

Dokumentation

Umweltrechner auf Grundlage der Studie „Nachhaltigkeit von Verpackungssystemen für Obst- und Gemüsetransporte in Europa basierend auf einer Lebenszyklusanalyse – Aktualisierung 2009“

Im Auftrag von
Stiftung Initiative Mehrweg



Dokumentation

Umweltrechner auf Grundlage der Studie „Nachhaltigkeit von Verpackungssystemen für Obst- und Gemüsetransporte in Europa basierend auf einer Lebenszyklusanalyse – Aktualisierung 2009“

Auftraggeber:

Stiftung Initiative Mehrweg
Geschäftsstelle
Ansprechpartner:
Staatssekretär a. D. Clemens Stroetmann
Geschäftsführer

Eichenweg 11
D-14552 Michendorf
Deutschland
Telefon: 033205-24037
Fax: 033205-24038
E-mail: choch4@t-online.de



Autoren

Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi)

Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)

und

Lehrstuhl für Bauphysik (LBP)
Universität Stuttgart

Dipl.-Geoökol. Tabea Beck
Dipl.-Ing. Stefan Albrecht
Dipl.-Ing. Matthias Fischer



Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Bauphysik (LBP)
Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi)



Hauptstraße 113
D – 70771 Leinfelden – Echterdingen

Telefon +49 (0) 711 48 99 99 – 0
Fax +49 (0) 711 48 99 99 – 11

E-mail gabi@LBP.uni-stuttgart.de

Internet www.lbpgabi.uni-stuttgart.de

Bildnachweise

Von links oben nach rechts unten

© Karin Miersch / PIXELIO

© S. Hainz / PIXELIO

© Knipselinse / PIXELIO

© A. Dreher / PIXELIO

© Christopher Kahnt / PIXELIO

© S. Hainz / PIXELIO

© Stephanie Hofschlaeger / PIXELIO

© Joujou / PIXELIO

© Johannes Kreißig

<http://www.pixelio.de>

Datum

Februar 2010

Einführung und Hintergrund

Frisches Obst und Gemüse ist aus europäischen Supermärkten und Einzelhandelsgeschäften nicht mehr wegzudenken. Deren ganzjährige Bereitstellung erfordert ein komplexes logistisches System. Als Transportverpackung für Obst und Gemüse finden hauptsächlich Kunststoffkisten, Kartonverpackungen und Holzkisten Verwendung. Kunststoffkisten werden dabei als Mehrwegverpackung eingesetzt, Kartonverpackungen und Holzkisten als Einweglösung. Die Stiftung Initiative Mehrweg (Stiftung bürgerlichen Rechts der Bundesrepublik Deutschland) hat im August 2008 den Auftrag zur Aktualisierung der Studie „Nachhaltigkeit von Verpackungssystemen für Obst- und Gemüsetransporte in Europa basierend auf einer Lebenszyklusanalyse“ anhand aktueller Daten für die Produktion und Nutzung der Transportkisten erteilt. Die betreffende Studie wurde erstmals im Jahr 2006 in Auftrag gegeben und durchgeführt mit dem Ziel, gebräuchliche Verpackungssysteme für Obst und Gemüse in Europa auf die mit ihrer Verwendung verbundenen Umweltauswirkungen zu untersuchen und miteinander zu vergleichen. Verglichen wurden Mehrweg-Kunststoffkisten, Einweg-Kartonkisten und Einwegkisten aus Holz. Um die ökologisch-technischen, ökonomischen und sozialen Potentiale der Verpackungsoptionen korrekt einzuschätzen, wurden deren jeweilige Charakteristika (z.B. technische Situation und Randbedingungen, relevante Umweltwirkungen, ökonomische und soziale Aspekte) über den gesamten Lebensweg in den Untersuchungsrahmen einbezogen. Besonderer Wert wurde in dieser Studie darauf gelegt, eine für Gesamteuropa repräsentative Situation des Obst- und Gemüsetransports abzubilden und nicht eine einzelne, sehr spezifische Situation.

