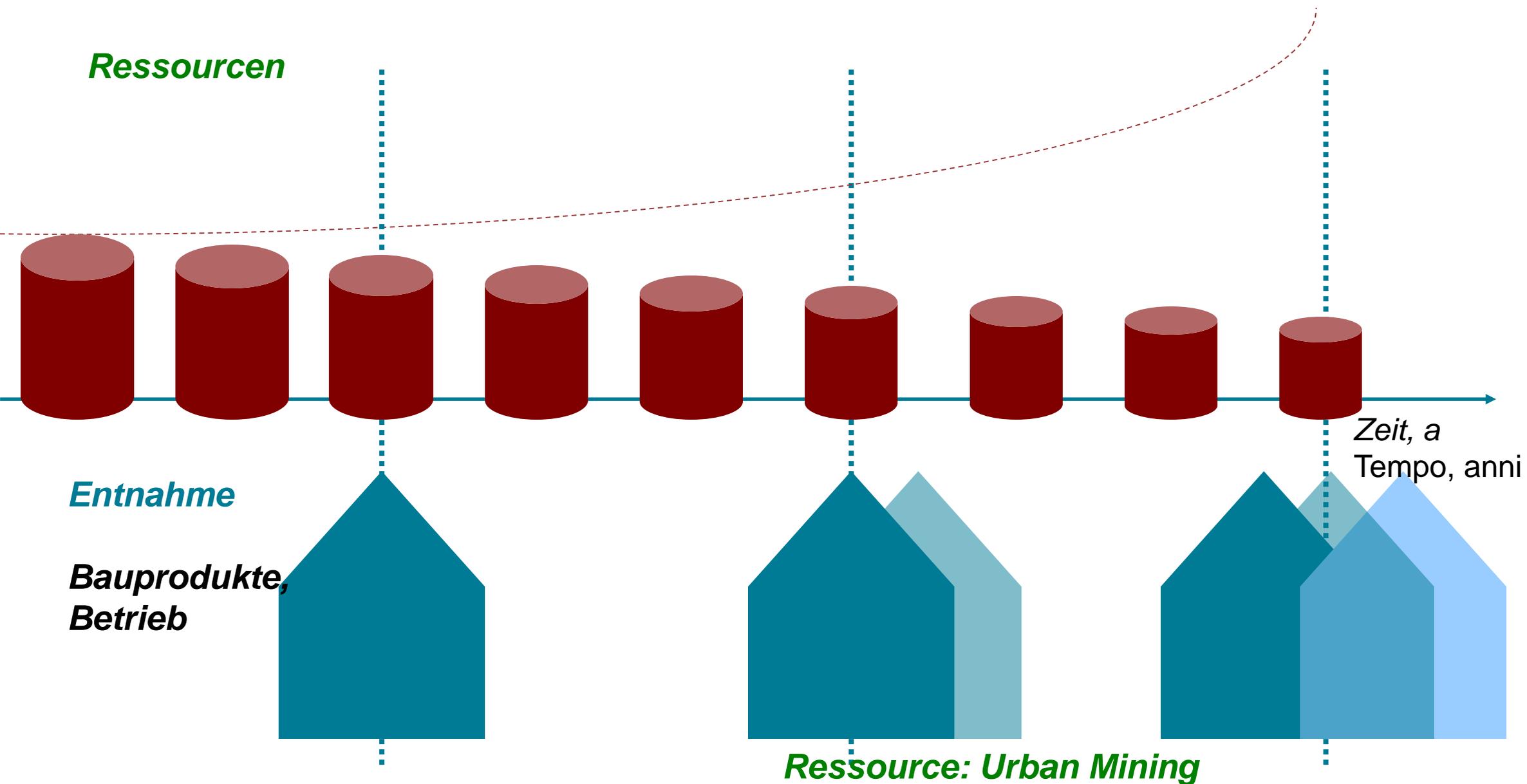
Quelle: Praxis-Check, Weka-Verlag 2015

# Nicht erneuerbare Ressourcen

## Öl, Erdgas, Metalle

Ressourcen

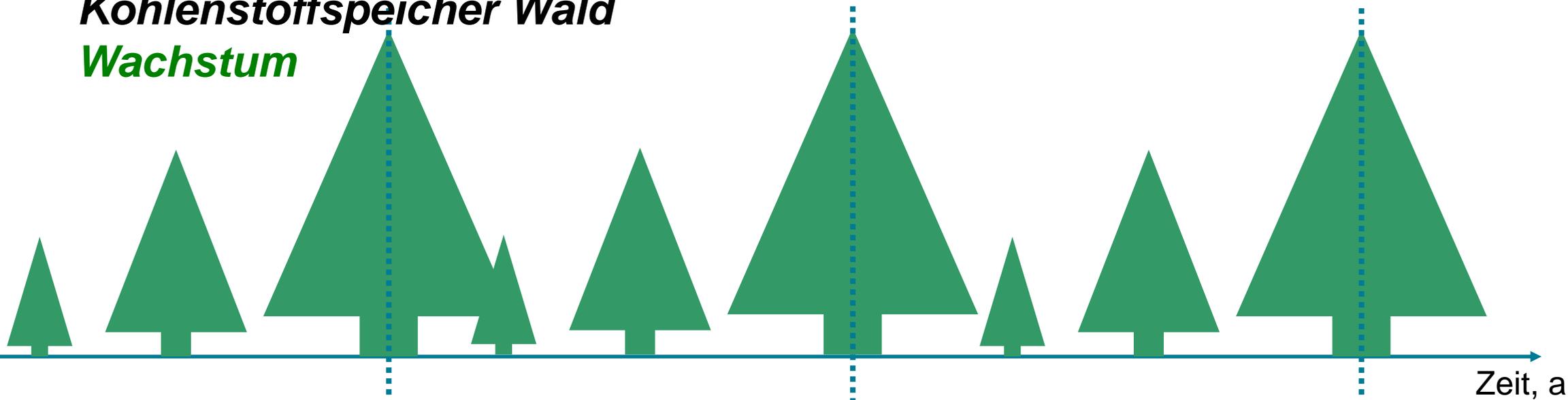
Preis, €



# Erneuerbare Ressourcen – vereinfachtes Modell

