

Handbuch „ÖkoLogistik“

Teil 1: Grundlagen (Stand: 31.03.2011)

Teil 2: Methoden

Teil 3: Maßnahmen-Katalog

Teil 4: Quellenverzeichnis

Teil 5: Projektbeispiele

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Günter Kummetersteiner
<http://www.haw-aw.de/kummetersteiner>

Autorenverzeichnis: siehe Anhang



Hochschule **Amberg-Weiden**
für angewandte Wissenschaften
University of Applied Sciences (FH)

Dieses Handbuch dient ausschließlich zur Dokumentation der entsprechenden Projekt- und Forschungsarbeiten an der Hochschule Amberg-Weiden und ist nicht für kommerzielle Zwecke bestimmt. Es hat den Charakter einer sukzessive zu verfeinernden und zu erweiternden Ausarbeitung und erfüllt somit keinen Anspruch nach Vollständigkeit. Aufgrund der sukzessiven Erweiterung kann auch die Aktualität der bereits in früheren Versionen beschriebenen Inhalte nicht immer sichergestellt werden: diesbezüglich ist auch das Datum der aufgeführten Quellenangaben zu beachten. Die Verwendung von Materialien bestimmter Firmen o.ä. erfolgt rein exemplarisch (auch Zahlenwerte etc.) und stellt keine Wertung dar.

Trotz gewissenhafter Erarbeitung der Inhalte können Lücken oder Fehler auftreten. Eine Haftung für mögliche aus der Nutzung dieser Unterlagen resultierende Folgen ist ausgeschlossen.

Hinweise auf falsche oder fehlende Angaben werden vom Herausgeber gerne entgegengenommen und ggf. bei der nächsten Überarbeitung berücksichtigt.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
1 Definitionen.....	1
1.1 Definition „Logistik“	1
1.2 Definition „Ökologie“	1
1.3 Definition „Ökologistik“	2
2 Ziele der Ökologistik	3
2.1 Übersicht.....	3
2.2 Luftschadstoffe.....	5
2.2.1 Auswirkungen auf die Atmosphäre.....	5
2.2.2 Treibhauseffekt	6
2.2.3 Treibhausgase	6
2.2.4 Ozonabbauende Stoffe	9
2.2.5 Feinstaub	10
2.3 Lärm.....	13
3 Motivationsfaktoren.....	15
4 Bewertungskriterien.....	16
4.1 Übersicht.....	16
4.2 Berechnung der CO ₂ -Äquivalente je Energieträgereinheit.....	18
Anhang	19

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Definition ÖkoLogistik	2
Abb. 2	Konkretisierung der Ziele (I).....	3
Abb. 3	Konkretisierung der Ziele (II).....	4
Abb. 4	Treibhausgase	7
Abb. 5	Treibhauspotential pro Molekül, relativ zu CO ₂ (eigene Tabelle auf Basis [UNS-10a]).....	8
Abb. 6	Beiträge der Treibhausgase zur zusätzlichen Erderwärmung (eigene Tabelle auf Basis [ATM-10a]).....	8
Abb. 7	Verursacher von PM ₁₀ -Emissionen in Bayern 2004 (eigene Tabelle auf Basis [STM-10c]).....	12
Abb. 8	Motivationsfaktoren.....	15
Abb. 9	Bewertungskriterien	17
Abb. 10	Exceltabelle zur Ermittlung der CO ₂ -Äquivalente [IZU-10a].....	18

1 Definitionen

Da zu „Ökologistik“ und den ähnlichen Begriffen „Grüne Logistik“ bzw. „Green Logistics“ verschiedene Definitionen zu finden sind (siehe z.B. [FML-10a], [FRA-10a], [WIK-10a], [WIK-10c]), erscheint es zunächst sinnvoll, für den Begriff „Ökologistik“ eine strukturierte, umfassende und möglichst präzise Definition zu erarbeiten.

1.1 Definition „Logistik“

Aufbauend auf [JUE-89], [SCH-99], [POL-07], [THA-03] kann Logistik folgendermaßen definiert werden:

Logistik(management) eines Industrie-, Handels- oder Dienstleistungs-Unternehmens umfasst

- die Planung, Steuerung, Durchführung und Überwachung
- der Materialflüsse von den Lieferanten ins Unternehmen, innerhalb des Unternehmens und zu den Kunden
- sowie der zugeordneten Informationsflüsse

1.2 Definition „Ökologie“

Nach [UMW-10a] kann man Ökologie wie folgt definieren:

„Ökologie (griechisch: »oikos« = Haus und »logos« = Lehre) ist die Lehre von den Wechselbeziehungen zwischen belebter und unbelebter Umwelt, also zwischen der Gesamtheit der Mikroorganismen, Pflanzen, Tiere und Menschen und den unbelebten Bestandteilen wie Klima, Boden, Wasser und Luft.“

Umgangssprachlich wird der Begriff »ökologisch« oder »öko« häufig vereinfachend im Sinne von »umweltschonend« oder »umweltfreundlich« verwendet [UMW-10a].