Es wurde davon ausgegangen, dass jedes der untersuchten Verpackungssysteme Vor- und Nachteile hat, die von der Art der berücksichtigten Faktoren, der Definition der Transportaufgabe und den gewählten Distributionsentfernungen abhängen.

Mit der Studie wurden Grundlagen dafür geschaffen, dass sich die Verpackungsindustrie, die logistischen Dienstleister und Industriekunden für die Verpackungsoption entscheiden können, welche unter den jeweils definierten Randbedingungen ökologische Vorteile bietet und Aspekte der Nachhaltigkeit am besten berücksichtigt.

Die Studie wurde von der Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi) der Universität Stuttgart / des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik und der PE International im Auftrag der Stiftung Initiative Mehrweg (SIM) erstellt.

Da es sich bei der Studie um eine vergleichende Ökobilanz im Sinne der DIN EN ISO 14040ff handelt, wurde für diesen Teil der Studie durch externe, unabhängige Sachverständige ein Critical Review durchgeführt, das die Konformität mit den Normen DIN EN ISO 14040 und 14044 bestätigte.

Die Kisten wurden hinsichtlich ihres Carbon Footprints und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Eutrophierung, Versauerung, Photooxidantienbildung und Ozonabbau untersucht. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass der Carbon Footprint von Kunststoff- und Holzkisten annähernd gleich ist. Die hier festgestellten Unterschiede sind vernachlässigbar gering. In den Kategorien „Eutrophierung“, „Photooxidantienbildung“ und „Versauerung“ schneiden die Kunststoffkisten, in der Kategorie „Abbau der Ozonschicht“ die Holzkisten am besten ab. Die Kartonkisten haben in allen untersuchten Kategorien die höchsten Umweltauswirkungen.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse der Studie wurde aus dem zugrundeliegenden GaBi4-Modell ein Umweltrechner generiert, mit dessen Hilfe Handelsunternehmen die Umweltauswirkungen von individuellen Transportvolumina in den Transportsystemen Mehrweg-Kunststoffkisten und Einweg-Kartonkisten vergleichen und die so gewonnenen Erkenntnisse zur Entscheidungsunterstützung nutzen können.

Ziel des Umweltrechners

Nutzer des Rechners können ohne einen Hintergrund in der Ökobilanz-Methode zu haben und ohne aufwändige Datenaufnahmen durchführen zu müssen, individuelle Transportvolumina definieren und die Höhe der dadurch verursachten Umweltwirkungen vergleichen. Einsparpotentiale durch die vermehrte Nutzung von Mehrwegkisten können errechnet und zur Entscheidungsunterstützung genutzt werden.

Nutzung des Umweltrechners

Eingabe

Zur Definition der Transportaufgabe sind vier Eingaben notwendig:

- Auswahl, ob die Transportaufgabe durch die Tonnage [kg], den Warenwert [€] oder die Anzahl der zu transportierenden Kisten [Stück] definiert werden soll. Dabei liegen folgende Annahmen aus der Studie zugrunde: Befüllmenge pro Kiste: 15kg, Durchschnittlicher Warenwert einer Kiste: 15€.
- Eingabe der jeweiligen Tonnage [kg], des Warenwertes [€] oder der Anzahl der zu transportierenden Kisten [Stück], für die die Umweltauswirkungen berechnet werden sollen.
- Definition der Zusammensetzung des Kistenpools zur Bewältigung der Transportaufgabe: Eingabe des Anteils an Einweg-Kartonkisten [%].
- Eingabe der angenommenen Lebensdauer der Kunststoffkiste [Jahre]; entsprechend der Annahmen der Studie besteht eine Wahlmöglichkeit zwischen 10 und 20 Jahren.

Transportentfernungen können nicht variiert werden. Dem Umweltrechner liegen die Annahmen der Studie zugrunde, die eine durchschnittliche Situation hinsichtlich des europaweiten Transports von Obst und Gemüse abbildet.

