



# Pro-DEENLA

LEUPHANA  
UNIVERSITÄT LÖNEBURG

Steinbeis-Innovationszentrum  
Logistik und Nachhaltigkeit

## LERNMODULE „CO<sub>2</sub>- UND WASSER-FUSSABDRUCK“

AUSFÜHRUNGEN FÜR  
AUSBILDER/INNEN



GEFÖRDERT VOM

 Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

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

# INHALT AUSFÜHRUNGEN FÜR AUSBILDER/INNEN

Einordnung der Lernmodule	3
Inhalt der Lernmodule	4
Übersicht über das Lernmodul „Berechnung des CO <sub>2</sub> -Fußabdrucks nach DIN EN 16258“	7
Anhang zum Lernmodul „Berechnung des CO <sub>2</sub> -Fußabdrucks nach DIN EN 16258“	9
Übersicht über das Lernmodul „Das natürliche Quartett“	12



# EINORDNUNG DER LERNMODULE

Die Lernmodule zum Thema „CO<sub>2</sub>- und Wasser-Fußabdruck“ orientieren sich an den Inhalten der Berufsbildposition „Umweltschutz“ des Ausbildungsrahmenplans für die Berufsausbildung zum Kaufmann bzw. zur Kauffrau für Spedition- und Logistikdienstleistungen.

Im Rahmen der Berufsbildposition „Umweltschutz“ wird die Vermeidung betriebsbedingter Umweltbelastungen im beruflichen Einwirkungsbereich betrachtet und erörtert. Inhalte dieses Themenfelds sind die möglichen Umweltbelastungen durch den Ausbildungsbetrieb und die für das Unternehmen geltenden Regelungen des Umweltschutzes. Weiterhin können im Rahmen dieser Berufsbildposition Möglichkeiten der wirtschaftlichen und umweltschonenden Energie- und Materialverwendung diskutiert sowie Strategien der Abfallvermeidung und -entsorgung erörtert werden.

Der Fokus der Lernmodule liegt auf der spielerischen Auseinandersetzung mit den Konzepten „Virtuelles Wasser“ und „CO<sub>2</sub>-Fußabdruck“. Darüber hinaus wird die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks entsprechend der für die Transport- und Logistikbranche geltenden DIN EN 16258 thematisiert.

# INHALT DER LERNMODULE

Seit jeher gebrauchen und verbrauchen Menschen natürliche Ressourcen zur Gestaltung ihres Lebens und produzieren gleichzeitig umweltschädliche Abfallprodukte. Um die Lebensgrundlage für zukünftige Generationen zu sichern, wird vor diesem Hintergrund versucht, die Auswirkungen des privaten und beruflichen Handelns auf die Umwelt zu erfassen. Nicht umsonst besagt ein Managementgrundsatz: „Was man nicht messen kann, kann man nicht steuern.“

Seit einigen Jahrzehnten legen politische Institutionen Grenzwerte, Reduktionsziele und Schwellenwerte zum Schutz der Umwelt fest. Auch die Transport- und Logistikbranche wird anhand derartiger Werte bemessen und erhebt, unter dem Titel „Grüne Logistik“, selbst den Anspruch umweltgerechtere und ressourcenschonendere Logistikprozesse zu schaffen.

Die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit wird in der Transport- und Logistikbranche vor allem durch die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen (THG) gemessen. Entlang der gesamten Logistikkette werden Treibhausgase freigesetzt. Laut Kyoto-Protokoll wird zwischen sechs verschiedenen Treibhausgasen unterschieden: Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Fluorkoh-

lenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) sowie Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>). Zur besseren Vergleichbarkeit werden diese Emissionen in sogenannten CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ausgewiesen. Zur Umrechnung der verschiedenen Treibhausgasemissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalente wird das „Global Warming Potential“ (GWP) des jeweiligen Gases genutzt. Je höher dieses Potenzial, desto stärker trägt das Treibhausgas zur Erderwärmung bei.

