



Pro-DEENLA

LEUPHANA
UNIVERSITÄT LÖNEBURG

Steinbeis-Innovationszentrum
Logistik und Nachhaltigkeit

LERNMODULE „CO₂- UND WASSER-FUSSABDRUCK“

**AUSFÜHRUNGEN FÜR
AUSZUBILDENDE**



GEFÖRDERT VOM

 **Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

**Bundesinstitut
für Berufsbildung** **BiBB**
► Forschen
► Beraten
► Zukunft gestalten

LERNMODUL „BERECHNUNG DES CO₂-FUSSABDRUCKS NACH DIN EN 16258“

Die DIN EN 16258 enthält Vorgaben zur Berechnung von Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen von Transportleistungen. Vor dem Hintergrund europäischer CO₂-Reduktionsziele ist eine solche europäische Norm zur Messung von Umweltverschmutzungen eine logische Folge. Eine nähere Betrachtung ihrer Inhalte zeigt die Komplexität der DIN EN 16258 und verdeutlicht die damit verbundenen Herausforderungen für Transport- und Logistikbetriebe. Doch was beinhaltet die DIN EN 16258 und was bedeutet die Norm für die Transport- und Logistikbranche und ihren Betrieb?



Aufgaben zur
Bearbeitung in
Einzelarbeit

Bevor Sie selbst Berechnungen des CO₂-Fußabdrucks nach DIN EN 16258 anstellen, ist es notwendig, sich zunächst einen Überblick über einige Begrifflichkeiten und Abkürzungen zu verschaffen.

AUFGABEN:

1. Lesen Sie den Text „Treibhausgase berechnen mit der DIN EN 16258 und dem DSLV Leitfaden“ ([siehe Material 1](#)).
2. Formulieren Sie für jede der folgenden Begrifflichkeiten eine kurze Definition. Bedenken Sie, dass die Abkürzungen teilweise aus dem Englischen abgeleitet sind ([siehe Material 2](#)).

TREIBHAUSGASE BERECHNEN MIT DER DIN EN 16258 UND DEM DSLV LEITFADEN



Die DIN EN 16258 legt seit 2013 den europäischen Grundstein für die einheitliche Berechnung sowie Deklaration von Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen im Rahmen von Transportdienstleistungen. Die einzelnen EU-Länder können jedoch selbst entscheiden, inwieweit sie diese Norm in ein Gesetz umwandeln. So sind Transport- und Logistikdienstleister in Deutschland noch nicht verpflichtet ihren Energieverbrauch und die dabei entstehenden Treibhausgasemissionen zu messen und zu veröffentlichen. Sie können sich jedoch freiwillig zertifizieren lassen. Dagegen müssen beispielsweise in Frankreich kommerziell angebotene Transporte, deren Start- oder Zielpunkt in Frankreich liegt, nach dieser Norm deklariert werden.

Welche Gründe gibt es, sich mit der DIN EN 16258 auseinanderzusetzen?

Erstens besagt ein angesehener Managementgrundsatz: „Was man nicht messen kann, kann man nicht steuern“. Wenn Sie Transport- und Logistikdienstleistungen anbieten, sollten Sie also wissen, wieviel Treibhausgase (THG) sie mit ihrem Service verursachen und wie Sie damit im Vergleich zu Ihren Mitbewerbern abschneiden. Zu den Treibhausgasen zählen laut Kyoto-Protokoll sechs verschiedene Gase: Methan (CH₄), Distickstoffoxid (N₂O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluorid (SF₆) sowie Kohlenstoffdioxid (CO₂). Sie werden zur besseren Vergleichbarkeit in sogenannten CO₂-Äquivalenten (CO₂e) ausgewiesen.

Zweitens laufen Transport- und Logistikprozesse nicht nur national, sondern oftmals europaweit oder international ab. Dadurch werden Sie möglicherweise – wie z. B. in Frankreich – dazu verpflichtet, die Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen Ihrer Transport- und Logistikdienstleistung auszuweisen. Aus diesem Grund ist doch ein (mindestens) europaweit einheitliches und vergleichbares Berechnungssystem zu Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen sinnvoll, oder?

Was steht in der DIN EN 16258?

Kurz gesagt beinhaltet die DIN EN 16258 spezifische Begrifflichkeiten sowie Grundsätze zur Berechnung des CO₂-Fußabdrucks für Transportstrecken. Zum Beispiel listet die DIN EN 16258 einheitliche Durchschnittswerte (Emissionsfaktoren) auf, die für vergleichende Berechnungen notwendig sind. Dabei berücksichtigt die DIN EN 16258 die gesamte Transportkette, unabhängig davon, ob eigene Fahrzeuge oder Fahrzeuge von Subdienstleistern eingesetzt werden. Nicht berücksichtigt werden Umschlagprozesse, Büronutzungen sowie die Herstellung, der Unterhalt und die Entsorgung von Fahrzeugen und Verkehrsinfrastrukturen. Daneben werden auch keine Kältemittelverluste eingerechnet, die zum Beispiel bei temperaturgeführten Transporten eine Rolle spielen.

Wie werden Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen nach der DIN EN 16258 berechnet?

Die Berechnung von Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen nach der DIN EN 16258 kann je nach individuellem Fall sehr komplex sein. Um den Umgang mit dieser Norm zu erleichtern, hat der Deutsche Speditions- und Logistikverband (DSLV) einen Leitfaden erstellt, der Hinweise zur Anwendung der DIN EN 16258 liefert. Darüber hinaus enthält er Rechenbeispiele, die im Folgenden thematisiert werden.

Vor der Berechnung sollte sich überlegt werden, WAS überhaupt berechnet werden soll. Hierbei wird unterschieden zwischen direkter und indirekter Emission. So erzeugt jeder Transport von Gütern oder Personen direkte Treibhausgase. Das Ausmaß der Emission hängt dabei vom Fahrzeugtyp, vom Ladungsgewicht, von der Transportentfernung und vom Kraftstoffverbrauch ab. Die indirekten Emissionen hingegen werden zum Beispiel bereits bei der Herstellung von Strom und Kraftstoffen erzeugt. Denn diese Prozesse benötigen ebenfalls Energie und setzen damit Treibhausgase frei. Vor diesem Hintergrund wird bei der Betrachtung der Emissionen von Logistikdienstleistungen zwischen folgenden drei Prozessabschnitten unterschieden:



Abbildung: Prozessabschnitte zur Berechnung von THG-Emissionen von Transportdienstleistungen nach DIN EN 16258

Die Tank to Wheel-Strecke (TTW) kann aus verschiedenen Teilstrecken bestehen, die sich unter Umständen auf verschiedene Verkehrsträger aufteilen. In diesem Fall müssen die Energieverbräuche und die Treibhausgasemissionen pro Teilstrecke berechnet und anschließend summiert werden. Für das Gesamtergebnis (WTW) sind auch Leerfahrten des Verkehrsträgers vor bzw. nach dem Transport eines Guts einzuberechnen.

Die den Verkehrsträgern zugrundeliegenden Verbrauchsdaten spielen eine wichtige Rolle

Grundsätzlich wird zwischen folgenden zwei Ansätzen zur Ermittlung von Verbrauchsdaten unterschieden:

1. Die verbrauchsbasierte Methode.
2. Die entfernungsbasierte Methode.

Bei der verbrauchsbasierten Methode wird die Höhe der Treibhausgasemissionen (G in kg CO₂e) durch die Multiplikation des spezifischen Energieverbrauchs (E in MJ) und eines energiespezifischen Emissionsfaktors (g in kg CO₂e/l) berechnet. Der ursprünglich gemessene Energieverbrauch (F in kg) wird zuvor mit Hilfe von fest definierten Energiefaktoren (e in MJ/l) umgerechnet und in der Energieeinheit Megajoule (MJ) ausgewiesen. Zur Ermittlung der notwendigen Verbrauchsdaten führt die DIN EN 16258 folgende drei Möglichkeiten auf:

1. Für einen konkreten Transport liegt der gemessene Energieverbrauch im Detail vor. In der Realität kommt dies jedoch selten vor.
2. Für den betrachteten Fahrzeugumlauf liegen über das sogenannte Fahrzeugeinsatz-System (Vehicle Operation System = VOS) fahrzeug- oder routenspezifische Durchschnittswerte (z. B. für ein Jahr) vor.
3. Es liegen Flottendurchschnittswerte vor.

Bei der entfernungsbasierten Methode hingegen werden Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen nicht auf Basis der gemessenen Kraftstoffverbräuche ermittelt. Die entfernungsbasierte Methode ermittelt Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen mittels des Gewichts der Sendung (W in t) und der zurückgelegten Entfernungen (D in km) bzw. der Tonnenkilometer ($tkm = \text{Gewicht} \times \text{Entfernung}$). Anschließend werden diese Größen mit Verbrauchs- und Emissionsfaktoren pro Fahrzeugkilometer bzw. pro Tonnenkilometer multipliziert, um letztlich die Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen zu ermitteln. Die nötigen Verbrauchs- und Emissionsfaktoren lassen sich offiziellen Datenbanken (z. B. HBEFA, TREMOD, TREMOVE) oder aus frei zugänglichen Rechentools (z. B. EcoTransIT World) entnehmen und werden dann auch als „Default-Werte“ bezeichnet. Dieses Vorgehen bietet sich insbesondere für den Fall an, das die beauftragten Subunternehmen ihre Kraftstoffverbräuche nicht mitteilen können oder wollen.

