

Der Lebenslauf der Energie*)

Von Werner Döring.

Vor etwas über hundert Jahren erkannte der deutsche Arzt Robert Mayer und fast gleichzeitig der englische Physiker James P. Joule, daß Wärme eine spezielle Form der Energie sei. Der Energiesatz der Mechanik, welcher ohne Berücksichtigung der Wärmeenergie nur einen sehr beschränkten Gültigkeitsbereich besitzt, wurde durch diese Erkenntnis zu einem allgemeinen Naturgesetz, welches sich inzwischen als eines der wichtigsten physikalischen Prinzipien herausgestellt hat. Die Relativitätstheorie und die Erforschung der Struktur der Atome hat uns in den letzten 50 Jahren genötigt, zahlreiche physikalische Gesetze abzuändern. Der Satz von der Erhaltung der Energie und der mit ihm eng verknüpfte Satz von der Erhaltung des Impulses sind nahezu die einzigen Naturgesetze, deren Gültigkeit bei diesen Umgestaltungen und Erweiterungen des physikalischen Weltbildes unangetastet blieb. Man kann demnach Energie weder erzeugen noch vernichten, sondern nur von einer Form in die andere umwandeln. Bei jedem physikalischen oder chemischen Vorgang, bei allen Prozessen in technischen Maschinen, bei allen Lebensvorgängen, bei kosmischen Ereignissen, ja bei jedem Geschehen überhaupt kann man fragen: Wo kommt die dabei auftretende Energie her, und wo geht sie hin? Bei solchem Fragen ergeben sich Einsichten, die jedem gebildeten Menschen geläufig sein sollten, es aber leider in vielen Fällen nicht sind. Deshalb soll hier einmal an Hand einiger Beispiele der Werdegang der Energie verfolgt werden, die bei den Vorgängen unseres täglichen Lebens eine Rolle spielt.

Bevor wir damit beginnen, müssen wir fragen: Was ist überhaupt Energie? Es gibt im wesentlichen zwei Formen der Energie:

*) Vortrag im Rahmen des „Studium generale“ im WS 1952/53.

1. Die kinetische Energie oder Bewegungsenergie. Im einfachsten Fall ist diese gleich der halben Masse mal dem Quadrat der Geschwindigkeit des betrachteten Körpers $\frac{m}{2} v^2$. Wenn sich die verschiedenen Teile eines Körpers verschieden schnell bewegen, ist die kinetische Energie gleich der Summe über alle diese Ausdrücke für die verschiedenen Teile des Körpers. In allen Substanzen machen die Atome und Moleküle rasche Bewegungen, die makroskopisch nicht sichtbar sind. Ihre Bewegungsenergie ist das, was wir Wärme nennen. Mißt man die Temperatur in der physikalischen Skala, deren Nullpunkt bei -273° Celsius liegt, so ist die kinetische Energie der unregelmäßigen Wärmebewegung aller Atome und Moleküle der Temperatur proportional.

2. Die potentielle Energie oder Lageenergie. Sie ist gleich der Arbeit bei der Verschiebung eines Körpers entgegen der Richtung der auf ihn wirkenden Kräfte. Wenn z. B. ein Lastaufzug Ziegelsteine auf einen Bau hinaufschafft, so wird dadurch die potentielle Energie der Steine vermehrt, weil sie gegen die Wirkung der abwärts gerichteten Schwerkraft gehoben werden. Die dazu notwendige Energie stammt aus dem Benzin des Motors an der Winde. Dort werden im Zylinder die Benzinmoleküle verbrannt, d. h. die Kohlenstoff- und Wasserstoffatome des Benzins und die Sauerstoffmoleküle der Luft, welche sich gegenseitig anziehen, vermindern die potentielle Energie ihrer Anziehungskraft, indem sie sich zu Kohlendioxyd- und Wasserdampfmolekülen zusammenlagern. Die frei werdende potentielle Energie dieser chemischen Kräfte tritt zunächst in Form von kinetischer Energie der Wärmebewegung in den heißen Verbrennungsgasen in Erscheinung. Ein Teil dieser Energie wird zur Bewegung des Kolbens im Motor verwandt und durch die Winde in die potentielle Energie der Schwerkraft der Ziegelsteine verwandelt. Läßt man einen Ziegelstein vom Bau wieder herunterfallen, so vermindert sich seine potentielle Energie und geht in kinetische Energie der Fallbewegung über. Beim Auftreffen auf den Boden wird diese wieder zu potentieller Energie, denn der Ziegelstein wird die Gegenstände, auf die er trifft, zum Teil zerstören, wird also Arbeit gegen die Kohäsionskräfte dieser Gegenstände leisten.