Eine einheitliche Berechnung und Deklaration von Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen legt seit März 2013 die DIN EN 16258 fest. Bei der Berechnung 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. Indirekte Emissionen hingegen werden beispielsweise bereits bei der Herstellung von Strom und Kraftstoffen erzeugt. 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



Wie jede Europäische Norm (EN) oder Deutsche Industrie Norm (DIN) ist die DIN EN 16258 nicht rechtsverbindlich. Doch auch wenn die Umsetzung freiwillig ist, wird ihre Anwendung vor dem Hintergrund des steigenden politischen und sozialen Drucks immer relevanter. Beispielsweise veröffentlichte die Bundesregierung im November 2018 ihren Klimaschutzbericht für das abgelaufene Jahr. Daraus geht hervor, dass Deutschland sein Klimaschutzziel für das Jahr 2020 verfehlen wird, sofern nicht weitere Maßnahmen zur Senkung der Treibhausgasemissionen eingeleitet werden. Das angestrebte Ziel lautet, die nationalen Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 gegenüber dem Jahr 1990 um mindestens 40 Prozent zu reduzieren. Dies entspricht einer Gesamtminderung von etwa 500 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Insbesondere der Verkehrssektor reduziert seine Emissionen bisher jedoch in geringerem Ausmaß als erwartet. Statt mit sieben bis zehn Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten trägt der Verkehrssektor bestenfalls mit 1,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente zur Reduzierung bei. Verstärkt wird die Herausforderung der Emissionsreduzierung für Transport- und Logistikdienstleister durch den steigenden Wettbewerbsdruck auf zwei Ebenen. Einerseits gilt es, kosteneffizient zu arbeiten, um den eigenen Marktanteil zu sichern. Andererseits beginnen Wettbewerber neue Standards im Hinblick auf eine transparente Berichterstattung zu setzen. Es stellt sich somit die Frage, wie lange es noch dauert, bis die europäische Norm ggf. zu einer Internationalen Norm (ISO) ausformuliert wird und die Bilanzierung von Treibhausgasen verpflichtend wird.

Neben dem betrieblichen Handlungsfeld in der Transport- und Logistikbranche stellen die Treibhausgasemissionen auch im privaten Leben eine wichtige Messgröße für ein nachhaltiges Handeln dar. Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck drückt die Menge an Treibhausgasemissionen aus, die

ein Mensch in einer bestimmten Zeit durch konkrete Handlungen verursacht. Dabei handelt es sich um einen eindimensionalen Ansatz der Ökobilanzierung, mit der sich durch die Betrachtung der privaten Lebensbereiche (z. B. Ernährung, Mobilität oder Konsumgüter) individuelle Emissionen errechnen lassen. Das Ergebnis dieser Rechnung wird als persönlicher CO<sub>2</sub>-Fußabdruck bezeichnet. Je klimafreundlicher gelebt wird, desto kleiner ist der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.

Neben der Verschmutzung der Ressource „Luft“ sollte noch eine weitere natürliche Ressource in den Fokus gerückt werden – das Wasser. Den Verbrauch der Ressource „Wasser“ kann die Transport- und Logistikbranche zwar nur indirekt beeinflussen, jedoch nimmt der Wasserbedarf einen enormen Stellenwert im Herstellungsprozess der zu transportierenden Produkte ein. Das für den vollständigen Produktionsprozess benötigte Wasser wird ebenfalls in einer eigens dafür konzipierten Einheit gemessen – dem „Virtuellen Wasser“. „Virtuelles Wasser“ bezeichnet die Gesamtmenge an Wasser, die während des Herstellungsprozesses eines Produkts oder einer Dienstleistung verdunstet, verbraucht oder verschmutzt wird. Zum Beispiel werden für die Herstellung von einem Kilogramm Rindfleisch etwa 15.500 Liter Wasser verbraucht. Das verbrauchte Wasser setzt sich dabei direkt aus dem Wasser zum Tränken der Tiere sowie indirekt aus dem Wasser, das beim Anbau von Futtermittel verwendet wird, zusammen. Das Modell des „Virtuellen Wassers“ fungiert als eine Art Hilfskonzept, um die Beeinflussung dieser Ressource messbar und vergleichbar zu machen. Ähnlich der Unterteilung in Prozessschritte bei der Messung der Treibhausgasemissionen wird das „Virtuelle Wasser“ ebenfalls aufgesplittet. Hierfür werden drei Farben genutzt: grün, blau und grau. Jede Farbe repräsentiert die Art des verbrauchten Wassers.



**Regenwasser,**  
das im Boden gespeichert ist und von Pflanzen aufgenommen wird.



**Grundwasser**  
oder Wasser aus Flüssen und Seen, das zur Herstellung eines Produkts genutzt wird, aber nicht mehr zurückgeleitet werden kann.



**Verschmutztes Wasser**  
(durch den Herstellungsprozess), das nicht mehr nutzbar ist bzw. Wasser, das zur Verdünnung nötig wäre, um die Wasserqualität von verschmutztem Wasser wiederherzustellen.

