

Ber. nat.-med. Verein Innsbruck	Band 96	S. 169 - 177	Innsbruck, April 2010
---------------------------------	---------	--------------	-----------------------

## „Agro-“ statt „Bio-“

von

Ludwig CALL \*)

**Synopsis:** Mein Anliegen ist es, dass bei der Bezeichnung von Kraftstoffen, die aus nachwachsenden pflanzlichen Rohstoffen hergestellt werden, die der Produktion von Nahrungs- Genuss- oder Futtermitteln dienen, das derzeit verwendete Präfix „Bio-“ durch „Agro-“ ersetzt wird.

Auf die in diesem Zusammenhang missbräuchliche Verwendung der Vorsilbe „Bio-“ explizit aufmerksam wurde ich durch den Artikel „*Monokulturen führen zu Hunger in der Welt*“ von Susanne ELLER, den ich in der Ausgabe des „Tiroler Sonntag“, Kirchenzeitung der Diözese Innsbruck, vom 22. Juni 2008 gefunden habe. **Als Chemiker (Fachgebiet Organische Chemie) teile ich die in diesem Artikel vorgebrachten Argumente voll und ganz**, möchte sie aber noch etwas ergänzen.

Die Bezeichnungen „Bio'kraftstoffe“<sup>2</sup> als Sammelbegriff für deren konkrete Formen „Bioethanol“<sup>3,4</sup> oder „Biosprit“ und „Biodiesel“<sup>5,8</sup> sind in aller Munde. In ihren Einsatz als Kraftstoffe bzw. derzeit vor allem als Zusatz zu den weiterhin eingesetzten, aus fossilen<sup>6</sup> Energieträgern gewonnenen Kraftstoffen (Benzin<sup>7</sup>, Diesel<sup>8</sup>) werden große Erwartungen gesetzt. Allerdings werden die mit der Verwendung auch dieser Kraftstoffe verbundenen, wissenschaftlich eindeutig nachweisbaren und deshalb immer deutlicher erkannten negativen Folgen von den Erzeugern und/oder von den Vertreibern geflissentlich verschwiegen oder zumindest manipulativ verharmlost. Die derzeit noch weit überwiegend praktizierte Form der Gewinnung dieser Treibstoffe aus nachwachsenden pflanzlichen Rohstoffen, die primär der Produktion von Nahrungs- Genuss- oder Futtermitteln dienen, verstärkt diese Vorbehalte noch erheblich. Ich halte die irreführende Verwendung der Vorsilbe „Bio-“ für die Bezeichnung dieser Kraftstoffe für einen wesentlichen Teil dieser Strategie der Täuschung.

Zunächst ist zu sagen, dass das generell in Mode gekommene Präfix „Bio-“ andeuten soll, dass es sich bei dem Nachgesetzten um etwas Naturnahes, besonders Gesundes und Unbedenkliches handle, z.B. „Biogemüse“. Wie bekannt, ist das bei als „Bio-“ apostrophierten Produkten jedoch generell häufig irreführend, einseitig und gewinnorientiert. Wie nachstehend gezeigt, trifft diese Aussage gerade bei den bisher **„Biokraftstoffe“** genann-

\*) Anschrift des Verfassers: Ass.-Prof. i. R. Dr. Ludwig Call, Institut für Organische Chemie der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, E-Mail ludwig.call@uibk.ac.at

ten, aber eben viel **zutreffender** als „**Agro<sup>9</sup>kraftstoffe**“ zu bezeichnenden Substanzen in besonders ausgeprägtem Maße zu.

Die Vorsilbe „Bio-“<sup>41</sup> ist für die oben genannten Kraftstoffe bzw. Kraftstoffzusätze schon deshalb unangebracht, weil sie selbst gar keine Naturprodukte<sup>10</sup> - also Substanzen, die als solche und in dieser Form in der Natur synthetisiert<sup>11</sup> und uns von ihr zur Verfügung gestellt werden – sind, sondern aus Materialien pflanzlichen Ursprungs als Ausgangsstoffen<sup>12</sup> erst durch tiefgreifende chemische Umwandlungen hergestellt werden müssen. Diese Umwandlungen werden in großtechnischem Maßstab durchgeführt, und zwar teils organisch-synthetisch<sup>11</sup> [Herstellung von „Rapsmethylester“<sup>45</sup> durch chemische Reaktion des Hauptinhaltsstoffes der Samen der Rapspflanze, des Esters<sup>13</sup> Rapsöl<sup>14</sup>, mit Methanol<sup>15</sup> in Gegenwart katalytischer<sup>16</sup> Mengen von Mineralsäure im Sinne einer Umesterung<sup>17</sup>], teils enzymatisch<sup>18</sup> [Herstellung von Ethanol<sup>4</sup> aus Kohlenhydraten<sup>19</sup> durch alkoholische Gärung<sup>20</sup>].