Ausgabe

Die ersten beiden Ausgabefelder zeigen die absoluten Umweltwirkungen der fünf betrachteten Wirkungskategorien unter der Annahme dass 100% der definierten Transportaufgabe jeweils von Mehrweg-Kunststoffkisten und Einweg-Kartonkisten erfüllt werden.

Das nächste Ausgabefeld zeigt die absoluten Umweltauswirkungen der beiden verglichenen Transportsysteme unter Berücksichtigung der definierten Poolzusammensetzung, sowie die sich daraus ergebenden Gesamtumweltwirkungen.

Im vierten Ausgabefeld werden das relative und absolute Einsparpotential bei Wechsel auf

100% Mehrweg-Kunststoffkisten im Vergleich zur definierten Poolzusammensetzung angezeigt.

Das fünfte Ausgabefeld veranschaulicht, ebenfalls relativ und absolut, das für die definierte Poolzusammensetzung im Vergleich zu 100% Einweg-Kartonkisten bereits eingesparte Potential.

Randbedingungen

Den Ergebnissen des Umweltrechners liegen die Systemgrenzen, Randbedingungen, Quellen und Annahmen der Studie „Nachhaltigkeit von Verpackungssystemen für Obst- und Gemüsetransporte in Europa basierend auf einer Lebenszyklusanalyse – Aktualisierung 2009“ zugrunde. Detaillierte Beschreibungen der Randbedingungen, Modellierungsgrundlagen, usw. finden sich dort.

Berechnungen

Die anhand der Eingabeparameter definierte Transportaufgabe wird im ersten Schritt jeweils für Kartonkisten und Kunststoffkisten in die sich daraus ergebende Anzahl von Transportvorgängen umgerechnet.

Im nächsten Schritt werden für die definierte Transportmenge als Vergleichsgrundlage anhand von Skalierungsfaktoren die Umweltauswirkungen des Falls 100% Mehrweg-Kunststoffkisten bzw. 100% Einweg-Kartonkisten berechnet. Die Skalierungsfaktoren wurden unter Zuhilfenahme von Ergebnissen des GaBi4-Modells ermittelt: Das Modell berechnet die Umweltauswirkungen von Herstellung, Nutzung und End-of-Life der verschiedenen Transportoptionen auf Basis der Menge an zu transportierenden Kisten. Die Skalierungsfaktoren ändern sich zusätzlich mit der Variation der Lebensdauer der Kisten (10 oder 20 Jahre), die an in der Studie berechnete Szenarien angelehnt sind.

Die dem Umweltrechner zugrunde liegenden Berechnungen sind also Skalierungen der mit dem GaBi4-Modell erzeugten Ergebnisse.

Aus den so berechneten Umweltauswirkungen werden die Umweltwirkungen laut der definierten Poolzusammensetzung und im letzten Schritt die Einsparpotentiale im Hinblick auf 100% Mehrweg und im Hinblick auf 100% Einweg bereits realisierte Einsparungen berechnet.

Anwendung und Interpretation

Der Umweltrechner erlaubt Nutzern, die keine Vorbildung im Bereich Ökobilanzen haben, sich auf bedienerfreundliche Weise das im Rahmen der Studie „Nachhaltigkeit von Verpackungssystemen für Obst- und Gemüsetransporte in Europa basierend auf einer Lebenszyklusanalyse – Aktualisierung 2009“ entwickelte komplexe Ökobilanz-Modell zunutze zu machen.

So können beispielsweise Transportunternehmen Vor- und Nachteile der verschiedenen Verpackungssysteme im Rahmen ihrer Aktivitäten vergleichen und die Ergebnisse zur Entscheidungsunterstützung hinsichtlich dieser Alternativen nutzen.

Desweiteren können Aussagen über europaweite Emissions-Reduktionspotentiale erzeugt werden.

