

# Klimagerechtes Bauen

CO₂-WENDE

# Inhalt

**Holz – Klimaschutz – Bauen mit Holz** ..... **4**

**Was bewirkt mehr: $CO_2$-armes Heizen oder $CO_2$-armes Bauen?** ..... **8**

Beispiel 1: Wohnanlage „Samer Mösl“, Salzburg ..... 10
Beispiel 2: Wohnanlage „Fernpaßstraße“, München ..... 12
Beispiel 3: 6-Geschosser „Isarstraße“, Erlangen ..... 14

**Wie wirtschaftlich ist $CO_2$-Reduzierung durch Bauen mit Holz?** ..... **16**

Beispiel 1: Wohnanlage „Samer Mösl“, Salzburg ..... 18
Beispiel 2: Wohnanlage „Fernpaßstraße“, München ..... 20
Beispiel 3: 6-Geschosser „Isarstraße“, Erlangen ..... 22
Zum Vergleich: $CO_2$-Vermeidung bei Stromerzeugung ..... 24

**Wie zielführend ist $CO_2$-Reduzierung durch Bauen mit Holz?** ..... **26**

Beispiel 1: Wohnanlage „Samer Mösl“, Salzburg ..... 28
Beispiel 2: Wohnanlage „Fernpaßstraße“, München ..... 30
Beispiel 3: 6-Geschosser „Isarstraße“, Erlangen ..... 32
Zum Vergleich: $CO_2$-Emissionen im Alltag ..... 34

# Grußwort



Liebe Leserinnen und Leser,

„wir sind die erste Generation, die die Folgen des Klimawandels spürt“, sagte der frühere US-Präsident Barack Obama. „Und wir sind die letzte, die etwas dagegen tun kann.“ Um aber tatsächlich etwas zu bewirken, dürfen wir uns nicht im Klein-Klein verheddern, sondern müssen zunächst das Wichtige vom Unwichtigen unterscheiden und uns dann auf das Wichtige konzentrieren: auf wenige, aber wirkungsvolle Maßnahmen.

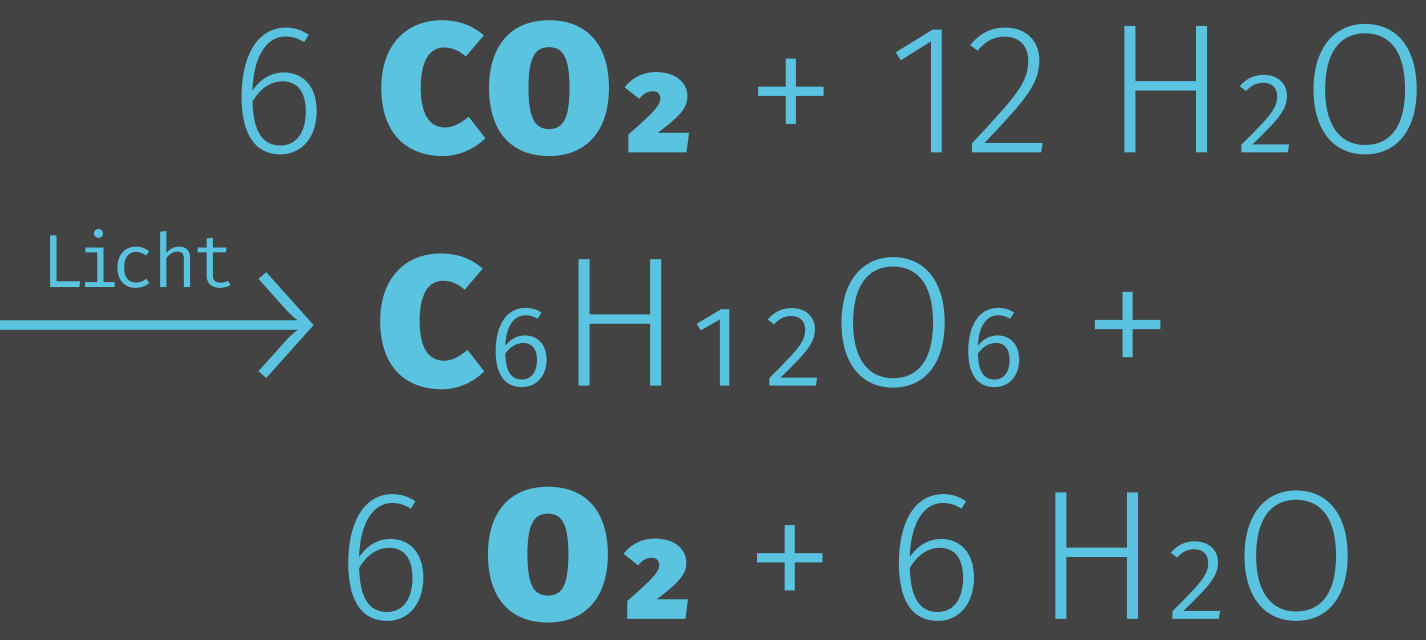
Wie wirkungsvoll das Bauen mit Holz ist, darüber klärt diese Broschüre auf. Die im Rahmen von Lebenszyklus-Analysen erstellten $CO_2$-Bilanzen von drei Geschosswohnungsbauten bringen Licht ins Dunkel. Sie zeigen ganz klar: Bauen mit Holz ist eine der wirkungsvollsten und wirtschaftlichsten Klimaschutzmaßnahmen überhaupt. Und vor allem: Es ist eine sofort wirkende Klimaschutzmaßnahme.