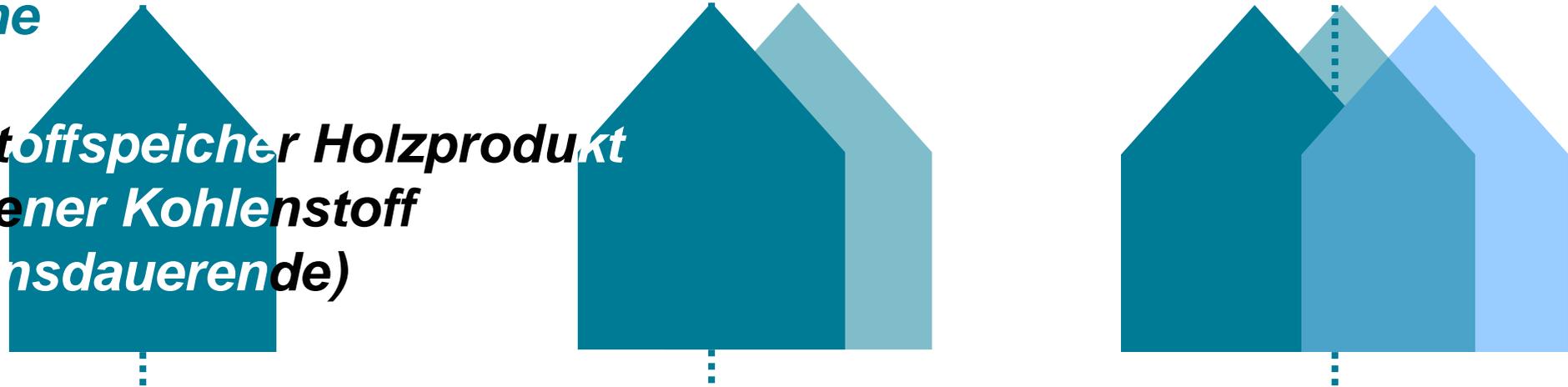
## ■ Holz

**Kohlenstoffspeicher Wald**  
**Wachstum**



**Entnahme**

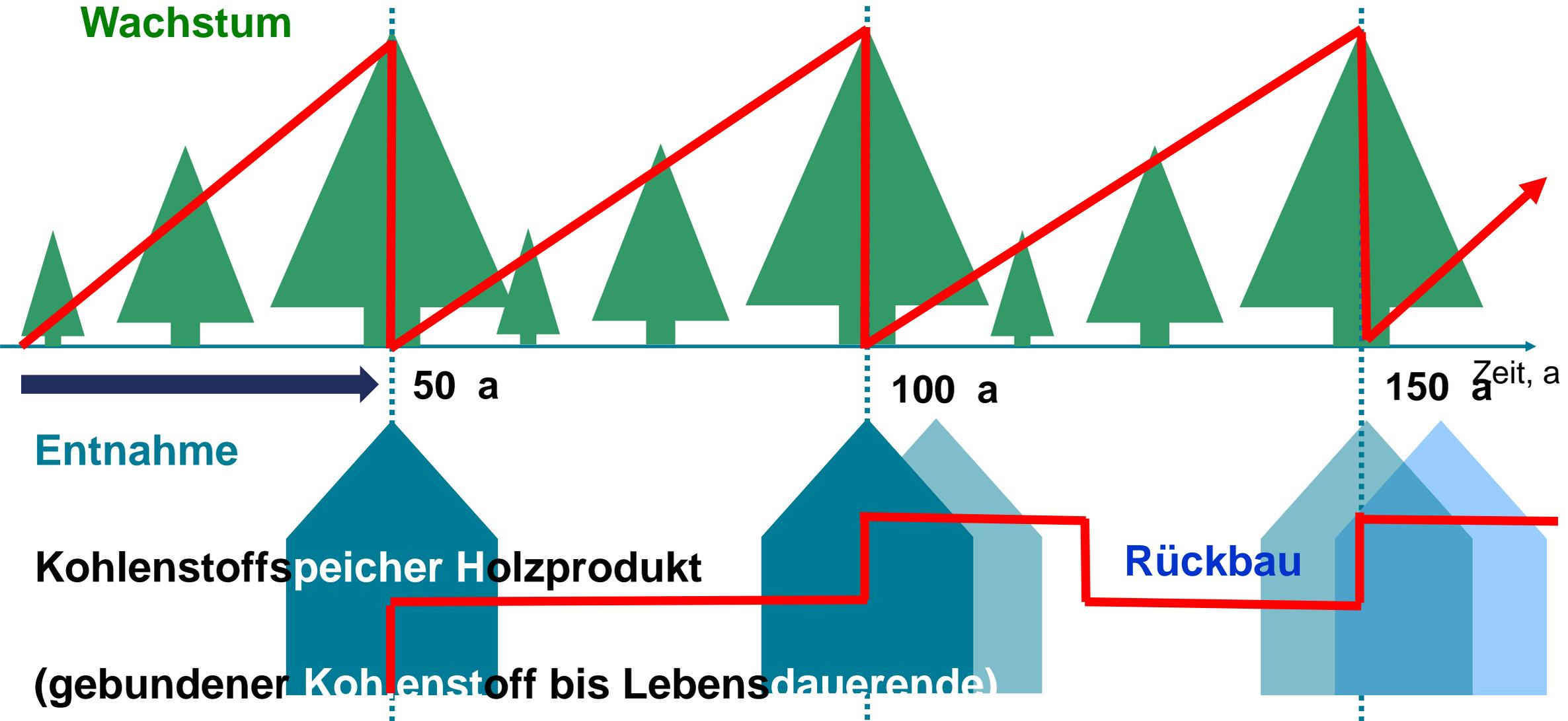
**Kohlenstoffspeicher Holzprodukt**  
**(gebundener Kohlenstoff**  
**bis Lebensdauerende)**



