

# ORANGEN

***Ein Life-Cycle-Assessment  
für Interessierte***

**Entwickelt im Rahmen des Projektes**



**[www.lca-meets-efs.net](http://www.lca-meets-efs.net)**



**Liebe SchülerInnen, Auszubildende, Studierende, KollegInnen und Interessierte,**

mit dieser Handreichung möchten wir Ihnen das LCA Lernangebot zum Thema „Kuhmilch und seine pflanzlichen Alternativen“ vorstellen.

Mit der Agenda 2030 wird nachhaltige Entwicklung verstärkt in den Fokus gerückt und um neue Konzepte und Strategien erweitert. Prozesse in Alltag, Technik und Industrie sollen hin zu nachhaltiger Praxis transformiert werden. Dieses zu bewerten, ist aber keine leichte Aufgabe. In den vergangenen Jahrzehnten sind hierzu allerdings Techniken entwickelt worden, die man, wenn sie alle relevanten Auswirkungen eines Prozesses oder Produkts in die Betrachtung einbezieht, als Life Cycle Assessment (LCA) bezeichnet. Zentral für die Transformation unserer heutigen Welt im Sinne nachhaltiger Entwicklung ist die Chemie und die mit ihr verbundenen und auf ihr aufbauenden Wissenschaften und Wirtschaftsbereiche. Auch die Chemie muss sich nachhaltiger aufstellen; dies geschieht durch das Konzept der Green Chemistry (auch Nachhaltige Chemie). Da bereits in der Agenda 21 dargelegt wurde, wie wichtig Bildung für die nachhaltige Entwicklung unserer Gesellschaft ist, findet auch in der Chemie ein Umdenken statt und ein neuer Bereich in der chemiebezogenen Bildung wird in vielen Ländern zunehmend implementiert: Green Chemistry Education (GCE).

Zur GCE gehört das Wissen um eine veränderte Sicht der Chemie etwa im Bereich der chemischen Synthese und Produktion in Forschung und Industrie. Damit eng verbunden sind auch Kompetenzen in der umweltgerechten, rechtskonformen und sicherheitstechnischen Behandlung von Chemikalien und chemischen Produktionsprozessen. Bislang sind Bewertungsstrategien im Zusammenhang der Nachhaltigen Chemie, etwa das LCA, aber kaum Gegenstand der GCE. Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Implementation einer digitalen Lernumgebung über Bewertungsstrategien und -methoden für den Umgang mit Chemikalien und chemierelevanten Prozessen. Dies betrifft sowohl das LCA als auch eingebundene Methoden, wie beispielsweise den CO<sub>2</sub>- oder Wasserfußabdruck.

Eine Internetpräsenz [www.lca-meets-efs.net](http://www.lca-meets-efs.net) führt auf verschiedenen Niveaus in die Thematik ein. Sie stellt zentrale Konzepte und Methoden vor und erläutert dies an Beispielen.

Im Folgenden werden Ihnen kurz das Schülerlabor „*Life Cycle Assessment meets Education for Sustainability*“ kurz *LCA-meets-EfS*, die Gestaltung des Schülerlaborangebotes und sicherheitsrelevante Aspekte zum Verhalten im Labor für den Praxisanteil erläutert. Wir würden uns über einen Besuch im Schülerlabor sehr freuen,

das Projektteam des Schülerlabors „FreiEx“ an der Universität Bremen

## I. Das Schülerlabor „FreiEx“ in der Chemiedidaktik der Uni Bremen

Ein Schülerlabor ist eine nicht-schulische Lernumgebung, die ein vorstrukturiertes Lernangebot umfasst. Das Besondere an einem Schülerlabor ist die Ergänzung von schulischem und außerschulischem Lernen und die Abstimmung auf die spezifischen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler. Dies impliziert eine didaktische Gestaltung des Lernangebotes.

Das Schülerlaborangebot ist so gestaltet, dass es an verschiedene Lerngruppen flexibel angepasst werden kann und zudem ein hohes Maß an innerer Differenzierung aufweist. Die digitalen Unterrichts- und Informationselemente, Experimentieranleitungen und Ergänzungsmaterialien sollen Schülerinnen und Schüler herausfordern, über Themen der Nachhaltigkeitsdebatte zu lernen und sich in entsprechenden Themenbereichen orientieren zu können. Zielgruppen dieser Schülerlaborangebote sind schulische und außerschulische Lerngruppen, Auszubildende sowie Studierende der naturwissenschaftlich-technischen Fachrichtungen.

