

Es ist sehr gefährlich, sagt Voltaire,  
in Dingen recht zu haben,  
wo große Leute Unrecht gehabt haben.

*Georg Christoph Lichtenberg*

## Kapitel 13

### Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen

Der Begriff Energiegewinnung ist nicht ganz einwandfrei, denn es gibt ja den Energieerhaltungssatz, der besagt, dass die Energiemenge in einem geschlossenen System nicht verändert werden kann. Lediglich die Energieformen ändern sich. Ich benutze trotzdem den Begriff Energiegewinnung, weil er allgemein verwendet wird.

Was die Menschheit in zunehmendem Maße benötigt, sind Energieträger, die für Wärme, Mobilität, Geräte- und Maschinennutzung, Herstellung von Konsumgütern etc. bequem eingesetzt werden können. Vorzugsweise haben diese eine hohe Energiedichte und sind allein schon aus Transportgründen flüssig, gasförmig oder es handelt sich um elektrischen Strom. Die Menge der im Jahre 2003 global benötigten Energieträger lag bei 15,3 Milliarden Tonnen SKE (Steinkohleeinheiten) und für das Jahr 2030 wird nach einer Studie der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften eine Menge von 23,3 Milliarden Tonnen SKE erwartet, was einer Steigerung um 52 % entspricht. Erneuerbare Energieträger schlugen 2003 mit 13 % zu Buche und für 2030 werden 14,1 % erwartet. Aus dem doch sehr geringen Prozentsatz erneuerbarer Energiequellen wird deutlich, dass Kohle, Öl, Gas und spaltbares Material weiterhin die wesentlichen Energiequellen sein werden.

*Ist das nicht zu konservativ gedacht, kann man nicht einen größeren Schub bei den „Erneuerbaren“ erwarten?*

Die Frage wollen wir untersuchen. Die Nutzung von Windenergie und Wasserkraft soll dabei nicht weiter berücksichtigt werden, da in diesen Prozessen biologische Systeme keine Rolle spielen. Immer, wenn es um die Nutzung von Biomasse geht, sind natürlich neben der Energiedichte auch Transportprobleme von Bedeutung. Eben deshalb sind Mikroorganismen im Einsatz, um Biomasse in flüssige oder gasförmige Energieträger zu verwandeln. Als flüssige Energieträger kommen Ethanol und Butanol in Frage und als gasförmige Methan (Biogas) und Wasserstoff.

Die Ethanolproduktion mit Hilfe der Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae* ist voll etabliert, allerdings nur auf der Basis von Maisstärke oder Zucker; in beiden Fällen werden also Glukose oder Glukose-Fruktose-Gemische zu Ethanol und CO<sub>2</sub> vergoren. Die Weltproduktion liegt bei etwa 40 Milliarden Litern, was größenordnungsmäßig 5 % des Kraftstoffverbrauchs entspricht. Wenn es um die Nutzung von anderen Ausgangsmaterialien, also von Biomasse komplexerer Zusammensetzung geht, dann werden gentechnisch veränderte Stämme von *Escherichia coli* interessant; darauf wird in Kapitel 15 eingegangen.

Die Produktion von Butanol wird in Kapitel 14 beschrieben. Dieser Energieträger kann selbst bei voller Etablierung von Produktionsverfahren nur einen bescheidenen Beitrag leisten. Während die Produktion von Ethanol und von Butanol in aufwändigen technischen Anlagen und mit speziellen Hefebzw. Bakterienstämmen erfolgt, ist die Gewinnung von Biogas unkompliziert. Man benutzt Faulgasbehälter; werden diese mit Biomasse gefüllt, dann stellen sich sehr bald mikrobielle Abbauprozesse ein, der Restsauerstoff wird verbraucht, Gärungen laufen ab, Methanoarchaeen siedeln sich an und die Produkte der Gärungen wie Essigsäure, Methanol oder Wasserstoff plus Kohlendioxid werden zu Methan umgesetzt. Sind die Ausgangsmaterialien überwiegend zuckerähnlich, so besteht das Biogas aus etwa 50 % Methan und 50 % Kohlendioxid. Liegen in einem gewissen Umfang Fette vor, so erhöht sich der Anteil an Methan im Biogas. Die Anlagen sind von der technischen Seite her ziemlich anspruchslos, und sie können in verschiedenen Größen, also für den Hausgebrauch oder für die Verarbeitung großer Schlammengen in der Kläranlage einer Großstadt, z. B. Hamburg ausgelegt sein. Die Großanlage in Hamburg sieht man in der Ferne, bevor man vom Süden kommend im Elbtunnel verschwindet. In Indien gibt es Millionen von kleinen Biogasanlagen, die die Energie fürs Kochen und den übrigen Hausgebrauch liefern. Dörfliche Gemeinschaften haben sich zusammengetan und Biogasanlagen errichtet, die den Energiebedarf weitgehend sichern. Das ist zu begrüßen, Bioenergiedörfer lassen sich errichten, nicht aber Bioenergiestädte, denn dafür würde erstens die zur Verfügung stehende Biomasse nicht ausreichen und zweitens wäre die für den Transport aufzuwendende Energie einfach zu groß.