# Das Gebäude als Kohlenstoffzwischenlager

## ■ Holz Kohlenstoffspeicher Wald

Wachstum



## Ökobilanzierung im Holzbau

### Kohlenstoff: Implementierung und Substitution

#### Inhalt

#### 1. Grundlagen

Nachhaltigkeit - Dreisäulenmodell

#### 2. Ökobilanz

Prinzipien

#### 3. Projektbeispiele

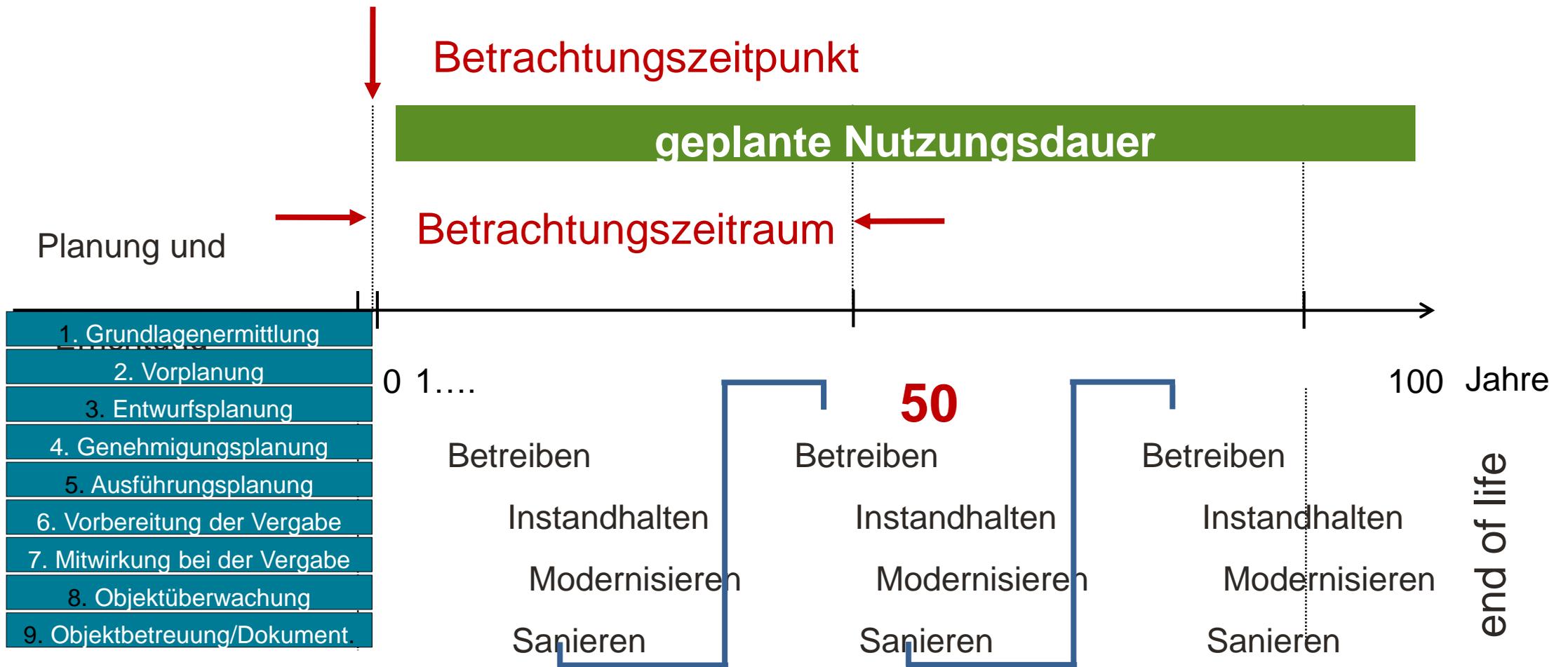
Gemeindehaus Ludesch, Lebenshilfe Lindenberg,  
Finanzamt Garmisch, MFH Erlangen, MFH  
München, MFH Samer Mösl, UNI-Salzburg,  
Jugendzentrum München

#### 4. Zusammenfassung

Fazit / Ergebnisse

# Lebenszyklusanalyse

## Betrachtungszeitpunkt und Betrachtungszeitraum



# **Bauen für die Zukunft – Bauen mit Holz**

## **Nachwachsende Rohstoffe und ihre Rolle in der Zertifizierung**

Ergebnis eines Forschungsprojektes gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt Az: **30866-25**



## 8 Neubauprojekte

### **Lebenshilfe Lindenberg, Gewerbebau**

Architekten: Lichtblau, München

### **Finanzamt Garmisch-Partenkirchen, Bürobau**

Architekt: Bauer, München

### **Gemeindezentrum Ludesch, Multifunktionsbau**

Architekt Kaufmann, Vorarlberg

### **Wohnungsbau Samer Mösl, Mehrfamilienhaus**

Architekt: sps-architekten zt, Thalgau

### **Fachhochschule Kuchl, Vorlesungsgebäude**

Architekten: Dietrich/ Untertrifaller, Bregenz

### **Jugendzentrum Pfifteen, Kommunalbau**

Architekten: Lichtblau, München

### **Wohnungsbau München, Mehrfamilienhaus**

Architekten Kaufmann, Vorarlberg/Lichtblau, München

### **Wohnungsbau Erlangen, Mehrfamilienhaus**

Architekten GewoBAU;B&O, Erlangen

# Reales Gebäude - Standardvariante

## Form und Fläche:

Gleiche Kubatur, gleiche Fläche, gleiche Bauform

## Energiebedarf

Gleiches energetisches Niveau

## Primärkonstruktion:

Holz + Holzwerkstoffe – Primärkonstruktion mineralisch

## Ausbaustoffe:

Teils nachwachsende Rohstoffe – mineralisch-synthetische Bauprodukte

## Technische Anlagen:

Gleiche technische Anlagen für Sanitär, Heizung, Lüftung, Kühlung, Elektro, Kommunikation, Transport