## II. Das LCA-Material für Lehrkörper und Anwender

Ausgehend von aktuellen Fragen der Klima- und Nachhaltigkeitsdebatte soll diese Handreichung zum LCA-Lernangebot „ORANGEN“ eine Einführung in die komplexe Thematik des Life Cycle Assessment bieten. Das Modul kann sowohl komplett oder aber nur in ausgewählten Teilthemen bearbeitet werden. Geeignet ist das Material für Lernende ab der Sekundarstufe 9/10 der allgemeinbildenden und beruflichen Schulen und des Hochschulbereichs.

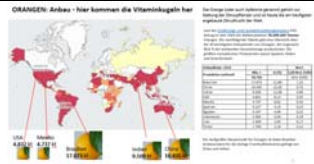

**Für Lehrkräfte/Ausbilder/Dozenten/Kursleiter enthält das Lernangebot folgende Unterlagen und Materialien bereit:**

- Lehrerinformation LCA-Lernangebot „ORANGEN“
- Verlaufspläne zur Lerneinheit mit Vorschlägen zum Einstieg, zur Durchführung und zur Erkenntnissicherung mit Lösungen und Zeitangaben
- Materialien:       Arbeitsblätter (Fakten-Check, Endpunkte komprimiert, Argumentationsblatt)  
                          Druckvorlagen (Weltkarte, Wertschöpfungskette)  
                          Versuchsbeschreibungen – wenn es Praxisanteile zum Set gibt  
                          DATA-SETS zur kalkulatorischen Bearbeitung via Excel, Numbers und Sankey
- Argumentationshilfen und Hintergrundinformationen zu den relevanten Endpunkten
- Liste zu Datenquellen, Medienangeboten, weiterführender Literatur, Bestelladressen

Die Arbeitsblätter AB 1-3 (1-4) mit den beiden Druckvorlagen und das DATA-SET sollen die Lernenden bei der Erschließung der Faktenlage zu ihrem Produkt bzw. betrachteten Endpunkt anleiten und unterstützen. Selbstverständlich sind die SuS / Studierenden in der Gestaltung ihrer analogen oder digitalen MindMaps frei. Jedes Gruppenmitglied kann so seine individuellen Stärken - sei es analytisch, organisatorisch, gestalterisch, sprachlich - in die Gruppenarbeit einbringen. Eine Binnendifferenzierung ist im schulischen Kontext möglich.

Nachhaltigkeit ist wichtig - aber selten einfach. Mit dem Modulangebot „ORANGEN“ können die LCA-relevanten Endpunkte Flächenverbrauch, virtuelles Wasser für die Produktion dieser Vitaminbomben selbst sowie der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck (in Form der Primärenergie Faktoren, PEF) unter dem Aspekt des Welthandels mit globalem Transport niedrigschwellig und ausführlich erschlossen werden. Auf die Emissionsbetrachtung der GHGs wurde in diesem Modulangebot „ORANGEN“ aufgrund der Komplexität bewusst verzichtet. Bei Interesse bitte das Modulangebot „ORANGENSAFT“ verwenden.