1.3 Definition „Ökologistik“

Aus den beiden Definitionen in Abschnitt 1.1 und 1.2 sowie unter Auswertung weiterer Quellen zur strukturierten Formulierung der Ziele hinsichtlich der „Umweltschonung“ entsteht die in **Abb. 1** dargestellte Definition für „Ökologistik“.



Definition „ÖkoLogistik“

ÖkoLogistik verfolgt die Zielsetzung,
in logistischen Prozessen

- a) schädliche Emissionen in die Umwelt
- b) den Verbrauch von nicht bzw. bedingt erneuerbaren natürlichen Ressourcen zu reduzieren.

Unter logistischen Prozessen versteht man

- die Planung, Steuerung, Durchführung und Überwachung
- der **Materialflüsse** von den Lieferanten ins Unternehmen, innerhalb des Unternehmens und zu den Kunden
- sowie der zugeordneten Informationsflüsse.

Grundlagen „ÖkoLogistik“
Stand: 26.08.2010

Quelle: aufbauend auf [JUE-89], [SCH-99], [POL-07], [THA-03], [FML-10a], [FRA-10a], [DIN-09a], [WIK-10c,m,n], [MÜL-10]

Folie 1

Abb. 1 Definition ÖkoLogistik

2 Ziele der Ökologistik

Die grundsätzliche Definition der Ökologistik muss für eine zielorientierte Anwendbarkeit in der Praxis noch konkretisiert werden. Dazu werden in diesem Kapitel die Ziele zunächst in Form einer Übersicht feiner strukturiert. Darauf aufbauend werden die verschiedenen Zielfaktoren unter Darstellung entsprechenden Hintergrundwissens näher erläutert.

2.1 Übersicht

Die beiden übergeordneten Ziele der Ökologistik (siehe Abb. 1) werden in **Abb. 2** und **Abb. 3** weiter aufgegliedert.

Konkretisierung der Ziele (I)



Reduzierung der schädlichen Emissionen in die Umwelt (Luft, Wasser, Boden)

- Luftschadstoffe
 - Treibhausgase (CO₂, CH₄, ...)
 - Ozonabbauende Stoffe (z.B. FCKW)
 - Staub (z.B. Feinstaub)
 - weitere schädigende Luftschadstoffe (z.B. NO_x, SO₂, CO, NH₃, Lösemittel, ...)
- Abfälle
- Lärm
- ...

Grundlagen „ÖkoLogistik“
Stand: 26.08.2010 Quelle: aufbauend auf [DIN-09a], [USC-09a], [LFU-10b], [FML-10a],[MÜL-10] Folie 2

Abb. 2 Konkretisierung der Ziele (I)

Für die folgenden schädlichen Emissionen wird der Begriff „Umwelt“ wie folgt abgegrenzt: Im Sinne der betrieblichen Ökologistik umfasst der Begriff Umwelt den ge-

samten Raum außerhalb des betrieblichen Systems. Das heißt Emissionen, die das Betriebsgebäude oder mobile betriebliche Komponenten nicht verlassen¹, werden nicht als Einwirkungen auf die Umwelt betrachtet² und anderen Aufgabengebieten (wie z.B. Arbeitswissenschaft bzw. Arbeitsschutz) zugeordnet.

Konkretisierung der Ziele (II)



Reduzierung des Verbrauchs von nicht bzw. bedingt erneuerbaren natürlichen Ressourcen

- Energierohstoffe
 - Fossile Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas)
 - Uran
- Metallische Rohstoffe (Erze)
 - Eisenerz
 - Aluminiumerz Bauxit
 - ...
- Wasser
- Holz
- Landfläche
- ...