Die folgende Abbildung fasst die beschriebenen Berechnungsvarianten noch einmal zusammen:

| VERBRAUCHSBASIERTE METHODE | | | ENTFERNUNGSBASIERTE METHODE |
|---|---|---|---|
| Es stehen folgende Daten zum Kraftstoffverbrauch zur Verfügung: | | | Es stehen keine gemessenen Daten zum Kraftstoffverbrauch zur Verfügung. |
| Individuelle Einzelmessung für konkreten Transport auf einer Strecke bzw. Teilstrecke | Spezifische Werte des Transportdienstleisters für eine Route oder einen Fahrzeugtyp | Durchschnittliche Flottenwerte des Transportdienstleisters (z. B. bezogen auf 1 Jahr) | Verwendung von Gewicht und Entfernung in Kombination mit Vorgabewerten aus Datenbanken („Default-Werte“) als Ersatz für Verbrauchswerte |

Abbildung: Ansätze zur Berechnung von Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen nach DIN EN 16258

Aufgrund präziserer Ergebnisse bevorzugt die DIN EN 16258 die Nutzung der verbrauchsbasierter Methode zur Ermittlung der Verbrauchsdaten.

Letztlich soll die Festlegung der methodischen Vorgehensweise zur Berechnung der Energieverbräuche und der Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen durch die DIN EN die Transparenz der Dienstleistung erhöhen und somit die Kommunikation mit den Kunden verbessern. Darüber hinaus soll die DIN EN 16258 einen Beitrag zur Senkung von Treibhausgasemissionen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung leisten. Folglich erfüllt die Berechnung von Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen nach DIN EN 16258 keinen Selbstzweck, sondern unterstützt die Transport- und Logistikbranche dabei, an der Erreichung der internationalen CO₂-Reduktionsziele mitzuwirken.

Hinweis: Dieser Text wurde in Anlehnung an den DSLV Leitfaden aus dem Jahr 2013 verfasst.

Quelle: DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. (Hrsg.) (2013): Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik gemäß DIN EN 16258. Begriffe, Methoden, Beispiele. Bonn.

| | |
|-------------------|--|
| Leg | |
| CO ₂ e | |
| TTW od. T | |
| WTW od. W | |
| WTT | |
| F | |
| e | |
| g | |
| E in MJ | |
| G in kg | |
| W | |
| D | |
| Default Wert | |
| VOS | |





Aufgaben zur
Bearbeitung in
Einzelarbeit

Nachdem Sie sich einen Überblick über Begrifflichkeiten und Abkürzungen zur Berechnung des CO₂-Fußabdrucks nach DIN EN 16258 verschafft haben, vollziehen Sie nun fremde Berechnungen nach. Die Begrifflichkeiten und Abkürzungen finden sich in den folgenden allgemeinen Berechnungsformeln wieder:

| | | | |
|-------------------------|----------------------|------|----------------------|
| Energieverbrauch: | $E_T = F \times e_T$ | bzw. | $E_W = F \times e_W$ |
| Treibhausgasemissionen: | $G_T = F \times g_T$ | bzw. | $G_W = F \times g_W$ |

AUFGABE:

1. Vollziehen Sie die Berechnungen der Beispielaufgabe nach, um ein Verständnis für die einzelnen Berechnungsschritte aufzubauen ([siehe Material 3](#)).



a) Verbrauchs-basierte Berechnung:

Berechnen Sie für eine Fahrt von Hamburg nach Karlsruhe den Tank to Wheel- und den Well to Wheel-Energieverbrauch sowie die Höhe der entsprechenden Treibhausgasemissionen Tank to Wheel und Well to Wheel, wenn mit einem Lkw 191 l Diesel verbraucht werden.

Hieraus ergeben sich vier Einzelrechnungen:

Zur Berechnung des Tank to Wheel-Energieverbrauchs wird der Verbrauch an Dieseltreibstoff mit dem Umrechnungsfaktor für Diesel aus Deutschland multipliziert ([siehe Material 4, Tabelle 1](#)) > 6,2 % Beimischung von Biodiesel bezogen auf den Energieinhalt (2011) entspricht 6,75 Vol.-% Biodiesel).

Tank to Wheel-Energieverbrauch

Formel: $E_T = F \times e_T$
 $E_T = 139,32 \text{ l} \times 35,7 \text{ MJ/l} = 4.974 \text{ MJ}$

Well to Wheel-Energieverbrauch

Formel: $E_W = F \times e_W$
 $E_W = 139,32 \text{ l} \times 44,4 \text{ MJ/l} = 6.186 \text{ MJ}$

Tank to Wheel-Treibhausgasemissionen

Formel: $G_T = F \times g_T$
 $G_T = 139,32 \text{ l} \times 2,49 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 347 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Well to Wheel-Treibhausgasemissionen

Formel: $G_W = F \times g_W$
 $G_W = 139,32 \text{ l} \times 3,15 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 439 \text{ kg CO}_2\text{e}$

→ Was bedeuten die Ergebnisse?

Sie zeigen deutlich, dass die direkten Treibhausgasemissionen (TTW) geringer sind, als die direkten und indirekten Treibhausgasemissionen (WTW) zusammen: $476 \text{ kg CO}_2\text{e} < 602 \text{ kg CO}_2\text{e}$. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Verbrennung von Diesel während der Fahrt weitaus mehr Treibhausgasemissionen verursacht als die Energiebereitstellung. Ein Mehrwert aus der Berechnung ergibt sich jedoch erst, wenn Vergleichsdaten (z. B. andere Verkehrsträger, Fahrzeugtypen oder Fahrer) zur Verfügung stehen.

b) Entfernungsbasierte Berechnung:

Liegen keine Verbrauchsdaten vor (z. B. beim Einsatz von Subunternehmen), kann eine entfernungsbasierte Berechnung angestellt werden. Die folgenden sechs Punkte stellen das Vorgehen einer entfernungsbasierten Berechnung dar. Hierbei wird deutlich, wie viele Faktoren im Rahmen eines Transportprozesses Auswirkungen auf den Treibstoffverbrauch haben.

1. Bestimmung der Art des Guts (Massen-, Durchschnitts-, Volumengut).
2. Identifikation der verwendeten Fahrzeuge nach Art und Größe.
3. Auswahl der spezifischen Verbrauchswerte pro tkm je nach Art des Guts und Fahrzeugart bzw. Fahrzeugtyp > E
4. Ermittlung der realen Transportentfernung für die einzelne Sendung. Bei landgebundenen Verkehren (Lkw, Bahn, Binnenschiff) entspricht dies der tatsächlich zurückgelegten Strecke. Bei Flugverkehr und Seeschifffahrt gelten spezielle Berechnungsvorschriften, da die tatsächliche Distanz meist von der Idealroute abweicht > D
5. Ermittlung des realen Sendungsgewichts einschließlich des Gewichts für Verpackung oder Transporthilfen (z. B. Paletten, Container) > W
6. Berechnung des Energieverbrauchs für die Sendung durch Multiplikation des Sendungsgewichts mit den Transportentfernungen sowie den spezifischen Verbrauchswerten pro tkm (siehe Material 4, Tabelle 2).
Formel: $F = W \times D \times E$

Beispiel:

Ein 40 t-Sattelzug transportiert 8 t Dämmmaterial von Hamburg nach Berlin.

Ermittlung der Parameter für die Berechnung

| | |
|----------------------|--|
| Gutart: | Volumengut |
| Lkw-Klasse: | Last-/Sattelzug 24-40t |
| Verbrauchswert: | 0,033 l/tkm <i>(siehe Material 4, Tabelle 2, Spalte „Ebene“ > auf der Strecke ist keine nennenswerte Steigung vorhanden)</i> |
| Transportentfernung: | 290 km |
| Transportgewicht: | 8 t |

Berechnung Energieverbrauch

$$F [\text{Liter}] = W [\text{t}] \times D [\text{km}] \times E [\text{l/tkm}] = 8 \text{ t} \times 290 \text{ km} \times 0,033 \text{ l/tkm} = 76,56 \text{ l}$$

→ Folglich lassen sich die Treibhausgasemissionen auf Basis eines Verbrauchs von 76,56 l berechnen.



TABELLE 1: FAKTOREN FÜR DIE BERECHNUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS UND DER TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN

| | NORMIERTER ENERGIEVERBRAUCH | | | | TREIBHAUSGASEMISSIONEN (AUSGEWIESEN IN CO ₂ -ÄQUIVALENTEN) | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|------|---------------------------------|------|--|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|
| | Tank-to-Wheel (e _t) | | Well-to-Wheel (e _w) | | Tank-to-Wheel (g _t) | | Well-to-Wheel (g _w) | |
| | MJ/kg | MJ/l | MJ/kg | MJ/l | kgCO ₂ e/kg | kgCO ₂ e/l | kgCO ₂ e/kg | kgCO ₂ e/l |
| Benzin | 43,2 | 32,2 | 50,5 | 37,7 | 3,25 | 2,42 | 3,86 | 2,88 |
| Ethanol | 26,8 | 21,3 | 65,7 | 52,1 | 0,00 | 0,00 | 1,56 | 1,24 |
| Benzin E5 ¹⁾ | 42,4 | 31,7 | 51,4 | 38,4 | 3,08 | 2,30 | 3,74 | 2,80 |
| Benzin E10 ²⁾ | 41,5 | 31,1 | 52,2 | 39,1 | 2,90 | 2,18 | 3,62 | 2,72 |
| Diesel | 43,1 | 35,9 | 51,3 | 42,7 | 3,21 | 2,67 | 3,90 | 3,24 |
| Biodiesel | 36,8 | 32,8 | 76,9 | 68,5 | 0,00 | 0,00 | 2,16 | 1,92 |
| Diesel D7 ³⁾ | 42,7 | 35,7 | 53,2 | 44,5 | 2,97 | 2,48 | 3,76 | 3,15 |
| Diesel Deutschland ⁴⁾ | 42,6 | 35,7 | 53,1 | 44,4 | 2,98 | 2,49 | 3,77 | 3,15 |
| Erdgas (CNG) | 45,1 | k.A. | 50,5 | k.A. | 2,68 | k.A. | 3,07 | k.A. |
| Flüssiggas (LPG) | 46,0 | 25,3 | 51,5 | 28,3 | 3,10 | 1,70 | 3,46 | 1,90 |
| Kerosin ⁵⁾ | 44,1 | 35,3 | 52,5 | 42,0 | 3,18 | 2,54 | 3,88 | 3,10 |
| Schweröl (HFO) ⁶⁾ | 40,5 | 39,3 | 44,1 | 42,7 | 3,15 | 3,05 | 3,41 | 3,31 |
| Marine Diesel Oil (MDO) | 43,0 | 38,7 | 51,2 | 46,1 | 3,24 | 2,92 | 3,92 | 3,53 |
| Marine Gas Oil (MGO) | 43,0 | 38,3 | 51,2 | 45,5 | 3,24 | 2,88 | 3,92 | 3,49 |
| Bahnstrom⁷⁾ | MJ/kWh | | MJ/kWh | | kg/kWh | | kg/kWh | |
| Deutschland | 3,6 | | 11,1 | | 0,00 | | 0,574 | |
| Schweden | 3,6 | | 4,0 | | 0,00 | | 0,004 | |

1) 5 Vol.-% Ethanol. – 2) 10 Vol.-% Ethanol. – 3) 7 Vol.-% Biodiesel. – 4) 6,2 % Beimischung von Biodiesel bezogen auf den Energieinhalt (2011) – entspricht 6,75 Vol.-% Biodiesel. – 5) Ohne Berücksichtigung einer möglicherweise höheren Klimawirksamkeit des Luftverkehrs in Reiseflughöhe. – 6) HFO = Heavy Fuel Oil (Schweröl für Schiffe) – 7) Werte entstammen dem DSLV Leitfaden 2013, dessen Berechnungen der DIN EN 16258 entsprechen.

Quellen: DIN EN 16258, DSLV Leitfaden 2013.

TABELLE 2: KENNZAHLEN FÜR DEN SPEZIFISCHEN ENERGIEVERBRAUCH PRO TKM BZW. TEU-KM FÜR DEN LKW-VERKEHR

| | MITTLERES LÄNGSNEIGUNGSPROFIL (DURCHSCHNITTLICH 1% STEIGUNG DER FAHRBAHN) | | | EBENE | | |
|---------------------------|--|------------------|-----------|------------|------------------|-----------|
| | Volumengut | Durchschnittsgut | Massengut | Volumengut | Durchschnittsgut | Massengut |
| Frachtverkehr | Dieselvebrauch in Liter / tkm | | | | | |
| Lkw < 7,5 t | 26,8 | 21,3 | 65,7 | 0,00 | 0,00 | 1,56 |
| Lkw 7,5 – 12 t | 42,4 | 31,7 | 51,4 | 3,08 | 2,30 | 3,74 |
| Lkw 12 – 24 t | 41,5 | 31,1 | 52,2 | 2,90 | 2,18 | 3,62 |
| Last-/Sattelzug 24 – 40 t | 43,1 | 35,9 | 51,3 | 3,21 | 2,67 | 3,90 |
| Containerverkehr | Dieselvebrauch in Liter / TEU-km | | | | | |
| Lkw < 7,5 t | X | X | X | X | X | X |
| Lkw 7,5 – 12 t | X | X | X | X | X | X |
| Lkw 12 – 24 t | 0,24 | 0,26 | X | 0,22 | 0,24 | X |
| Last-/Sattelzug 24 – 40 t | 0,17 | 0,19 | 0,34 | 0,14 | 0,16 | 0,29 |

x = Container-Transport für diese Lkw-Größe bzw. bei diesem Containergewicht nicht möglich.

Quelle: DSLV Leitfaden 2013.



Aufgaben zur
Bearbeitung in
Einzelarbeit

Nachdem Sie fremde Energieverbrauchs- und Treibhausgasemissionsberechnungen nachvollzogen haben, führen Sie nun mit Hilfe von **Material 4** eigene Berechnungen durch.

AUFGABEN:

LKW

Ein 24 t-Lkw transportiert 12 t Getreide von Hamburg nach Köln (430 km) und hat Diesel aus Deutschland getankt.

1. Berechnen Sie den Energieverbrauch F in Liter.
2. Berechnen Sie die TTW und WTW Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen.
3. Um welche Berechnungsmethode handelt es sich hierbei?

FLUGZEUG

Eine Bellyfracht über 0,05 t wird in einem Passagierflugzeug von Shanghai nach Frankfurt transportiert. Dabei wird für diese Luftfrachtsendung 117 kg Kerosin verbraucht.

4. Berechnen Sie die TTW- und WTW-Energieverbräuche sowie die TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen.

GÜTERZUG

Die DIN EN 16258 weist keine Umrechnungsfaktoren für Strom aus, da diese von den jeweiligen Erzeugungsanlagen abhängen. Grundsätzlich gilt: Ein hoher Anteil an Kohleenergie verursacht hohe Treibhausgasemissionen, ein hoher Anteil an regenerativer Energie verursacht niedrige Treibhausgasemissionen. Es wird empfohlen die Werte des Energielieferanten oder die Durchschnittswerte des genutzten Netzes oder des gesamten Landes (z. B. Deutschland) zu verwenden.

Ein elektrisch angetriebener Güterzug benötigt für eine Fahrt von Düsseldorf nach Dresden rund 4.850 kWh Strom.

5. Berechnen Sie die TTW- und WTW-Energieverbräuche sowie die TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen.
6. Berechnen Sie die TTW- und WTW-Energieverbräuche sowie die TTW- und WTW-Treibhausgasemissionen eines Güterzugs, der unter gleichen Bedingungen in Schweden unter Nutzung schwedischen Stroms fährt.
7. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse und erläutern Sie Ihren Vergleich.

BIO-DIESEL

8. Berechnen Sie für eine Fahrt von Hamburg nach Karlsruhe den Energieverbrauch entsprechend TTW und WTW sowie die Höhe der Treibhausgasemissionen entsprechend TTW und WTW für einen Lkw, der 207,89 l Bio-Diesel verbraucht.
9. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen der dargestellten Beispielaufgabe und erläutern Sie, wie und warum sich der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen verändern?
10. Recherchieren Sie mit Hilfe des Internets Vor- und Nachteile der Verwendung von Bio-Diesel.



Nachdem Sie eigene Energieverbrauchs- und Treibhausgasemissionsberechnungen angestellt haben, reflektieren Sie nun die Anwendung der DIN EN 16258 in der Praxis. Da die verbrauchsbasierte Methode präzisere Ergebnisse liefert als die entfernungs-basierte Methode, empfiehlt die DIN EN 16258 die Anwendung der verbrauchs-basierten Methode. Somit gilt der Grundsatz: Je genauer die Daten, die zur Verfügung stehen, desto realer sind die berechneten Treibhausgasemissionen. Doch wie genau kann in der Praxis dokumentiert, gerechnet und optimiert werden?

AUFGABEN:

1. Recherchieren Sie, wie in Ihrem Betrieb die Energieverbräuche dokumentiert und die Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen berechnet werden ([siehe Hinweis 1](#)).
2. Stellen Sie dar, welche Vor- und Nachteile sich für Ihren Betrieb aus der Anwendung der DIN EN 16258 ergeben bzw. ergeben könnten ([siehe Hinweis 2](#)).
3. Erörtern Sie die Vor- und Nachteile der Anwendung der DIN EN 16258 ggf. mit Ihren Kolleginnen und Kollegen.



Aufgaben zur
Bearbeitung in
Einzelarbeit

TIPPS ZUR RECHERCHE

Folgende Leitfragen können Ihnen bei der Recherche helfen:

- Werden die Daten in Ihrem Betrieb erfasst und ausgewertet?
- Wenn nein, warum werden die Daten nicht erfasst?
- Wenn ja, in welchem EDV-System werden die Daten erfasst?
- Gilt in Ihrem Betrieb als Berechnungsgrundlage die DIN EN 16258?
- Handelt es sich um eine verbrauchs- oder entfernungs-basierte Berechnung?
- Wenn sie verbrauchsorientiert ist, welcher Ansatz wird genutzt (individuell, flottenbasiert, routen- oder fahrzeugbasiert)?
- Wieso werden die Daten in Ihrem Betrieb in dieser Weise erfasst? Welche Gründe gibt es für die entweder gute oder mäßige Datenlage?



TIPPS FÜR DIE ABWÄGUNG

Folgende Leitfragen können Ihnen bei der Abwägung helfen:

- Entstehen durch die Berechnung zusätzliche Kosten, wenn ja welche?
- Wie zeitaufwendig ist diese Vorgehensweise und warum?
- Stehen alle erforderlichen Informationen zur Verfügung?
- Welchen Nutzen bietet die einheitliche Berechnung für Ihren Betrieb, Ihre Kunden, Ihre Mitarbeiter, Ihre Wettbewerber, die Klimaziele Deutschlands oder die folgenden Generationen?