Das „Sofort“ ist ein ganz entscheidendes Kriterium, das oft übersehen wird. Denn es gilt, die Klimaerwärmung so schnell wie möglich und so stark wie möglich zu bremsen, damit die Ökosysteme genug Zeit haben, sich anzupassen. Lösungen, die erst langfristig Wirkung entfalten, genügen deshalb nicht. Es braucht auch dringend Lösungen, die dies kurzfristig tun. Und genau hierfür ist Bauen mit Holz ideal. Denn es bedeutet: Klimaschutz jetzt!

Ihr



Peter Aicher
Präsident Landesinnungsverband des
Bayerischen Zimmererhandwerks




**1 m³ Holz** ≈ 500 kg Holz

≈ 250 kg C ≈ **1000 kg $CO_2$**

# Holz – Klimaschutz – Bauen mit Holz

Holz besitzt ein Alleinstellungsmerkmal: Es setzt bei seiner Entstehung nicht große Mengen Kohlendioxyd ($CO_2$) frei, sondern bindet große Mengen $CO_2$. Denn Holz wird nicht künstlich hergestellt, sondern wächst auf natürliche Art und Weise. Für die Photosynthese atmen Bäume $CO_2$ ein, zerlegen es, bauen den Kohlenstoff (C) in ihre Molekularstruktur ein und atmen Sauerstoff ($O_2$) aus. Die Energie für diesen biochemischen Prozess liefert zu 100 % die Sonne.

Verrottet oder verbrennt das Holz, wird die Menge $CO_2$, die vorher gebunden wurde, wieder frei. Für den Klimaschutz ist jedoch wichtig, dass das $CO_2$ lange gebunden bleibt. Das geschieht bei einer stofflichen Nutzung – zwar nicht für ewig, aber für viele Jahrzehnte. Und diese Zeitspanne ist entscheidend, denn es gilt, den Anstieg des $CO_2$ in der Erdatmosphäre möglichst schnell möglichst stark zu bremsen.

Pauschale Aussagen zur $CO_2$-Reduzierung durch „die Holzbauweise“ sind allerdings schwierig – zu unterschiedlich sind die Gebäude und die Anteile nicht-hölzerner Materialien in ihnen. Detaillierte Analysen sind unumgänglich. Solche wurden für diese Veröffentlichung an drei mehrgeschossigen Wohngebäuden vorgenommen: zum einen an den in Holzbauweise realisierten „Originalen“, zum anderen an fiktiven „Duplikaten“ in mineralischer Bauweise.

| Lebensweg-Module | **A** |
|---|---|
| | Herstellungs-& Errichtungs-phase |
| | kg $CO_2$äq/ m²BGF |



Beispiel 1

## Wohnanlage „Samer Mösl“, Salzburg

Fertigstellung: 2006
Bauherr: Heimat Österreich
Architektur: sps÷architekten zt gmbh

| | |
|---|---|
| **Holz** (real. Original) | **40,85** |
| **Mineralisch** (fikt. Duplikat) | **423,15** |



Beispiel 2

## Wohnanlage „Fernpaßstraße“, München

Fertigstellung: 2014
Bauherr: GWG München
Architektur: Kaufmann.Lichtblau.Architekten

| | |
|---|---|
| **Holz** (real. Original) | **14,96** |
| **Mineralisch** (fikt. Duplikat) | **376,29** |