Damit haben wir bereits an einem kleinen Beispiel den Lebensweg der Energie verfolgt. In diesem Fall stammte sie aus dem Benzin im Motor, also ursprünglich aus irgendeinem Erdöllager. Sie verwandelte sich schließlich zum größten Teil, infolge von Energieverlusten und Reibung, in Wärmeenergie der Luft, denn diese kühlt alle warm gewordenen Teile des Motors und des Aufzuges schließlich wieder ab. Letzten Endes wandert die Energie also infolge Ausstrahlung der Luft und des Erdkörpers in den Weltenraum hinaus, und damit verlieren wir sie aus den Augen. Die Energie, die in der Industrie umgesetzt wird, stammt zum Teil aus den Erdöllagern und den Wasserkraftwerken, zum größeren Teil aber aus der Kohle. Die mühevollen Arbeit des Kohlenbergbaues und die umfangreichen Kohletransporte auf Schiffen und Bahnen finden fast ausschließlich deshalb statt, weil Kohle potentielle Energie enthält, die sie beim Verbrennen in Luft abgibt. Nur bei einem kleinen Teil der industriellen Prozesse wird die Kohle wegen ihrer besonderen chemischen Eigenschaften benötigt. Die meiste Kohle benutzen wir als Energieträger. Sobald sie sich im Ofen mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlendioxyd umgewandelt und damit ihre Energie abgegeben hat, jagen wir sie so schnell wie möglich zum Schornstein hinaus, damit sie die Luft in unsern Häusern nicht verdirbt. Nur ihre Energie wird weiter verwendet.

Die Kohletransporte wären als nahezu überflüssig, wenn wir die Energie allein aus den Kohlelagern in unsere Fabriken und Häuser transportieren könnten. Zum Teil ist das tatsächlich möglich, nämlich durch elektrische Energieübertragung. Die übliche Ausdrucksweise, daß uns die elektrischen Kraftwerke mit Elektrizität versorgen, ist physikalisch gesehen völlig falsch. Die Elektrizitätsteilchen, welche in einem stromdurchflossenen Leiter vom Kraftwerk zum Verbraucher wandern, laufen in der Rückleitung vollständig wieder zu ihrem Ursprung zurück. Eine merkliche Ansammlung von Elektrizität ist völlig unmöglich. Man kann also streng genommen nicht von einem Elektrizitätsverbrauch sprechen, sondern nur von einem Verbrauch elektrischer Energie. Noch deutlicher wird das bei Anwendung von Wechselstrom. In diesem Falle vollführen die elektrischen Ladungen in

den elektrischen Leitungen nur ganz kleine oszillierende Bewegungen, deren Amplitude man kaum mit dem Mikroskop erkennen würde, wenn man die einzelnen Elektrizitätsteilchen sichtbar machen könnte. Die Energie dagegen wandert auch beim Wechselstrom immer in der gleichen Richtung vom Kraftwerk zum Verbraucher. Wenn nicht die elektrische Energieübertragung die Errichtung so umfangreicher Anlagen in Gestalt von Kraftwerken und Fernleitungen nötig machen würde, hätte sie die Kohlentransporte sicherlich schon längst verdrängt. Denn bei ihr wird nur die Energie weitergeleitet, ohne eine so schwere Verpackung wie Kohlen.

Auf die Wichtigkeit der Energie für unsere Wirtschaft braucht nun wohl kaum hingewiesen zu werden. Zur Herstellung jedes Apparates benötigt man nicht nur Rohstoffe, sondern auch Energie. Will man Eisen gießen oder schmieden, so muß man es durch Energiezufuhr erwärmen. Will man es auf der Drehbank bearbeiten, so muß man die Zerspanungsarbeit aufbringen. Will man ein Haus bauen, so braucht man Ziegelsteine, Zement und Kalk, und alle diese Stoffe werden aus den Rohmaterialien des Bodens durch Anwendung von Wärmeenergie hergestellt. In Verbindung mit dem Satz von der Erhaltung der Energie ergeben sich daraus wichtige Einsichten für die Wirtschaftsführung.