Mit derselben Berechtigung könnte und müsste man auch „Erdöl“<sup>21</sup> als „Bio<sup>1</sup>erdöl“ oder „Bioöl“ bezeichnen. Besser allerdings spricht man von „fossilen<sup>6</sup> Rohstoffen“. Auch Erdöl ist aus von Lebewesen – Pflanzen wie Kleintieren – aufgebauten organischen Verbindungen (Kohlenhydraten<sup>19</sup>, Eiweißen, Fetten<sup>13</sup> und Ölen<sup>13</sup>) durch komplexe und im Detail noch keineswegs voll verstandene chemische Umwandlungen bei erhöhter Temperatur und unter hohem Druck gebildet worden - dies allerdings schon vor Millionen von Jahren. Streng genommen, sind natürlich mit Ausnahme bestimmter Gesteine (z.B. Granit) fast alle in der Natur vorkommenden Materialien (auch viele Mineralien wie z.B. die Sedimentgesteine Kalk, Korallen und Diatomeenerde) – oft chemisch stark veränderte – Produkte<sup>10</sup> von Lebewesen, also „Bio-“.

Erdöl<sup>21</sup> spielt für die vom Menschen entwickelte Technik eine doppelte Rolle.

- Einerseits ist Erdöl in zunehmendem Maße ein – derzeit und wohl auch in Zukunft unersetzlicher – chemischer Rohstoff, dessen Umwandlung in zahllose andere Verbindungen unter den Namen „Petrochemie“<sup>224</sup> zusammengefasst wird.
- Andererseits ist es nach wie vor ein wichtiger - derzeit leider immer noch der wichtigste – Energieträger, dessen in ihm gespeicherte chemische Energie durch Verbrennung zu Kohlendioxid, CO<sub>2</sub>, und Wasser genutzt wird. Allerdings entstehen nur im Idealfall nur diese, sondern bei unvollständiger Verbrennung auch andere, unerwünschte Produkte<sup>10</sup> wie Ruß und das äußerst giftige Kohlenmonoxid, CO<sup>23</sup>. Die dabei frei werdende Wärmeenergie kann leicht in mechanische oder elektrische Energie umgewandelt werden. Die Gewinnung von für Kraftfahrzeuge geeigneten Kraftstoffen<sup>7,8</sup> aus Erdöl erfolgt teils durch physikalische Trennmethode („Raffinieren“<sup>24</sup>), seit dem 2. Weltkrieg aber zunehmend durch nachgeschaltete petrochemische<sup>22</sup> Umwandlungen. Es könnte aber sein - und ist aus Sicht der Erhaltung der Umwelt jedenfalls anzustreben –, dass ökonomische Gründe und die bevorstehende, zeitlich aber noch nicht genau absehbare Erschöpfung der Erdölreserven der Erde eine Trendumkehr bewirken („Ausstieg aus dem Erdöl“).

Viel besser und der Wahrheit entsprechend ist es daher, die irreführenderweise **bisher** als „**Biokraftstoffe**“ bezeichneten Treibstoffe „**Agrokraftstoffe**“ zu nennen. Die Vorsilbe „Agro-“<sup>9</sup> stellt klar, dass diese Kraftstoffe aus bestimmten Agrarprodukten, also aus „Früchten des Feldes“ als natürlichen und laufend nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden, die allerdings normalerweise – und bis vor Kurzem ausschließlich – direkt oder in weiterverarbeiteter Form als Nahrungs- und Genussmittel für Mensch und als Futtermittel für Tiere dienen. Neuerdings wird diese Nutzung dieser Agrarprodukte aber durch die extensiv und exklusiv zu werden drohende Verwendung als Ausgangsmaterialien für die Synthese<sup>11</sup> von Zusätzen zu Treibstoffen für Verbrennungsmotoren konkurrenziert und zum Teil schon durch sie verdrängt. Diese Agrarprodukte werden also zweckentfremdet.

Besonders bedenklich ist, dass die Produktion von Agroethanol stark zunimmt: so erzeugten die europäischen Produzenten 2008 50 % mehr Agroethanol als 2007<sup>25</sup>.

Im zitierten Artikel aus dem „Tiroler Sonntag“ vom 22. Juni 2008 werden vor allem die Gefahren – wie die seit Langem bekannten ökologischen Probleme als Folge von Monokulturen, die Verdrängung anderer Kulturen und die extensive Rodung der tropischen Regenwälder – geschildert, die aus dem forcierten und nicht der Gewinnung des Nahrungsmittels „Rohrzucker“= Saccharose<sup>19</sup> dienenden Anbau von Zuckerrohr<sup>26</sup> resultieren und daher vor allem Brasilien betreffen.