## Verlaufsplan ORANGEN mit den Teilthemen 1-3

PHASE	TEILTHEMA	MATERIAL	DAUER
<b>Einstieg</b>	Die Palette der Zitrusfrüchte – Sorten, Geschmack, Inhaltsstoffe → Fokus Orange	Umfrage 1	10 min
Videoclip	SWR, 8.1.2019 <a href="https://www.youtube.com/watch?v=6wb8rdZ1G7c">https://www.youtube.com/watch?v=6wb8rdZ1G7c</a>		10 min
INFO	Orangenproduktion, Wasserhandel und Wasserfußabdruck, Master-Thesis N. Hönecke	PREZI	20 min
Verkostung	Orangen aus verschiedenen Ländern probieren: Testkriterien festlegen, Bewertung	Umfrage 2	10 min
<b>Praxis</b>	Labor: Anteil Schale/Fruchtfleisch/Saft, Vitamin C, Limonen (BA E. Schick)	Versuchs-anleitung	60 min
<b>Gruppenarbeit</b>	<b>Einteilung der 5 Arbeitsgruppen mit 4-6 Teilnehmern</b>		
	<b>Teil 1 Erzeugerländer, Handel und Transport</b>		
PRODUKTION	Weltkarte: Anhand der Excel-Tabellen ermittelt jede Gruppe die Haupterzeugerländer und trägt die Daten in die Weltkarte ein.	Recherche	20 min
Info: Anbauregionen im Vergleich		AB 1 +Tabellen	20 min
	ORANGEN: Transport - wie kommen die Vitaminkugeln zu uns	AB 2	15 min
	<b>Teil 2 Flächenverbrauch</b>		
Info: Anbauregionen im Vergleich		AB 1 +Tabellen	15 min
Videoclip	FFC Fresh Fruit Company GmbH, Hamburg <a href="https://freshfc.de/aktuell-im-angebot/lieferanten/afrika/">https://freshfc.de/aktuell-im-angebot/lieferanten/afrika/</a>		10 min
	ORANGEN: Flächenverbrauch in den Erzeugerländern - wie viel Fläche benötigen Orangenplantagen und wie hoch ist der Ertrag?	AB 2	10 min
	<b>Teil 3 Virtuelles Wasser &amp; Wasserfußabdruck</b>		
Fakten-Check	ORANGEN: Wie werden Orangen produziert und welche Bedingungen herrschen in den Anbauländern Brasilien, Israel, Südafrika und Spanien?	AB 1	15 min
Info	Wasserfußabdruck der Anbauregionen im Vergleich	AB 2 +Tabellen	15 min
Zusatz-Info	Düngemittel, Pestizide und Arbeitssituation der Pflücker auf den Plantagen	AB 3	5 min
<b>ERGEBNISSE</b>	Zahlentabellen ausfüllen, Bewertungen in die Übersicht eintragen	AB 3	15 min
<b>FAZIT</b>	<b>Gruppendiskussion / Expertenrunde / Gruppenpuzzle</b>		<b>30 min</b>

**Zum Einstieg** soll/kann sich die Lerngruppe durch Umfragen, Impulsfilm, PREZI etc. in das Thema „ORANGEN“ nähern. Vorschläge zu geeigneten Forschungsfragen sind auf den Verlaufsplänen 1-3 notiert. Praktische Betätigung im Labor oder Verkostungen erwecken Neugier und machen Spaß. Mit der Einteilung in Gruppen und der Ausgabe der Materialien bzw. Zustellung von Links auf der Website erhält jede Gruppe Zugriff auf die dort hinterlegten Arbeitsordner. **(Zeitbedarf 1 Doppelstunde)**

**Gruppenarbeit** In den Ordnern sind die relevanten Arbeitsblätter (AB) zu den in diesem Modulangebot „ORANGEN“ aufbereiteten Teilthemen und die komprimierte Datensammlung zu finden. Die Teilthemen in so gestaltet, dass sowohl die Gruppenbearbeitung eines Teilthemas selbst erfolgen oder aber – falls es zu schwer ist – innerhalb eines Teilthemas nur ein Erzeugerland je Gruppe betrachtet werden kann. Zur Auswahl stehen die Erzeugerländer Brasilien, Israel, Südafrika und Spanien. Wie viele und welche Länder bearbeitet werden, ist abhängig von der individuellen Größe und dem Interesse der Lerngruppe.

**AB 1 ist ein FAKTEN CHECK.** Eine Headline mit Forschungsfrage/n leitet zum Text über. Dieser enthält in komprimierter Form die wichtigsten Informationen zum betrachteten Produkt/Endpunkt.

Die Fakten-Checks enthalten komprimierte Angaben zu Inhaltsstoffen, Anbaugebieten und -bedingungen. Die Lernenden können/sollen die **Ergebnisse ihrer Recherchen** für die abschließende Gruppendiskussion aufbereiten. Eine **Druckvorlage „Weltkarte“** soll mit den ermittelten Produktionsländern und -daten bestückt werden (als .pdf).