Abbildung: Arten des „Virtuellen Wassers“

Die verschiedenen Farben des „Virtuellen Wassers“ geben Auskunft über den Grad der Umweltschädigung, die durch den Verbrauch des Wassers entsteht. Aus ökologischer Perspektive ist es erstrebenswert, einen möglichst hohen Anteil an grünem Wasser zu verbrauchen. Das blaue Wasser wird insbesondere für industrielle Herstellungsprozesse sowie im Haushalt verwendet. Hierzu zählt auch das Wasser, das zur Bewässerung von landwirtschaftlich genutzten Flächen benötigt wird und anschließend von Pflanzen umgewandelt wird oder verdunstet. Dadurch wird es dem natürlichen Wasserkreislauf entzogen. Beispielsweise verbraucht der Anbau von Mais zu 77 Prozent und der Anbau von Tomaten zu 50 Prozent grünes Wasser. Dies liegt an der Berücksichtigung regionaler Gegebenheiten. So verfügt Spanien – als Hauptanbauggebiet von Tomaten – nicht über genügend Regenwasser zur natürlichen Bewässerung der Tomaten. Der virtuelle Wasser-Fußabdruck gibt somit an, welche Menge von welcher Art Wasser bei der Herstellung eines Produkts verloren geht.

Neben dem Produkt-Wasser-Fußabdruck kann ebenso ein virtueller Wasser-Fußabdruck für Unternehmen

oder ganze Länder erstellt werden. Dieser Fußabdruck berücksichtigt die benötigte Menge Wasser, die zur Produktion von Gütern, sowohl direkt aus den heimischen Wasservorkommen, als auch indirekt aus den Wasservorkommen Herkunftsländer, genutzt wird. Beispielsweise setzt sich der jährliche virtuelle Wasser-Fußabdruck Deutschlands aus 92 Milliarden Kubikmeter verbrauchtem Wasser für die inländische Produktion von Gütern und 106 Milliarden Kubikmeter verbrauchtem Wasser für die im Ausland produzierten und importierten Waren zusammen.

Abschließend ist festzuhalten, dass sowohl der Wasser-, als auch der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck hilfreiche Konzepte sind, um die komplexen Zusammenhänge des Wasserverbrauchs sowie der Treibhausgasemissionen zu erfassen. Dabei wird zwar ein Vergleich zwischen verschiedenen Handlungsoptionen möglich, Schlussfolgerungen und Konsequenzen aus diesem Vergleich müssen jedoch individuell gezogen werden – ganz im Sinne des Managementgrundsatzes: „Wir können es messen, also können wir es auch steuern.“

## QUELLEN

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.) (2018):**

*Klimaschutzbericht 2018. Zum Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung.*

Online unter: [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/klimaschutzbericht\\_2018.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzbericht_2018.pdf). Stand: 25.11.2018.

**Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) Landesverband Baden-Württemberg e.V.(o.J.):** *Virtuelles Wasser versteckt im Einkaufskorb.* Online unter: [http://www.virtuelles-wasser.de/virtuelles\\_wasser.html](http://www.virtuelles-wasser.de/virtuelles_wasser.html). Stand: 01.02.2017.

**DSLV 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.*

**Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken (Hrsg.) (2015):** *Lexikon der Nachhaltigkeit.* Online unter: <https://www.nachhaltigkeit.info>. Stand: 01.02.2017.

**Sonnenberg, Anke; Chapagain, Ashok; Geiger, Martin; August, Dorothea (2009):** *Der Wasser-Fußabdruck Deutschlands. Woher stammt das Wasser, das in unseren Lebensmitteln steckt?* Online unter: [https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/wwf\\_studie\\_wasserfussabdruck.pdf](https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/wwf_studie_wasserfussabdruck.pdf). Stand: 01.02.2017.

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

**Wegner, Ulrich; Wegner, Kirsten (2017):** *Einführung in das Logistik-Management. Prozesse – Strukturen – Anwendungen. Wiesbaden.*