Ein weiteres Beispiel ist Mais, der vor allem in Mexiko angebaut wird, und der das Grundnahrungsmittel der dort einheimischen Bevölkerung darstellt. Wegen des für die Erzeugung von „Agro<sup>9</sup>ethanol<sup>14</sup>“ in großen Mengen zu geringen eigenen Maisanbaus haben die USA große Mengen an Mais von Mexiko aufgekauft, die dortigen Lager geleert und dadurch die Preise für Mais in Mexiko innerhalb von Monaten auf ein Mehrfaches hochgetrieben, worunter die Bevölkerung massiv, nämlich mit Hunger, zu leiden hat. Ähnliche Effekte sind auch in Europa bei Brotgetreide bereits bekannt oder abzusehen.

Ein anderer, weit verbreiteter und von der Erzeuger- und Verteilerindustrie der „Agrokraftstoffe“ sorgsam genährter Irrtum ist die oft zu hörende Behauptung, dass durch die Verbrennung von „Agrokraftstoffen“ die Emission des Treibhausgases<sup>27</sup> Kohlendioxid, CO<sub>2</sub>, in die Atmosphäre verringert würde.

Natürlich entsteht auch bei der vollständigen Verbrennung der „Agrokraftstoffe“ neben Wasser aus jedem C-Atom eines Moleküls des Kraftstoffes genau ein Molekül CO<sub>2</sub>.

Richtig ist hingegen, dass die Gesamtbilanz des in der Atmosphäre enthaltenen CO<sub>2</sub> bei Verwendung von „Agrokraftstoffen“ weitgehend (die folgende Argumentation gilt nicht für das C-Atom des Methylrestes des „Rapsmethylesters“<sup>45</sup>, deshalb nur „weitgehend“) ausgeglichen ausfällt. Für den Einbau der in den pflanzlichen Ausgangsstoffen eines „Agrokraftstoffes“ – also der Kohlenhydrate<sup>19</sup> und des „Rapsöls<sup>14</sup> - enthaltenen C-Atome dient bei deren Biosynthese<sup>28</sup> durch Photosynthese<sup>29</sup> CO<sub>2</sub> als Kohlenstoffquelle. Dieses CO<sub>2</sub> ist also kurz – das heißt Monate oder einige Jahre – vor der Verbrennung des „Agrokraftstoffes“ der Atmosphäre entzogen worden und entsteht bei der Verbrennung von „Agrokraftstoffen“ wieder in genau gleicher Menge. Im Gegensatz dazu haben sich bei den

fossilen<sup>6</sup> Energieträgern analoge Vorgänge eben vor Jahrmillionen abgespielt und sind daher für den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre heute nicht mehr wirksam.

Gegen die Forcierung der Gewinnung von „Agrodiesel“<sup>45</sup> gibt es mindestens noch ein weiteres Argument, das erst in jüngerer Zeit überhaupt erkannt worden ist. Der ertragreiche Anbau der Futterpflanze Raps<sup>14</sup> – jeder in Österreich kennt die Felder der im Frühsommer leuchtend gelb blühenden Rapspflanzen – erfordert den ziemlich massiven Einsatz von chemischen Düngemitteln, insbesondere von Ammoniumnitrat, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, als Stickstoffquelle. Bei dessen großtechnischer, energie-<sup>30</sup> und rohstoffaufwendiger Produktion entsteht in geringer Menge – deshalb ist man erst vor Kurzem draufgekommen – das Gas Distickstoff(mon)oxid, N<sub>2</sub>O<sup>31</sup>. N<sub>2</sub>O ist aber, ähnlich wie Wasserdampf<sup>32</sup>, CO<sub>2</sub> und Methan<sup>33</sup>, ein Treibhausgas<sup>27</sup>. Besonders bedenklich ist, dass N<sub>2</sub>O – ähnlich wie auch Methan – ein mindestens um den Faktor hundert höheres Treibhauspotential hat als CO<sub>2</sub>.

Es gibt zahlreiche, bis dato aber noch nicht wirklich erfolgreiche Bemühungen, Kraftstoffe aus ständig nachwachsenden, aber nicht zur Gewinnung von Nahrungs-, Genuss- und Futtermitteln verwendbaren pflanzlichen Produkten<sup>10</sup> (Gräser, Strauchwerk, Holzabfälle, Abfallprodukte der Papierherstellung, Algen, *Jatropha*<sup>34</sup>) ökonomisch konkurrenzfähig herzustellen. So hergestellte Kraftstoffe sollten als „Phyto“<sup>35</sup>kraftstoffe“ bezeichnet werden. Die Triebfeder für diese absolut sinnvollen und zu fördernden Anstrengungen sind vor allem wirtschaftliche Gründe, aber auch der Vorteil, dadurch den bei der Verbrennung dieser Kraftstoffe auftretenden Effekt der „ausgeglichenen CO<sub>2</sub>-Bilanz“ nutzen zu können.