*Ist das nicht wiederum zu konservativ argumentiert?*

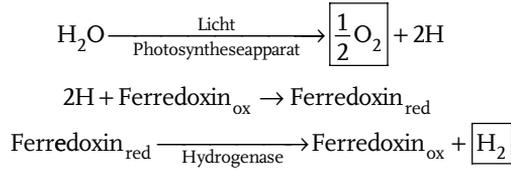
Wir müssen folgende Fakten zur Kenntnis nehmen, und da folge ich der bereits erwähnten Studie der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften: Zur Deckung des globalen Bedarfs an Treibstoffen benötigte man etwa die Hälfte der Biomasse, die auf den derzeit verfügbaren landwirtschaftlichen Ackerflächen Jahr für Jahr wächst. Für den globalen Bedarf an elektrischer Energie müsste man sogar drei Viertel der verfügbaren landwirt-

geschäftlichen Anbauflächen einsetzen, um beispielsweise mit Hilfe von gewonnenem Biogas elektrische Energie zu erzeugen. Der Einsatz von Zuckerrohr, Zuckerrüben und Mais für die Gewinnung von Biosprit bzw. von Butanol darf nicht zu Lasten der Ernährung der immer noch wachsenden Weltbevölkerung gehen und er darf wie bereits in Kapitel 12 ausgeführt, nicht zu einer Verkleinerung der waldbestandenen Flächen auf unserem Planeten führen.

Mikroorganismen wie *Saccharomyces cerevisiae*, *Zymomonas mobilis* (siehe Kap. 15) oder gentechnisch veränderter *Escherichia coli* lassen sich also für die Bioalkoholproduktion, *Clostridium acetobutylicum* für die Butanolproduktion und Methanoarcheen für die Biogasproduktion einsetzen. Man wird aber nicht erwarten können, dass wir ihnen so viel Futter in Gestalt von Biomasse zur Verfügung stellen können, dass damit unsere Energieprobleme gelöst wären. Auch darf man sich nicht damit herausreden, dass noch großer Forschungsbedarf bestünde und dass Forschungserfolge die Aussichten wesentlich verbessern würden. Natürlich besteht Forschungsbedarf, beispielsweise in Verfahren, durch die schwer umsetzbare Biomasse wie Lignocellulose, also Holzabfälle besser nutzbar gemacht werden können. Es wird aber nicht gelingen, den Anteil von Biomasse als regenerierbaren Energieträger über die Marke von 10 % zu drücken und diese Marke ist schon sehr hoch geschätzt.

*Wo sonst kann man biologische Systeme noch für die Gewinnung von Energieträgern einsetzen?*

Der interessanteste Prozess ist die Spaltung von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff mit Hilfe der Energie der Sonne. Im Grunde ist es das, was die Pflanzen und die Cyanobakterien tun. Mit Hilfe des so genannten Photosystems II sind sie in der Lage, Wasser zu spalten und den Sauerstoff freizusetzen. Die beiden Wasserstoffatome (2H) des Wassers werden allerdings nicht als molekularer Wasserstoff ( $H_2$ ) freigesetzt, vielmehr werden sie auf Trägermoleküle übertragen, und sie dienen dann der Umwandlung von Kohlendioxid beispielsweise in Stärke und in andere Zellbausteine der Organismen. Um  $H_2$  und  $O_2$  aus Wasser lichtabhängig zu gewinnen, braucht man außer Licht den Photosyntheseapparat, zum Beispiel in Form der Chloroplasten und man braucht ein Enzymsystem, das  $H_2$  entwickeln kann, also eine geeignete Hydrogenase. Hat man diese Komponenten beisammen und belichtet, dann wird in der Tat  $O_2$  gebildet und die bereits erwähnten 2H werden auf das Trägermolekül Ferredoxin übertragen, von dem die Hydrogenase die 2H aufnimmt und schließlich  $H_2$  freisetzt.