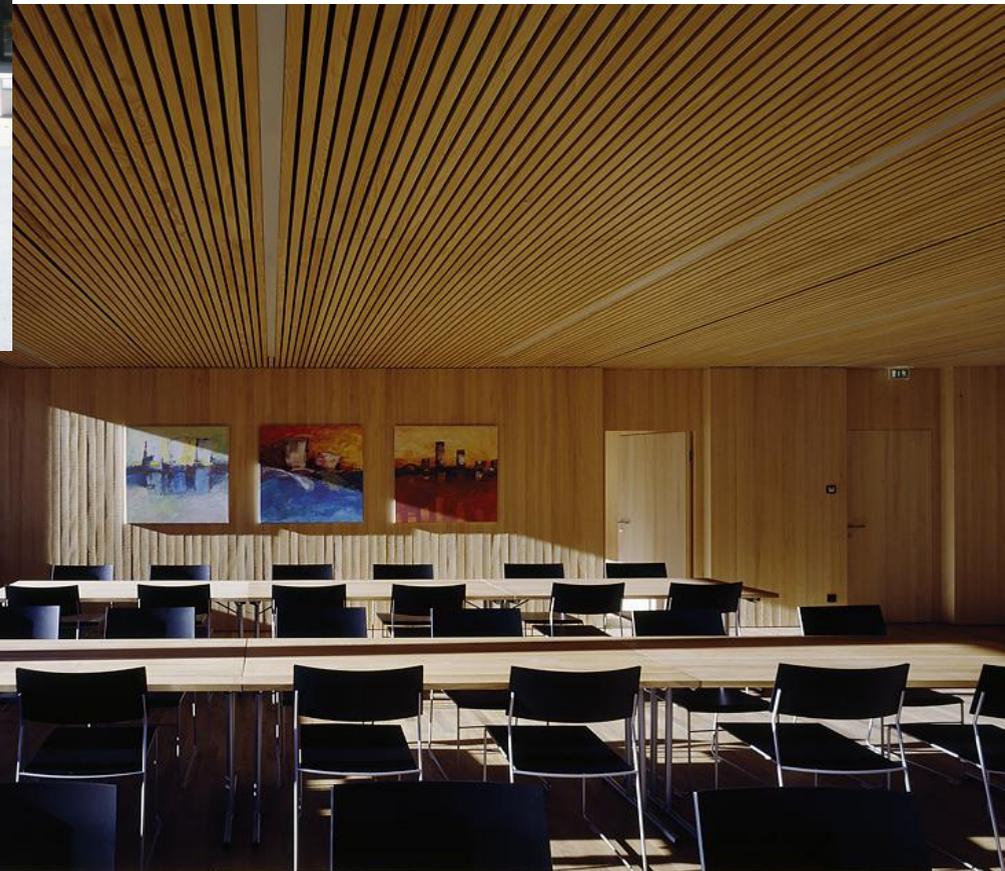
# Gewerbebau Lindenberg (2005)



# Finanzamt Garmisch-Partenkirchen (2011)



# Gemeindezentrum Ludesch (2005)



# Wohnungsbau Samer Mösl (2006)



# Fachhochschule Campus Kuchl (Salzburg, 2011)



# München Jugendzentrum (2009)



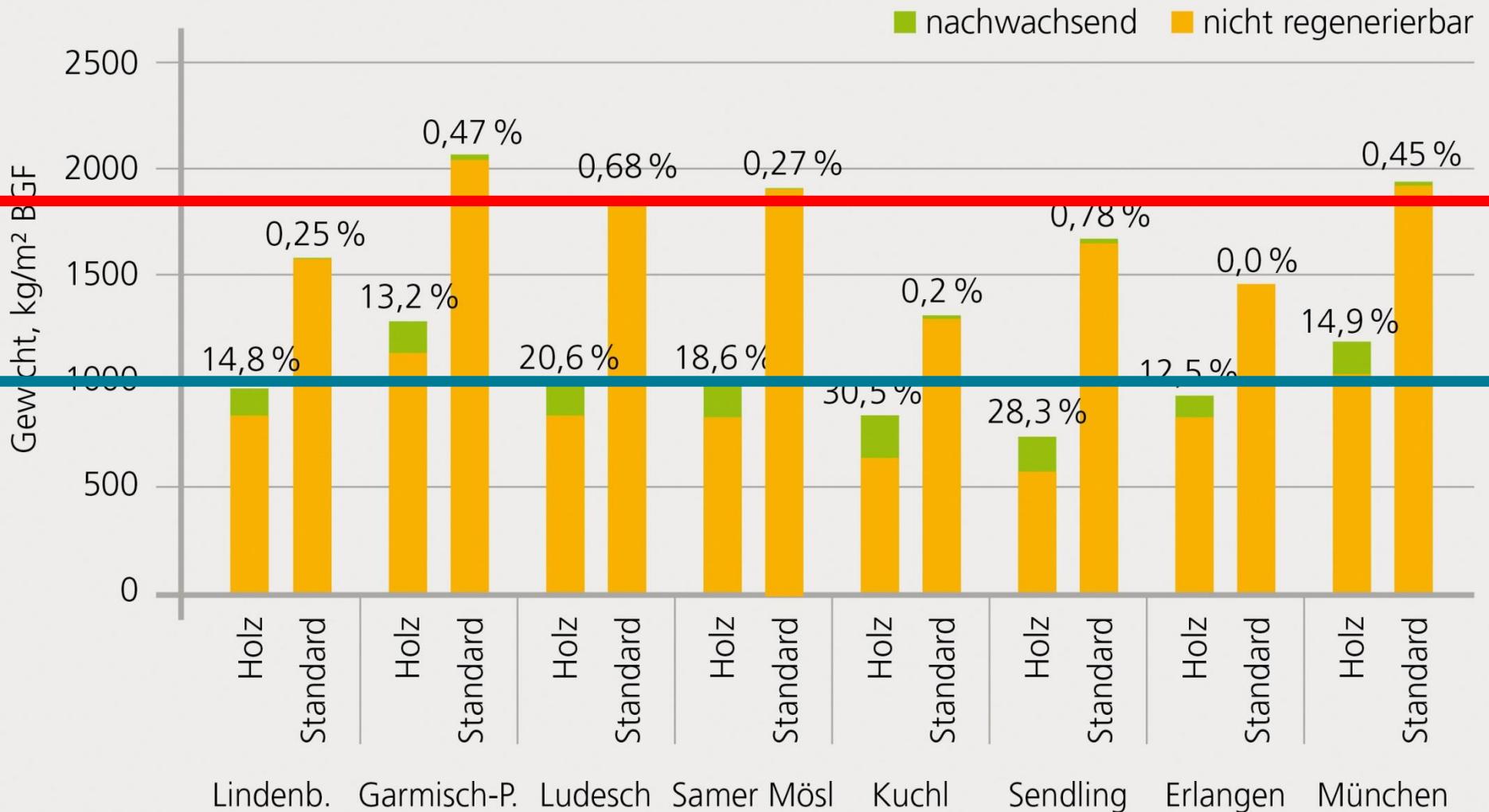
# München-Sendling Wohnbau (2011)



# Materialbedarf – Primärkonstruktion Holz-Standard

## MATERIALBEDARF – PRIMÄRKONSTRUKTION HOLZ-STANDARD

Materialbedarf für Herstellung und Instandsetzung, 50 Jahre  
% nachwachsend an Gesamtgewicht