LERNMODUL

„DAS NATÜRLICHE QUARTETT“

Der Transport von Menschen oder Gütern erzeugt direkt und indirekt Treibhausgase (z. B. in Form von Kohlendioxid). Die direkten Emissionen entstehen beim tatsächlichen Transport und sind vom jeweiligen Transportmittel, vom Gewicht der Ladung, von der Transportentfernung und vom Kraftstoffverbrauch abhängig. Aber auch die Herstellung von Strom und Kraftstoffen, die Produktion von Fahrzeugen und der Straßenbau benötigen Energie und verursachen dadurch indirekte Treibhausgasemissionen. Genauso setzt sich Ihr Wasserverbrauch nicht nur aus Ihrer morgendlichen Dusche oder Ihrem gekochten Kaffee zusammen. Er besteht neben dem „sichtbaren“ Wasser auch aus „unsichtbarem“ Wasser – dem so genannten „Virtuellen Wasser“. „Virtuelles Wasser“ ist erforderlich, um die Waren zu produzieren, die wir täglich ge- oder verbrauchen.

Um derartige ökologische Auswirkungen des privaten und betrieblichen Handelns verdeutlichen und verändern zu können, müssen Sie diese erst einmal messbar machen können. Die Konzepte des CO₂- und des Wasser-Fußabdrucks ermöglichen Ihnen den Vergleich von Produkten und Handlungen, indem sie deren Treibhausgasemissionen und Wasserverbrauch anschaulich darstellen. Im Rahmen dieses Lernmoduls werden Sie ökologische Auswirkungen Ihres privaten und betrieblichen Handelns mit Hilfe des Spiels „Das natürliche Quartett“ reflektieren.



Aufgaben zur
Bearbeitung in
Partner- oder
Gruppenarbeit:

AUFGABEN:

Vor dem Spiel:

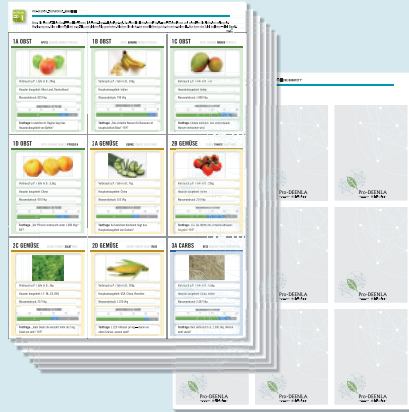
1. Schneiden Sie gemeinsam die Spielkarten des „natürlichen Quartetts“ aus und mischen Sie diese gründlich ([siehe Material 1](#)).
2. Lesen Sie die Spielanleitung durch und klären Sie mögliche Rückfragen gemeinsam mit Ihren Kolleginnen und Kollegen ([siehe Hinweis 1](#)).
3. Legen Sie fest, wie viel Zeit Sie zum Spielen haben und entscheiden Sie sich daraufhin für eine der Spielvarianten.

Während des Spiels:

4. Spielen Sie mit bis zu fünf weiteren Kolleginnen und Kollegen das Spiel „Das natürliche Quartett“. Sollten sich während des Spiels Fragen ergeben, recherchieren Sie hierzu im Internet.

SPIELKARTE

> Schnittvorlage siehe Anhang



Bitte alle sechs Bögen mit Vorder- und Rückseite im Maßstab 1:1 ausdrucken und ausschneiden.

SPIELANLEITUNG

> siehe Anhang



Bitte gut durchlesen bevor es mit dem Spiel losgeht.



Aufgaben zur
Bearbeitung in
Einzelarbeit

Nachdem Sie das Spiel „Das natürliche Quartett“ gespielt haben, dokumentieren Sie Ihr Vorgehen.

AUFGABE:

Nach dem Spiel:

1. Notieren Sie in Einzelarbeit die kennengelernten Begriffe. Verdeutlichen Sie diese mit Beispielen aus dem Quartett und ergänzen Sie diese um Beispiele aus Ihrem Alltag.
2. Erstellen Sie ein persönliches Lexikon, in dem Sie die relevanten Begriffe der beiden Konzepte CO₂- und Wasser-Fußabdruck notieren. Beschreiben Sie die Begriffe mit Beispielen aus dem Quartett und ergänzen Sie diese um Beispiele aus Ihrem Alltag (*siehe Hinweis 2*).



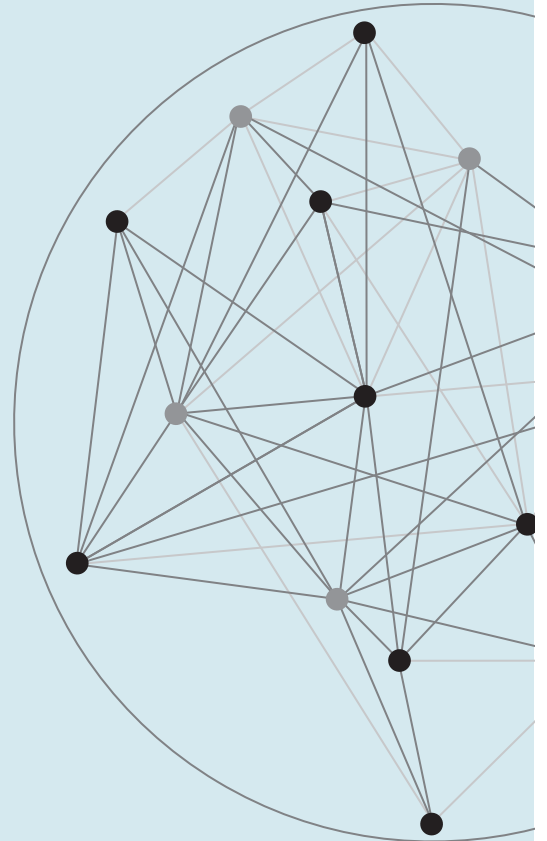
TIPPS ZUR DOKUMENTATION

Die Dokumentation kann in Form eines Lexikons erfolgen. Sollten Sie bereits ein Lexikon im Lernmodul „Berechnung des CO₂-Fußabdrucks nach DIN EN 16258“ erstellt haben, können Sie dieses als Basis nutzen und es mit den fehlenden Begriffen ergänzen.

Folgende Fragen können Ihnen bei der Erstellung eines Lexikons helfen:

- Soll das Lexikon alphabetisch oder thematisch sortiert sein?
- Soll das Lexikon elektronisch oder handschriftlich verfasst werden?
- Sollen Bilder in das Lexikon integriert werden?
- Welche Begriffe sind zur Berücksichtigung im Lexikon relevant?
- Welche Beispiele sollen zur Erläuterung der Begriffe verwendet werden?

Zur Erstellung des Lexikons bietet sich der Einsatz eines PCs an, damit das Lexikon später ergänzt oder korrigiert werden kann.



IMPRESSUM

Leuphana Universität Lüneburg, Arbeitseinheit Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Universitätsallee 1, 21335 Lüneburg
Steinbeis Innovationszentrum Logistik und Nachhaltigkeit (SLN), Dresdener Straße 17, 74889 Sinsheim

Redaktion: Prof. Dr. Andreas Fischer, Harald Hantke, Jens-Jochen-Roth, Kristin Senneke, Lisa Stoschek, Jan Pranger