Zum Beispiel haben wir in Deutschland zu wenig Wohnraum und fragen deshalb: Warum werden nicht noch viel mehr Häuser gebaut, als es tatsächlich geschieht? Wir haben alle Rohstoffe dazu im Lande. Das Bauhandwerk ist nicht überbeschäftigt, und außerdem lassen sich in dieser Branche besonders viel ungelernete Arbeitskräfte unterbringen, so daß eine Belebung des Häuserbaues sich auf die Arbeitslosenzahl günstig auswirken würde. Die übliche Antwort auf die Frage, warum das nicht geschieht, lautet: Wir haben kein Geld. Da Geld heutzutage aus buntbedruckten Papierscheinen besteht, könnten wir uns aber Geld ohne weiteres herstellen, wenn es uns fehlte. Zwar kann man das nicht jedem einzelnen Menschen gestatten, weil sonst unsere Gesellschaftsordnung durcheinander geriete. Aber warum tut es der Staat nicht? Darauf pflegt man zu antworten: Eine Vermehrung des Geldumlaufes ohne vermehrte Deckung entwertet das Geld. Aber

auch das scheint mir unzutreffend zu sein. Wenn man für das Geld Häuser baut, entstehen ja neue Werte, die man als zusätzliche Deckung ansehen könnte. Eigentlich wären Häuser eine bessere Deckung als Gold. Denn Häuser kann man benutzen, dafür kann man Mieten einnehmen. Gold dagegen ist ein Metall, welches außer für Schmuck und goldene Zähne nur sehr wenig Verwendungsmöglichkeiten besitzt. Deshalb können wir Gold, ohne es wirklich zu entbehren, ungenutzt in Banken und Tresoren aufbewahren mit dem einzigen Zweck, Repräsentant eines eingebildeten Wertes zu sein. Häuser dagegen haben, im Gegensatz zu Gold, einen tatsächlichen Nutzungswert. Es kann höchstens sein, daß dieser infolge von zu niedriger Festsetzung der Mieten nicht eingetrieben werden kann. Wenn das aber das entscheidende Hindernis für den Wohnungsbau wäre, müßte man es meiner Meinung nach in der Tat beklagen, daß unser Staat den Wohnungsbau verhindert.

Tatsächlich scheint es mir aber ganz anders zu liegen. Was würde geschehen, wenn der Staat tatsächlich in großem Maßstabe Geld drucken würde und dafür Häuser bauen ließ? Es würde zuerst eine erhebliche Belebung der Baustoffindustrie eintreten. Diese würde daher einen Mehrbedarf an Kohle anmelden. Ferner würden die neu eingestellten Arbeitskräfte für das mehr verdiente Geld mehr einkaufen wollen als bisher. Zur Herstellung dieser Waren braucht man auch mehr Energie als bisher. Da aber die Energieförderung ein Engpaß unserer Wirtschaft ist und nicht stark vermehrt werden kann, würde irgendwo der Mehrbedarf nicht befriedigt werden können. Das hätte zur Folge, daß die Besitzer von knappen Waren die Preise hochtreiben, und dadurch entwertet sich das Geld. Durch Ankurbelung des Wohnungsbauens mit Hilfe von neugedrucktem Geld würden also nicht mehr Werte erzeugt werden als bisher, sondern es würde sich höchstens die industrielle Erzeugung von einem Gebiet auf ein anderes verlagern. Eine solche Verschiebung unserer wirtschaftlichen Produktion kann man aber besser durch andere Maßnahmen erreichen als durch Vermehrung des Geldumlaufes und die damit verbundene Veränderung aller Preise. Ob sie zweckmäßig ist oder nicht, soll hier nicht erörtert werden. Dazu bedarf

es einer sorgfältigen Analyse unserer gesamten Wirtschaft, zu der ich als Nichtfachmann außerstande bin.