Quelle: Praxis-Check, Weka-Verlag 2015

1800kg  
/m²BGF

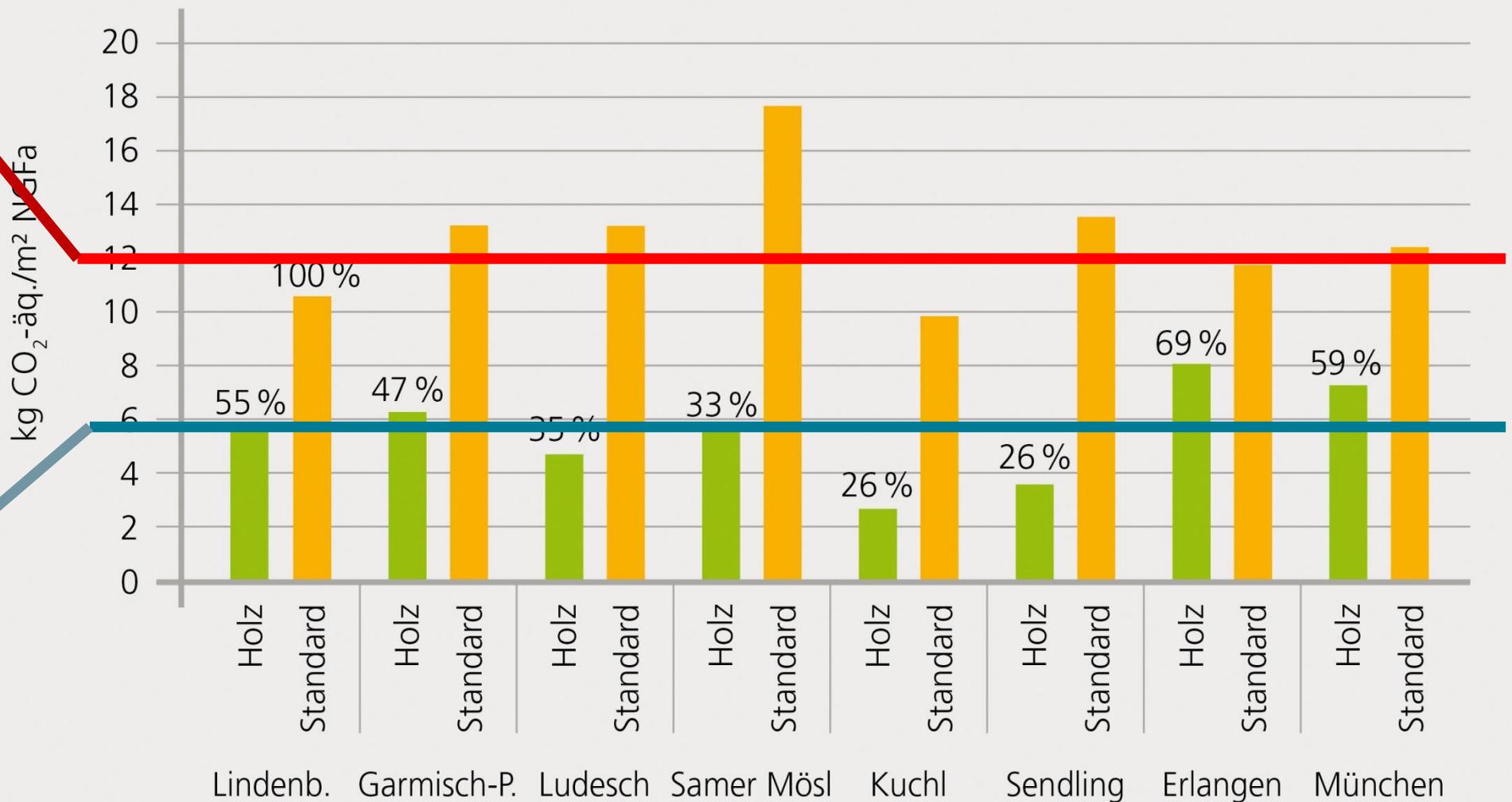
1000 kg  
/m²BGF

# Treibhauspotenzial GWP

12 kg CO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>NGFa

## TREIBHAUSPOTENZIAL GWP

Treibhauspotenzial, nur Gebäude, 50 Jahre  
% von Standardvariante



6 kg CO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>NGFa

Quelle: Praxis-Check, Weka-Verlag 2015