**ORANGEN - Teil 3 Virtuelles Wasser und Wasserfußabdruck**

**AB 1 FAKTEN CHECK ORANGEN**

Zitrusfrüchte sind Vitaminbomben. Das Glas Orangensaft hat einen festen Platz auf dem Frühstückstisch. Besonders in den Wintermonaten ist das Angebot in unseren Supermärkten sehr groß und vielfältig. Wie und wo werden Orangen angebaut. Wie sind dort die Anbaubedingungen für Orangen und wie hoch der Wasserbedarf? Zitrusfrüchte werden hauptsächlich in subtropischen Klimazonen angebaut, in der nördlichen Hemisphäre vom 22. bis 40. auf der südlichen Halbkugel vom 22. bis 30. Breitengrad. Die jährliche Produktion von Zitrusfrüchten insgesamt beträgt 130 Millionen Tonnen. Etwas die 55 Millionen Tonnen entfallen davon auf die Orangenproduktion. 45 Millionen Tonnen verteilen sich auf Mandarinen, Zitronen, Limetten und Pampelmusen.

**ORANGEN: Anbauregionen weltweit**

**AUFGABEN:**

- Sammelt weitere Informationen. Der Einstieg geht zum Beispiel gut über [WIKIPEDIA: Zitrusfrüchte/wikipedia.org/wiki/Zitrusfrucht](#)
- In welchen Ländern werden Orangen produziert?
- Wie hoch ist die Produktionsmenge in Tonnen? Macht die Weltkarte
- Beschreibt die Anbaubedingungen. Werden Düngemittel und/oder Pflanzenschutzmittel eingesetzt?

**Wichtigste Lieferanten von Zitrusfrüchten in Deutschland nach der Importmenge (in 1.000 Tonnen)**

Jahr	Spanien	Südafrika
2012	~1000	~1000
2013	~1000	~1000
2014	~1000	~1000
2015	~1000	~1000
2016	~1000	~1000

In den Wintermonaten zwischen November und Mai werden Orangen aus der Mittelmeerregion nach Deutschland importiert. Zwischen Juni und Oktober stammen die Orangen aus Südafrika. Aus Brasilien werden überwiegend Orangensaftkonzentrate importiert.

In Produktions-Fließbildern soll eine „Wertschöpfungskette“ zur Rohstoff-, Wasser-, Energie- und Stoffstromanalyse sowie die prozessrelevanten Parameter „Energiebedarf, Frisch- & Abwasserströme, Zuschlagstoffe, Erträge, Entsorgung, Transport, Emissionen“ dargestellt werden.

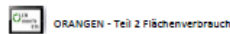
Die **Druckvorlage „Wertschöpfungskette“** (ebenfalls als .pdf) enthält vorbereitete Buttons mit Ausgangsstoff, möglichen Arbeitsschritten bis hin zum Kunden. Erweiterbar/optional ist die End-of-Life Betrachtung der Verpackung zu ergänzen.



**AB 2 ist das DATENBLATT.** Die für die Durchführung einer einfachen LCA-Betrachtung nötigen Informationen (mit Flächen-, Wasser- und CO<sub>2</sub>-Bedarfen bzw. Freisetzungen) sind in tabellarischer als auch graphischer Darstellung aufbereitet.

Die dazu erstellten Data-Sets fokussieren zunächst die vier wichtigsten Produktionsländer mit den jeweiligen Anbaubedingungen und die Distribution. Die benötigten Daten wurden aus den Datenbanken ecoinvent, simapro, ESU – Sense sowie faostat ermittelt. Ziel ist es, diese geeigneten Daten sinnvoll so zu harmonisieren, dass sie von Lerngruppen erfolgreich umgerechnet und grafisch aufbereitet werden können, um eine Basis für die Bewertung und Diskussion der hier betrachteten LCA-Endpunkte [Flächenverbrauch, virtuelles Wasser und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck (als PEF)] des Transports darzustellen.

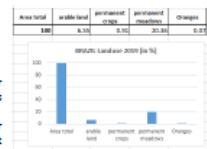
Ein zusammenfassendes Arbeitsblatt **AB 2** für die vier in diesem Set zu betrachtenden Produktionsländer ist Teil der Unterlagen.



**AB 2 DATENBLATT** Kenndaten zum Flächenverbrauch

In den Erzeugerländern benötigen die Orangenplantagen Flächen, die in der Tabelle angegeben sind. Die Bezugsgröße für eine landwirtschaftlich genutzte Fläche ist Hektar [ha]. 1 ha sind 10.000 m<sup>2</sup> (zum Vergleich: 1 Fußballfeld hat eine Fläche von 7140 m<sup>2</sup>).