Alle berechneten Ergebnisse gelten unter den in der Studie „Nachhaltigkeit von Verpackungssystemen für Obst- und Gemüsetransporte in Europa basierend auf einer Lebenszyklusanalyse – Aktualisierung 2009“ getroffenen Annahmen, Systemgrenzen und Randbedingungen. Da die Studie zur Abbildung einer durchschnittlichen europäischen Situation dient, müssen die mit dem Umwelrechner generierten Ergebnisse als Näherungs- oder Durchschnittswerte verstanden werden und ersetzen nicht eine vollständige Lebenszyklusanalyse individueller Transportsituationen.

Umweltwirkungskategorien

Treibhauspotential – „Treibhauseffekt“ (Carbon Footprint)

Der Treibhauseffekt trägt diesen Namen, da er in globalem Maßstab dem gleichen Wirkungsmechanismus folgt wie er in kleinerem Maßstab in Gewächs- oder Treibhäusern zu beobachten ist. Die eintreffende kurzwellige Sonnenstrahlung trifft auf die Erdoberfläche und wird dort teilweise aufgenommen (absorbiert), wodurch die Erde zum einen direkt erwärmt und zum anderen wärmende Infrarotstrahlung reflektiert wird. Der reflektierte Anteil wird in der Troposphäre durch sogenannte Treibhausgase aufgenommen und in alle Richtungen wieder abgestrahlt, also teilweise auch wieder zur Erde. Dies führt zu einer Erwärmung der erdnahen Luftschichten.

Dies geschieht in gewissem Maß auf natürliche Weise. Durch das menschliche Wirtschaften wird der Treibhauseffekt jedoch verstärkt. Zu den durch menschliches Handeln freigesetzten Treibhausgasen gehören beispielsweise Kohlendioxid, Methan und FCKWs. Abbildung A 1 veranschaulicht die wesentlichen Vorgänge dieses Treibhauseffekts. Bei seiner Bewertung sind unbedingt mögliche langfristige globale Auswirkungen zu berücksichtigen.

Das Treibhauspotential (Carbon Footprint) wird in Kohlendioxid-Äquivalenten (CO₂-Äq.) angegeben. Dies bedeutet, dass alle Emissionen bezüglich ihres potentiellen Treibhauseffekts an CO₂ gemessen bzw. zu diesem ins Verhältnis gesetzt werden. Die Verweildauer der Gase in der Atmosphäre ist dabei von hohem Einfluss und geht in die Berechnung mit ein. Entsprechend ist der für die Abschätzung betrachtete Zeithorizont mit angegeben. Üblich ist ein Bezug auf 100 Jahre.

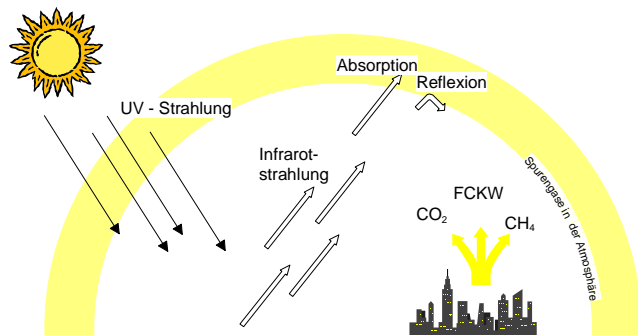


Abbildung A 1: Anthropogener Treibhauseffekt (Kreissig & Kümmel 1999)

Versauerungspotenzial – „saurer Regen“

Durch die Umwandlung von Luftschadstoffen wie Schwefeldioxid und Stickoxiden in Säuren (hier H₂SO₄ und HNO₃) wird eine Versauerung von Böden und Gewässern verursacht. Auch Ökosysteme werden hierdurch geschädigt; an erster Stelle ist hier das Waldsterben zu nennen. Die Schädigung geschieht direkt oder indirekt z.B. durch Nährstoffauswaschung oder verstärkte Löslichkeit von Metallen im Boden. Aber auch bei Bauwerken und Baustoffen nehmen die Schäden zu; so korrodieren Metalle und Natursteine z.B. verstärkt und zersetzen sich schneller. Abbildung A 2 stellt den wesentlichen Wirkungspfad der Versauerung dar.