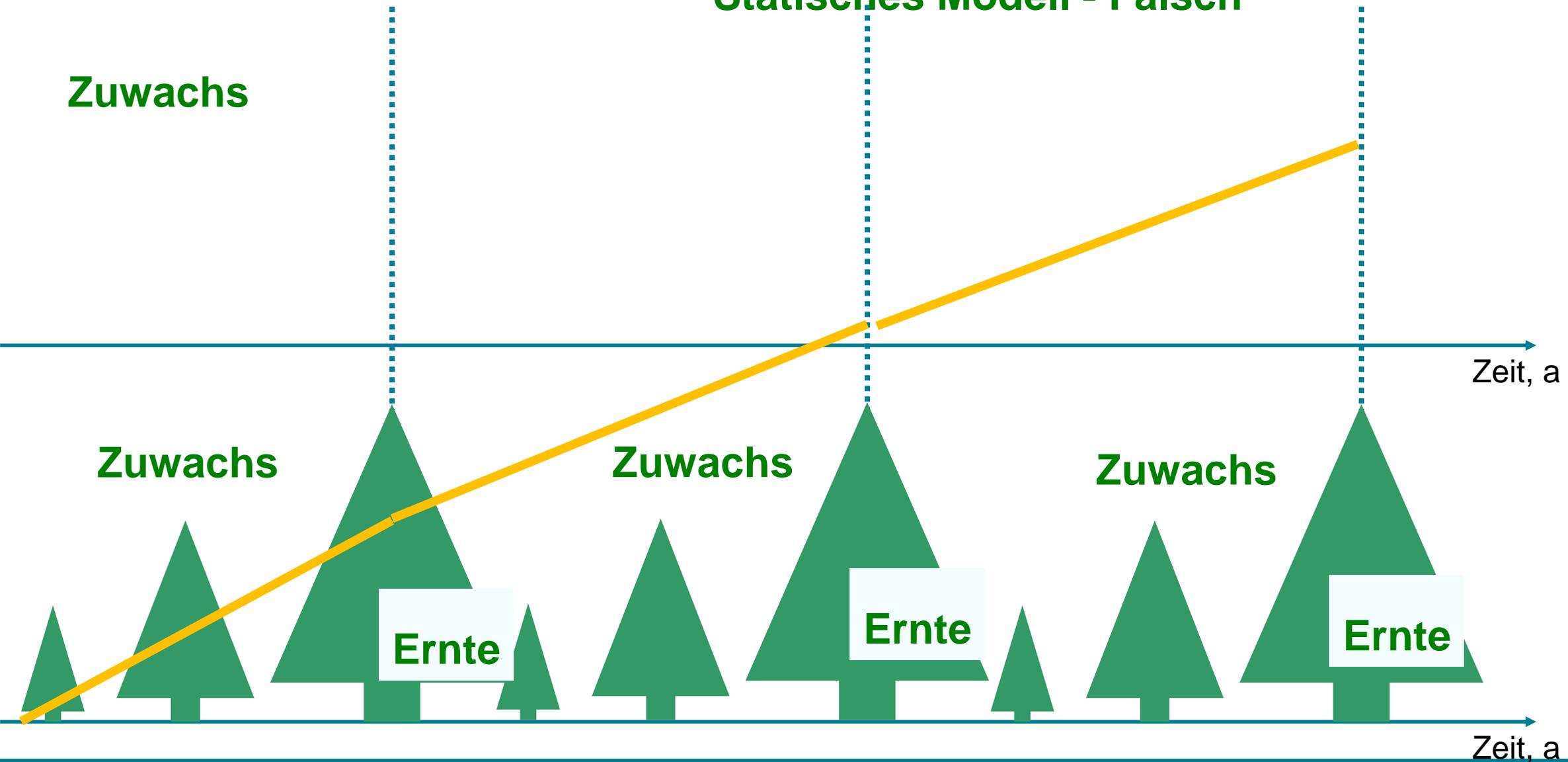
# Wald als Kohlenstoffspeicher

## ■ Holz

Kohlenstoffspeicher Wald

Zuwachs

Statisches Modell - Falsch



# IPCC- Rechenansatz : Nationale Waldbilanz

## ■ Holz

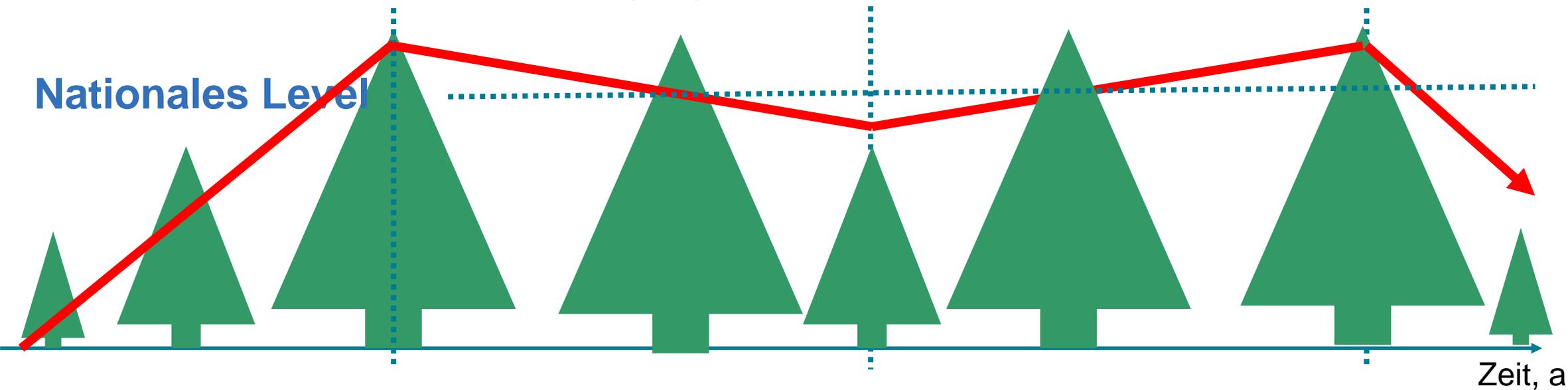
Kohlenstoffspeicher Wald

Substanz-  
erhalt

Reduktion

Zuwachs

Nationales Level

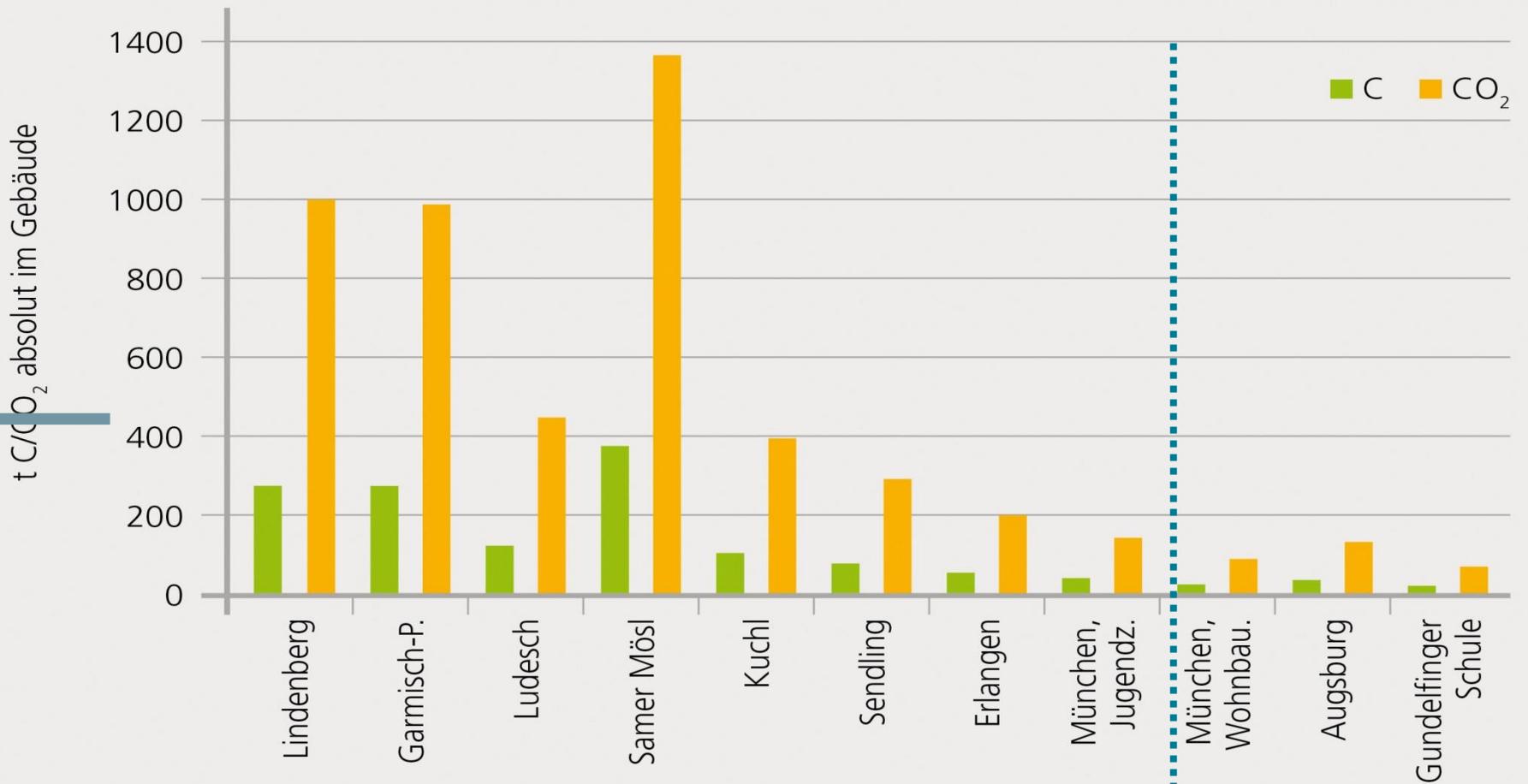


Bei gleichbleibendem nationalen Waldbestand, kann die Bilanz des