*Das ist es!*

Leider aber nur im Prinzip. Ein solches System stellt spätestens nach einigen Minuten seine Tätigkeit ein. Der Hauptgrund ist, dass der frisch gebildete Sauerstoff mit großer Radikalität das System inaktiviert (Oxygen is a nasty stuff; siehe Kap. 5). Man wird fragen, wie es denn die Pflanzen einrichten und wie sie mit dieser Radikalität fertig werden. Sie lassen den Radikalsauerstoff am so genannten D1-Protein sich abreagieren, und sie tauschen D1 in einem Reparaturprozess regelmäßig aus. Es ist so, als müsste man in einem Automotor alle fünf Minuten die Zündkerzen auswechseln. Unter diesen Bedingungen ist ein Motor zum Autofahren natürlich ungeeignet und gleiches trifft für das Photosystem zu. Hinzu kommt, dass auch die überwiegende Zahl der Hydrogenasen sauerstoffempfindlich ist und ebenfalls ihren Betrieb nach relativ kurzer Zeit einstellt. Auf diesem Gebiet allerdings ist der Forschungsbedarf grenzenlos. Die sonnenlichtgetriebene Spaltung des Wassers in Wasserstoff und Sauerstoff würde zu einer wasserstoffgetriebenen Energiewirtschaft führen. Dieses ist die einzige Alternative von globaler Bedeutung, die wir haben, wenn es um den Einsatz biologischer Systeme zur Gewinnung von Energieträgern geht. Alles andere sind leider mehr oder weniger enge Nebenstraßen. Frau Professor Bärbel Friedrich (Humboldt-Universität Berlin) forscht auf diesem Gebiet. Wie ist da der gegenwärtige Stand?

„Röntgenstrukturanalysen, spektroskopische Studien sowie molekularbiologische Untersuchungen haben erstmals detaillierte Einblicke in die atomare Struktur und den Reaktionsmechanismus der Enzyme geliefert, die lichtgetriebene H<sub>2</sub>-Produktion katalysieren. Daran beteiligte Komponenten, der Photosyntheseapparat als auch die Hydrogenasen, beherbergen in ihrem katalytischen Zentrum komplex aufgebaute metallische Cofaktoren, die das Herz der Wasserspaltung bzw. der H<sub>2</sub>-Freisetzung darstellen. Dabei wurden unter den Hydrogenasen Enzyme gefunden, die besonders robust sind und als herausragendes Merkmal Unempfindlichkeit gegenüber Sauerstoff zeigen, was auf unterschiedlichen Modifikationen in der Nähe des katalytischen Zentrums beruht. Mit diesen O<sub>2</sub>-toleranten Hydrogenasen lassen sich Strategien für ein „Engineering“ entwickeln, mit dem die biologischen Katalysatoren gezielt optimiert und bestimmten Bedingungen angepasst werden kön-

nen. In einem ersten Ansatz gelang es, eine O<sub>2</sub>-tolerante bakterielle Hydrogenase mit dem Photosystem genetisch zu fusionieren und mit dem Fusionsprotein lichtabhängig H<sub>2</sub> freizusetzen. Die H<sub>2</sub>-Bildungsrate liegt noch um mehrere Zehnerpotenzen unter denen, die beispielsweise mit photovoltaischen Verfahren erzielt werden, so dass es fraglich bleibt, ob ein solches Hybrid in einem zellulären System jemals mit technischen Prozessen der H<sub>2</sub>-Produktion wirtschaftlich konkurrieren kann. Unbestritten ist jedoch, dass diese Erkenntnisse neue Wege für das Design synthetischer Metallkomplexe aufzeigen. Die der Natur nachempfundenen Modellverbindungen sind viel versprechende chemische Katalysatoren für eine zukunftsweisende Produktion von Wasserstoff aus erneuerbaren Ressourcen.“

Das Design synthetischer Metallkomplexe, die die Lichtenergie zur Wasserspaltung in Sauerstoff und Wasserstoff nutzen, muss im Mittelpunkt unserer Forschungsanstrengungen zur Erschließung von Energieträgern stehen. Wie man es macht, müssen wir der Natur abgucken.