Grundlagen „ÖkoLogistik“
Stand: 26.08.2010

Quelle: aufbauend auf [LFU-10c],[IHK-10a],[UMW-10f],[WIK-10d,n],[MÜL-10]

Folie 3

Abb. 3 Konkretisierung der Ziele (II)

¹ z.B. auch Feinstaubbelastung am Arbeitsplatz in geschlossenen Räumen beim Löten, Schweißen u.ä. oder in Copyshops durch Laserdrucker und Kopierer (vgl. [FEI-10])

² Als Beispiel für diese Aufteilung: siehe auch [EUR-10b] Artikel 2 (2)

Anmerkungen:

- Strom o.ä. als Ergebnis der Energieerzeugung wird im Rahmen dieses Handbuchs nicht separat als nicht-erneuerbare Ressource betrachtet, da es auch verschiedene erneuerbare Energiequellen gibt (vgl. [LFU-10c]: Sonne, Wasser, Wind, Erdwärme, Biomasse).
- Auch wenn „Wasser“ grundsätzlich den erneuerbaren Ressourcen zugeordnet wird (vgl. [WIK-10m]), erscheint es aus verschiedenen Gründen (siehe z.B. [TU9-10]) sinnvoll, „Wasser“ als „bedingt erneuerbar“ zu bezeichnen und es in die obige Liste mit aufzunehmen
- Auch Wälder werden grundsätzlich zu den erneuerbaren Ressourcen gezählt (vgl. [WIK-10m]). Allerdings: „Ungefähr 45 Prozent der Wälder der Erde sind jedoch schon verschwunden.“ und „...gehen die Waldflächen weltweit weiter zurück.“ [BFN-10a]. Deshalb wird – nicht zuletzt aufgrund der Bedeutung für die Papierherstellung – auch die Ressource „Holz“ im Sinne von „bedingt erneuerbar“ in obige Liste mit aufgenommen.

In den folgenden Abschnitten sollen die in Abb. 2 aufgeführten schädlichen Emissionen genauer dargestellt werden. Dabei wird aufgrund der Vollständigkeit und des besseren Verständnisses nicht nur auf Emissionen eingegangen, die ihren Ursprung u.a. in der Logistik haben.

2.2 Luftschadstoffe

2.2.1 Auswirkungen auf die Atmosphäre

Einen äußerst schädlichen Teil der Emissionen bilden bestimmte gasförmige Stoffe. Emittierte Gase sorgen für zwei negative Effekte auf die Atmosphäre. Zum einen beschleunigen die Treibhausgase den **Treibhauseffekt** und zum anderen gibt es Ozon abbauende Gase, welche die **Ozonschicht** beschädigen. Der Treibhauseffekt entsteht durch Veränderungen in der unteren Atmosphäre (Troposphäre) und die Ozonschicht befindet sich in der oberen Atmosphäre (Stratosphäre). [ATM-10b]

Die Troposphäre „erstreckt sich vom Boden bis in Höhen von 8 (an den Polen) bis 17 km (am Äquator) und endet mit dem Beginn der Tropopause.“, die Stratosphäre „erstreckt sich im Anschluss an die Tropopause ... bis in eine Höhe von ca. 50 km ...“ [BDS-11a].

2.2.2 Treibhauseffekt

Zum Verständnis der Problematik „Treibhausgase“ muss zunächst der zugrunde liegende Treibhauseffekt erläutert werden: Kurzwellige Sonnenstrahlung trifft auf die Atmosphäre und die Erdoberfläche. Die erwärmte Erdoberfläche strahlt langwellige Infrarotstrahlung ab: diese wird aber in der Atmosphäre mit den darin enthaltenen Spurengasen³ (Treibhausgase) fast vollständig absorbiert und dann – im thermischen Gleichgewicht – je zur Hälfte in Richtung Erde und Weltall abgestrahlt. Durch diesen **natürlichen Treibhauseffekt** erhöht sich die Temperatur der Erdoberfläche. Setzt der Mensch nun zusätzlich Spurengase (z.B. CO₂) frei, so verstärkt sich dieser Effekt und führt zu einer weiteren Erwärmung der Erdoberfläche: man spricht vom **anthropogenen Treibhauseffekt**. Mögliche Auswirkungen sind u.a. das Abschmelzen der Polkappen und ein weiterer Anstieg des Meeresspiegels. [WIK-10b; TRE-10]

2.2.3 Treibhausgase

Treibhausgase sind gasförmige Stoffe die auf natürliche oder anthropogene⁴ Weise entstehen können. In der folgenden **Abb. 4** sind die wichtigsten Treibhausgase aufgeführt.

³ „Gase die nur in geringen Konzentrationen in der Atmosphäre enthalten sind“ [UMW-10i]

⁴ „Der Begriff anthropogen (vom griechischen anthropos = Mensch und von genese = Erzeugung/Erschaffung) bezeichnet alles vom Menschen Beeinflusste, Verursachte oder Hergestellte.“ [BDS-10b]

Wichtige Treibhausgase



Kohlenstoffdioxid CO₂:

- Verbrennung fossiler Brennstoffe (Erdöl, Erdgas, Kohle)
- Rodung von Wäldern
- Bodenerosion (Oxidation des im Boden gespeicherten Kohlenstoffs)

Methan CH₄:

- Entstehung durch organische Gär- und Zersetzungsprozesse:
 - natürlichen Quellen: Feuchtgebiete (Sümpfe), Wälder, Tiere
 - anthropogene Quellen: Reisfelder, Viehhaltung, Mülldeponien, Misthaufen etc.
- Hauptbestandteil von Erdgas, Biogas, ...:
 - kann z.B. durch Lecks in Erdgasleitungen in Umwelt gelangen; etc.