Das Versauerungspotenzial wird in Schwefeldioxid – Äquivalenten (SO_2 -Äq.) angegeben; diese beschreiben die Fähigkeit bestimmter Stoffe, H^+ -Ionen zu bilden und abzugeben. Bestimmten Emissionen kann ein Versauerungspotenzial zugewiesen werden, indem die Schwefel-, Stickstoff- und Halogenatome zu den jeweiligen Emission ins Verhältnis gesetzt und auf Schwefeldioxid bezogen dargestellt werden.

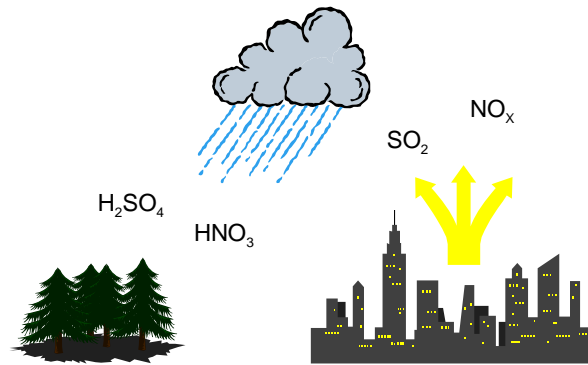


Abbildung A 2: Versauerung (Kreissig & Kümmel 1999)

Die Versauerung ist ein globales Problem, die Effekte fallen regional jedoch sehr unterschiedlich aus, was bei der Bewertung zu berücksichtigen ist.

Eutrophierungspotenzial – „Überdüngung“

Unter Eutrophierung bzw. Nährstoffeintrag versteht man eine Anreicherung von Nährstoffen an einem bestimmten Standort. Man unterscheidet dabei den Eintrag in Wasser oder Boden als aquatischen und terrestrischen Nährstoffeintrag. Zur Eutrophierung tragen Luftschadstoffe, Abwässer und die Düngung in der Landwirtschaft bei.

In Gewässern hat dies ein verstärktes Algenwachstum zur Folge. Dadurch dringt weniger Sonnenlicht in tiefere Schichten vor und führt somit zu einer verringerten Photosynthese, d.h. zu einer niedrigeren Sauerstoffproduktion. Für den Abbau abgestorbener Algen wird ebenfalls Sauerstoff benötigt. Diese Effekte verstärken sich gegenseitig und bewirken eine verringerte Sauerstoffkonzentration im Wasser, was letztendlich zu Fischsterben und Fäulnis (anaerobe Zersetzung) führen kann. Es entstehen dabei unter anderem Schwefelwasserstoff und Methan. Man spricht auch von einem „Umkippen des Gewässers“.

Auf eutrophierten Böden zeigen Pflanzen eine verstärkte Anfälligkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen; zudem ist das Festigkeitstgewebe geschwächt. Zu hoher Nährstoffeintrag erhöht durch Auswaschungsprozesse zudem den Nitratgehalt im Grundwasser. Von dort gelangt das Nitrat auch ins Trinkwasser. In geringen Mengen ist Nitrat toxikologisch unbedenklich. Es reagiert jedoch häufig zu Nitrit, was für Menschen giftig wirkt. Quellen der Eutrophierung sind in Abbildung A 3 dargestellt.

Das Eutrophierungspotenzial wird als Phosphat – Äquivalent (PO_4 -Äq.) in der Bilanz dargestellt. Auch beim Eutrophierungspotenzial ist zu berücksichtigen, dass die Auswirkungen regional sehr unterschiedlich sind.