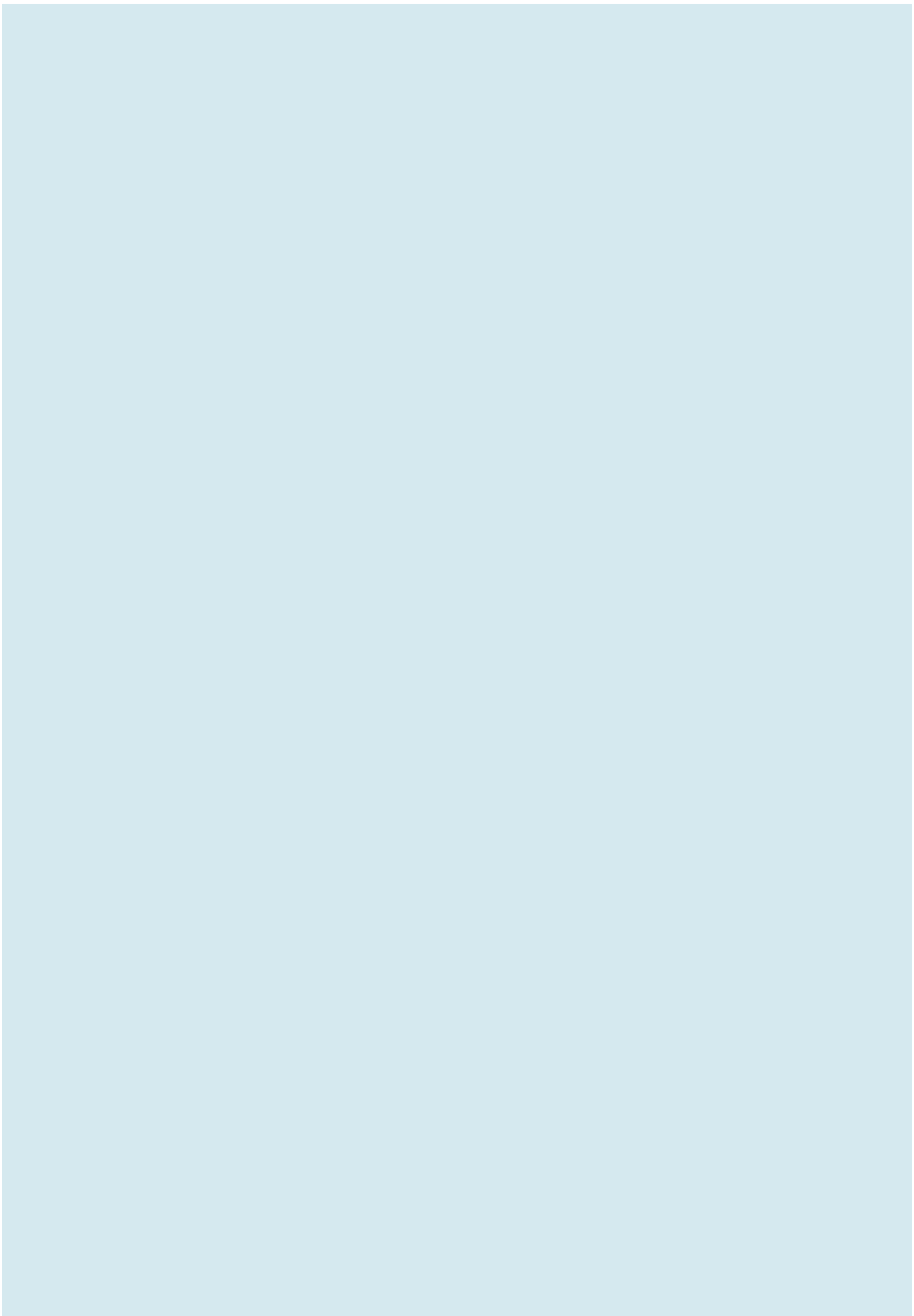
Gestaltung und Satz: Anke Sudfeld

Fotos/Illustrationen: Fotolia

LIZENZHINWEIS

Dieses Lernmodul unterliegt der Creative Commons Lizenz „Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland (CC BY-SA 3.0 DE)“.

Die Lizenz wird erklärt unter: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de>



Bevor Sie das natürliche Quartett spielen können, ist etwas Fingerfertigkeit gefragt. Drucken Sie die Karten mit Vorder- und Rückseite aus und schneiden Sie die Karten entlang der Markierung aus. Dies sollte möglichst sorgfältig und gleichmäßig geschehen. Mischen Sie die Karten anschließend gut durch und verteilen sie. Nun kann das Spiel beginnen - viel Spaß!



1A OBST

APFEL BANANE MANGO PFIRSICH



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 24kg

Hauptanbaugebiet: Altes Land, Deutschland

Wasserabdruck: 822 l/kg



Testfrage: In welcher dt. Region liegt das Hauptanbaugebiet von Äpfeln?

1B OBST

APFEL BANANE MANGO PFIRSICH



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 10kg

Hauptanbaugebiet: Indien

Wasserabdruck: 790 l/kg



Testfrage: „Das virtuelle Wasser für Bananen ist hauptsächlich Blau!“ R/F?

1C OBST

APFEL BANANE MANGO PFIRSICH



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: o.A.

Hauptanbaugebiet: Indien

Wasserabdruck: 1.800 l/kg



Testfrage: Erkläre nochmal, was unter blauem Wasser verstanden wird.

1D OBST

APFEL BANANE MANGO PFIRSICH



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 3,5kg

Hauptanbaugebiet: China

Wasserabdruck: 910 l/kg



Testfrage: „Der Pfirsich verbraucht unter 1.000 l/kg!“ R/F?

2A GEMÜSE

GURKE TOMATE SALAT MAIS



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 7kg

Hauptanbaugebiet: China

Wasserabdruck: 353 l/kg



Testfrage: Auf welchem Kontinent liegt das Hauptanbaugebiet von Gurken?

2B GEMÜSE

GURKE TOMATE SALAT MAIS



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 22kg

Hauptanbaugebiet: Italien

Wasserabdruck: 214 l/kg



Testfrage: „Ca. die Hälfte des virtuellen Wassers ist grün!“ R/F?

2C GEMÜSE

GURKE TOMATE SALAT MAIS



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 3kg

Hauptanbaugebiet: I, F, NL, ES, DEU

Wasserabdruck: 237 l/kg



Testfrage: „Jeder Deutsche verzehrt mehr als 5 kg Salat pro Jahr!“ R/F?

2D GEMÜSE

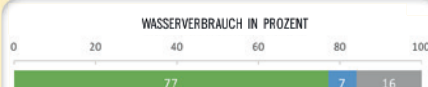
GURKE TOMATE SALAT MAIS



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 20kg

Hauptanbaugebiet: USA, China, Brasilien

Wasserabdruck: 1.220 l/kg



Testfrage: 1.220 l Wasser pro kg – davon vor allem Grünes, warum wohl?

3A CARBS

REIS NUDELN PIZZA KARTOFFELN



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 5,5kg

Hauptanbaugebiet: China, Indien

Wasserabdruck: 2.497 l/kg



Testfrage: Reis verbraucht ca. 2.500 l/kg. Warum wohl soviel?

Bevor Sie das natürliche Quartett spielen können, ist etwas Fingerfertigkeit gefragt. Drucken Sie die Karten mit Vorder- und Rückseite aus und schneiden Sie die Karten entlang der Markierung aus. Dies sollte möglichst sorgfältig und gleichmäßig geschehen. Mischen Sie die Karten anschließend gut durch und verteilen sie. Nun kann das Spiel beginnen - viel Spaß!



3B CARBS

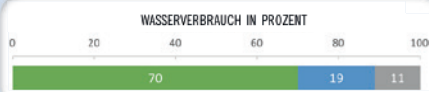
REIS NUDELN PIZZA KARTOFFELN



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 5,5kg

Herkunftsland: Italien

Wasserabdruck: 1.849 l/kg



Testfrage: „Ca. die Hälfte des virtuellen Wassers ist grün!“ R/F?

3C CARBS

REIS NUDELN PIZZA KARTOFFELN



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 10 Stück (TK-Ware)

Herkunftsland: Italien

Wasserabdruck*: 1.259 l/kg * Pizza Margherita



Testfrage: Wie viele TK-Pizzen isst der Deutsche pro Jahr? (+/- 3 Pizzen)

3D CARBS

REIS NUDELN PIZZA KARTOFFELN



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 65kg

Hauptanbaugebiet: China, USA, Deutschland

Wasserabdruck: 287 l/kg



Testfrage: „Kartoffeln verbrauchen mehr graues Wasser als blaues!“ R/F?

4A FLEISCH

RIND SCHWEIN ZIEGE HUHN



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 9kg

Schlachtgewicht in Intensivmast nach: 3 Jahren

Wasserabdruck: 15.415 l/kg



Testfrage: Über 15.000 l/kg – eine Idee warum so viel?

4B FLEISCH

RIND SCHWEIN ZIEGE HUHN



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 31kg

Schlachtgewicht in Intensivmast nach: 10 Monaten

Wasserabdruck: 5.988 l/kg



Testfrage: „Deutsche essen ca. 15kg Schweinefleisch im Jahr!“ R/F?

4C FLEISCH

RIND SCHWEIN ZIEGE HUHN



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: <1kg

Wasserabdruck ca. 1% der weltweiten Tierproduktion

Wasserabdruck: 5.988 l/kg



Testfrage: 0% grau – eine Idee woher das kommt?

4D FLEISCH

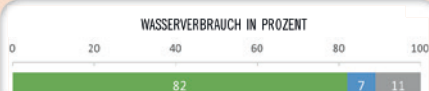
RIND SCHWEIN ZIEGE HUHN



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 12kg

Schlachtgewicht in Intensivmast nach: 10 Wochen

Wasserabdruck: 4.325 l/kg



Testfrage: Im Vergleich zum Rind „nur“ 4.325 l/kg – eine Idee woher das kommt?

5A GETRÄNKE

TEE MILCH WEIN KAFFEE



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 26 Liter

Herkunftsland: Indien

Wasserabdruck: 27l / 250ml Tee



Testfrage: Wie viel Liter Tee trinkt der Deutsche pro Jahr? (+/- 5 Liter)

5B GETRÄNKE

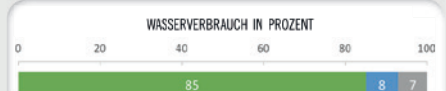
TEE MILCH WEIN KAFFEE



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 92 Liter

Herkunftsland: Deutschland

Wasserabdruck: 255l / 250ml Milch



Testfrage: Erkläre, warum der Wasserabdruck 1000fach so hoch ist wie der Milchverbrauch.

Bevor Sie das natürliche Quartett spielen können, ist etwas Fingerfertigkeit gefragt. Drucken Sie die Karten mit Vorder- und Rückseite aus und schneiden Sie die Karten entlang der Markierung aus. Dies sollte möglichst sorgfältig und gleichmäßig geschehen. Mischen Sie die Karten anschließend gut durch und verteilen sie. Nun kann das Spiel beginnen - viel Spaß!



5C GETRÄNKE

TEE MILCH WEIN KAFFEE



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 20 Liter

Herkunftsgebiet: Europa (F, D, ES, IT)

Wasserabdruck: 218l / 250ml Wein



Testfrage: Warum verbraucht Wein zu 70% grünes Wasser?

5D GETRÄNKE

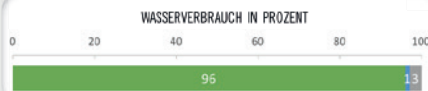
TEE MILCH WEIN KAFFEE



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 148 Liter

Herkunftsgebiet: Afrika, Ozeanien, Südamerika

Wasserabdruck: 264l / 250ml Kaffee



Testfrage: „Zur Herstellung von 1ml Kaffee braucht man < 1ml virtuelles Wasser!“ R/F?