*Wie ist der Biodiesel einzuordnen?*

Aus Ölpflanzen wie dem Raps lässt sich ein Öl gewinnen, welches als solches nicht als Dieselmotorkraftstoff geeignet ist. Es besteht aus langkettigen Fettsäuren, die an Glycerol gebunden sind. Es muss eine so genannte Umesterung durchgeführt werden. Dabei wird das Glycerol durch Methanol ersetzt. Man benötigt also chemisch aus fossilen Kohlenstoffverbindungen hergestelltes Methanol, gewinnt aber neben dem Biodiesel Glycerol, das ein wichtiger Rohstoff für die Biotechnologie werden kann (siehe Kap. 27). So herrlich wie blühende Rapsfelder anzusehen sind und so interessant Biodiesel als Kraftstoff ist, der Beitrag zur Lösung unserer Energieprobleme wird gering bleiben. Wir können nicht immer nur über die anfangs erwähnten 13–14 % reden. Es geht um die restlichen 86–87 % der Energieversorgung.

Noah aber fing an und war ein Ackermann  
und pflanzte Weinberge.  
Und da er von dem Weine trank,  
ward er trunken und lag in der Hütte aufgedeckt.

1. Mose 9, 20–21

## Kapitel 15

### Pulque und Biosprit

Es gab Zeiten, da machte man sich lustig darüber, dass es lebende Organismen sein sollten, die Zucker zu Alkohol umsetzen, und so steht in Liebigs Annalen der Pharmacie 29, 100 (1839):

„Von dem Augenblick an, wo sie dem Ei entsprungen sind, sieht man, dass diese Tiere den Zucker aus der Auflösung verschlucken, sehr deutlich sieht man ihn in ihren Magen gelangen. Augenblicklich wird er verdaut und diese Verdauung ist sogleich und aufs bestimmteste an der erfolgenden Ausleerung von Exkrementen zu erkennen. Mit einem Worte, diese Infusorien fressen Zucker, entleeren aus dem Darmkanal Weingeist, und aus den Harnorganen, Kohlensäure. Die Urinblase besitzt im gefüllten Zustande die Form einer Champagnerbouteille.“

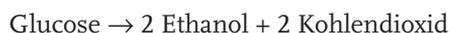
Als Paul Lindner, seinerzeit Direktor des Instituts für Gärungsgewerbe in Berlin 1924/25 in Mexiko als *Consultor tecnico* weilte, machte er Bekanntschaft mit der Pulque, die von mexikanischen Bauern gebraut wird. Agaven werden angeritzt, und der sich im Kelch der Agave sammelnde Saft unterliegt sehr schnell einem Gärungsprozess. Es entsteht offenbar ein sehr süßiges und anregendes Getränk, und zwar innerhalb eines Zeitraums von etwa 24 Stunden. Lindner schreibt:

„Im zuckerreichen Saft der *Agave americana* fand ich die interessante bewegungsfrohe Gärungsbakterie, die ich *Termobacterium mobile* nannte und die mir zu einer erheblich vertieften Auffassung des Gärungsproblems verhalf. Ich halte sie für die älteste Gärungsmikrobe, die wir bisher kennen, jedenfalls für viel älter als das Hefengeschlecht. (...) Sie leistet die gleiche Gärungsarbeit wie der Muskel, auch bei ihr entsteht außer Alkohol und Kohlensäure Milchsäure. (...)