Land Country	Bezugsgröße Allocation	Landeshae im [1.000 ha]				
		Landflaeche Area total	Ackerland arable land	Dauerhafter permanent crops	Weideland permanent meadows	Orangens
Brazil	in [ha]	854577	55762	7736	173361	590
	in [%]	6,53	0,53	0,91	20,36	0,07
China	in [ha]	959896	139513	16206	392834	567
	in [%]	12,45	1,69	1,69	40,93	0,06
India	in [ha]	328726	156416	13000	10256	654
	in [%]	47,58	3,95	5,12	0,25	
USA	in [ha]	982668	137737	2700	243374	206
	in [%]	16,05	0,27	24,47	0,23	
Spain	in [ha]	50597	11804	4886	2413	140
	in [%]	23,49	9,86	18,80	0,28	
Israel	in [ha]	2238	364	300	340	4
	in [%]	17,16	4,47	6,26	0,18	
Italy	in [ha]	30134	6723	2437	3245	82
	in [%]	22,51	8,09	10,77	0,27	
Mexico	in [ha]	197255	25905	2707	80279	330
	in [%]	32,12	1,37	40,70	0,17	
South Africa	in [ha]	122104	12000	432	83928	39
	in [%]	9,83	0,33	68,74	0,05	

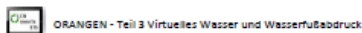
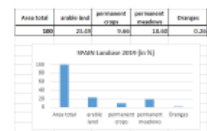


**AUFGABEN:**

1. Sichtet die Daten zur Landwirtschaft und Produktion der Erzeugerländer. Wertet sie grafisch aus. Nutzt dazu das DATEN SET in Excel oder Numbers.
2. Das Verhältnis landwirtschaftlich nutzbaren Fläche zur Gesamtlandfläche beträgt im Mittel etwa 1:2. Worin liegt das? Nutze dazu die Weltkarte und Google Maps.

Schaut via Google Earth und beschreib die Anbaubereiche

1. ...Sao Carlos in Brasilien
2. ...rund um Almeria und Valencia in Spanien
3. ...Addo nahe Port Elizabeth in Südafrika
4. ...Heifa in Israel



**AB 4 GRUPPENDISKUSSION - EXPERTENRUNDE**

**ORANGEN: Wasserfußabdruck in Brasilien**

In deutschen Haushalten haben Orangen in den Wintermonaten einen festen Platz. Wo kommen sie her? Wie wirkt sich Anbau von Orangen auf die allgemeine Wasserversorgung in den Anbauländern aus? Mit geeigneten Bewässerungstechniken ließe sich die benötigte Wassermenge je Kilogramm Frucht erheblich senken. Warum wird die Technik nicht überall eingesetzt?

Brazil		2016-2022
Agricultural water withdrawal (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year)	(2016)	23,94
Industrial water withdrawal (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year or 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /day)	(2016)	10,59
Municipal water withdrawal (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year or 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /day)	(2016)	10,00
Total water withdrawal (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /yr)	(2016)	64,59
Irrigation water withdrawal (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /yr)	(2016)	52,45
Irrigation water requirement (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year)	(2016)	15,31
Agricultural water withdrawal as % of total water withdrawal (%)	(2016)	58,14
Industrial water withdrawal as % of total water withdrawal (%)	(2016)	15,94
Municipal water withdrawal as % of total withdrawal (%)	(2016)	26,1
Total water withdrawal per capita (m <sup>3</sup> /year per inhabitant)	(2016)	309,4
Environmental Flow Requirements (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year)	(2016)	4,105

Brasilien ist das weltweit wichtigste Anbauland für Orangen.  
158.000 ha der Landfläche Brasiliens entfallen auf Zitrus-Plantagen. Davon müssen 4% dauerhaft bewässert werden.  
In der Übersichtstabelle sind die Wasserbedarfe für den Zeitraum 2018 bis 2022 in der Landwirtschaft dargestellt.