# ÜBERSICHT ÜBER DAS LERNMODUL „BERECHNUNG DES CO<sub>2</sub>-FUSSABDRUCKS NACH DIN EN 16258“

<b>Zuordnung zur Ausbildungsordnung:</b>	Umweltschutz
<b>Thema:</b>	CO <sub>2</sub> - und Wasser-Fußabdruck
<b>Lernaufgabentyp:</b>	Basislernaufgabe
<b>Lernorte:</b>	Arbeitsplatz, Betriebs- bzw. Lernraum
<b>Sozialformen:</b>	Einzelarbeit
<b>Angestrebte Kompetenzförderung:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Die Auszubildenden berechnen Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen nach DIN EN 16258.</li><li>- Die Auszubildenden beurteilen Transportdienstleistungen auf Basis ihrer Berechnung nach DIN EN 16258.</li><li>- Die Auszubildenden erörtern die Vor- und Nachteile der Energieverbrauchs- und Treibhausgasemissionsberechnung nach DIN EN 16258 für ihren Betrieb.</li></ul>
<b>Kurzbeschreibung und Einordnung:</b>	<p>Die Auszubildenden setzen sich zunächst mithilfe eines Informationstextes mit der DIN EN 16258 auseinander. Anschließend geben sie die darin vorkommenden fachspezifischen Abkürzungen mit eigenen Worten wieder. Darauf aufbauend werden den Lernenden zwei Beispielaufgaben zur Berechnung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen nach DIN EN 16258 dargestellt, die sie zunächst nachvollziehen sollen. Im weiteren Verlauf der Aufgabe stellen die Auszubildenden eigenständig vier Berechnungen zu dem Energieverbrauch und zu den Treibhausgasemissionen verschiedener Transportdienstleistungen an und beurteilen diese auf Basis ihrer Berechnungsergebnisse. Abschließend erörtern die Auszubildenden sowohl die Praktikabilität als auch die Sinnhaftigkeit der Energieverbrauchs- und Treibhausgasemissionsberechnung nach DIN EN 16258 für ihren Betrieb.</p> <p>Dieses Modul dient als Grundlage für die Bearbeitung eines weiteren Moduls zum Thema „Wasser- und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck“. Im Rahmen des folgenden Moduls steht eine spielerische Auseinandersetzung mit den Konzepten des Wasser- sowie des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks im Fokus.</p>
<b>Inhalte und Aufgaben:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Theoretische Auseinandersetzung mit der DIN EN 16258</li><li>- Beschreibung fachspezifischer Begrifflichkeiten (z. B. Treibhausgase, CO<sub>2</sub>-Äquivalente, direkte und indirekte Emissionen)</li><li>- Durchführung und Beurteilung von Energieverbrauchs- und Treibhausgasemissionsberechnungen nach DIN EN 16258</li><li>- Praxisorientierte Reflexion der Energieverbrauchs- und Treibhausgasemissionsberechnungen</li></ul>
<b>Benötigte Materialien:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Taschenrechner</li><li>- PC mit Internetzugang</li><li>- ggf. DIN EN 16258</li></ul>



LERN-PHASEN	HANDLUNGSABLAUF DER LERNENDEN	ERLÄUTERUNGEN ZU LERN-FORMEN UND -TECHNIKEN	ERLÄUTERUNGEN ZU MEDIEN
 <b>IN ALLEN LERNPHASEN BIETET ES SICH AN, IN EINZELARBEIT ZU LERNEN</b>			
EINSTIEGSPHASE	<p>Bevor die Auszubildenden eigene Berechnungen von Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen anstellen können, setzen sie sich zunächst anhand eines Informationstextes mit der DIN EN 16258 auseinander und definieren anschließend relevante Abkürzungen mit ihren eigenen Worten.</p>	<p>Den Auszubildenden wird ein Text zur Berechnung von Treibhausgasemissionen mit der DIN EN 16258 und dem DSLV-Leitfaden zur Verfügung gestellt <a href="#">(siehe Material 1)*</a>. Den Auszubildenden wird eine Vorlage zur individuellen Definition relevanter Abkürzungen zur Verfügung gestellt <a href="#">(siehe Material 2)*</a>.</p>	<p>Für eventuelle Recherchen bietet es sich an, den Auszubildenden in dieser Phase einen PC mit Internetzugang zur Verfügung zu stellen. Falls im Betrieb vorhanden, bietet es sich an, den Auszubildenden die DIN EN 16258 zur Verfügung zu stellen.</p>
ERARBEITUNGSPHASE	<p>Nachdem sich die Auszubildenden theoretisch mit der DIN EN 16258 auseinandergesetzt haben, erarbeiten sie sich das grundlegende Schema zur Berechnung von Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen von Transportdienstleistungen, indem sie verschiedene Rechenbeispiele nachvollziehen. Danach wenden die Lernenden ausgewählte Vorgehensweisen der DIN EN 16258 mithilfe von Berechnungs- und Sachaufgaben an und verknüpfen ihre Ergebnisse mit den Inhalten des Informationstextes.</p>	<p>Den Auszubildenden werden Beispiele zu Berechnungen nach DIN EN 16258 zur Verfügung gestellt <a href="#">(siehe Material 3)*</a>. Den Auszubildenden werden Tabellen zu Energie- und Emissionsfaktoren sowie zu Verbrauchskennzahlen pro tkm für spezifische Energieverbräuche von Lkw und Containerverkehr zur Verfügung gestellt <a href="#">(siehe Material 4)*</a>.</p>	<p>Für eventuelle Recherchen bietet es sich an, den Auszubildenden in dieser Phase einen PC mit Internetzugang zur Verfügung zu stellen. Den Auszubildenden sollte in dieser Phase zudem ein Taschenrechner zur Verfügung gestellt werden. Zum selbstständigen Abgleich der Berechnungen bietet es sich an, den Auszubildenden in dieser Phase die Lösungen zu den Rechenaufgaben zur Verfügung zu stellen <a href="#">(siehe Anhang)*</a>.</p>
REFLEXIONSPHASE	<p>Nachdem die Auszubildenden eigene Energieverbrauchs- und Treibhausgasemissionsberechnungen angestellt haben, reflektieren sie die DIN EN 16258 praxisorientiert.</p>	<p>Den Auszubildenden werden zur praxisorientierten Reflexion der Energieverbrauchs- und Treibhausgasemissionsberechnungen Leitfragen zur Verfügung gestellt <a href="#">(siehe Hinweise 1 &amp; 2)*</a>.</p>	