Lachgas N₂O:

- mikrobielle Umwandlung des im Boden vorhandenen Stickstoffs
- erhöhte anthropogene Stickstoffeinträge in die Böden, durch Industrie, Verkehr und Landwirtschaft

Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe FCKW (und bestimmte Ersatzstoffe):

- Treibmittel bei Aerosolen (Sprühdosen), Schaum- und Dämmstoffen
- Kältemittel bei Kühlgeräten und Kälteanlagen
- Lösungs- und Reinigungsmittel

Schwefelhexafluorid SF₆:

- SF₆-Verwendung: Einsatz in Hochspannungsanlagen der Schwerindustrie und als Füllgas in Schallschutzfenstern und Autoreifen

Ozon O₃:

- Entstehung auf natürlichem Weg und durch photochemische Reaktionen aus Verkehrsemissionen

Grundlagen „Ökologistik“
Stand: 26.08.2010

Quelle: aufbauend auf [INN-10],[UMW-10b],[DAD-10]

Folie 4

Abb. 4 Treibhausgase

Anmerkung [DAD-10],[UMW-10g]:

Auch bestimmte FCKW-Ersatzstoffe wie z.B.

- Teilhalogenierte Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (H-FCKW)
- Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW)
- Fluor-Kohlenwasserstoffe (FKW)
- Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC)

wirken als Treibhausgase. Inzwischen gibt es aber auch schon halogenfreie⁵ Ersatzstoffe (z.B. die Gase Propan, Butan, Pentan).

⁵ Halogene: „Salzbildner“, Gruppe von nicht-metallischen Elementen Fluor, Chlor, Brom und Jod. Salzbildung mit typischen Metallen zu Fluoriden, Chloriden, Bromiden, Jodiden.“ [UMW-10h]

In folgender Tabelle (**Abb. 5**) ist für verschiedene Gase das Treibhauspotential pro Molekül relativ zu CO₂ dargestellt:

CH ₄	21
N ₂ O	310
H-FKW	ca. 1.300
SF ₆	23.900
FCKW	10.000 – 17.000

Abb. 5 Treibhauspotential pro Molekül, relativ zu CO₂
(eigene Tabelle auf Basis [UNS-10a])

Nachfolgende **Abb. 6** soll eine prozentuale Auskunft darüber geben, wie sehr jedes einzelne Treibhausgas⁶ in der Zeit zwischen 1750 (vorindustrielle Zeit) und 2005 zur Verstärkung des natürlichen Treibhauseffektes beiträgt [ATM-10a].

CO ₂	56 %
CH ₄	16 %
N ₂ O	5 %
CFC	9 %
HCFC	1,3 %
SF ₆ ,...	0,6 %
trop. O ₃	12 %

Abb. 6 Beiträge der Treibhausgase zur zusätzlichen Erderwärmung
(eigene Tabelle auf Basis [ATM-10a])

⁶ trop. O₃ = troposphärisches Ozon

CFC (chlorofluorocarbon) = FCKW [DIC-10a]

HCFC (hydrochlorofluorocarbon) = H-FCKW [DIC-10a]

Anhand dieser Tabelle wird klar, welchen bedeutenden Beitrag die CO₂-Emissionen zur zusätzlichen Erderwärmung leisten. Diesbezüglich ist – trotz des im Vergleich zu anderen Treibhausgasen relativ geringen Treibhauspotentials pro Molekül (siehe Abb. 5) – die Menge der Emissionen zu berücksichtigen (z.B. Zahlen Deutschland 1999 siehe [UNS-10a]).