Diese Betrachtung liefert aber eine wichtige Erkenntnis: Weder durch Gelddrucken noch durch sonstige Regierungsmaßnahmen können wir den gesamten Zuwachs an Besitz in unserm Volke vermehren, wenn wir nicht die Engpässe unserer Wirtschaft beseitigen. Diese Tatsache ist merkwürdig wenig bekannt. So sagte z. B. vor einiger Zeit ein in Deutschland sehr hochstehender Politiker vor einem Kreise von Wissenschaftlern etwa das Folgende: „Wir haben uns überlegt, wie sich der Wiederaufbau Deutschlands vollziehen soll. Erst soll die Wirtschaft wieder aufgebaut werden, und dann werden wir auch das Geld haben für die wissenschaftliche Forschung.“ Wenn er das allgemein für jede Art der Forschung gemeint hat, also auch für diejenige, die die Engpässe unserer Wirtschaft beheben soll, so ist diese Reihenfolge naturgesetzlich unmöglich. Denn auf die Energie angewandt besagt sie mit anderen Worten: Erst errichten wir die Fabriken, welche Energie verbrauchen, und dann überlegen wir uns, wo wir die dazu nötige zusätzliche Energie herbekommen. Das aber widerspricht dem Satz von der Erhaltung der Energie. Daher würde eine solche Planung zum Mißerfolg verurteilt sein. Hier wird deutlich, warum Forschung kein Luxus ist. Wenn der Staat Steuern erhebt, um damit unnütze Dinge zu fördern, wie z. B. Propaganda, so werden wir insgesamt dadurch ärmer. Wenn der Staat von den Steuern Schulen baut, Lehrer bezahlt oder sozial hilflose Mitmenschen unterstützt, so werden wir als Gesamtheit dadurch weder ärmer noch reicher. Es ändert sich nur die Verteilung der Güter, über die unser Volk verfügt. Wenn aber der Staat Steuern erhebt, um damit die für die Industrie wichtige Forschung zu beleben, so wird dadurch unser Volk an materiellen Gütern reicher. Wenn das alle Menschen in Deutschland wüßten, würde manches anders aussehen.

Nachdem wir so die Bedeutung der Energie für unsere Industrie ein wenig betrachtet haben, wollen wir nun ein ganz anderes Gebiet anschneiden: Die Bedeutung der Energie für unser Leben. Die Lebensvorgänge in unserm Körper vermögen nur abzulaufen, wenn die Temperatur unseres Körpers höher ist als die der Um-

gebung. Unsere Haut gibt deshalb dauernd Wärmeenergie an die Luft ab. Daher braucht unser Organismus täglich eine Energiezufuhr. Das ist seit den Hungerjahren vor 1948 eine Binsenweisheit. Die Kalorie, mit der damals die Nahrungsmenge gemessen wurde, ist bekanntlich ein Energiemaß. Seit damals ist aber ebenso allgemein bekannt, daß die Nahrung nicht nur nach ihrem Energieinhalt bewertet werden darf. Sie muß außerdem eine ganze Anzahl von Substanzen enthalten, die der menschliche Körper zu seinem Aufbau benötigt und nicht selbst aus anderen Stoffen bilden kann. Dazu gehören vor allem die Vitamine und das Eiweiß. In zweiter Linie könnte man auch das Fett zu den lebenswichtigen Substanzen rechnen, denn es gibt einige Vitamine, die nur in Fett löslich sind und daher vom Körper nicht aufgenommen werden können, wenn die Nahrung gar kein Fett enthält. Der mengenmäßig größte Teil der Nahrung wird aber im menschlichen Organismus als Energielieferant ausgenutzt und zu Kohlendioxyd und Wasser abgebaut. Das gilt vor allem für die Kohlenhydrate und das Fett.

Den Wert dieser Nahrungsmittel schätzen wir, ohne es zu wissen, tatsächlich nach dem Energieinhalt. Das offenbart sich sofort, wenn man einmal ausrechnet, was eine Kalorie in den verschiedenen Nahrungsmitteln kostet. Nun ist zwar der Preis nicht allein von der Wertschätzung des Käufers abhängig, aber etwas davon spiegelt sich doch in ihm wieder. Die große Kalorie kostet in Form von Kartoffeln im Durchschnitt 20 Pfennig, in Form von amerikanischem Schmalz 26 Pfennig, in Form von Zucker 33 Pfennig. Wenn man den großen Unterschied im Preise eines Pfundes dieser Nahrungsmittel bedenkt, sind diese Unterschiede überraschend klein. Sobald man aber zu Nahrungsmitteln übergeht, die wir wegen ihres guten Geschmacks oder ihrer Vitamine begehren, kommt man zu beträchtlich höheren Preisen. In der Butter kostet die große Kalorie etwa 80 Pfennig, im Obst je nach Art 100 bis 200 Pfennig.