Der Agavensaft, Aquamiel, wird viel getrunken, namentlich zu Heilzwecken. Ein deutscher Ingenieur in Mexiko verschaffte sich täglich 2 Liter Aquamiel und konnte nicht genug die Bekömmlichkeit rühmen. Allge-

mein, namentlich bei Nierenleiden, wird Aquamiel in Mexiko von Ärzten verschrieben. In diesem Aquamiel kommt das Gärungsbakterium regelmäßig vor neben Schleimbakterien, die den an sich klaren Saft binnen wenigen Stunden trüben. Auch das fertige Getränk, das vergorene Aquamiel, das Pulque heißt, ist stark trübe, aber hier überwiegen Hefen, die natürlich stets mitgetrunken werden und die Vitamine liefern. Kein Indio würde filtriertes Aquamiel oder eine filtrierte Pulque, noch weniger eine pasteurisierte, trinken wollen; er ist sich dessen bewusst, dass dann das Beste fehlen würde; sein Instinkt ist noch nicht verdorben, wie beim überkultivierten, mit Vorurteilen aller Art erblich belasteten Kulturmenschen, der mit kristallklarem Getränk die Mundmikroben in den Magen befördern will, wo es natürlich ebenso trüb und noch viel trüber ankommt, als es vor dem Filter war.“

Diese bewegungsfrohe „Gärungsbakterie“ hieß eine Weile *Pseudomonas lindneri*, wurde dann aber, als man darüber besser Bescheid wusste, in *Zymomonas mobilis* umgetauft. Es ist eines der wenigen Bakterien, das eine reine alkoholische Gärung durchführt, worunter verstanden wird, dass Zucker wie etwa Glucose nach der von Gay-Lussac 1815 aufgestellten Gleichung zu Ethanol und Kohlendioxid vergoren wird (Abb. 30a). (Die von Lindner erwähnte Milchsäure wurde wohl von anderen in Aquamiel vorhandenen Bakterien gebildet).



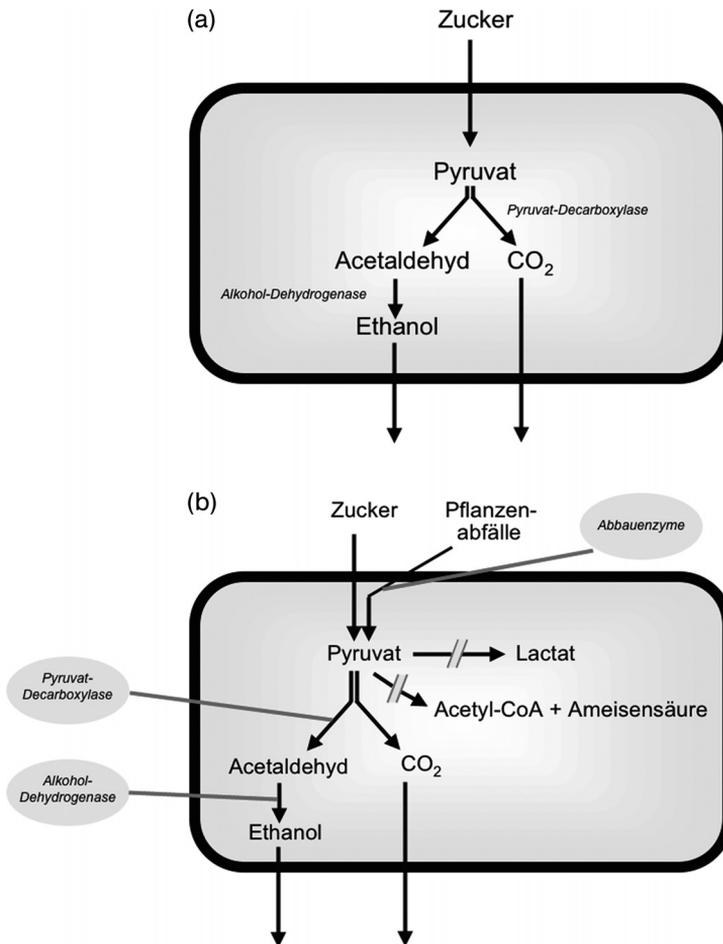
Eigentlich ist Alkohol ein häufiges Produkt mikrobieller Gärungen; aber meistens entsteht er zusammen mit Essigsäure, Milchsäure oder gar Buttersäure. Es liegt auf der Hand, dass Gärer für die Herstellung von Bier und Wein, aber auch von Bioalkohol nur dann interessant sind, wenn sie eine Gärung gemäß der Gay-Lussac'schen Gleichung durchführen. Neben dem Enzym Alkohol-Dehydrogenase gibt es ein echtes Schlüsselenzym für die reine alkoholische Gärung, und das ist die Pyruvat-Decarboxylase, die aus Pyruvat (Salz der Brenztraubensäure) durch Abspaltung von Kohlensäure Acetaldehyd produziert, der dann durch die Alkohol-Dehydrogenase zu Alkohol umgesetzt wird. Die Pyruvat-Decarboxylase ist eben unter Bakterien nicht weit verbreitet. Sie benutzen häufig einen anderen Weg zur Gewinnung von Ethanol, der wie erwähnt dann mit der Bildung von einer Reihe von weiteren Produkten verknüpft ist.