\* siehe Ausführungen für Auszubildende



# ANHANG ZUM LERNMODUL „BERECHNUNG DES CO<sub>2</sub>-FUSS- ABDRUCKS NACH DIN EN 16258“

## LÖSUNGEN ZU DEN BERECHNUNGEN:

### LKW

#### 1) Ermittlung der Parameter für die Berechnung

Gutart:	Massengut
Lkw-Klasse:	Last-/Sattelzug 24-40t
Verbrauchswert:	0,027 l/tkm <i>(siehe Tabelle 2, Spalte „Ebene“, da keine nennenswerte Steigung auf der Strecke vorhanden ist)</i>
Transportentfernung:	430 km
Transportgewicht:	12 t

#### Berechnung Energieverbrauch

$$F \text{ [Liter]} = W \text{ [t]} \times D \text{ [km]} \times E \text{ [l/tkm]} = 12 \text{ t} \times 430 \text{ km} \times 0,027 \text{ l/tkm} = 139,32 \text{ l}$$

#### 2) Tank to Wheel-Energieverbrauch

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

#### Well to Wheel-Energieverbrauch

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

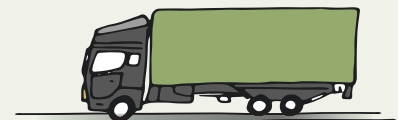
#### Tank to Wheel-Treibhausgasemissionen

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

#### Well to Wheel-Treibhausgasemissionen

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

- 3) Es handelt sich um den entfernungsbasierten Berechnungsansatz, da der konkrete Energieverbrauch nicht zur Verfügung steht.

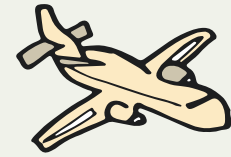


## FLUGZEUG

Die jeweiligen Energie- und Emissionsfaktoren sind in Tabelle 1 zu finden.  
Achtung: Die korrekte Einheit für den Kerosinverbrauch ist Kilogramm statt Liter.

### 4) Tank to Wheel-Energieverbrauch

Formel:  $E_T = F \times e_T$   
 $E_T = 117 \text{ kg} \times 44,1 \text{ MJ/kg} = 5.160 \text{ MJ}$



### Well to Wheel-Energieverbrauch

Formel:  $E_W = F \times e_W$   
 $E_W = 117 \text{ kg} \times 52,5 \text{ MJ/kg} = 6.143 \text{ MJ}$

### Tank to Wheel-Treibhausgasemissionen

Formel:  $G_T = F \times g_T$   
 $G_T = 117 \text{ kg} \times 3,18 \text{ kg CO}_2\text{e/kg} = 372 \text{ kg CO}_2\text{e}$

### Well to Wheel-Treibhausgasemissionen

Formel:  $G_W = F \times g_W$   
 $G_W = 117 \text{ kg} \times 3,88 \text{ kg CO}_2\text{e/kg} = 454 \text{ kg CO}_2\text{e}$

## GÜTERZUG

### 5) Tank to Wheel-Energieverbrauch

Formel:  $E_T = F \times e_T$   
 $E_T = 4.850 \text{ kWh} \times 3,6 \text{ MJ/kWh} = 17.460 \text{ MJ}$

### Well to Wheel-Energieverbrauch

Formel:  $E_W = F \times e_W$   
 $E_W = 4.850 \text{ kWh} \times 11,1 \text{ MJ/kWh} = 53.835 \text{ MJ}$