## Fußnoten

- <sup>1</sup> Die Vorsilbe „Bio-“ leitet sich vom griechischen Substantiv „βίος“ (bíos) = „Leben“ ab.
- <sup>2</sup> Neuere Übersichtsartikel: Gunter FESTEL, „Biokraftstoffe – Welcher ist am wirtschaftlichsten?“, Nachrichten aus der Chemie 2006, 54, 879 ; Bernd ELSER, Udo JUNG, Josef GLASS und Markus WANKE, „Biodiesel, Bioethanol und industrielle Biotechnik“, Nachrichten aus der Chemie 2008, 56, 906.
- <sup>3</sup> Die sich vom griechischen Wortstamm „αἰθ-“ („aith-“) ableitende Silbe wurde, den Transkriptionsregeln entsprechend, im Deutschen früher mit „Aeth-“ oder „Äth-“ transkribiert, im Englischen jedoch stets mit „eth-“. Um für den häufig vorkommenden Ethylrest C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>- und andere C<sub>2</sub>-Reste eine in beiden Sprachen einheitliche Position im Alphabet – ein in der Nomenklatur wichtiges Ordnungsprinzip – zu gewährleisten, haben sich die Chemischen Gesellschaften der deutschsprachigen Länder in den 70-er Jahren des 20. Jahrhunderts dahingehend verständigt, dass in den von ihnen herausgegebenen wissenschaftlichen Publikationen bei chemischen Namen auch im Deutschen die Schreibweise „Eth-“ verwendet wird, also z.B. Ethan, Ethanol, Ethen, Ether.
- <sup>4</sup> Ethanol = Ethylkohol = Weingeist, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, wird auch heute noch durch alkoholische Gärung<sup>20</sup> von Kohlenhydraten<sup>19</sup> und großindustriell als Produkt der Petrochemie<sup>22</sup> gewonnen und ist der in Getränken wie Wein, Bier, Schnaps und Weinbrand enthaltene, trinkbare Alkohol.
- <sup>5</sup> „Biodiesel“<sup>48</sup> = „Rapsmethylester“ ist ein Gemisch der Methyl<sup>15</sup>ester<sup>13</sup> von ein- oder mehrfach ungesättigten „Fettsäuren“<sup>44,13,2</sup> Absatz mit meistens 18 C-Atomen. „Rapsmethylester“ wird aus dem von der Ölpflanze Raps produzierten Rapsöl<sup>14</sup> durch Umesterung<sup>17</sup> mit Methanol<sup>15</sup> in Gegenwart von katalytischen<sup>16</sup> Mengen einer Mineralsäure industriell hergestellt.