Wir fragen nun weiter: Wo kommt die Energie in unsern Nahrungsmitteln her? Offenbar kommt sie aus den Pflanzen. Denn die Nutztiere, die uns mit Milch, Fleisch und Eiern versorgen, sind in derselben Lage wie der Mensch selber. Sie nehmen

Energie nur mit der Nahrung auf. Den größten Teil davon geben sie in Form von Wärme an die umgebende Luft ab. Einen kleinen Teil speichern sie in den genannten Nahrungsmitteln. Die Pflanzen ihrerseits gewinnen ihre Energie aus der Sonnenstrahlung. Das Blattgrün der Pflanzen ist erstaunlicher Weise in der Lage, unter der Mitwirkung des sichtbaren Sonnenlichtes die Kohlendioxydmoleküle der Luft und die Wassermoleküle aus dem Boden aufzuspalten und in Kohlenhydrate und Sauerstoff zu verwandeln. Aus diesem Prozeß der Photosynthese stammt die gesamte Energie, die in unsern Kohle- und Erdöllagern steckt, und auch die ganze Energie, die wir mit der Nahrung aufnehmen. Aus diesem Prozeß stammt auch der gesamte Sauerstoff der Lufthülle.

Der chemische Vorgang, der bei der pflanzlichen Photosynthese abläuft, ist sehr kompliziert und bis heute nicht vollständig aufgeklärt. Vielmehr haben wir in den letzten Jahrzehnten erst richtig begriffen, wie erstaunlich dieser Prozeß ist. Bei allen Absorptionsvorgängen benimmt sich Licht nämlich so wie ein Strom von Teilchen, von sogenannten Lichtquanten. Die Energie eines Quantes des sichtbaren Lichtes reicht aber nicht aus, um ein Kohlendioxydmolekül oder Wassermolekül zu spalten. Im Blattgrün kann also dieser Prozeß nicht auf direktem Wege ablaufen, sondern muß mehrere Stufen durchlaufen, bei denen mehrmals hintereinander je ein Lichtquant eingefangen wird und seine Energie in chemischer Form gespeichert wird. Das Licht, welches die Sonne ausstrahlt, enthält zwar auch große Lichtquanten an unsichtbarem, ultraviolettem Licht, welche unmittelbar ein Kohlendioxydmolekül aufspalten könnten. Aber diese gelangen nicht bis an die Erdoberfläche, sondern werden in großer Höhe von der Atmosphäre abgefangen. Wenn das nicht der Fall wäre, würde kein Leben auf der Erde existieren können. Denn alle Substanzen, aus denen die Lebewesen bestehen, besitzen weniger fest gebundene Moleküle als Kohlendioxyd und Wasser. Sonst würden sie ja nicht unter Energieabgabe zu Kohlendioxyd und Wasser abgebaut werden können. Die großen Lichtquanten, welche Kohlendioxyd spalten können, würden also auch alle Baustoffe der pflanzlichen und tierischen Lebewesen zerstören. Glücklicherweise liegt in der höchsten Atmosphäre, nämlich in etwa 30 km Höhe.

eine Schutzschicht aus Ozon, die uns vor diesen gefährlichen Strahlen bewahrt, aber das sichtbare Licht mit seinen kleineren Lichtquanten durchläßt. Das Blattgrün vollbringt dann das Wunder, mehrere dieser kleinen Lichtquanten in einer Gemeinschaftsleistung zu einer Zerlegung des Kohlendioxydmoleküls zu veranlassen. Wenn die Lichtquanten dabei ebenso regellos wirken würden wie die Wärmeenergie bei den meisten chemischen Prozessen, wäre stattdessen zu erwarten, daß die später auffallenden Lichtquanten den von dem ersten Lichtquant bewirkten Schritt wieder rückgängig machen. Daß das nicht geschieht, obwohl sich alles am gleichen Ort im Blattgrün abspielt, ist eine wahrhaft erstaunliche Tatsache.