### Tank to Wheel-Treibhausgasemissionen

Formel:  $G_T = F \times g_T$   
 $G_T = 4.850 \text{ kWh} \times 0 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 0,0 \text{ kg CO}_2\text{e}$

### Well to Wheel-Treibhausgasemissionen

Formel:  $G_W = F \times g_W$   
 $G_W = 4.850 \text{ kWh} \times 0,574 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 2.784 \text{ kg CO}_2\text{e}$

### 6) Tank to Wheel-Energieverbrauch

Formel:  $E_T = F \times e_T$   
 $E_T = 4.850 \text{ kWh} \times 3,6 \text{ MJ/kWh} = 17.460 \text{ MJ}$

### Well to Wheel-Energieverbrauch

Formel:  $E_W = F \times e_W$   
 $E_W = 4.850 \text{ kWh} \times 4,0 \text{ MJ/kWh} = 19.400 \text{ MJ}$

### Tank to Wheel-Treibhausgasemissionen

Formel:  $G_T = F \times g_T$   
 $G_T = 4.850 \text{ kWh} \times 0 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 0,0 \text{ kg CO}_2\text{e}$

### Well to Wheel-Treibhausgasemissionen

Formel:  $G_W = F \times g_W$   
 $G_W = 4.850 \text{ kWh} \times 0,004 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 19,4 \text{ kg CO}_2\text{e}$



Es lässt sich erkennen, dass in Schweden die Well-to-Wheel Abschnitte weitaus geringere Werte aufweisen. Dies bedeutet, dass sich zwischen Deutschland und Schweden die Strombereitstellung deutlich unterscheidet, der Stromverbrauch jedoch nicht. Es würden bei gleichem Verbrauch (4850 kWh) in Schweden 34.435 MJ weniger für die Energiebereitstellung benötigt werden und 2764,5 kg weniger CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert werden. Die Begründung hierfür liegt darin, dass der Bahnstrom in Schweden ausschließlich mit Wasserkraft erzeugt wird.

## BIO-DIESEL 8) Tank to Wheel-Energieverbrauch

Formel:  $E_T = F \times e_T$

$$E_T = 207,89 \text{ l} \times 32,8 \text{ MJ/l} = 6.819 \text{ MJ}$$

### Well to Wheel-Energieverbrauch

Formel:  $E_W = F \times e_W$

$$E_W = 207,89 \text{ l} \times 68,5 \text{ MJ/l} = 14.240 \text{ MJ}$$

### Tank to Wheel-Treibhausgasemissionen

Formel:  $G_T = F \times g_T$

$$G_T = 207,89 \text{ l} \times 0 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 0 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

### Well to Wheel-Treibhausgasemissionen

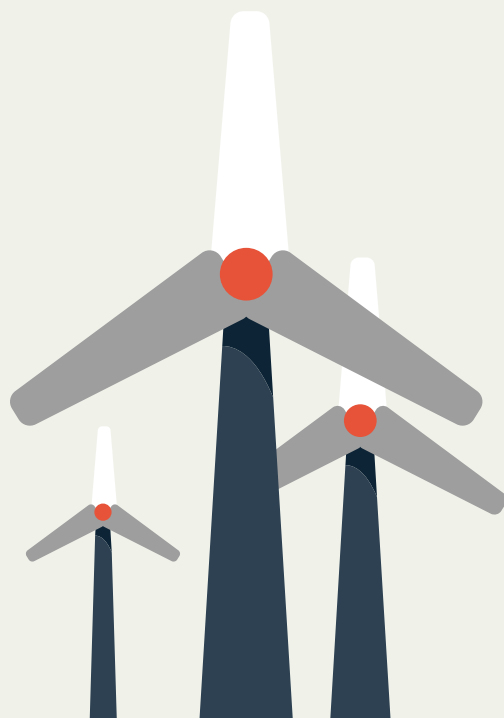
Formel:  $G_W = F \times g_W$

$$G_W = 207,89 \text{ l} \times 1,92 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 399 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