Kohlenstoffspeichers in Holzprodukten bei der Gebäudebilanzierung angerechnet werden.

Zeit, a

# C- und CO<sub>2</sub>-Speicher absolut im Gebäude

C-SPEICHER ABSOLUT t UND UMRECHNUNG t CO<sub>2</sub>



0,2 t CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>BGF

Konversionsfaktor m<sup>3</sup> NAWARO enthält t C = 0,229 – 0,269

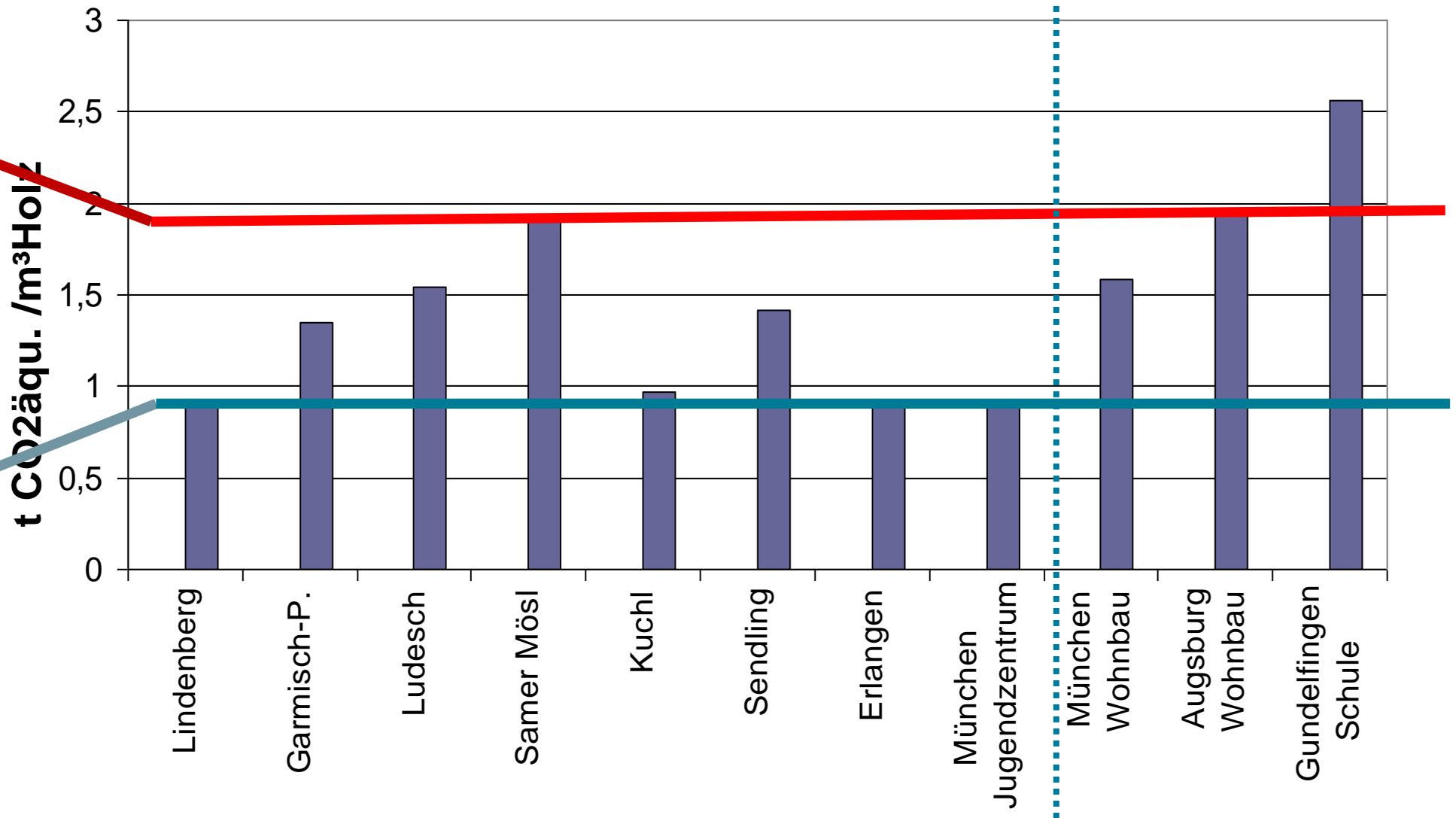
Konversionsfaktor t C in t CO<sub>2</sub> = 3,6667