- <sup>6</sup> Das Adjektiv „fossil“ leitet sich vom lateinischen Adjektiv „fossilis“ = „ausgegraben“ ab.
- <sup>7</sup> Die Bezeichnung Benzin (englisch petrol, amerikanisch gasoline oder gas) leitet sich von Benzoeharz, einem Baumharz, ab und hat – entgegen der oft zu hörenden, irrtümlichen Meinung – mit dem Namen des deutschen Motorenbauers Carl BENZ (\* am 25.11.1844 in Mühlburg bei Karlsruhe; † am 4. 4. 1889 in Ladenburg) nichts zu tun. Benzin ist der für Viertaktmotoren („OTTO“-Motoren) geeignete Kraftstoff und stellt ein komplexes Gemisch von im Wesentlichen aliphatischen<sup>13</sup>, <sup>3. Absatz</sup>, meist verzweigten, gesättigten (d.h. keine C-C-Mehrfachbindung enthaltenden) Kohlenwasserstoffen mit 5 bis 12 C-Atomen dar. Ein Maß für die Verbrennungseigenschaften verschiedener Benzinsorten ist die „Oktanzahl“ (ROZ = Research Oktan Zahl), die den prozentuellen Anteil von „Isooctan“ (2,2,4-Trimethylpentan) C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> in einem Gemisch desselben mit Heptan C<sub>7</sub>H<sub>16</sub> wiedergibt, das dieselben Verbrennungseigenschaften hat wie der Kraftstoff der angegebenen „Oktanzahl“.
- <sup>8</sup> Die Bezeichnung Diesel ist ein Eponym zum deutschen Motorenbauer Rudolf DIESEL (\* am 18.3.1858 in Paris; † am 29.9.1923 auf einem Schiff im Ärmelkanal). Diesel ist der für Zweitaktmotoren („DIESEL“-Motoren) geeignete Kraftstoff und stellt ein komplexes Gemisch von im Wesentlichen aliphatischen<sup>13</sup>, <sup>3. Absatz</sup>, meist unverzweigten, gesättigten (d.h. keine C-C-Mehrfachbindung enthaltenden) Kohlenwasserstoffen mit 9 bis 22 C-Atomen dar, enthält aber auch cyclische<sup>13</sup>, <sup>3. Absatz</sup> und aromatische Kohlenwasserstoffe<sup>22</sup>. Die Zündwilligkeit des Kraftstoffes wird durch die „Cetanzahl“ (Cetan = Hexadecan C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>) angegeben.
- <sup>9</sup> Die Vorsilbe „Agro-“ leitet sich vom lateinischen Substantiv „ager“ (sprachlich auch in den lateinischen Adjektiva „agrarius“ und „agrestis“ enthalten) = „Feld, Acker“ ab.
- <sup>10</sup> Das Substantiv „Produkt“ leitet sich vom lateinischen Verbum „producere“ = „auftreten lassen“ ab. Naturprodukte sind von der Natur hergestellte chemische Verbindungen.
- <sup>11</sup> Unter Synthese – abgeleitet vom griechischen Substantiv „σύνθεσις“ („sýnthesis“) = „Zusammenfügung“ – versteht man die oft viele, aufeinander folgende Reaktionen („Stufen“) erfordernde Herstellung von Verbindungen mit komplexer Struktur aus einfachen, leicht zugänglichen und meistens käuflichen Edukten<sup>12</sup>.
- <sup>12</sup> Der Fachausdruck lautet Edukt. Das Substantiv „Edukt“ leitet sich sprachlich vom lateinischen Verbum „educere“ = „heraufführen“ ab. Sprachlich widersinnig ist der anstelle von „Edukt“ oft zu hörende und zu lesende Ausdruck „Ausgangsprodukt“.
- <sup>13</sup> Ester sind organische Verbindungen, in denen das Wasserstoffatom der Hydroxylgruppe einer sauerstoffhaltigen Säure gegen einen organischen Rest R ausgetauscht ist. Ester werden – formal, aber auch chemisch realisierbar – aus Säuren und Alkoholen durch Abspaltung von Wasser gebildet. Am wichtigsten sind die von Carbonsäuren R<sub>1</sub>C(O)OH abgeleiteten Carbonsäureester. Diese haben die allgemeine Konstitutionsformel R<sub>1</sub>C(O)O-R<sub>2</sub>, wobei R<sub>1</sub> und R<sub>2</sub> beliebige, über ein C-Atom gebundene, einwertige Reste sind. Die von Tieren und Pflanzen biosynthetisch<sup>28</sup> erzeugten Fette und Öle sind uneinheitliche Gemische von Estern zwischen Glycerin (Propan-1,2,3-triol) als Alkoholkomponente und langkettigen, aliphatischen (<sup>3. Absatz</sup>), unverzweigten Carbonsäuren mit meistens 16 oder 18 C-Atomen („Fettsäuren“) als Säurekomponente, die gesättigt (d.h. keine C-C-Mehrfachbindung enthaltend) oder einfach oder mehrfach ungesättigt (eine oder mehrere C-C-Doppelbindungen und/oder C-C-Dreifachbindungen enthaltend) sein können. Das Adjektiv „aliphatisch“ leitet sich vom griechischen Substantiv „ἄλειφαρ“ („áleifār“) = „Salbe, Fett, Öl“ ab und bedeutet im Zusammenhang mit der Topologie organischer Verbindungen eine Anordnung von C-Atomen als offene, unverzweigte oder verzweigte Kette. „Aliphatisch“ ist topologisch der Gegensatz zu „cyclisch“. Das Adjektiv „cyclisch“ leitet sich vom griechischen Substantiv „κύκλος“ („kúklos“) = „Kreis, Ring“ ab und bedeutet „zu einem Ring geschlossen“.

<sup>14</sup> Als Rapsöl wird das aus den Früchten der Rapspflanze (*Brassica napus*) gewonnene Öl bezeichnet. Nach seiner Konstitution ist Rapsöl ein uneinheitliches Gemisch von Estern<sup>13</sup> zwischen Glycerin (Propan-1,2,3-triol) als Alkoholkomponente und langkettigen, aliphatischen<sup>13, 3. Absatz</sup>, unverzweigten, einfach oder mehrfach ungesättigten (d.h. eine oder mehrere C-C-Doppelbindungen enthaltenden) Carbonsäuren mit meistens 18 C-Atomen („Rübölfettsäuren“) als Säurekomponente. Der bis zum Beginn der 70-er Jahre des 20. Jahrhunderts bei fast 50 % gelegene, aber bei der Verwendung von Rapsöl für die menschliche Nahrung und für tierische Futtermittel hinderliche Anteil der Erucasäure [(Z)-Docos-13-ensäure C<sub>22</sub>H<sub>42</sub>O<sub>2</sub>] als Säurekomponente der Ester des Rapsöls ist durch Neuzüchtungen auf weniger als 1 % gesenkt worden.

<sup>15</sup> Methanol = Methylalkohol = Holzgeist, CH<sub>3</sub>OH, kommt in freier Form in der Natur nur spurenmäßig vor, ist aber ein Zwischenprodukt für die großtechnische Synthese<sup>11</sup> zahlreicher Verbindungen und kann in reiner Form auch selbst als Kraftstoff oder als Zusatz zu fossilen<sup>6</sup> Kraftstoffen verwendet werden. Methanol ist im Gegensatz zu seinem höheren Homologen (2. Absatz) Ethanol<sup>4</sup> sehr giftig und führt, oral eingenommen, beim Menschen schon in kleinen Mengen rasch zu Erblindung, dann zum Tod. In den Medien liest man immer wieder, dass – vor allem in Südostasien – alkoholische Getränke versehentlich oder bewusst mit Methanol „gestreckt“ werden, was z.B. bei Hochzeiten schon zum gleichzeitigen Tod zahlreicher Gäste geführt hat.