Bioalkohol ist ja als Treibstoff bzw. Treibstoffzusatz in aller Munde. Namentlich in Brasilien und den USA wird er bereits in riesigen Mengen produziert, wobei die Hefe *Saccharomyces cerevisiae* fast ausschließlich zum Einsatz kommt. Die Jahresproduktion liegt wie bereits erwähnt in der Größenordnung von ca. 40 Milliarden Litern. Rohstoffe sind in erster Linie Maisstärke und Zuckerrohr. Es hat nicht an Anstrengungen gefehlt, *Zymomonas*

*mobilis* ebenfalls zu einem Produktionsorganismus für Bioalkohol zu entwickeln. Der Nachteil ist, dass der Gärungsprozess mit *Z. mobilis* an einen im Vergleich zur Hefe neutraleren pH-Wert gebunden ist und deshalb unter den Bedingungen einer großtechnischen Fermentation die Gefahr eines Überhandnehmens anderer Gärungsprozesse besteht. Es würde sich dann unter den Gärungsprodukten z. B. auch Milchsäure befinden, was in keiner Weise akzeptiert werden kann. Die Hefe *Saccharomyces cerevisiae* hat den großen Vorteil, dass sie so lange atmet und schnell wächst, wie sich noch Luft-sauerstoff in dem System befindet; geht dieser zur Neige, so schaltet sie ihren Stoffwechsel blitzschnell auf die alkoholische Gärung um. Die Hefen sind eukaryotische Organismen, sie gehören zu den Pilzen, besitzen also einen von einer Membran umgebenen Zellkern (siehe Kap. 2).

*Zymomonas mobilis* wurde besonders intensiv in der Arbeitsgruppe von Professor Hermann Sahm (Forschungszentrum Jülich) untersucht, das Gen für das erwähnte Schlüsselenzym, die Pyruvat-Decarboxylase, wurde gefischt und in seiner Basensequenz charakterisiert. Diese Arbeiten legten den Grundstein für weltweite Bestrebungen, doch ein Produktionssystem für Bioalkohol auf bakterieller Basis zu entwickeln. Bakterien haben den Vorteil, dass nicht nur die klassischen Zucker wie Glucose, Fructose oder das Disaccharid Saccharose (Rohrzucker oder Rübenzucker) für einen solchen Gärungsprozess eingesetzt werden können, sondern auch viele weitere Kohlenhydrate, wie Hemicellulosen oder gar die Cellulose selbst. Professor Lonnie O. Ingram (Gainesville, Florida) war einer der Ersten, der durch Genetic Engineering, wie man das heute allgemein bezeichnet, unser Darmbakterium *Escherichia coli* zu einem sehr vielseitigen Ethanolproduzenten entwickelte. Die Pyruvat-Decarboxylase- und Alkohol-Dehydrogenase-Gene aus *Zymomonas mobilis* wurden ins Genom von *E. coli* eingeschleust und zahlreiche Stoffwechselwege in *E. coli* mit Hilfe der Gentechnik blockiert (Abb. 30b). Früher oder später wird es Fermentationsanlagen geben, in denen *E. coli*-Stämme aus der Genküche ihren Dienst tun und diverse Abfälle zu Ethanol und CO<sub>2</sub> vergären. Es könnte aber auch sein, dass rein chemische Verfahren wie der BTL-Prozess (Biomass To Liquid) der Biologie den Rang ablaufen. Hierbei werden Abfälle zunächst in Synthesegas überführt, aus dem anschließend ein Flüssigkraftstoff produziert wird.