Verglichen damit ist es nicht verwunderlich, daß der Wirkungsgrad dieses Prozesses ziemlich klein ist, viel kleiner als bei industriellen Prozessen. In einem Kartoffelacker werden nur etwa zwei Tausendstel der auffallenden Sonnenenergie in den Pflanzen gebunden. Im Wald ist der Anteil sogar noch viermal kleiner. Diese geringen Wirkungsgrade müßten uns eigentlich größte Sorge machen, denn darin liegt die Ursache dafür, daß wir ein „Volk ohne Raum“ sind. Dieses Wort ist ein wenig irreführend, denn tatsächlich haben wir in Deutschland Lebensraum mehr als genug. Die Menschen rücken ja in den Städten von allein viel dichter zusammen, als nötig wäre. Knapp ist nur der Ackerboden. Seine Fläche reicht nicht zum Einfangen der nötigen Energie für die Ernährung der Menschen bzw. für diejenige der Nutztiere, welche für uns die Umwandlung von pflanzlichen Futtermitteln in höherwertige tierische Nahrungsmittel besorgen. Unser „Lebensraum“ ist also nur deshalb beengt, weil wir bisher kein besseres Verfahren zur Nahrungsmittelproduktion gefunden haben als das seit Adam und Eva übliche des Ackerbaues; und dieses ist ungeheuer unrentabel.

Diese Tatsache ist viel ernster, als gemeinhin bekannt ist. Knappheit an Ackerfläche wird nämlich in Kürze nicht nur in Deutschland, sondern in der ganzen Welt herrschen. Justus von Liebig hat vor hundert Jahren in Gießen erstmalig gezeigt, daß man durch künstliche Düngung den Ertrag des Ackers erheblich steigern kann. Die Zunahme des Nahrungsmittelbedarfs infolge

des Anwachsens der Bevölkerungszahl der Erde ist aber viel größer als der bislang erzielte Fortschritt. Das war bisher nicht tragisch, weil wir fortgesetzt in anderen Erdteilen die bebaute Ackerfläche vergrößert haben. Nun aber ist die Grenze bald erreicht. Nach vorsichtigen Schätzungen können auf der Erde nach den bisherigen Methoden insgesamt sechs bis acht Milliarden Menschen ernährt werden. Jetzt leben etwa 2,5 Milliarden Menschen. Diese Zahl nimmt aber zur Zeit so rasch zu, daß voraussichtlich in sechzig bis spätestens hundert Jahren die Maximalzahl erreicht ist, also noch zu Lebzeiten unserer Kinder oder spätestens unserer Enkel. Das ist eine sehr kleine Zeit. Der Weg zur Ertragssteigerung, der vor hundert Jahren von Justus von Liebig theoretisch und praktisch gewiesen wurde, wird heute noch nicht in allen Ländern der Erde wirklich beschritten. Wenn in fünfzig Jahren ein besserer Weg in der ganzen Welt in die Tat umgesetzt sein soll, müßten wir ihn heute bereits erkannt und erprobt haben.

Das ist aber keineswegs der Fall; ja viel schlimmer, es wird nicht einmal mit allem Ernst danach gesucht. Dazu wäre es notwendig, den Vorgang der Photosynthese zu entschleiern mit dem Ziel, ihn eventuell im Laboratorium mit größerem Wirkungsgrad ablaufen zu lassen. Man müßte versuchen, ob man die Energie unserer technischen Energiequellen zur Nahrungsmittelherzeugung heranziehen kann. Im Kriege gab es in Berkamen ein Werk, in welchem durch Kohlehydrierung ein für menschliche Ernährung brauchbares Fett aus Kohle hergestellt wurde. Das Verfahren war noch sehr verbesserungsbedürftig. Das Werk wurde jedoch demontiert. Forschungsarbeit auf diesem Gebiet war uns bis vor kurzem verboten und ist meines Wissens noch nicht wieder begonnen worden. Ein weiteres Problem besteht darin, die im Meer lebenden Algen direkt zur Nahrungsmittelgewinnung auszunutzen. Denn einen erheblichen Teil der Sonnenenergie, welche überhaupt von Pflanzen gebunden wird, fangen die Meerespflanzen ein. Nur einen kleinen Bruchteil davon gewinnen wir durch Fischfang. Man könnte ferner überlegen, ob man die Prozesse im Darm und Euter der Kuh, die aus der Grasnahrung Eiweiß und Fett entstehen lassen, nicht in Fabriken,

etwa mit Hilfe von Bakterienkulturen, mit besserem Wirkungsgrad nachahmen kann. Bei solchem Fragen eröffnet sich eine Fülle von Problemen, die das gegebene Arbeitsgebiet einer biologischen Hochschule wie Gießen darstellen müßte. Denn sie alle erfordern die Zusammenarbeit des Chemikers, Biologen, Landwirts und Tiermediziners. Die tatsächliche Arbeit auf diesem Gebiet ist aber in Deutschland minimal.