Der als Substantiv oder als Adjektiv gebrauchte Ausdruck „Homolog“ leitet sich vom griechischen Adjektiv „ὁμός“ („homòs“) = „ähnlich, gleich“ und vom griechischen Substantiv „λόγος“ („lógos) = wörtlich „das Zusammenlesen“, „Wort“ ab.

<sup>16</sup> Die Ausdrücke „Katalyse“ und „katalytisch“ leiten sich vom griechischen Substantiv „κατάλυσις“ („katálüsis“) = „Auflösung“ ab und wurden bereits 1834 vom schwedischen Chemiker Jöns Jakob Freiherr von BERZELIUS (1779-1848) vorgeschlagen, der von seinen Zeitgenossen – wohl zu Recht – als der „Organisator der Chemie“ bezeichnet wurde. In vielen Fällen läuft eine chemische Reaktion, die auf Grund der Energielage der Edukte<sup>12</sup> und der Produkte<sup>10</sup> (Thermodynamik) freiwillig und unter Energieabgabe (exergonisch) ablaufen müsste, bei Raumtemperatur deshalb nicht oder nur mit sehr kleiner Reaktionsgeschwindigkeit (Kinetik) ab, weil die zwischen den Edukten und den Produkten liegende, energetische Hemmschwelle (Aktivierungsenergie) nicht überwunden werden kann, was aber die Voraussetzung dafür ist, dass die Reaktion in Gang kommt. Derartige Systeme werden als metastabil bezeichnet. Das wichtigste Beispiel eines metastabilen Systems sind alle organischen – also jedenfalls die Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff enthaltenden – Verbindungen, die mit dem Sauerstoff der Luft (ca. 20 Vol-%) zu CO<sub>2</sub> und Wasser reagieren, d.h. verbrennen müssten, was keinerlei bekannte Form eines Lebens zuließe.

Um zu erreichen, dass solche gehemmten chemischen Reaktionen trotzdem mit brauchbarer Geschwindigkeit ablaufen, kann man dem System entweder Energie (z.B. Wärme, Licht<sup>29</sup>) zuführen oder durch Zugabe eines Hilfsstoffes, eben eines Katalysators, erreichen, dass ein anderer Reaktionsweg mit einer niedrigeren Aktivierungsenergie eingeschlagen wird. Der Katalysator scheint in der Brutto-Reaktionsgleichung weder als Edukt noch als Produkt auf und wird – nicht in allen Fällen vollständig und gleich wirksam wie vorher – bei der Reaktion wieder zurückgebildet.

<sup>17</sup> Der Ausdruck Umesterung bezeichnet eine chemische Reaktion, bei der aus einem bestimmten Ester<sup>13</sup> durch Austausch der Alkoholkomponente oder durch Austausch der Säurekomponente ein anderer Ester entsteht.

<sup>18</sup> Das Substantiv „Enzym“ und das Adjektiv „enzymatisch“ leiten sich von den griechischen Worten „ἐν ζύμη“ („én zúmh“) = „in der Hefe“ ab. Enzym ist gleich bedeutend mit dem Substantiv „Ferment“, das sich vom lateinischen Substantiv „fermentum“ = „Sauerteig“ ablei-

tet. Enzyme sind Eiweißstoffe (Proteine) mit meist sehr komplexer, durch moderne Methoden aufklärbarer Struktur, die von der Natur als Katalysatoren<sup>16</sup> eingesetzt werden, also mit Fug und Recht als „Bio'katalysatoren“ bezeichnet werden können. Enzyme sind äußerst effektiv, effizient und spezifisch und bewirken, dass die meisten chemischen Reaktionen in lebenden Organismen unter sehr milden Bedingungen – nämlich bei Körpertemperatur und bei neutralem pH-Wert, also weder sauer noch alkalisch – verlaufen und jeweils in hoher Ausbeute nur eines von vielen möglichen Produkten<sup>10</sup> liefern. Zahlreiche und seit Langem unternommene Versuche, synthetisch<sup>11</sup> Substanzen mit einer den Enzymen gleichkommenden Wirkung herzustellen, haben bisher nur mäßige Erfolge gezeitigt.

<sup>19</sup> Kohlenhydrate (englisch carbohydrates) sind Verbindungen, deren chemische Zusammensetzung – wie es der Name zum Ausdruck bringt – der allgemeinen Summenformel  $(\text{CH}_2\text{O})_n$  („Verbindung von Wasser mit Kohle“) entspricht, oder die zu derartigen Verbindungen in einer einfachen Beziehung (z.B. Abspaltung eines Moleküls Wasser) stehen. Wegen des süßen Geschmacks wichtiger, in der Natur vorkommender Vertreter (z.B. Glucose = Traubenzucker  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , Saccharose = Rohrzucker  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) werden Kohlenhydrate auch mit dem Sammelnamen „Zucker“ bezeichnet. Auch das von Pflanzen produzierte Biopolymer (2. Absatz) Stärke, ein wichtiger Ausgangsstoff zur Gewinnung von Ethanol<sup>4</sup> durch alkoholische Gärung<sup>20</sup>, gehört zu den Kohlenhydraten.