Übersicht der Argumente pro / kontra Anbau von Orangen in Brasilien	
<b>ökonomische Gründe</b>	
Fläche	Regierung gibt Land zur Rodung frei, hoher Düngereinsatz
Klima	Rufteeiswasserung nicht effektiv, aber genug Regenwasser, warm
Arbeitskräfte	Saisonarbeiter sind billig, Kinderarbeit, kaum Arbeitsschutz
sonstiges	70 % der Produktion geht in die Weltmarkenverarbeitung zu Orangensaft Ware muss gekühlt gelagert werden
<b>ökologische Gründe</b>	
Fläche	Brennrodung und Abholzung der Regenwälder, Boden nährstoffarm
Klima	Viele Schädlinge, daher hoher Pestizideinsatz
Wasserverbrauch	bis zu 475 Liter pro kg Produkt
sonstiges	Schlangen, Skorpionen etc. sind eine Gefahr für die Pflücker
<b>Gesundheit</b>	
	Hoher Eigenbedarf Vitamin C

Diskutiert die Gruppenergebnisse:

- Vergleiche die klimatischen und geologischen Anbaubedingungen in den Ländern im Hinblick auf den Ertrag.
- Vergleiche die Wasserfußabdrücke.
- Vergleiche die Arbeitsbedingungen.

Quelle: <https://www.fao.org/aquastat/statistics/aquastat/results.html>

Das dritte **Arbeitsblatt AB 3** bildet die Grundlage für die abschließende Präsentation und Gruppendiskussion. Auf ihm werden zu den Bewertungskriterien „Ökologische & ökonomische, gesundheitliche Gründe“ Fakten tabellarisch festgehalten. Dies soll als Hilfestellung zur vergleichenden Bewertung und Einordnung der relevanten Produktionsdaten sein.

Mit der abschließenden **Präsentation der Ergebnisse** (via Keynote, Powerpoint, Padlet oder als Poster) und **Diskussion** (als Gruppenpuzzle / Podiumsdiskussion / Expertenrunde) gelingt die Vermittlung der Resultate aus den einzelnen Gruppenarbeiten hin zur gesamten Lerngruppe. Die Argumentationshilfe AB 3 kann in einer Expertenrunde die pros & cons zum jeweiligen Produktionsland liefern. (Zeitbedarf mindestens 2 Doppelstunden).

### III. Das LCA relevante Begriffe

In diesem LCA-Set werden die Endpunkte Fläche, CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und Wassergebrauch verwendet:

**Endpunkt Flächenverbrauch:** Die Betrachtung der Ausbeuten bzw. erwirtschafteten Erträge je Hektar gibt Aufschluss über die Effektivität eines Erzeugerlandes. In diesem Modulangebot „ORANGEN“ soll zwischen den Anbaubedingungen in den vier betrachteten Anbauländern unterschieden werden. Die Lernenden müssen wählen, welches Land maßgebliche Produktionszahlen aufweist und warum. Die Bodenqualität, die klimatischen und geologischen Begebenheiten vor Ort sind entscheidend für die Höhe der Ernteerträge. Aber auch Bewässerungs-, Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen sowie der Einsatz von GVO haben erheblichen Einfluss auf die Ertragsleistung. Diese verursachen Überdüngung und Versauerung des landwirtschaftlich genutzten Bodens bis hin zum Verlust der Artenvielfalt, etwa durch Rodung tropischer Regenwälder. Die Nahrungsmittelproduktion steht zudem in Konkurrenz zu anderen Formen der Landnutzung wie der landwirtschaftlichen Energieproduktion oder dem Erhalt von Naturflächen.

**Endpunkt CO<sub>2</sub>-Fußabdruck:** Ist die Menge einer bestimmten Substanz bekannt, die zum Beispiel in die Luft emittiert wird und welche Auswirkung diese Substanz in der Umwelt hat, kann ihr Klimapotenzial berechnet werden. Beispielsweise weiß man, dass Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Methan (CH<sub>4</sub>) zum Klimawandel beitragen – allerdings in unterschiedlichem Ausmaß. Das Klimawandelpotenzial von Methan (CH<sub>4</sub>) ist ca. 24mal stärker ausgeprägt als das von Kohlendioxid. Diese Unterschiede werden in Form von Substanz-spezifischen Schadensfaktoren berücksichtigt. Nachfolgend ist das Prinzip an einem einfachen Beispiel gezeigt: Lebenszyklusinventar

CO <sub>2</sub> , fossil → 1,00 kg	CH <sub>4</sub> , fossil → 1,00 kg	
CO <sub>2</sub> , fossil → 1	CH <sub>4</sub> , fossil → 24	<b>Schadensfaktoren in Bezug auf Klimawandel</b>
Ermittlung des Klimawandelpotenzials bezogen auf CO <sub>2</sub>		
1,00 kg CO <sub>2</sub> , fossil x Schadensfaktor 1 = 1,0 kg CO <sub>2</sub> Äquivalente		
1,00 kg CH <sub>4</sub> , fossil x Schadensfaktor 24 = 24,0 kg CO <sub>2</sub> Äquivalente		
Σ = 25,00 kg CO <sub>2</sub> Äquivalente		

Umfangreichere Auswertungen werden üblicherweise mit entsprechender Software durchgeführt, in der beispielsweise die Schadenfaktoren für verschiedene Impact Kategorien hinterlegt sind.