Es ist hier nicht der Ort, die Entwicklung des Bierbrauens und der Weinerzeugung darzustellen, auch nicht den heutigen Stand dieser so wichtigen Technologien. Hingewiesen werden soll aber doch darauf, dass der Genuss von Bier und Wein im Altertum allein schon aus hygienischen Gründen etwas äußerst Empfehlenswertes war. Die Herstellungsverfahren brachten es mit sich, dass diese Getränke im Gegensatz zu dem Wasser, das als Trinkwasser zur Verfügung stand, hygienisch unbedenklich waren. Es wird ja destilliert, filtriert, gehopft und geschwefelt, das machen die pathogenen Bak-



**Abb. 30** Biosprit. (a) Vergärung von Zucker zu Ethanol und CO<sub>2</sub> durch Hefen bzw. durch *Zymomonas mobilis*. (siehe auch Anhang, Infobox 12). (b) Vergärung von Zucker und pflanzlichen Abfällen zu Ethanol und CO<sub>2</sub> durch einen gentechnisch veränderten Stamm von *E. coli*. Links ist angedeutet, dass die Gene für Pyruvat-Decarboxylase und Alkohol-Dehydrogenase gentechnisch in den Produktionsstamm hineingebracht wurden, ebenso Gene für

den Abbau von Kohlenhydraten; die entsprechenden Enzyme, so genannte Exoenzyme, werden nach draußen transportiert und bauen dort die Abfälle zu niedermolekularen Verbindungen ab, die dann aufgenommen werden können (siehe Kap. 27). Angedeutet ist weiterhin, dass gentechnisch einige Stoffwechselwege blockiert wurden, damit Alkohol und CO<sub>2</sub> die hauptsächlich gebildeten Produkte sind. (Zeichnung: Petra Ehrenreich, Göttingen).

terien nicht mit. Wenn auch Weinanbau und Weinkonsum aus Deutschland nicht mehr wegzudenken sind, so ist doch Bier eher das Getränk des Nordens und Wein das des Südens. Das war wohl auch vor 1400 Jahren so, was durch einen Vers bezeugt wird, der Kaiser Julian zugeschrieben wird:

Motorfahrzeug- u. Motorenfabrik Berlin  
Aktien-Gesellschaft  
**Marienfelde** bei Berlin.  
18 Minuten vom Potsdamer Vororts-Bahnhof.

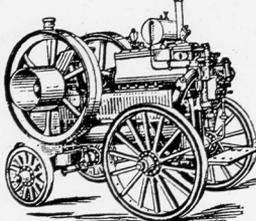
Specialität:

**Spiritus - Lokomobilen  
und -Motore.**

Beste und billigste Betriebskraft für die Landwirtschaft.

Kataloge gratis und franko.      Kataloge gratis und franko.

Günstige Zahlungsbedingungen.      Günstige Zahlungsbedingungen.



**Kompl. Dreschsätze zu Kauf und Miete.**

Während der Landwirtschaftswoche sind 16 unserer Spiritus-Lokomobilen und Motore dauernd in Betrieb.

Man wende sich an unseren Ausstellungs-Vertreter wegen eingehender Auskunft. (20)

**Besuch unserer Fabrik empfohlen.**  
18 Minuten vom Potsdamer Vororts-Bahnhof.

Abb. 31 Werbung für Spiritus-angetriebene Lokomobile. Diasammlung GG, Herkunft nicht mehr feststellbar.

„Du willst der Sohn des Zeus, willst Bacchus sein?  
Was hat der Nektarduftende gemein  
Mit dir, dem Bockigen? Des Kelten Hand,  
Dem keine Traube reift im kalten Land,  
Hat aus des Ackers Früchten dich gebrannt.  
So heiße denn auch Dionysus nicht;  
Der ist geboren aus des Himmels Licht,  
Der Feuergott, der Geistige, fröhlich Laute;  
Du bist der Sohn des Malzes, der Gebraute!“

*Kobert: Zur Geschichte des Biers, Halle a.d.S. (1896)*

Ganz egal, wo geboren und wie hergestellt, Abbildung 31 dokumentiert: Alles schon mal dagewesen.