2.2.4 Ozonabbauende Stoffe

Zu starke UV-Strahlung hat verschiedene negative Wirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen: beim Menschen schädigt sie Augen, Haut, Erbgut und schwächt das Immunsystem. Durch chemische Reaktionen in der so genannten Ozonschicht (Teil der Stratosphäre) ergibt sich idealerweise ein chemisches Gleichgewicht:

- aus Sauerstoff (O₂) entsteht mittels UV-C-Strahlung Ozon (O₃)
- insbesondere die UV-B-Strahlung spaltet Ozon wieder in Sauerstoff

Dabei werden die schädliche UV-C-Strahlung der Sonne fast vollständig und die etwas weniger gefährliche UV-B-Strahlung größtenteils absorbiert. [LFU-10a]

Dieses chemische Gleichgewicht aus Ozonbildung und Ozonabbau wird dadurch gestört – und führt so zu einem Anstieg der UV-B-Strahlung –, dass durch verschiedene Stoffe der **Ozonabbau erhöht** wird [LFU-10a; BDS-10a; UMW-10d]:

- Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW):
lange Zeit Verwendung als Treibgas in Spraydosen, Kältemittel, Aufschäummittel für Baustoffe, Lösemittel
- Halone (u.a. Methylbromid):
wurden für Feuerlöscher genutzt
- Lachgas (N₂O):
wird bei der Herstellung und Verwendung von Düngemitteln freigesetzt
- Methan (CH₄):
entsteht z.B. beim Reisanbau und in der Viehzucht
- Schwefeldioxid (SO₂):
entsteht z.B. bei Vulkanausbrüchen
- u.a.

FCKW und Halone sind in der Troposphäre unzerstörbar und können nach ein paar Jahren teilweise in die Stratosphäre gelangen, wo bei dem Zusammentreffen mit UV-B-Strahlung eine chemische Reaktion abläuft, aus der sich reaktive ozonabbauende Gase bilden. Dieser Ozonabbau wäre noch viel größer, wenn die Chlorradikale (und in geringem Maße die Bromradikale) nicht teilweise mit anderen Stoffen zu so genannten Reservoirgasen reagieren würden und so für längere Zeit gebunden werden (Ausnahme: erhöhte Instabilität der Reservoirgase unter den klimatischen Bedingungen der stratosphärischen Polarregionen). [BDS-10a]

National und international gibt es inzwischen gesetzliche Verordnungen zur Einschränkung der Produktion und Verwendung verschiedener ozonabbauender Stoffe (siehe [UMW-10d]).

2.2.5 Feinstaub

Als **Schwebstaub** bezeichnet man nach [LGL-10a] die „Aerosolkomponente der in der Luft vorhandenen Partikel bis zu einem oberen aerodynamischen Durchmesser von rund 30 μm “⁷. Nach [UWD-10a] versteht man darunter „Teilchen in der Luft, die nicht sofort zu Boden sinken, sondern eine gewisse Zeit in der Atmosphäre verweilen“ und umfasst der „Begriff Gesamtschwebstaub (engl. ‚total suspended particulate matter‘, TSP) ... alle Schwebepartikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als ca. 60 Mikrometer (μm)“.

Nach [BUG-10a] spricht man von **Feinstaub**⁸ bei einer Partikelgröße kleiner als 10 Mikrometer und unterscheidet verschiedene Klassen. Zur Beurteilung der Schwebstaubbelastung wird europaweit die Konzentration der Feinstaubpartikel kleiner als 10 Mikrometer betrachtet [BER-10a]. Diese Klasse bezeichnet man als **PM₁₀** [BUG-10a].

⁷ Aerosol: Partikuläre Luftinhaltsstoffe, die dispers in der Luft verteilt sind; der Begriff umfasst sowohl feste (Stäube) als auch flüssige Partikel (Nebel) [LGL-10b]

⁸ Feinstaub = engl. Particulate Matter (PM); vgl. [UWD-10a],[DIC-10a]

Im Folgenden sollen auf Basis von [FEI-10] und [UWD-10a] Quellen für die **Entstehung** von Feinstaub aufgezeigt werden. Feinstaub kann auf natürliche oder anthropogene Weise entstehen. Als **natürliche Quellen** sind u.a. zu nennen:

- Emissionen aus Vulkanen
- Bodenerosion
- Wald- und Buschfeuer
- Pollen, Sporen etc.

Wichtige **anthropogene Quellen** sind:

- Verkehr
- private und gewerbliche Heizungsanlagen
- Kraft- und Fernheizwerke
- Abfallverbrennungsanlagen
- Schüttgutumschlag
- Bestimmte Industrieprozesse (z.B. Stahlerzeugung, Steine- und Erdenindustrie)
- Landwirtschaft

Dabei ist zu unterscheiden zwischen Partikeln, die direkt aus der Quelle z.B. Verbrennungsprozess stammen (**primäre Feinstäube**), und Partikeln, die aus gasförmigen Vorläufersubstanzen z.B. aus Schwefel- und Stickstoffoxiden, Ammoniak oder Kohlenwasserstoffen entstehen (**sekundäre Feinstäube**). So kann z.B. in der Landwirtschaft primärer Staub bei der Feldbearbeitung entstehen, sekundärer Staub durch die Emission von Ammoniak bei der Tierhaltung. [UWD-10a]