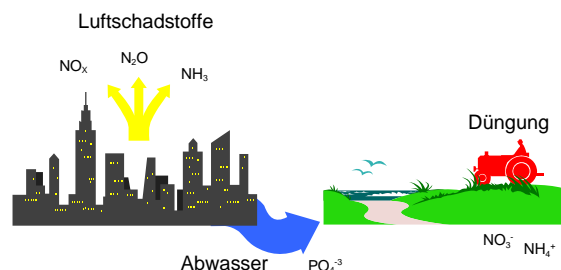


Abbildung A 3: Quellen der Eutrophierung (Kreissig & Kümmel 1999)

Chemisches Photooxidantienbildungspotenzial – „Sommersmog“

Während Ozon in der Stratosphäre eine Schutzfunktion hat, ist bodennahes Ozon ein hoch reaktives schädliches Spurengas. Photochemische Ozonbildung in Erdnähe (Troposphäre) wird auch als Sommersmog bezeichnet. Es gibt Hinweise darauf, dass dieses Vegetation und Materialien schädigt. Höhere Konzentrationen von Ozon sind für Menschen giftig. Durch Sonnenstrahlung entstehen aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoff unter komplexen chemischen Reaktionen aggressive Reaktionsprodukte, das wichtigste Reaktionsprodukt ist dabei Ozon. Stickoxide allein bewirken keine Erhöhung der Ozonkonzentration.

Kohlenwasserstoffemissionen entstehen durch unvollständige Verbrennung, beim Umgang mit Ottokraftstoffen (Lagerung, Umschlag, Tanken etc.) oder wenn Lösungsmittel in die Luft gelangen. Hohe Ozonkonzentrationen treten bei hohen Temperaturen, geringer Luftfeuchtigkeit, wenig Wind sowie hohen Kohlenwasserstoffkonzentrationen auf. Sofern Kohlenmonoxid (CO - meist vom Verkehr) vorhanden ist, reagiert das gebildete Ozon zu Kohlendioxid (CO₂) und Sauerstoff (O₂), deshalb werden die höchsten Ozonwerte oft nicht in unmittelbarer Nähe der Emissionsquellen sondern eher in Reinluftgebieten (z.B. Wäldern) gemessen, in denen kaum CO vorhanden ist (Abbildung A 4).

Das Photooxidantienpotenzial (POCP) wird in der Ökobilanz als Ethen-Äquivalent (C₂H₄-Äq.) angegeben. Zu berücksichtigen ist, dass die tatsächlichen Ozonkonzentrationen von der Witterung und von der jeweiligen Situation vor Ort abhängen.

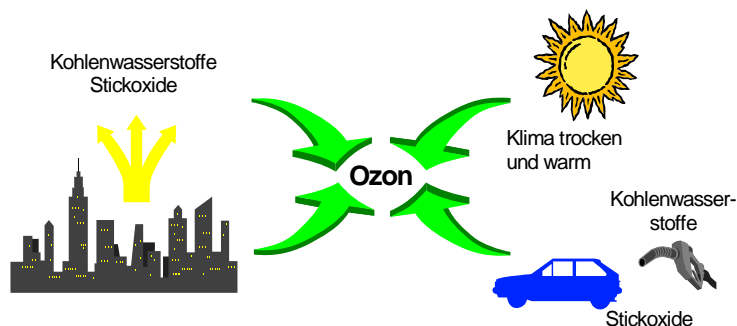


Abbildung A 4: Bodennahe Ozonbildung (Sommersmog) (Kreissig & Kümmel 1999)