6A LIFE

SCHOKI LEDER T-SHIRT MICROSHIP



Verbrauch p.P. / Jahr in D.: 11,5 kg

Hauptanbauggebiet: Südamerika

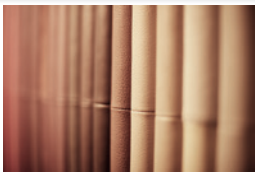
Wasserabdruck: 17.196 l/kg



Testfrage: Wie viel kg Schokolade isst der Deutsche pro Jahr? (+/- 4 kg)

6B LIFE

SCHOKI LEDER T-SHIRT MICROSHIP



Umsatz in D./pro Jahr: 3 Mrd. €

Herkunftsland: Italien, Brasilien

Wasserabdruck: 17.093 l/kg



Testfrage: „Leder verbraucht mehr als 17.000l Wasser/kg!“ R/F?

6C LIFE

SCHOKI LEDER T-SHIRT MICROSHIP



Durchschnittlicher Besitz p.P.: 30 Stück

Herkunftsland: China, Indien

Wasserabdruck: 2.495 l / T-Shirt (250g)



Testfrage: „Ein Shirt verbraucht weniger als 1.000l Wasser!“ R/F?

6D LIFE

SCHOKI LEDER T-SHIRT MICROSHIP



In (fast) jedem techn. Gerät verbaut

Marktführer: Intel

Wasserabdruck: 16.000 l/kg (32l /Chip á 2g)



Testfrage: Was weißt Du über seltene Erden? Ggf. musst du recherchieren.

7A DIN EN 16258

E_T E_W G_T G_W


T = Tank to Wheel = Tank bis Rad

E = Energieverbrauch in MJ (Megajoule)

E_T = Energieverbrauch x Energiefaktor

Beispiel: Freiburg → Hannover / Lkw / 186 l Diesel

$$E_T = F \times e_T$$

$$= 186 \text{ l} \times 35,9 \text{ MJ/l} = 6.677 \text{ MJ}$$

Testfrage: „E_T (Tank to Wheel) umfasst den Energieverbrauch der Fahrt“ R/F?

7B DIN EN 16258

E_T E_W G_T G_W


W = Well to Wheel = Quelle bis Rad

E = Energieverbrauch in MJ (Megajoule)

E_W = Energieverbrauch x Energiefaktor

Beispiel: Freiburg → Hannover / Lkw / 186 l Diesel

$$E_W = F \times e_W$$

$$= 186 \text{ l} \times 42,7 \text{ MJ/l} = 7.942 \text{ MJ}$$

Testfrage: Was bedeutet Well to Wheel?

7C DIN EN 16258

E_T E_W G_T G_W


T = Tank to Wheel = Tank bis Rad

G = Treibhausgasemission in kg (CO₂e)

G_T = Energieverbrauch x Emissionsfaktor

Beispiel: Freiburg → Hannover / Lkw / 186 l Diesel

$$G_T = F \times g_T$$

$$= 186 \text{ l} \times 2,67 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 497 \text{ kg}$$

Testfrage: Wofür steht das „F“ in der Berechnungsformel (G_T = F x g_T)?

Bevor Sie das natürliche Quartett spielen können, ist etwas Fingerfertigkeit gefragt. Drucken Sie die Karten mit Vorder- und Rückseite aus und schneiden Sie die Karten entlang der Markierung aus. Dies sollte möglichst sorgfältig und gleichmäßig geschehen. Mischen Sie die Karten anschließend gut durch und verteilen sie. Nun kann das Spiel beginnen - viel Spaß!



7D DIN EN 16258

E_T E_W G_T G_W


W = Well to Wheel = Quelle bis Rad

G = Treibhausgasemission in kg (CO₂e)

G_W = Energieverbrauch x Emissionsfaktor

Beispiel: Freiburg → Hannover / Lkw / 186 l Diesel

$$G_W = F \times g_w$$

$$= 186 \text{ l} \times 3,24 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 603 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

Testfrage: Was bedeutet G_W?

8A URLAUB

MALLORCA MEXICO RÜGEN BALKON



Flugzeug / 14 Tage / 3 Personen


87 kg CO₂ p. P. / Tag

Klimafußabdruck: 2.221 kg CO₂ pro Person

| | |
|----------------------|--------|
| An- & Abreise: | 925 kg |
| Unterkunft: | 148 kg |
| Verpflegung: | 91 kg |
| Aktivitäten vor Ort: | 58 kg |

Testfrage: Übersteigen An- & Abreise zusammen die 1.000kg CO₂?

8B URLAUB

MALLORCA MEXICO RÜGEN BALKON



Flugzeug / 14 Tage / 2 Personen


515 kg CO₂ p.P. / Tag

Klimafußabdruck: 7.218 kg CO₂ pro Person

| | |
|----------------------|---------|
| An- & Abreise: | 6361 kg |
| Unterkunft: | 487 kg |
| Verpflegung: | 205 kg |
| Aktivitäten vor Ort: | 165 kg |

Testfrage: Schätze wie hoch der Klimafußabdruck in kg ist. (+/- 1.000kg)

8C URLAUB

MALLORCA MEXICO RÜGEN BALKON



PKW / 14 Tage / 4 Personen


18 kg CO₂ p. P. / Tag

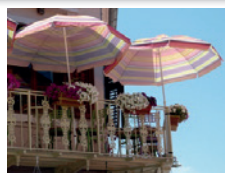
Klimafußabdruck: 258 kg CO₂ pro Person

| | |
|----------------------|-------|
| An- & Abreise: | 80 kg |
| Unterkunft: | 52 kg |
| Verpflegung: | 56 kg |
| Aktivitäten vor Ort: | 70 kg |

Testfrage: „Der CO₂ Abdruck pro Person liegt unter 300 kg!“ R/F?

8D URLAUB

MALLORCA MEXICO RÜGEN BALKON



Zuhause / 14 Tage / 4 Personen


4 kg CO₂ p. P. / Tag

Klimafußabdruck: 58 kg CO₂ pro Person

| | |
|----------------------|-------|
| An- & Abreise: | 0 kg |
| Unterkunft: | 17 kg |
| Verpflegung: | 9 kg |
| Aktivitäten vor Ort: | 33 kg |

Testfrage: „Es werden lediglich 20 kg CO₂ p.P. verursacht.“ R/F?

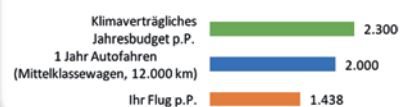
9A FLUGSTRECKE

1 2 3 4

Hamburg - New York


CO₂-Abdruck p.P.: 1.438 kg CO₂

Kompensationswert: 34 EUR

Ausstoß CO₂ in kg

Testfrage: Wird das klimaverträgliche Jahresbudget einer Person überschritten?

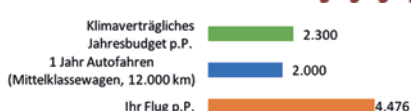
9B FLUGSTRECKE

1 2 3 4

Frankfurt a.M. - Bangkok - Melbourne


CO₂-Abdruck p.P.: 4.476 kg CO₂

Kompensationswert: 104 EUR

Ausstoß CO₂ in kg

Testfrage: „Der Flug verbraucht fast 2-mal das klimaverträgliche Jahresbudget.“ R/F?

9C FLUGSTRECKE

1 2 3 4

Bremen - London


CO₂-Abdruck p.P.: 163 kg CO₂

Kompensationswert: 5 EUR

Ausstoß CO₂ in kg

Testfrage: „Der CO₂-Abdruck pro Person liegt nicht über 200 kg.“ R/F?

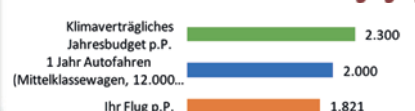
9D FLUGSTRECKE

1 2 3 4

Berlin - Chengdu


CO₂-Abdruck p.P.: 1.821 kg CO₂

Kompensationswert: 42 EUR

Ausstoß CO₂ in kg

Testfrage: In welchem Land liegt die Stadt Chengdu?

Bevor Sie das natürliche Quartett spielen können, ist etwas Fingerfertigkeit gefragt. Drucken Sie die Karten mit Vorder- und Rückseite aus und schneiden Sie die Karten entlang der Markierung aus. Dies sollte möglichst sorgfältig und gleichmäßig geschehen. Mischen Sie die Karten anschließend gut durch und verteilen sie. Nun kann das Spiel beginnen - viel Spaß!



10A FRACHT

WASSER LUFT SCHIENE STRABE



Strecke: Hamburg – St. Petersburg

22 t Chemikalien über 1.658,87 km

CO₂-Abdruck: 421 kg CO₂e (TTW)

CO₂-Abdruck: 463 kg CO₂e (WTW)


Testfrage: Was bedeutet TTW? (Können vielleicht andere Mitspieler helfen?)

10B FRACHT

WASSER LUFT SCHIENE STRABE



Strecke: Hamburg – St. Petersburg

22 t Chemikalien über 1.543,89 km

CO₂-Abdruck: 24.946 kg CO₂e (TTW)

CO₂-Abdruck: 30.448 kg CO₂e (WTW)


Testfrage: „Der WTW CO₂-Abdruck beträgt 10.000 kgCO₂e.“ R/F?

10C FRACHT

WASSER LUFT SCHIENE STRABE



Strecke: Hamburg – St. Petersburg

22 t Chemikalien über 2.742,53 km

CO₂-Abdruck: 0,0 kg CO₂e (TTW)

CO₂-Abdruck: 1.660 kg CO₂e (WTW)


Testfrage: Wieso ist der TTW CO₂-Abdruck 0 kg CO₂e?