Quelle: Praxis-Check, Weka-Verlag 2015

# Substitutionspotenzial CO<sub>2</sub> durch Einsatz nachwachsender Rohstoffe

## Substitutionspotenzial CO<sub>2</sub>

1,9 t CO<sub>2</sub> /m<sup>3</sup>Nawaro



0,9 t CO<sub>2</sub> /m<sup>3</sup> Nawaro

## Ökobilanzierung im Holzbau

### Kohlenstoff: Implementierung und Substitution

#### Inhalt

#### 1. Grundlagen

Nachhaltigkeit - Dreisäulenmodell

#### 2. Ökobilanz

Prinzipien

#### 3. Projektbeispiele

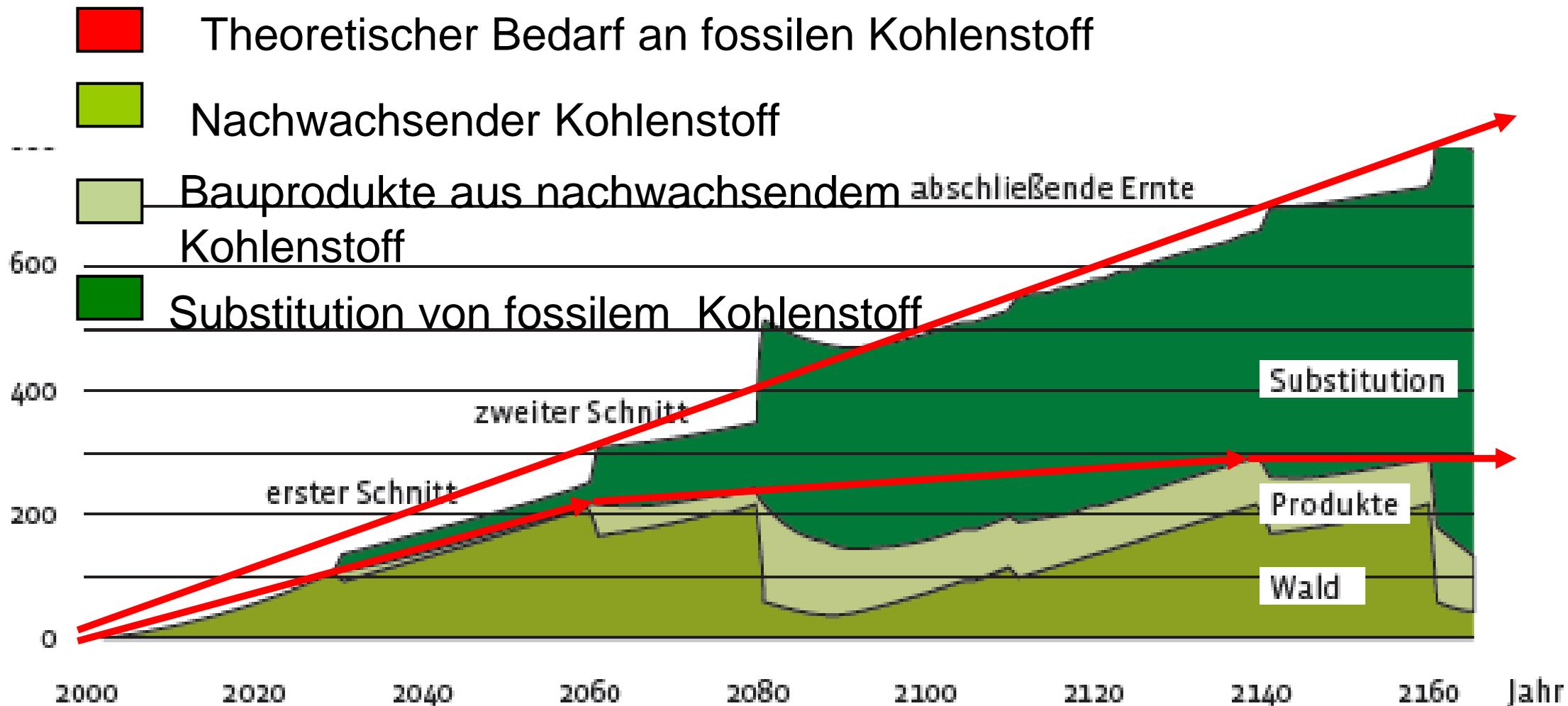
Gemeindehaus Ludesch, Lebenshilfe Lindenberg,  
Finanzamt Garmisch, MFH Erlangen, MFH  
München, MFH Samer Mösl, UNI-Salzburg,  
Jugendzentrum München

#### 4. Zusammenfassung

Fazit / Ergebnisse

# Speicherpotenzial wird Substitutionspotenzial

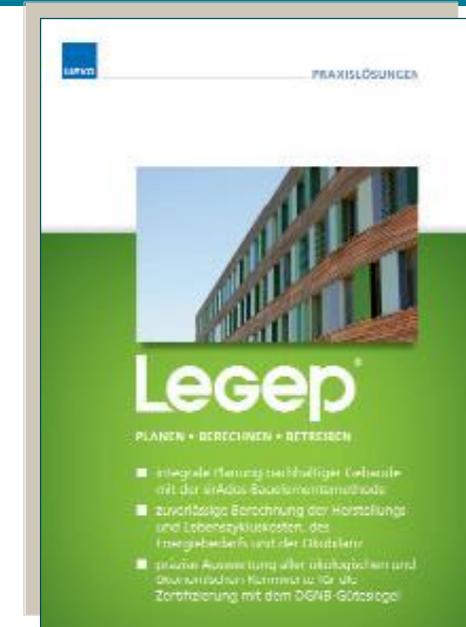
## Substitutionspotenzial des Waldes in t CO<sub>2</sub>/ha



**Zeit 160 Jahre**

Quelle: Perez-Garcia, J., B. Lippke, J. Cornick, C. Manriquez: An assessment of carbon pools, storage and wood products markets substitution using life-cycle analysis results. Wood Fibre Science 37 (5) 2005

# LEGEP - Lebenszyklusgebäudeplanung



**Legep**<sup>®</sup>

Planen – Berechnen – Betreiben

Programm + Datenbank  
für LCC und LCA

[www.legep.de](http://www.legep.de)  
[www.legep-software.de](http://www.legep-software.de)

# Viel Spaß auf Ihrer nächsten Holzbaustelle