Jeder denkende Mensch wird sofort fragen: Warum geschieht in dieser Richtung so wenig? Die Antwort ist klar: Was würde geschehen, wenn etwa unser Rektor an eine beliebige Regierungsstelle herantreten würde und unter Hinweis auf die Wichtigkeit dieser Aufgabe eine Verdreifachung unseres Etats erbitten würde? Er würde sicherlich als Narr betrachtet werden und alsbald mit freundlichen Worten abgewiesen werden. Dabei ist die genannte Summe keineswegs übertrieben groß. Sie ist nötig, wenn man dieses Problem in der notwendigen Breite durch Forschung und Ausbildung des Forschernachwuchses in Angriff nehmen will. Die Vereinigten Staaten geben erheblich mehr für ein kleines Teilgebiet davon aus. Die Summe betrüge bei weitem noch nicht ein Prozent derjenigen, die wir Jahr für Jahr für die Besatzung ausgeben. Verglichen mit den Kosten der UNO ist sie verschwindend klein. Damit aber kann man sie mit Recht vergleichen. Denn wenn das Problem einer wesentlich rentableren Methode zur Erzeugung von Nahrungsmitteln in den nächsten hundert Jahren nicht praktisch gelöst ist, werden alle Bestrebungen der UNO, den Frieden zu erhalten, sicher völlig sinnlos. Dann werden sich die Völker im Kampf um ihre Existenzgrundlage Vernichtungskriege liefern, gegen die alle bisherigen Kriege nur wie ein Vorspiel wirken werden. Warum also greifen wir das Problem nicht mit ganzer Kraft an? Weil die Zahl der Menschen, die die Notwendigkeit dazu einsehen, erschreckend gering ist, nicht nur im breiten Volk, sondern auch unter den Gebildeten und denen, die uns regieren. Es steht zu fürchten, daß unsere Kinder und Enkel diesen Mangel an Einsicht mit ihrem Leben bezahlen müssen.

Die gesamte Energie, die in unserm Leben eine Rolle spielt, stammt also aus der Sonnenstrahlung. Sowohl die Energie in unserer Nahrung als auch die in den Kohle- und Erdöllagern ist

durch die Photosynthese der Pflanzen teils vor kurzem, teils vor Jahrmillionen eingefangen worden. Auch die Energie der Wasserkraftwerke und der Windmühlen stammt von der Sonne, denn ihre Strahlung bewirkt die Verdunstung des Wassers und alle meteorologischen Vorgänge. Nur eine Ausnahme gibt es: Die sogenannte Atomenergie stammt nicht von der Sonne, sondern steckt seit Entstehung des Kosmos in den Atomkernen des Urans und seiner Zerfallsprodukte. Von diesem verhältnismäßig kleinen Energiebeitrag wollen wir im folgenden absehen.

Wir fragen nun weiter: Wo kommt die Energie der Sonne her? Auch auf diese Frage können wir seit etwa 20 Jahren eine recht genaue Antwort geben. In einem ziemlich kleinen Gebiet im Zentrum der Sonne, in welchem eine Temperatur von etwa 20 Millionen Grad herrscht, läuft ein komplizierter Kernprozeß ab, durch welchen insgesamt Wasserstoff verbraucht und Helium gebildet wird. Die Sonne strahlt wahrscheinlich schon seit 3 Milliarden Jahren mit der gleichen Intensität wie heute. Das ergibt sich aus verschiedenen Beobachtungen unter der Voraussetzung, daß die heute erkannten Naturgesetze wirklich schon seit so langer Zeit unverändert gültig waren. Seit dieser Zeit hat sich aber erst ein Hundertstel des Wasserstoffs der Sonne in Helium umgewandelt. Sie kann also noch rund hundertmal so lange unvermindert weiter strahlen. Die Größen dieser Energiemengen kann man sich überhaupt nicht mehr anschaulich vorstellen, denn alle irdischen Maßstäbe versagen demgegenüber. Nur die Hälfte von einem Milliardenstel der Sonnenstrahlung fällt auf die Erde, und doch ist dieser Energiestrom noch unvorstellbar groß. Obwohl im Mittel nur etwa ein Tausendstel der auffallenden Energiemenge von den Pflanzen durch Photosynthese gebunden wird, ist diese gebundene Energie noch immer fünfzig mal größer als die gesamte Energie, die in allen technischen Anlagen der Erde zusammen in der gleichen Zeit umgesetzt wird.