10D FRACHT

WASSER LUFT SCHIENE STRABE



Strecke: Hamburg – St. Petersburg

22 t Chemikalien über 1.991,97 km

CO₂-Abdruck: 2.643 kg CO₂e (TTW)

CO₂-Abdruck: 3.298 kg CO₂e (WTW)


Testfrage: Was bedeutet WTW? (Können vielleicht andere Mitspieler helfen?)

11A NAHRUNG

TK REGIONAL SAISONAL BIO



Person: Männlich / 18-29 J. / 80 kg / Mischkost

Durchschnittl. CO₂-Ausstoß für Ernährung: 1,75 t

Frauen verbrauchen generell weniger

CO₂-Ausstoß pro Jahr: 2,40 t


Testfrage: „Bei gleichen Bedingungen verbraucht Frau ebenso viel wie Mann.“ R/F?

11B NAHRUNG

TK REGIONAL SAISONAL BIO



Person: Männlich / 18-29 J. / 80 kg / Mischkost

Durchschnittl. CO₂-Ausstoß für Ernährung: 1,75 t

Mehr Sport = Mehr Bedarf = 2,27 t

CO₂-Ausstoß pro Jahr: 1,93 t


Testfrage: Verändert sich der CO₂-Ausstoß, wenn die Person viel Sport treibt?

11C NAHRUNG

TK REGIONAL SAISONAL BIO



Person: Männlich / 18-29 J. / 80 kg / Mischkost

Durchschnittl. CO₂-Ausstoß für Ernährung: 1,75 t

Wachsen ohne künstliche Wärmezufuhr

CO₂-Ausstoß pro Jahr: 1,93 t


Testfrage: „Die Produkte benötigen in der Produktion keine zusätzliche Wärmezufuhr.“ R/F?

11D NAHRUNG

TK REGIONAL SAISONAL BIO



Person: Männlich / 18-29 J. / 80 kg / wenig Sport

Durchschnittl. CO₂-Ausstoß für Ernährung: 1,75 t

Bei veganer Ernährung sind es 1,20 t

CO₂-Ausstoß pro Jahr: 2,00 t


Testfrage: Wenn sich die Person vegan ernährt, verbraucht sie mehr oder weniger CO₂?

12A KURZSTRECKE

FLUG BAHN PKW BUS



Strecke: Berlin – Frankfurt

Entfernung: 433 km Zeit: 1:30 Std.

Kosten: ab 33 EUR

CO₂-Ausstoß: 81,2 kg (ohne RFI Faktor)


Testfrage: „Liegt der CO₂-Ausstoß unter dem des PKWs.“ (Vielleicht können die anderen helfen?)

Bevor Sie das natürliche Quartett spielen können, ist etwas Fingerfertigkeit gefragt. Drucken Sie die Karten mit Vorder- und Rückseite aus und schneiden Sie die Karten entlang der Markierung aus. Dies sollte möglichst sorgfältig und gleichmäßig geschehen. Mischen Sie die Karten anschließend gut durch und verteilen sie. Nun kann das Spiel beginnen - viel Spaß!



12B KURZSTRECKE

FLUG **BAHN** PKW BUS



Strecke: Berlin – Frankfurt

Entfernung: 510 km Zeit: 4:19 Std.

Kosten: ab 29 EUR

CO₂-Ausstoß: 26 kg



Testfrage: Nenne 3 Möglichkeiten den CO₂-Ausstoß im Alltag zu reduzieren.

12C KURZSTRECKE

FLUG **BAHN** **PKW** BUS



Strecke: Berlin – Frankfurt

Entfernung: 543 km Zeit: 5:04 Std.

Kosten: ab 45 EUR

CO₂-Ausstoß: 94,2 kg



Testfrage: „Der CO₂-Ausstoß übersteigt die 100 kg.“ R/F?

12D KURZSTRECKE

FLUG **BAHN** PKW **BUS**



Strecke: Berlin – Frankfurt

Entfernung: 543 km Zeit: 9:50 Std.

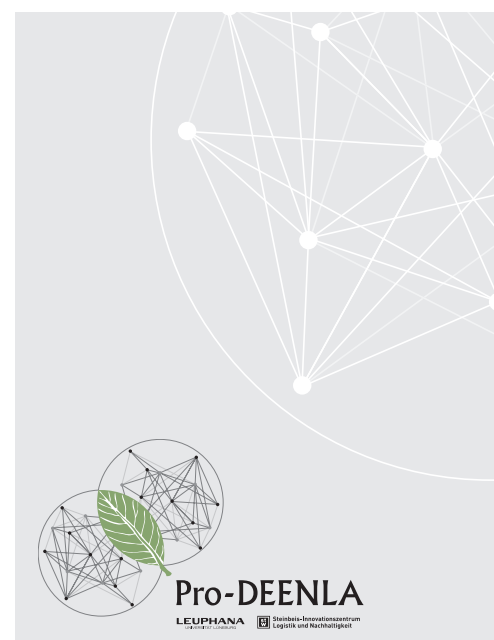
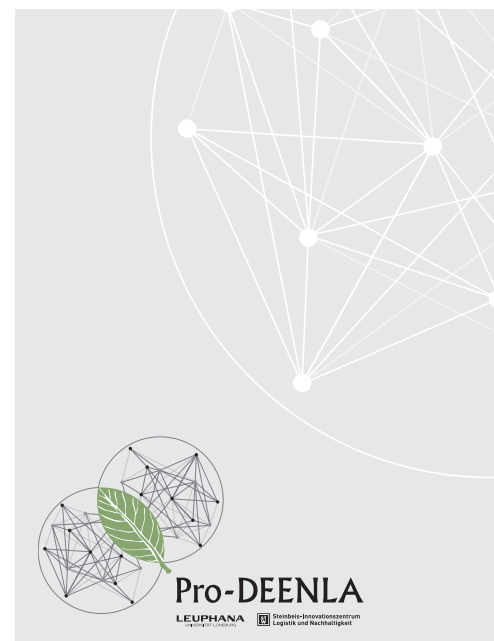
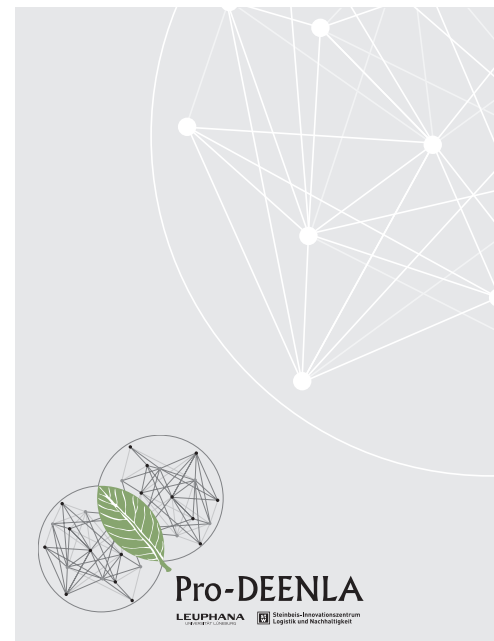
Kosten: ab 10 EUR

CO₂-Ausstoß: 19,2 kg



Testfrage: Wie hoch ist der CO₂-Ausstoß? (+/- 10kg)

Diese Rückseite bitte für alle Karten nutzen.





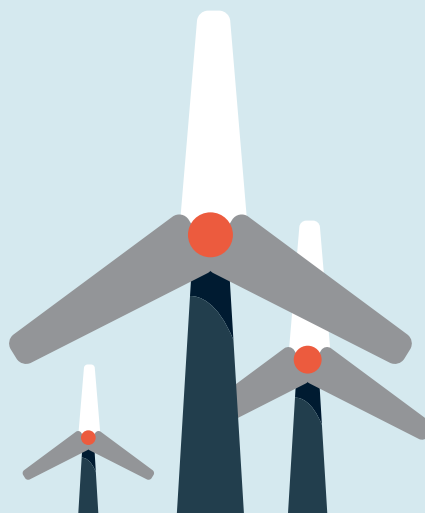
Pro-DEENLA

LEUPHANA
UNIVERSITÄT LÜNEBURG

Steinbeis-Innovationszentrum
Logistik und Nachhaltigkeit

DAS NATÜRLICHE QUARTETT

EIN SPIEL ÜBER DAS VIRTUELLE WASSER
UND DEN CO₂-FUSSABDRUCK

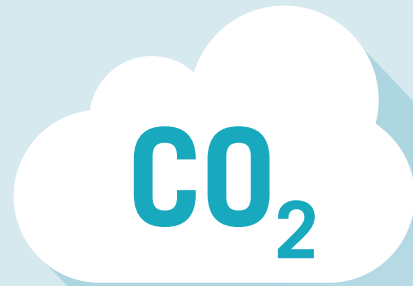


GEFÖRDERT VOM

WORUM GEHT'S?

Kurz gesagt geht es in diesem Spiel um die ökologischen Auswirkungen Ihres privaten und betrieblichen Handelns. Der Verbrauch von Wasser und der Ausstoß von CO₂ bei der Herstellung und Lieferung eines Produkts können beispielsweise in Form des virtuellen Wasserfußabdrucks und des CO₂-Fußabdrucks dargestellt und gemessen werden.