9)	Diesel aus Deutschland	Biodiesel	Kommentar
$E_T$	6.819 MJ	6.819 MJ	Gleichgeblieben: 1 Liter Biodiesel ersetzt ca. 0,92 Liter Diesel > bei etwas höherem Literverbrauch ergibt sich somit, für die gleiche Strecke unter gleichen Bedingungen, die gleiche Menge an verbrauchter Energie.
$E_W$	8.480 MJ	14.240 MJ	Viel höherer Energieverbrauch beim Biodiesel: Da die Energiebereitstellung eingerechnet wird und die Herstellung von Biodiesel mehr Energie benötigt. Dies lässt bereits der Energiefaktor in Tabelle 1 erkennen.
$G_T$	476 kg CO <sub>2</sub> e	0 kg CO <sub>2</sub> e	Auf 0 gesunken beim Biodiesel: Da bei der Energieumwandlung keine CO <sub>2</sub> -Äquivalente emittiert werden.
$G_W$	602 kg CO <sub>2</sub> e	399 kg CO <sub>2</sub> e	Um 44 % reduziert auf 399 kg beim Biodiesel: Da beim Well-to-Wheel-Abschnitt die Energiebereitstellung hinzuge-rechnet wird, die auch beim Biodiesel CO <sub>2</sub> -Äquivalente ausstößt.

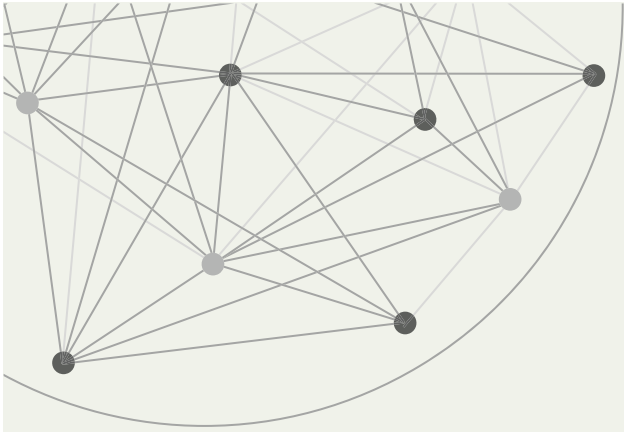
## 10) offene Aufgabenstellung;


- > mögliche Argumente:
- bessere CO<sub>2</sub>-Bilanz beim Verbrauch (Vorteil)
  - erhebliche Landflächennutzung inklusive des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln (Nachteil)



# ÜBERSICHT ÜBER DAS LERNMODUL „DAS NATÜRLICHE QUARTETT“

<b>Zuordnung zur Ausbildungsordnung:</b>	Umweltschutz
<b>Thema:</b>	CO <sub>2</sub> - und Wasser-Fußabdruck
<b>Lernaufgabentyp:</b>	Verknüpfungslernaufgabe
<b>Lernorte:</b>	Betriebs- bzw. Lernraum
<b>Sozialformen:</b>	Partner- bzw. Gruppenarbeit
<b>Angestrebte Kompetenzförderung:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Die Auszubildenden beschreiben die Konzepte des CO<sub>2</sub>- sowie des Wasser-Fußabdrucks zur Darstellung von ökologischen Auswirkungen des privaten und betrieblichen Handelns anhand von Beispielen.</li><li>- Die Auszubildenden reflektieren ökologische Auswirkungen des privaten und betrieblichen Handelns mit Hilfe der Konzepte CO<sub>2</sub>- und Wasser-Fußabdruck.</li></ul>
<b>Kurzbeschreibung und Einordnung:</b>	<p>Die Auszubildenden eignen sich zunächst die Spielregeln eines Quartettspiels zum CO<sub>2</sub>- und Wasser-Fußabdruck an und lernen dabei das Konzept „Virtuelles Wasser“ kennen. Anschließend spielen sie in Partner- oder Gruppenarbeit (zwei bis max. fünf Spieler) das Spiel „Das natürliche Quartett“. Dabei setzen sich die Auszubildenden auf spielerische Art mit den Konzepten CO<sub>2</sub>- und Wasser-Fußabdruck auseinander und stellen mit Hilfe alltäglicher Produkt- und Dienstleistungs-Beispielen Verknüpfungen zwischen den Konzepten und ihrer privaten und beruflichen Lebenswelt her. Abschließend erstellen sich die Auszubildenden ein persönliches „Lexikon“, in dem sie relevante Begriffe festhalten und mit Beispielen aus dem Quartett und der eigenen Lebenswelt beschreiben.</p> <p>Dieses Modul stellt anhand von Beispielen die Konzepte CO<sub>2</sub>- und Wasser-Fußabdruck in den Mittelpunkt und dient der spielerischen Reflexion ökologischer Auswirkungen des privaten und betrieblichen Handelns.</p>
<b>Inhalte und Aufgaben:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Spielerische Auseinandersetzung mit den Konzepten CO<sub>2</sub>- und Wasser-Fußabdruck</li><li>- Erstellung eines eigenen Lexikons zu relevanten Begrifflichkeiten der Konzepte CO<sub>2</sub>- und Wasser-Fußabdruck</li><li>- Spielerische Reflexion ökologischer Auswirkungen des privaten und betrieblichen Handelns</li></ul>
<b>Benötigte Materialien:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- PC mit Internetzugang</li><li>- Scheren</li></ul>