Angesichts solcher Zahlen wird deutlich, wie klein doch alles ist, was auf Erden von Menschenhand aufgeführt worden ist und was uns oft so gewaltig erscheint. Zugleich wird dabei offenkundig, wie schmal doch der Bereich ist, in welchem unser Leben zu existieren vermag. Wenn z. B. der Kern der Sonne mit seiner

hohen Temperatur nicht von einer so gewaltigen Gashülle umgeben wäre, wie das tatsächlich der Fall ist, sondern seine Strahlung direkt auf die Erde senden würde, wäre in kürzester Frist alles Leben auf Erden ausgelöscht, und zwar auch dann, wenn die gesamte Intensität der Strahlung genau so groß bliebe wie im Augenblick. Denn dann würden uns so große Lichtquanten treffen, daß alle chemischen Verbindungen in allen Lebewesen zerschlagen würden. In der ungeheuren Gashülle, die um den energieerzeugenden Kern der Sonne liegt, werden diese großen Lichtquanten in vielen Absorptions- und Emissionsprozessen zerteilt und umgewandelt in die vielen, kleineren Lichtquanten, die schließlich von der Oberfläche der Sonne ausgehen und den Gipfel unserer Atmosphäre erreichen. Dort wird der letzte Rest der gefährlich großen Lichtquanten abgefangen. Sonst würden diese noch alles Leben zerstören. Wenn die Sonne ein wenig intensiver strahlen würde, bestünde alles Wasser auf der Erde aus Wasserdampf, und daher gäbe es kein Leben. Deshalb können auf dem Merkur und vermutlich auch auf der Venus keine höheren Lebewesen existieren. Würde die Sonne nur etwas weniger stark strahlen, würde alles Wasser auf der Erde erstarren, und auch dann gäbe es kein Leben. Das ist wahrscheinlich schon auf dem Mars der Fall. Wäre die Oberflächentemperatur der Sonne nur halb so hoch, als sie tatsächlich ist, würden die Lichtquanten des sichtbaren Lichtes zu selten sein, um pflanzliches Leben zu ermöglichen. Wäre die Erde beträchtlich kleiner, etwa nur so groß wie der Mond, so würde ihre Anziehungskraft nicht ausreichen, um die Atmosphäre festzuhalten. Dann gäbe es keine Lufthülle, alles Wasser würde verdunsten und wieder wäre kein menschliches Leben möglich.

Man kann fast unbegrenzt so fortfahren und immer wieder heißt der Schluß: Wenn nur . . . , dann kein Leben. Wenn ein Mensch etwas Ähnliches geschaffen hätte, wir würden dieses ausgeklügelte Zusammenspiel als Weltwunder bestaunen. Von dem ungeheuren Strom der Energie, der vom Zentrum der Sonne in den Weltenraum hinausfließt, wird ein kleines Rinnsal abgezweigt von genau der richtigen Größe und genau der richtigen Zusammensetzung, und dieses speist eine Lebensgemeinschaft von

Pflanzen, Bakterien, Tieren und Menschen, die in geradezu raffinierter Weise aufeinander angewiesen sind. Und das alles soll, wie manche meinen, das Ergebnis eines Zufallsspieles nach den Regeln blinder Naturgesetze sein? Ich persönlich kann nicht anders, als in Anbetracht dieser Tatsachen die Worte des Psalmisten nachsprechen:

Herr, wie sind Deine Werke so groß und viel.
Du hast sie alle mit Weisheit geordnet,
und die Erde ist voll Deiner Geschöpfe.