Ozonabbaupotenzial – „Ozonloch“

Ozon entsteht in großen Höhen wenn kurzwellige UV-Sonnenstrahlen auf Sauerstoff-Moleküle treffen. So bildet sich die sogenannte Ozonschicht in der Stratosphäre (15 - 50 km Höhe). Rund 10 % des Ozons gelangt durch Vermischungsvorgänge auch in erdnähere Schichten (Troposphäre). Die Ozonschicht ist wichtig für das Leben auf der Erde, denn Ozon nimmt die kurzwellige UV-Strahlung auf und gibt mit größerer Wellenlänge in alle Richtungen wieder ab. So gelangt nur ein Teil der UV-Strahlung auf die Erde. Die von Menschen verursachten Emissionen führen zum Abbau der Ozonschicht. Allgemein bekannt wurde dies durch Berichte über das Ozonloch über den Gebieten der Antarktis, mittlerweile ist jedoch auch ein Ozonabbau über den mittleren Breiten (z.B. Europa) erkennbar, wenn auch nicht im selben Ausmaß.

Folgenden zwei Stoffgruppen wird im Wesentlichen ein Ozon abbauende Wirkung zugeschrieben: Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKWs) und Stickoxiden (NO_x). Abbildung A 5 zeigt die wesentlichen Aspekte des Ozonabbaus.

Ozonabbau bewirkt zum einen ist die Erwärmung der Erdoberfläche. Zu berücksichtigen ist insbesondere aber auch, dass Menschen, Tiere und Pflanzen gegenüber UV-B und UV-A Strahlung sehr empfindlich reagieren; in der Folge können z.B. Wuchsveränderungen bzw. Minderung der Ernteerträge (Störung der Photosynthese) sowie Tumore (insbesondere Hautkrebs und Augenerkrankungen) auftreten. Darüber hinaus nimmt das Meeresplankton ab, was erhebliche Auswirkungen auf die Nahrungskette nach sich ziehen kann.

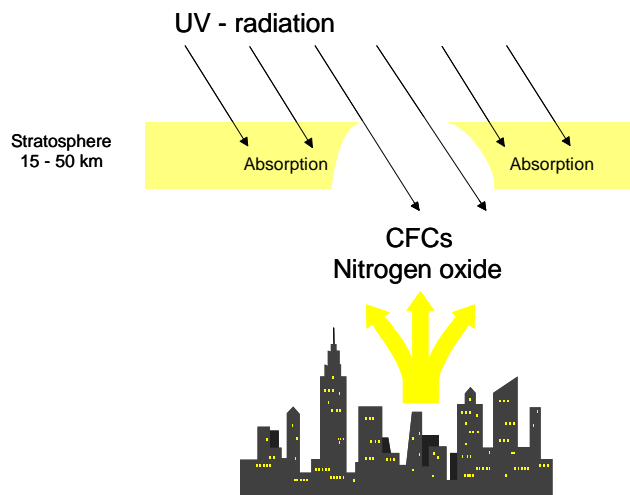


Abbildung A 5: Ozonabbau (Kreissig & Kümmel 1999)

Bei der „klassischen“ Berechnung des Ozonabbaupotenzials werden vor allem anthropogen emittierte Halogenkohlenwasserstoffe, die als Katalysatormoleküle viele Ozonmoleküle zerstören können, erfasst. Aus den Ergebnissen von Modellrechnungen für unterschiedliche ozonrelevante Stoffe ergeben sich jeweils sogenannte „Ozonschädigende Potenziale“ (ODP: Ozone Depletion Potential). Dabei wird zunächst ein Szenario mit fester Emissionsmenge eines Referenz-, quasi Bezugs-FCKW (R11) durchgerechnet. Als Ergebnis erhält man im Gleichgewicht einen bestimmten Wert der Gesamtozonreduktion. Für jede Substanz, für die ein Ozonabbaupotenzial errechnet werden soll, wird analog das gleiche Szenario betrachtet, jedoch R11 durch die gleiche Menge der Substanz ersetzt. Als Ergebnis erhält man das Ozonabbaupotenzial für die jeweilige Substanz, das in R11-Äquivalenten angegeben wird.

Bei der Bewertung des Ozonabbaupotenzials sind die langfristigen, globalen und zum Teil irreversiblen Auswirkungen zu berücksichtigen.