Beispiel 3

## 6-Geschosser „Isarstraße“, Erlangen

Fertigstellung: 2013
Bauherr: GEWOBAU Erlangen
Architektur: GEWOBAU Erlangen

| | |
|---|---|
| **Holz** (real. Original) | **162,82** |
| **Mineralisch** (fikt. Duplikat) | **347,11** |

**Ökobilanz:** nach DIN EN 15978 mit Phasentrennung; **Indikator:** Treibhausgaspotenzial; **Betrachtungszeitraum:** 50 Jahre; **Bauweisen:** Holzprimärkonstruktion mit holzbetontem Ausbau / mineralische Primärkonstruktion mit mineralischem Ausbau; **Heizungen:** Energieträger NawaRo (Holzpellets) / Fossil (Gas);

| B4 | C | A+B4+C | | B6 | B6 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nutzungs-phase (Ersatz) | Ent-sorgungs-phase | | temporärer Kohlenstoff-speicher | Beheizung NawaRo (Pellets) | Beheizung Fossil (Gas) | Baukosten brutto KG 300+400 | |
| kg $CO_2$äq/ m²BGF | kg $CO_2$äq/ m²BGF | kg $CO_2$äq/ m²BGF | kg $CO_2$äq/ m²BGF | kg $CO_2$äq/ m²BGF a | kg $CO_2$äq/ m²BGF a | Mio. Euro | Euro/ m²BGF |
| **86,49** | **228,90** | **356,24** | **-196,0** | **2,49** | **4,00** | **8,10** | **1316** |
| **209,51** | **50,22** | **682,88** | **-6,0** | **-2,48** | **3,93** | **8,22** | **1337** |
| **123,13** | **245,69** | **383,78** | **-225,8** | **2,46** | **4,63** | **1,75** | **1390** |
| **181,08** | **52,53** | **609,90** | **-13,6** | **2,48** | **4,63** | **1,81** | **1437** |
| **119,34** | **170,48** | **452,64** | **-138,4** | **2,51** | **3,56** | **2,00** | **1436** |
| **128,36** | **45,00** | **520,47** | **-4,9** | **2,58** | **3,53** | **1,97** | **1412** |

**Datenbank:** ÖKOBAUDAT 2016; **Baukosten:** SirAdos Baupreise 2017, Ø Kostengruppen 300 + 400;
**Berechnungen:** Holger König, LEGEP Software GmbH; Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner, Ruhr-Universität Bochum

# Was bewirkt mehr: $CO_2$-armes Heizen oder $CO_2$-armes Bauen?

**Relevanz der Frage:** Die Energieeinsparverordnung (EnEV) und die KfW-Förderprogramme befassen sich nur mit dem Heizenergiebedarf. Ausgeblendet bleiben die Energie zum Herstellen der Baumaterialien sowie die $CO_2$-Emissionen.

**Methodik zur Beantwortung:** Die Lebenszyklus-Analysen der drei „hölzernen Originale“ und ihrer „mineralischen Duplikate“ zeigen die CO2-Bilanzen für die Gebäudeerrichtung (inkl. Herstellung der Baumaterialien), für eine 50 Jahre lange Gebäudenutzung und für eine 50 Jahre lange Gebäudebeheizung. Um bei der Gebäudebeheizung nicht „Äpfel mit Birnen“ zu vergleichen, wurden jeweils drei fiktive Heizungsanlagen angenommen: eine CO2-intensive mit Gas, eine CO2-arme mit Holzpellets und eine CO2-freie (die es aktuell aber noch gar nicht gibt).

**Ergebnis:** Nach 50 Jahren Nutzung weisen die „hölzernen Originale“ selbst bei $CO_2$-intensivem Heizen mit Gas eine bessere $CO_2$-Bilanz auf als ihre „mineralischen Duplikate“ bei (noch gar nicht möglichem) $CO_2$-freiem Heizen. Laut Bilanzierungsregeln ist anzunehmen, dass das Gebäude nach 50 Jahren abgerissen, das Holz thermisch verwertet und das gebundene $CO_2$ freigesetzt wird. Dadurch nähern sich die $CO_2$-Bilanzen an.

**Fazit:** Die großen $CO_2$-Vermeidungspotenziale liegen beim Bauen und nicht beim Heizen. Vor allem erfolgt die $CO_2$-Vermeidung beim Bauen mit Holz sofort, beim Heizen hingegen erst über einen langen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten.