Anmerkung: Der auch oft verwendete Begriff „**Ruß**“ ist nicht gleichzusetzen mit dem Begriff „Feinstaub“: es handelt sich dabei nur um einen bestimmten Anteil⁹ an der gesamten Feinstaub-Belastung [LUB-10b]. Bei Ruß handelt es sich um Kohlenstoff-

⁹ Zur exemplarischen Verdeutlichung, wie stark Ruß im gesamten Feinstaub vertreten ist: vgl. Auswertungen einer Feinstaubmessung in [LUB-10b]

Agglomerate (Größe ca. 1 μm), die bei der unvollständigen Verbrennung von Kohlenwasserstoffen entstehen. Rußemissionen aus Dieselmotoren werden als krebserregend klassifiziert. [MUS-10a]

Zur Quantifizierung der prozentualen Anteile der verschiedenen anthropogenen Quellen sind in **Abb. 7** Zahlen für Bayern aus dem Emissionskataster 2004 dargestellt.

Straßenverkehr	24 %
Aufwirbelung Straßenverkehr	19 %
Sonstiger Verkehr	14 %
Kleinf Feuerungsanlagen	16 %
Industrieanlagen	12 %
Landwirtschaftliche Viehhaltung	12 %
Umschlag staubender Güter	2 %
Ackerlandbewirtschaftung	1 %

Abb. 7 Verursacher von PM_{10} -Emissionen in Bayern 2004
(eigene Tabelle auf Basis [STM-10c])

Der 24%-Anteil des Straßenverkehrs – ohne die 19% aus aufgewirbelten Staub von Straßenoberflächen (vgl. auch [UWD-10a]) – beinhaltet wiederum folgende Hauptverursacher [STM-10c]:

- Leichte und schwere Diesel-Nutzfahrzeuge: 33 %
- Diesel-PKW: 22 %
- Reifenabrieb: 19 %
- Otto-Pkw: 12 %
- Bremsenabrieb: 8 %

Nach [LGL-10b] wächst der Anteil des Straßenverkehrs zudem, je kleiner die betrachteten Partikel sind (Anteil ansteigend von PM_{10} über $\text{PM}_{2,5}$ und PM_1 bis $\text{PM}_{0,1}$).

2.3 Lärm

Allgemein wird Lärm als schädigender und/oder subjektiv störender Schall definiert. Schall entsteht durch Schwingungen einer Schallquelle: die sich ausbreitenden Schallwellen werden als Luftdruckschwankungen vom menschlichen Ohr wahrgenommen. Als Messgröße wird i.d.R. der Schalldruckpegel (Schallpegel) in dB(A)¹⁰ verwendet. Die negative Wirkung des Lärms reicht von Lern-, Konzentrations- und Schlafstörungen bis hin zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder dauerhaften Hörschädigungen. [IDW-10],[BMU-10c]

Wie bereits in Abschnitt 2.1 allgemein erläutert wird im Rahmen dieser Dokumentation nur der außerbetriebliche Lärm („**Umgebungs**lärm“ nach [EUR-10b]) als Umweltschädigung im Sinne der „Ökologistik“ betrachtet. Als wichtigste Quellen für diesen Lärm können nach [EUR-10b] angeführt werden:

- Straßen- und Schienenfahrzeuge und –infrastruktureinrichtungen¹¹,
- Flugzeuge,
- Geräte, die für die Verwendung im Freien vorgesehen sind,
- Ausrüstung für die Industrie
- ortsbewegliche Maschinen.

¹⁰ Die Korrektur des gemessenen Schallpegels mit der A-Bewertungskurve soll die durch das menschliche Ohr leiser wahrgenommenen tiefen und hohen Töne nach unten korrigieren [BMU-10c]

¹¹ Nach [LFU-10d] ist auch bei gewerblichen Anlagen häufig der Fahr- und Verladebetrieb die dominierende Lärmquelle.

Eine Übersicht über entsprechende Rechtsvorschriften ist in [BMU-10b] dargestellt – u.a. sind zu nennen:

- Richtlinie 2002/49/EG über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm.
- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)
Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
- Diverse Verordnungen zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchV)
- Technische Anleitung zum Schutz vor Lärm (TA Lärm)
Verwaltungsvorschriften aufgrund des § 48 BImSchG über Anforderungen zum Schutz gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche für genehmigungs- und nichtgenehmigungsbedürftige Anlagen im Bereich von Industrie und Gewerbe
- Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)

Eine kompakte Darstellung von Orientierungs- bzw. Richtwerten für Geräuschimmissionen findet sich in [LFU-10d] bzw. – im Falle von Aktualisierungen – direkt in den dort zitierten Vorschriften.