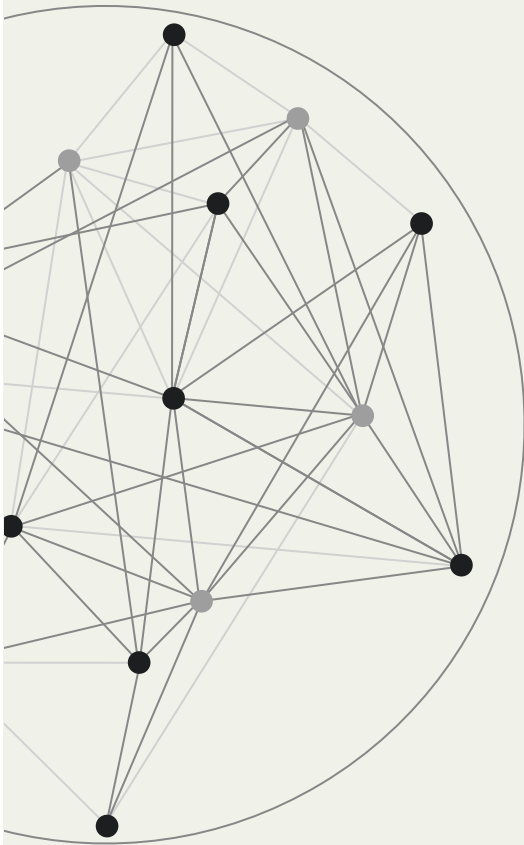


LERN- PHASEN	HANDLUNGSABLAUF DER LERNENDEN	ERLÄUTERUNGEN ZU LERNFORMEN UND -TECHNIKEN	ERLÄUTERUNGEN ZU MEDIEN
 <b>IN ALLEN LERNPHASEN BIETET ES SICH AN, IN PARTNER- BZW. GRUPPENARBEIT ZU LERNEN</b>			
<b>EINSTIEGSPHASE</b>	<p>Bevor die Auszubildenden anfangen das Quartett zu spielen, ist es wichtig, dass sie sich gemeinsam die Spielanleitung durchlesen, um mögliche Rückfragen im Vorfeld gemeinsam klären zu können.</p> <p>Außerdem ist von den Auszubildenden im Vorfeld festzulegen, wie lange sie Zeit haben das Quartett zu spielen. Um die Dauer des Spiels anzupassen, bietet die Spielanleitung verschiedene Variationsmöglichkeiten an.</p>	<p>Den Auszubildenden werden Erläuterungen zum Spielablauf gegeben, die in der Spielanleitung zu finden sind <u>(siehe Hinweis 1)*</u>.</p>	<p>Es bietet sich an, den Auszubildenden einen PC mit Internetzugang bereitzustellen, damit sie Antworten auf mögliche Fragen recherchieren können.</p>
<b>ERARBEITUNGSPHASE</b>	<p>Die Auszubildenden spielen das Quartett.</p>	<p>Die Auszubildenden werden beim Spielen des Quartetts mit Begrifflichkeiten der beiden Konzepte CO<sub>2</sub>- und Wasser-Fußabdruck konfrontiert. Dabei werden sie mithilfe von Testfragen zum einen dazu aufgefordert, die Hintergründe der Konzepte zu erklären. Zum anderen sollen sie individuelle Alltagshandlungen (z. B. durchschnittlicher Verzehr von Pizza oder CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines Kurzstreckenflugs) abschätzen. In diesem Prozess können die Auszubildenden ihre individuellen Konsumgewohnheiten reflektieren.</p>	
<b>REFLEXIONSPHASE</b>	<p>Nachdem die Auszubildenden das Quartett gespielt haben, halten sie die kennengelernten Begrifflichkeiten und besprochenen Beispiele aus dem Quartett individuell in Form eines Lexikons fest.</p>	<p>Den Auszubildenden werden Leitfragen zur Erstellung ihrer Lexika zu Verfügung gestellt <u>(siehe Hinweis 2)*</u>.</p>	<p>Es bietet sich an, den Auszubildenden einen PC mit Internetzugang bereitzustellen, damit sie ihr Lexikon in elektronischer Form erstellen können, um zukünftige Ergänzungen oder Korrekturen vornehmen zu können.</p>

\* siehe Ausführungen für Auszubildende



Abbildung: Das natürliche Quartett



## 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>