Beispiel 1

# Wohnanlage „Samer Mösl“, Salzburg

## $CO_2$-Bilanzen

| Bauweise | Herstellung & Geb.errichtung | 50 Jahre Nutzung | Varianten Heizanlage | 50 Jahre Heizen | Abriss & Entsorgung | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Holz** (real. Original) | **41** | **86** | **Gas** | **200** | **229** | kg $CO_2$/m²BGF |
| | | | Pellets | **125** | | |
| | | | $CO_2$-frei | **0** | | |
| **Mineralisch** (fikt. Duplikat) | **423** | **210** | Gas | **197** | **50** | kg $CO_2$/m²BGF |
| | | | **Pellets** | **124** | | |
| | | | **$CO_2$-frei** | **0** | | |

Foto: sps:architekten zt gmbh



Beispiel 2

# Wohnanlage „Fernpaßstraße“, München

## $CO_2$-Bilanzen

| Bauweise | Herstellung & Geb.errichtung | 50 Jahre Nutzung | Varianten Heizanlage | 50 Jahre Heizen | Abriss & Entsorgung | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Holz** (real. Original) | **15** | **123** | **Gas** | **232** | **246** | kg $CO_2$/m²BGF |
| | | | Pellets | **123** | | |
| | | | $CO_2$-frei | **0** | | |
| **Mineralisch** (fikt. Duplikat) | **376** | **181** | Gas | **232** | **53** | kg $CO_2$/m²BGF |
| | | | **Pellets** | **124** | | |
| | | | **$CO_2$-frei** | **0** | | |

Foto: Stefan Müller-Naumann



Beispiel 3

# 6-Geschosser „Isarstraße“, Erlangen

## $CO_2$-Bilanzen

| Bauweise | Herstellung & Geb.errichtung | 50 Jahre Nutzung | Varianten Heizanlage | 50 Jahre Heizen | Abriss & Entsorgung | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Holz** (real. Original) | **163** | **119** | **Gas** | **178** | **170** | kg $CO_2$/m²BGF |
| | | | Pellets | **126** | | |
| | | | $CO_2$-frei | **0** | | |
| **Mineralisch** (fikt. Duplikat) | **347** | **128** | Gas | **177** | **45** | kg $CO_2$/m²BGF |
| | | | **Pellets** | **129** | | |
| | | | **$CO_2$-frei** | **0** | | |

Foto: B&O

# Wie wirtschaftlich ist $CO_2$-Reduzierung durch Bauen mit Holz?

**Relevanz der Frage:** Klimaschutz wirtschaftlich zu betreiben, heißt vor allem, dort zu investieren, wo sich pro Euro am meisten $CO_2$ einsparen lässt. Oder anders ausgedrückt: dort, wo die $CO_2$-Vermeidungskosten am niedrigsten sind.

**Methodik zur Beantwortung:** Die Lebenszyklus-Analysen der drei „hölzernen Originale“ und ihrer „mineralischen Duplikate“ zeigen deren Baukosten und deren $CO_2$-Bilanzen für die Gebäudeerrichtung (inkl. Herstellung der Baumaterialien). Die Differenz der Baukosten zwischen „hölzernem Original“ und „mineralischem Duplikat“ lässt die Kosten für das Vermeiden einer bestimmten Menge $CO_2$ erkennen. Die vermiedene Menge $CO_2$ ist die Differenz der beiden $CO_2$-Bilanzen. Die Division der beiden Differenzen zeigt, wie viel Euro beim jeweiligen Gebäudetyp die Vermeidung von 1 t $CO_2$ durch Bauen mit Holz kostet.

**Ergebnis:** Bei zwei der drei untersuchten Gebäude ist die Holzbauweise sogar preisgünstiger als die mineralische Bauweise, d.h. es treten hier gar keine $CO_2$-Vermeidungskosten auf. Bei einem der drei untersuchten Gebäude ist die Holzbauweise teurer, doch liegen hier die $CO_2$-Vermeidungskosten deutlich niedriger als diejenigen, die bei der Stromerzeugung anfallen, wenn $CO_2$-intensive Kohle- und Gaskraftwerke durch Photovoltaik ersetzt werden.

**Fazit:** Bauen mit Holz gehört zu den wirtschaftlichsten $CO_2$-Vermeidungsmaßnahmen. Es ist sogar ein $CO_2$-Vermeidungsgewinn möglich. Vor allem erfolgt die $CO_2$-Einsparung beim Bauen mit Holz sofort, bei der Stromerzeugung hingegen erst über einen langen Zeitraum.