3 Motivationsfaktoren

Nachdem nun ein grundlegendes Verständnis für die Hintergründe und konkreten Ziele ökologischer Ansätze in logistischen Prozessen erarbeitet ist, stellt sich als nächstes die Frage, was Unternehmen – die sich primär an betriebswirtschaftlichen Kriterien orientieren (müssen) – dazu bewegen kann, sich mit dem Thema „Ökologik“ zu beschäftigen (**Abb. 8**).

Motivationsfaktoren für Unternehmen



zusätzlich zur Eigenverantwortung gegenüber der Umwelt:

- Verschärfte bzw. zukünftige Umweltauflagen
- Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit
 - Vorreiterrolle
 - Druck durch steigendes Umweltbewusstsein der Kunden
 - Druck durch Maßnahmen der Wettbewerber
- Kostenreduzierung
 - Einsparung von Energie, Treibstoff, Material, ...
 - Vermeidung von möglichen Zusatzkosten z.B. für CO₂-Emissionen
- Mitarbeitermotivation/ -bindung

Grundlagen „ÖkoLogistik“
Stand: 26.08.2010 Quelle:
aufbauend auf [SEM-10a],[MÜL-10],[CTG-10] Folie 5

Abb. 8 Motivationsfaktoren

Damit wird deutlich, dass neben den ökologischen auch zusätzlich streng wirtschaftliche Gründe für eine Prüfung ökologischer Maßnahmen sprechen können.

4 Bewertungskriterien

Um die möglichen Effekte von ökologistischen Maßnahmen konkret und möglichst quantitativ beurteilen zu können, werden Bewertungsmaßstäbe benötigt. Hierzu soll im Rahmen dieses „Handbuch ÖkoLogistik“ unterschieden werden:

- **elementare Bewertungskriterien** zur selektiven „Vorher/Nachher-Beurteilung“ einzelner Maßnahmen ohne zu hohen Bewertungsaufwand (s. Abschnitt 4.1)
- **komplexere Bewertungsmethoden** zur Beurteilung umfangreicher Prozessketten, ganzer Unternehmen oder bestimmter Produkte (s. Teil 2)

4.1 Übersicht

Bei der Planung und Prüfung einzelner ökologistischer Maßnahmen ist der Zustand nach Umsetzung der Maßnahme mit der jeweiligen Ausgangssituation zu vergleichen. Als Vergleichsmaßstäbe aus **ökologischer** Sicht kommen Kriterien in Frage, die sich aus den beiden Hauptzielsetzungen (siehe Abschnitt 2.1) ableiten lassen. Die elementaren Bewertungskriterien lassen sich somit zunächst in zwei unterschiedliche Kategorien einteilen (**Abb. 9**):

- Emissionen in die Umwelt
- Ressourcen-Verbrauch

Aufgrund der Einbindung in die grundsätzlich **betriebswirtschaftliche** Ausrichtung von Unternehmen sind natürlich auch die mit den Maßnahmen verbundenen Kosten zu betrachten.

Durch Gegenüberstellung der „Vorher/Nachher“-Werte aller betroffenen Bewertungskriterien kann eine Entscheidung über die jeweilige Maßnahme abgeleitet werden.

Anmerkung: Die Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte (z.B. TA Luft vgl. [TAL-10]) wird dabei als selbstverständlich vorausgesetzt.

Bewertungskriterien

Emissionen in die Umwelt

- CO₂, Feinstaub,... [kg p.a.] bzw. [kg/h], [mg/m³] vgl. [TAL-10]
- Abfälle [t p.a.] vgl. [STA-07]
- Lärm [dB(A)]
- ...

Ressourcen-Verbrauch

- Energieaufwand [kJ p.a.] oder [kWh p.a.] vgl. [BMW-10a]
- Wasser [m³ p.a.]
- Holz z.B. [Festmeter p.a.] vgl. [STA-10a],[HES-10]
- Landfläche [m²]
- ...



Kosten

- Investitionskosten [€]
- Betriebskosten [€ p.a.]

Grundlagen „ÖkoLogistik“
Stand: 26.08.2010

Folie 6

Abb. 9 Bewertungskriterien¹²

Anmerkung (vgl. Abschnitt 2.1): Wenn nicht eindeutig nachvollziehbar ist, dass die Energie aus erneuerbaren Quellen stammt, so sollte der Energieverbrauch (z.B. in kWh) als ein Bewertungskriterium einbezogen werden, da nach [LFU-10c] heute weltweit überwiegend nicht-erneuerbare Energiequellen genutzt werden.