Jeder Transport von Menschen oder Gütern erzeugt direkt und indirekt Treibhausgase, z.B. in Form von Kohlendioxid. Die direkten Emissionen entstehen bei dem eigentlichen Transport und sind vom Transportmittel, der Ladung, der Entfernung und vom Kraftstoffverbrauch abhängig. Aber auch die Herstellung von Strom und Kraftstoffen, die Produktion von Fahrzeugen und der Straßenbau verbrauchen Energie und verursachen dadurch indirekte Treibhausgasemissionen. Die Gesamtmenge der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen (THG) wird durch so genannte CO₂-Äquivalente ausgewiesen.



Unser Wasserverbrauch setzt sich nicht nur aus der morgendlichen Dusche oder dem gekochten Kaffee zusammen. Er besteht aus viel mehr als nur dem sichtbaren Wasser. Es ist nämlich außerdem virtuelles Wasser erforderlich, um die Waren zu produzieren, die wir täglich ge- oder verbrauchen. Das virtuelle Wasser beschreibt die Menge, die zur Herstellung eines Produktes verwendet wird. Dabei wird zwischen blauem, grünem und grauem Wasser unterschieden. Das blaue Wasser bezieht sich auf das Grund- und Oberflächenwasser, z.B. aus Flüssen, das bei der Produktion verwendet wird. Das grüne Wasser beschreibt Regenwasser, das durch die Vegetation selbst verdunstet und somit vor allem in der Landwirtschaft von Bedeutung ist. Das graue Wasser umfasst die Wassermengen, die durch Produktionsprozesse verunreinigt werden.

WIE GEHT'S?

Sie benötigen mindestens 2 und maximal 6 Spieler. Zuerst werden die Quartettkarten durchgemischt und vollständig an alle Spieler verteilt. Es kann sein, dass ein Spieler mehr Karten erhält. Dies ist kein Problem. Der Spieler links neben dem Kartengeber beginnt das Spiel. Dieser Spieler sieht sich alle seine Karten an und fragt einen beliebigen Mitspieler nach einer eindeutig identifizierbaren Karte, die ihm zur Bildung eines Quartetts fehlt. Zur Identifizierung hilft die obere Reihe auf den Karten (z.B. 9A Flugstrecke). Es gibt jeweils die Buchstaben A bis D. Ein Spieler darf jedoch nur nach Karten eines Quartetts fragen, wenn er bereits eine Karte des Quartetts besitzt. Sofern der gefragte Spieler diese Karte in seinem Deck hält, so muss er dies sagen. Der Besitzer der Karte erzählt seinen Mitspielern nun was auf der Karte steht.

Leo: „Anna, kann ich von dir Karte 5D Kaffee bekommen?“

Anna: „Ja, die Karte gehört zur Kategorie Getränke. Jeder von uns trinkt pro Jahr durchschnittlich 148 l Kaffee. Der kommt meistens aus Afrika und Ozeanien. Das virtuelle Wasser ist hauptsächlich grün, aber stimmt es auch, dass zur Herstellung von 1ml Kaffee weniger als 1ml virtuelles Wasser benötigt wird?“

Leo: „Ich schätze, dass das deutlich mehr ist.“

Anna: „Richtig! Hier ist deine Karte...“

ACHTUNG!

Flugzeug / 14 Tage / 3 Personen

87 kg CO₂ p. P. / Tag

Klimafußabdruck: 1.221 kg CO₂ pro Person

| | |
|----------------------|--------|
| An- & Abreise: | 925 kg |
| Unterkunft: | 148 kg |
| Verpflegung: | 91 kg |
| Aktivitäten vor Ort: | 58 kg |

Testfrage: Übersteigen An- & Abreise zusammen die 1.000kg CO₂?

Achten Sie darauf, die Antwort auf die Testfrage (unten) zunächst noch nicht zu verraten. Denn nach Ihrem kurzen Gespräch (siehe links) stellen Sie dem Anwärter auf die Karte die Testfrage. Wenn die Frage richtig beantwortet ist, bekommt der Fragende die Karte und darf nach weiteren Karten fragen. Hat der gefragte Spieler jedoch die Karte nicht, so ist dieser am Zug und

darf seine Mitspieler nach Karten fragen. Hat ein Spieler ein vollständiges Quartett zusammen, so legt er dieses offen vor sich auf den Tisch. Besitzt ein Spieler keine Karten mehr, ist für ihn das Spiel vorbei und sein linker Nachbar darf weiter nach Karten fragen. Der Spieler, der am Ende des Spiels die meisten vollständigen Quartette gesammelt hat, gewinnt.

TIPPS UND TRICKS!

- Manche Testfragen sind gar nicht so leicht zu beantworten. Helfen Sie sich gegenseitig und überlegen Sie gemeinsam!
- Hören Sie Ihren Mitspielern aufmerksam zu. Manche Informationen brauchen Sie vielleicht noch für Ihre eigenen Testfragen!
- Sie müssen zurück an die Arbeit und haben nicht so lange Zeit?
 - Legen Sie von vornerein eine Uhrzeit fest, wann Sie aufhören wollen. Wer bis dahin am meisten Quartette hat, gewinnt!
 - Spielen Sie mit weniger Quartetten (z. B. 8 anstatt allen 12)!
 - Der erste Spieler, der 2 Quartette hat, gewinnt!

ABKÜRZUNGEN:

| | |
|------|----------------------|
| D | Deutschland |
| E | Energieverbrauch |
| e | Äquivalent |
| G | Treibhausgasemission |
| p.P. | pro Person |
| R/F | Richtig oder Falsch? |
| T | Tank to Wheel |
| W | Well to Wheel |



Wir wünschen Ihnen
viel Spaß beim Spielen!

QUELLEN

ARKTIK GmbH (Hrsg.) (2017): *Klimaneutrale Logistik. Der ARKTIK CO₂-Logistikrechner.* Online unter: <https://www.arktik.de/carbon-footprint-und-co2-ausgleich/logistik>. Stand: 01.02.2017.

atmosfair gGmbH (Hrsg.) (o.J.): *CO₂ - Fußabdruck meines Flugs berechnen.* Online unter: <https://www.atmosfair.de/de/kompensieren/flug>. Stand: 11.09.2017.

DSLVD Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. (Hrsg.) (2013): *Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik gemäß DIN EN 16258. Begriffe, Methoden, Beispiele. 2. aktualisierte Auflage. Bonn.*

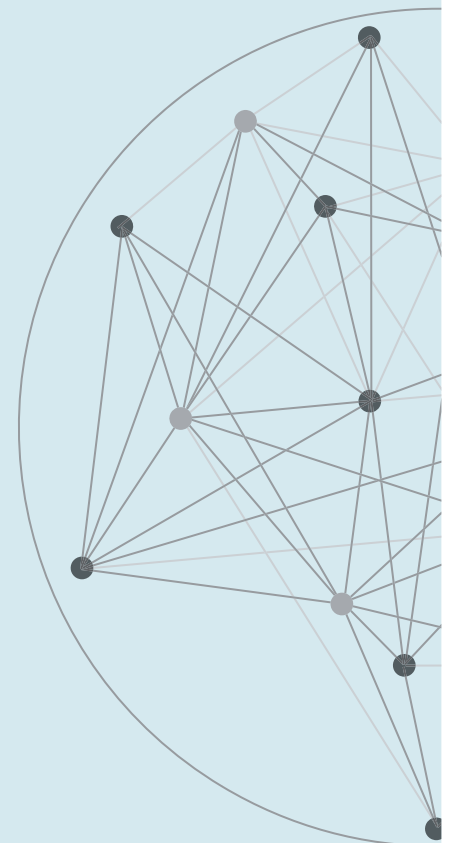
Ingenieurgesellschaft für Verkehrs- und Eisenbahnwesen mbH (IVE mbH) (Hrsg.) (o.J.): *EcoTransIT World. Bilanzierung.* <http://www.ecotransit.org/calculation.de.html>, Stand 11.09.2017.

KlimAktiv gemeinnützige Gesellschaft zur Förderung des Klimaschutzes mbH (Hrsg.) (2016): *CO₂-Rechner.* Online unter: http://uba.co2-rechner.de/de_DE. Stand: 11.09.2017.

Verkehrsclub Deutschland e.V. (Hrsg.) (o.J.): *Verkehrsmittel im Vergleich. Intelligent mobil* Online unter: <https://www.vcd.org/themen/klimafreundliche-mobilitaet/verkehrsmittel-im-vergleich/>. Stand: 11.09.2017.

Water Footprint Network (o.J.): *Product Gallery.* Online unter: <http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/product-gallery/>. Stand: 01.02.2017.

WWF Deutschland Frankfurt am Main (Hrsg.) (2009): *Der touristische Klima-Fußabdruck. WWF-Bericht über die Umweltauswirkungen von Urlaub und Reisen.* Online unter: <http://www.wwf.de/aktiv-werden/tipps-fuer-den-alltag/umweltvertraeglich-reisen/klima-fussabdruck/>. Stand: 11.09.2017.



IMPRESSUM

Leuphana Universität Lüneburg, Arbeitseinheit Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Universitätsallee 1, 21335 Lüneburg
Steinbeis Innovationszentrum Logistik und Nachhaltigkeit (SLN), Dresdener Straße 17, 74889 Sinsheim

Redaktion: Prof. Dr. Andreas Fischer, Harald Hantke, Jens-Jochen Roth, Kristin Senneke, Lisa Stoschek, Jan Pranger

Gestaltung und Satz: Anke Sudfeld

Fotos/Illustrationen: Fotolia: S. 1+2

LIZENZHINWEIS

Dieses Lernmodul unterliegt der Creative Commons Lizenz „Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland (CC BY-SA 3.0 DE)“.
Die Lizenz wird erklärt unter: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de>