Beispiel 1

# Wohnanlage „Samer Mösl“, Salzburg

## $CO_2$-Vermeidungskosten

| Bauweise | Kosten Geb.errichtung | Kosten-Differenz | $CO_2$-Bilanz Geb.errichtung | $CO_2$-Differenz | Kosten-Diff. / $CO_2$-Diff. |
|---|---|---|---|---|---|
| **Holz** (real. Original) | **1316** Euro/m²BGF | **-21** Euro/m²BGF | **41** kg/m²BGF | **-382** kg/m²BGF | **+55** Euro/t |
| **Mineralisch** (fikt. Duplikat) | **1337** Euro/m²BGF | | **423** kg/m²BGF | | |

Foto: sps-architekten zt gmbh



Beispiel 2

# Wohnanlage „Fernpaßstraße“, München

## $CO_2$-Vermeidungskosten

| Bauweise | Kosten Geb.errichtung | Kosten-Differenz | $CO_2$-Bilanz Geb.errichtung | $CO_2$-Differenz | Kosten-Diff. / $CO_2$-Diff. |
|---|---|---|---|---|---|
| **Holz** (real. Original) | **1390** Euro/m²BGF | **-47** Euro/m²BGF | **15** kg/m²BGF | **-361** kg/m²BGF | **+130** Euro/t |
| **Mineralisch** (fikt. Duplikat) | **1437** Euro/m²BGF | | **376** kg/m²BGF | | |

Foto: Stefan Müller-Naumann



Beispiel 3

# 6-Geschosser „Isarstraße“, Erlangen

## $CO_2$-Vermeidungskosten

| Bauweise | Kosten Geb.errichtung | Kosten-Differenz | $CO_2$-Bilanz Geb.errichtung | $CO_2$-Differenz | Kosten-Diff. / $CO_2$-Diff. |
|---|---|---|---|---|---|
| **Holz** (real. Original) | **1436** Euro/m²BGF | **+24** Euro/m²BGF | **163** kg/m²BGF | **-184** kg/m²BGF | **-130** Euro/t |
| **Mineralisch** (fikt. Duplikat) | **1412** Euro/m²BGF | | **347** kg/m²BGF | | |

Foto: B&O



Zum Vergleich

# Stromerzeugung

## $CO_2$-Vermeidungskosten

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Photovoltaik** | statt Kohle-Kraftwerk | **-235** | Euro/t |
| | statt Gas-Kraftwerk | **-426** | Euro/t |
| **Windkraft** | statt Kohle-Kraftwerk | **-37** | Euro/t |
| | statt Gas-Kraftwerk | **-22** | Euro/t |
| **CCS-Technologie** | bei Kohle-Kraftwerk | **-60** | Euro/t |
| | bei Gas-Kraftwerk | **-66** | Euro/t |

Quelle: TU Braunschweig, 2015, http://t1p.de/1n6e

Foto: Benita5 / pixabay.com

# Wie zielführend ist $CO_2$-Reduzierung durch Bauen mit Holz?

**Relevanz der Frage:** Klimaschutz zielführend zu betreiben, heißt vor allem, sich nicht in Nebensächlichkeiten zu verzetteln, sondern auf die Maßnahmen zu konzentrieren, die tatsächlich hohe $CO_2$-Vermeidungspotenziale aufweisen.

**Methodik zur Beantwortung:** Lebenszyklus-Analysen der drei „hölzernen Originale“ und ihrer „mineralischen Duplikate“ zeigen deren $CO_2$-Bilanzen für die Gebäudeerrichtung (inkl. Herstellung der Baumaterialien). Die Differenz der beiden $CO_2$-Bilanzen ist die $CO_2$-Vermeidung pro m² Bruttogeschossfläche (BGF). Diese lässt sich durch Multiplikation mit der durchschnittlichen Wohnfläche (WF)* und dem durchschnittlichen BGF/WF-Verhältnis** zu einer Pro-Kopf-BGF*** und einer Pro-Kopf-$CO_2$-Vermeidung hochrechnen. Vergleiche mit den $CO_2$-Emissionen, die Flugreisen, Autofahren und Fleischessen verursachen, lassen erkennen, mit welchen Maßnahmen sich über welchen Zeitraum eine bestimmte $CO_2$-Vermeidung erzielen lässt.