In Anbetracht der Komplexität der Emissionsberechnung mit ihren abstrakten Normierungen beschränkt sich die CO<sub>2</sub>-Emissionsbetrachtung in diesem Modulangebot „ORANGEN“ auf den Transport der Ware. Eingeführt wird der Begriff Primärenergiefaktor (PEF), der sich aus den Energiequellen fossil, nuklear, regenerativ und biogen zusammensetzt. Durch Faktorierung werden die Quellen unterschiedlich gewichtet. Je nach Distanz zwischen Export- und Zielhafen und gewählter Transportart ergeben sich CO<sub>2</sub>-Belastungen, die die SuS bewerten und diskutieren können.

Für eine vertiefende Emissionsbewertung kann das Angebots- und Erweiterungsmodul „ORANGENSAFT“ herangezogen werden.

**Endpunkt Wasser-Fußabdruck - virtuelles Wasser (Wasserverfügbarkeit):** Wasser, insbesondere sauberes Trinkwasser, wird weltweit vermehrt als knappes und wertvolles Gut wahrgenommen. Wasser wird aber auch in großen Mengen bei der Herstellung von Produkten gebraucht. Der

Wasserfußabdruck (Water Footprint) berücksichtigt in erster Linie nur die gebrauchte Menge an Wasser, wobei zwischen

- Oberflächen- und Grundwasser (blue water)
- Regenwasser (green water)
- verschmutztem Wasser (grey water)

unterschieden werden muss. Für die Zitrusplantagen sind sehr hohe Wasserbedarfe zu verzeichnen. Ein Orangenbaum beispielsweise benötigt in der Hauptwachstumsphase 150 L pro Tag. Die Erträge in den Erzeugerländern spiegeln den Stand der Bewässerungstechniken wider. In Brasilien werden die Pflanzgräben in den Plantagen häufig geflutet. Dadurch kommt es zu Verdunstungsraten von 70 %! In Israel hingegen wird das Wasser durch Tropftechnik punktuell und verdunstungsarm verabreicht. So gelingt der Anbau dieser wasserintensiven Frucht sogar im Wüstenklima.

Der Orangen-Anbau wird durch eine große Anzahl von Schädlingen, Unkräutern und echtem Mehltau limitiert, dem nur durch massiven Einsatz von Pestiziden (vor allem Herbizide und Fungizide) begegnet werden kann, was die Bodenqualität senkt und besonders den Anteil an „grauem“ Wasser erhöht. Eine nachgeschaltete Wasseraufbereitung erfolgt in den Anbaugebieten vor allem in Brasilien oft nicht oder nur unzureichend.

**Die Energieeinträge** zur Produktion von Kuhmilch & pflanzlichen Alternativen umfasst eine umfangreiche Datensichtung. Voraussetzung dafür ist ein geeigneter alternativer bzw. vergleichender Prozess, um die ermittelten Ergebnisse zu verstehen und bewerten zu können. Hierzu wurden vor allem die von den Autoren Poore und Nemecek 2018 in Science veröffentlichten Datensätze herangezogen.

Der Transport von Gütern und die Gestaltung des Individualverkehrs steht aktuell im Mittelpunkt zahlreicher Diskussionen zum Umfang und der Art nachhaltiger Verkehrsplanung und Antriebstechnologie. Der globale Rohstoff- und Warenhandel ist hauptsächlich fossil basiert. Die Umrechnung der Transportkilometer je Tonne Ware verteilt sich auf die vier Transporttypen Flugzeug, Frachter, Schiene und LKW. Hierzu wurden vor allem die Daten der Schweizer ESU und von Statista herangezogen.



## IV. Hinweise und Literatur zum fachlichen Hintergrund

Im Folgenden finden Sie Hinweise, fachliche Hintergründe und Links.