Zur Vereinfachung der Erfassung kann es bei bestimmten Maßnahmen auch sinnvoll sein, „**Hilfsgrößen**“ zur Bewertung heranzuziehen, z.B.

- Papierverbrauch [Anzahl Blatt A4 80 g/m²]
- Heizöl-, Diesel-Verbrauch [Liter p.a.] (vgl. [IZU-10a])

¹² Zur Umrechnung: 1 Ws = 1 J [Kuchling: Taschenbuch der Physik]

4.2 Berechnung der CO₂-Äquivalente je Energieträgereinheit

Mit Hilfe einer Exceltabelle des Bayerischen Landesamts für Umwelt können die durch die Nutzung verschiedener Energieträger emittierten Treibhausgase (neben CO₂ auch u.a. Lachgas, Methan) als sog. CO₂-Äquivalente berechnet werden. „Bei der Bilanzierung der **CO₂-Äquivalente** werden die weiteren emittierten Treibhausgase entsprechend Ihrer Klimawirksamkeit in CO₂-Emissionen umgerechnet und dann zusammen mit den CO₂-Emissionen als CO₂-Äquivalente angegeben.“ [IZU-10a]

Bei der **direkten** Emission wird nur der Ausstoß betrachtet, der am Ort der Energieumwandlung auftritt, also z.B. aus einem Kohlekraftwerk¹³. Nicht enthalten ist dabei die Emission, die bei der Gewinnung und Bereitstellung des Energieträgers auftritt, die sog. **indirekte** Emission. Um die tatsächliche Klimarelevanz darzustellen, ist es empfehlenswert mit dem „Emissionsfaktor gesamt“ zu rechnen. Der Gesamtemissionsfaktor ergibt sich aus der Summe von direktem und indirektem Emissionsfaktor. Der Wert der CO₂-Äquivalente wird durch die Multiplikation der verbrauchten bzw. eingesparten Menge des entsprechenden **Energieträgers** mit dem jeweiligen Gesamtemissionsfaktor ermittelt. [IZU-10a]

So entspricht z.B. die Einsparung von 50 l Heizöl insgesamt einer Einsparung von CO₂-Äquivalenten in Höhe von 158,36 kg (**Abb. 10**).

Energieträger	Menge	Einheit	direkter Emissionsfaktor	Einheit	Menge CO ₂ -Emissionen direkt	kg	indirekter Emissionsfaktor	Einheit	Menge CO ₂ -Emissionen indirekt	kg	Emissionsfaktor gesamt	Einheit	Gesamtmenge CO ₂ (inkl. Vorkette)
Strom	0,00	kWh	-		-		-		-		0,572	kg/kWh	0,00 kg
Heizöl	50,00	l	2,670	kg/l	133,50	kg	0,497	kg/l	24,86	kg	3,167	kg/l	158,36 kg
Erdgas	0,00	m ³	2,010	kg/m ³	0,00	kg	0,333	kg/m ³	0,00	kg	2,343	kg/m ³	0,00 kg
Flüssiggas	0,00	l	1,600	kg/l	0,00	kg	0,267	kg/l	0,00	kg	1,867	kg/l	0,00 kg
Diesel	0,00	l	2,630	kg/l	0,00	kg	0,492	kg/l	0,00	kg	3,122	kg/l	0,00 kg
Benzin	0,00	l	2,330	kg/l	0,00	kg	0,585	kg/l	0,00	kg	2,915	kg/l	0,00 kg
Holzpellets	0,00	kg	-		-		0,066	kg/kg	0,00	kg	0,066	kg/kg	0,00 kg

Abb. 10 Exceltabelle zur Ermittlung der CO₂-Äquivalente [IZU-10a]

¹³ Werden bestimmte Energiesysteme wie Kernenergie oder Windkraft als CO₂-frei bezeichnet, so bezieht sich dies nur darauf, dass an ihrem Einsatzort keine direkte CO₂-Emission auftritt. [IZU-10a]

Anhang

Anhang 1	Autoren (Stand 23.06.2010)	20
Anhang 2	Autoren (Stand 31.03.2011)	21

Anhang 1 Autoren (Stand 23.06.2010)

Studierende des Team A (Projektarbeit im SS 2010)



Team A (von links nach rechts):

Markus Duschner
Andreas Härtl
Manfred Götz
Andreas Jeschke
Dominik Bauer
Thomas Ehebauer
Frank Guggenmos

Anhang 2 Autoren (Stand 31.03.2011)

Prof. Dr.-Ing. Günter Kummeter

Prüfung, Überarbeitung und Erweiterung des Standes der Projektarbeit vom SS 2010