**Ergebnis:** Die $CO_2$-Vermeidung durch Wohnen in einem Holzgebäude ist immer vielfach höher als die $CO_2$-Vermeidung, die sich von einem Durchschnittsbürger pro Jahr durch einen Verzicht auf Flugreisen, auf Autofahren oder auf Fleischessen erzielen lässt.

**Fazit:** Durch Bauen mit Holz lässt sich kurzfristig eine vielfach höhere $CO_2$-Menge vermeiden als in den Konsumbereichen, die als die großen $CO_2$-Verursacher gelten.

* Ø WF: 46,5 m²/Einwohner – Quelle: Statistisches Bundesamt, 2016, http://t1p.de/kjje
** Ø BGF/WF-Verhältnis: 1,7 – Quelle: TU Cottbus, http://t1p.de/4q6o
*** Pro-Kopf-BGF: 46,5 m²/Einwohner x 1,7 = 79 m²/Einwohner



Beispiel 1

# Wohnanlage „Samer Mösl“, Salzburg

## $CO_2$-Vermeidungspotenzial

| Bauweise | $CO_2$-Bilanz Geb.errichtung | $CO_2$-Vermeidung Geb.errichtung | Pro-Kopf-BGF | Pro-Kopf-$CO_2$-Vermeidung |
|---|---|---|---|---|
| **Holz** (real. Original) | **41** kg/m²BGF | **382** kg/m²BGF | **79** m² | **30,2** t |
| **Mineralisch** (fikt. Duplikat) | **423** kg/m²BGF | | | |

Foto: sps-architekten zt gmbh



Beispiel 2

# Wohnanlage „Fernpaßstraße“, München

## $CO_2$-Vermeidungspotenzial

| Bauweise | $CO_2$-Bilanz Geb.errichtung | $CO_2$-Vermeidung Geb.errichtung | Pro-Kopf-BGF | Pro-Kopf-$CO_2$-Vermeidung |
|---|---|---|---|---|
| **Holz** (real. Original) | **15** kg/m²BGF | **361** kg/m²BGF | **79** m² | **28,5** t |
| **Mineralisch** (fikt. Duplikat) | **376** kg/m²BGF | | | |

Foto: Stefan Müller-Naumann



Beispiel 3

# 6-Geschosser „Isarstraße“, Erlangen

## $CO_2$-Vermeidungspotenzial

| Bauweise | $CO_2$-Bilanz Geb.errichtung | $CO_2$-Vermeidung Geb.errichtung | Pro-Kopf-BGF | Pro-Kopf-$CO_2$-Vermeidung |
|---|---|---|---|---|
| **Holz** (real. Original) | **163** kg/m²BGF | **184** kg/m²BGF | **79** m² | **14,5** t |
| **Mineralisch** (fikt. Duplikat) | **347** kg/m²BGF | | | |

Foto: B&O



Zum Vergleich

# Konsum im Alltag

## $CO_2$-Emissionen

| | | |
|---|---|---|
| **Flug**<br>hin & zurück | München – Mallorca | **0,5** t |
| | München – Teneriffa | **1,2** t |
| | München – New York | **2,4** t |
| **Autofahren**<br>12.000 km | Kleinwagen, Benzin | **2,8** t |
| | Kleinwagen, Diesel | **3,0** t |
| | Offroader (SUV), Benzin | **6,7** t |
| | Offroader (SUV), Diesel | **7,2** t |
| **Ernährung**<br>pro Jahr | fleischbetont | **1,6 – 3,2** t |
| | vegetarisch | **0,9 – 1,8** t |
| | vegan | **0,8 – 1,6** t |

Quelle Flug & Autofahren: myclimate Deutschland, $CO_2$-Rechner, http://de.myclimate.org/de/
Quelle Ernährung: Umweltbundesamt, $CO_2$-Rechner, http://t1p.de/i2xi

Foto: Unsplash, William Hook

# Impressum

**Herausgeber**
Fördergesellschaft
des Zimmerer- und Holzbaugewerbes mbH
Eisenacher Straße 17, 80804 München

**Download**
www.stopco2.jetzt

**Druck**
Druckservice Eberl

1. Auflage, Februar 2018

FSC
www.fsc.org
MIX
Papier aus verantwortungsvollen Quellen
FSC® C002098

klimaneutral
natureOffice.com | DE-195-524638
gedruckt