Das Substantiv „Polymer“ und das Adjektiv „polymer“ leiten sich vom griechischen Adjektiv „πολύ“ („polü“) = „viel“ und vom griechischen Substantiv „μέρος“ („méros“) = „Teil“ ab und umschreiben sehr große, zumeist kettenförmig gebaute Moleküle mit einem – meist uneinheitlichen – Molekulargewicht ab etwa 10.000 Dalton. Mit der Bezeichnung Bio'polymere fasst man von der Natur synthetisierte<sup>11</sup>, hochmolekulare Verbindungen wie bestimmte Kohlenhydrate, Nucleinsäuren oder Proteine zusammen.

<sup>20</sup> Bei der alkoholischen Gärung werden Kohlenhydrate<sup>19</sup> durch Hefe-Enzyme<sup>18</sup> unter Freiwerden von Wärme in Alkohole und  $\text{CO}_2$  umgewandelt. So entstehen aus einem Molekül Glucose<sup>19</sup>,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , mit Bäckerhefe (*Saccharomyces cerevisiae* = Bierhefe) zwei Moleküle Ethanol<sup>4</sup> und zwei Moleküle  $\text{CO}_2$ .

<sup>21</sup> Der Begriff Erdöl wurde von Prof. Dr. Hans HÖFER Edler von Heimhalt (\* 17.5.1843 in Ellbogen, Böhmen; als Pionier und Professor der Erdölgeologie in Příbram, dann in Leoben tätig; † 9.2.1924 in Wien) 1913 für alle in der Erde vorkommenden, flüssigen organischen, brennbaren Naturprodukte geprägt und ersetzt in der Folge im Deutschen den früheren Begriff Petro<sup>22</sup>leum weitgehend.

<sup>22</sup> Die Vorsilbe „Petro-“ leitet sich von griechischen Substantiv „πέτρα“ („pétra“) = „Fels“ ab. Unter Petrochemie werden alle Prozesse zusammengefasst, die die Herstellung von organischen Grundchemikalien aus Erdöl<sup>21</sup> durch dessen chemische Umwandlung umfassen und damit den Zugang zu einer Vielzahl technisch wichtiger Produkte in großem Maßstabe öffnen, insbesondere zu aromatischen Kohlenwasserstoffen wie Benzol (englisch benzene), Toluol (englisch toluene) und Xylol (englisch xylene) sowie zu vielen Monomeren (2. Absatz). Die Petrochemie ist einer der größten Zweige der chemischen Industrie und zugleich Grundlage anderer chemischer Industriezweige wie Waschmittelindustrie und pharmazeutisch-chemische Industrie. Vor allem aus Kostengründen, aber auch aus Gründen der Schonung der Umwelt, hat die Petrochemie seit dem 2. Weltkrieg die früher marktbeherrschende großtechnische Gewinnung von organischen Grundchemikalien aus Steinkohle oder Braunkohle weitgehend verdrängt.

Das Substantiv „Monomer“ und das Adjektiv „monomer“ leiten sich vom griechischen Adjektiv „μόνος“ („mónos“) = „allein“ und vom griechischen Substantiv „μέρος“ („méros“) = „Teil“ ab und umschreiben kleine Moleküle, die durch den Vorgang Polymerisation in sehr großer Zahl chemisch miteinander verbunden werden und kettenförmig gebaute Polymere<sup>19, 2. Absatz</sup> ergeben.