### Aufsätze / Fachbeiträge

- Poore, J. & Nemecek, T. (2018) *Reducing food's environmental impacts through producers and consumers* in Science Vol. 360, 6392. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aag0216>
- Studien des Water Footprint Network <https://waterfootprint.org> und
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2010) *The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products*, Value of Water Research Report Series No.48, UNESCO-IHE. Main Report Volume 1 and Appendices Volume 2 & unter <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/product-water-footprint/water-footprint-crop-and-animal-products/>
- Ribal, J. et al. (2017) *Organic versus conventional citrus. Impact assessment and variability analysis in the Comunitat Valenciana (Spain)*. Int J Life Cycle Assess (2017) 22:571–586 DOI 10.1007/s11367-016-1048-2
- Stolz, P. & Frischknecht, R. (2017) *Umweltkennwerte und Primärenergiefaktoren von Transportsystemen*. KBOB-Ökobilanzdatenbestand v.2.2:2016, Stand 2016
- Schröder, B. , 2018, Telepolis: *Landwirtschaft im Trockenklima* <https://www.heise.de/tp/features/Israel-Landwirtschaft-im-Trockenklima-4071238.html>
- Akpata, M.I. & Akubor, P.I. (1999) *Chemical composition and selected functional properties of sweet orange (Citrus sinensis) seed flour*. Plant Foods for Human Nutrition **54**: 353–362, 1999.
- Vânia G. Zuin, V.G. & Luize Z. Ramin, L.Z. (2018) *Green and Sustainable Separation of Natural Products from Agro-Industrial Waste: Challenges, Potentialities, and Perspectives on Emerging Approaches*. Top Curr Chem (Z) (2018) 376:3 <https://doi.org/10.1007/s41061-017-0182-z>
- [https://www.ots.at/presseaussendung/OTS\\_20151009\\_OTSO068/unter-druck-fuer-orangensaft-menschen-und-umwelt-auf-brasiliens-orangenplantagen](https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20151009_OTSO068/unter-druck-fuer-orangensaft-menschen-und-umwelt-auf-brasiliens-orangenplantagen)

### Datenbanken

- Datenbanken und Publikationen des UBA, Öko-Instituts, Statista (Studie Südfrüchte 2019), ecoinvent, ESU, simapro
- FAOSTAT und <https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/results.html>
- Wikipedia [https://de.wikipedia.org/wiki/ISO-Container#K%C3%BChlcontainer\\_\(Reefer\)](https://de.wikipedia.org/wiki/ISO-Container#K%C3%BChlcontainer_(Reefer))
- ProPlanta Interessensverband [www.proplanta.de](http://www.proplanta.de) mit den Beiträgen
- [https://www.proplanta.de/karten/orangen\\_erntemenge\\_weltweit\\_2010-2019-uebersichtskarte1634588647.html](https://www.proplanta.de/karten/orangen_erntemenge_weltweit_2010-2019-uebersichtskarte1634588647.html)
- [https://www.proplanta.de/agrar-nachrichten/verbraucher/bedenkliche-unbedenkliche-orangen\\_article1292856459.html](https://www.proplanta.de/agrar-nachrichten/verbraucher/bedenkliche-unbedenkliche-orangen_article1292856459.html)
- [https://www.proplanta.de/agrar-nachrichten/pflanze/streik-in-suedafrika-treibt-orangen-preise\\_article1564873490.html](https://www.proplanta.de/agrar-nachrichten/pflanze/streik-in-suedafrika-treibt-orangen-preise_article1564873490.html)
- <https://www.tis-gdv.de/tis/ware/obst/orangen/orangen-htm/>

### Labor

- Schick, E. (2018) *Gewinnung wertiger Substanzen aus Orangenschalen als Beitrag zur nachhaltigen Chemie mit Versuchsanleitung und Video*. Bachelorarbeit Universität Bremen, 2018
- Griesel, M. (2009) *Experimentalvortrag OC „Die Chemie der Orange“*, Universität Marburg WS 2009/10
- Werner, B. (2018) *Laborpraktikum OC – Carvon und Limonen* unter D:\Daten\bwerner\Präparate\OC-Präparate H+P 03\_2011\Präparate\_alt\12.7.1\_Carvon und Limonen.doc, 26.04.2018