- 23 Die hohe Giftigkeit von Kohlenmonoxid, CO, beruht darauf, dass es den reversibel an den roten Blutfarbstoff Hämoglobin gebundenen und so zu den peripheren Organen transportierten molekularen Sauerstoff, O<sub>2</sub>, irreversibel von seiner Bindungsstelle verdrängt. Die Vergiftung durch CO führt zu sofortiger Atemlähmung.
- 24 „Raffinieren“ leitet sich vom französischen Verbum „raffiner“ = „verfeinern“ ab.
- 25 „Bioethanolproduktion“, Nachrichten aus der Chemie 2009, 57, 533.
- 26 „Agro<sup>o</sup>ethanol“<sup>44</sup> kann auch durch Vergärung<sup>20</sup> der auch in Europa angebauten Zuckerrübe erhalten werden. Der Preis des aus Zuckerrüben hergestellten „Agroethanols“ ist aber derzeit mindestens doppelt so hoch wie derjenige des aus Zuckerrohr gewonnenen Ethanol. Die Herstellung von „Agroethanol“ aus Zuckerrüben ist damit wirtschaftlich (noch) nicht konkurrenzfähig.
- 27 Treibhausgase sind in der Erdatmosphäre – oft in nur geringer Konzentration – enthaltene Gase, die das Entweichen der von der Erde abgestrahlten Wärme (Infrarotstrahlung) in den Weltraum durch deren Absorption verhindern und somit die Lufttemperatur erhöhen. Dieses als „Treibhauseffekt“ (englisch „green house effect“) bezeichnete und für die letzten etwa 100 Jahre durch langfristige Messreihen eindeutig nachweisbare Phänomen hat zahlreiche, unliebsame und kaum beherrschbare Folgen wie das Ansteigen des Meeresspiegels durch Abschmelzen des derzeit oberhalb der Meeresoberfläche gelegenen Eises z.B. in Grönland und in der Antarktis. Das mit Abstand „wirksamste“ Treibhausgas ist Wasser<sup>32</sup>, weitere sind eben CO<sub>2</sub>, Methan<sup>33</sup> und N<sub>2</sub>O<sup>31</sup>.
- 28 Unter Bio<sup>o</sup>synthese<sup>11</sup> versteht man die Gesamtheit der von der Natur zum Aufbau komplexer Verbindungen verwendeten Methoden.
- 29 Der Begriff Photosynthese leitet sich von den griechischen Substantiven „φῶς“, φωτός“ („fohs, fohtös“) = „Licht“ und „Synthese“<sup>41</sup> ab. Man versteht darunter den in den grünen Blättern von Pflanzen stattfindenden Aufbau komplexer organischer Verbindungen unter dem Einfluss von Sonnenlicht, das vom Blattgrün Chlorophyll absorbiert und als Energiequelle nutzbar gemacht wird. Als Kohlenstoffquelle dient dabei das in der Atmosphäre vorhandene CO<sub>2</sub>, das in die aufzubauenden organischen Verbindungen eingebaut, also chemisch gebunden wird. Die Primärprodukte der Photosynthese sind Kohlenhydrate<sup>19</sup>. Aus Kohlenhydraten werden von Organismen in weiterer Folge durch komplexe chemische Reaktionen andere organische Verbindungen (z.B. Fette<sup>13</sup>, Öle<sup>13</sup>, Eiweiße<sup>18</sup>) aufgebaut. Dafür ist der Ausdruck „Biosynthese“<sup>428</sup> voll angebracht.
- 30 Die dazu benötigte Energie liefert meistens wiederum Erdöl<sup>21</sup>, dessen Einsatz für diesen Zweck somit potenziert umweltschädlich ist.
- 31 In der Literatur ist N<sub>2</sub>O auch als „Stickoxydul“ oder „Lachgas“ – so von DAVY bereits um 1800 wegen seiner physiologischen Wirkung, nämlich zum Lachen zu reizen, benannt – bekannt. Distickstoff(mon)oxid war eines der ersten wirksamen Inhalationsnarkotika und wurde als die Schmerzempfindung hintanhaltende Substanz lange Zeit vor allem in der Zahnmedizin verwendet.
- 32 Wasserdampf ist wegen seiner starken Absorption im Infrarot-Bereich des elektromagnetischen Spektrums und seiner hohen Konzentration in der Atmosphäre der Hauptverursacher des „Treibhauseffektes“, was aber nicht beeinflusst oder gar verhindert werden kann.
- 33 Methan, CH<sub>4</sub>, ist der Hauptbestandteil von Erdgas. Wie man erst seit Kürzerem weiß, sind große Mengen von Methan an Wasser als unter hohem Druck stabiles „Gashydrat“ gebunden. Bei nicht sachgerechtem Umgang mit Erdgas entweicht Methan in die Atmosphäre. Der Großteil des heute in der Atmosphäre als Spurengas enthaltenen Methans wird aber von Wiederkäuern im Zuge der Verdauung gebildet bzw. entsteht in Sumpfgeländen („Sumpfgas“) wie z.B. Kulturen zum Anbau von Reis. Diese „Bio-Produktion“ wird man nicht so ohne weiteres einstellen können.



- <sup>34</sup> *Jatropha* ist eine in den Tropen und Subtropen beheimatete, zur Familie der Wolfsmilchgewächse gehörende Pflanzengattung. Die auch in trockenen Savannengebieten anbaubare Purgiernuss (*Jatropha curcas*) bildet Samen mit einem Ölanteil von 30%. Aus diesem Öl kann ein dem „Rapsmethylester“<sup>35</sup> ähnlicher Phyto<sup>35</sup>treibstoff hergestellt werden. Die verstärkte Gewinnung von Phytotreibstoffen aus *Jatropha* scheint sehr erfolgversprechend.
- <sup>35</sup> Die Vorsilbe „Phyto-“ leitet sich vom griechischen Substantiv „φυτόν“ („phytón“) = „Pflanze“ ab.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: [96](#)

Autor(en)/Author(s): Call Ludwig

Artikel/Article: ["Agro-" statt "Bio". 169-177](#)