

2. Die Sozialismus-Maschine

Autor(en): **Bürger, Wolfgang**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **105 (1987)**

Heft 51-52

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76781>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

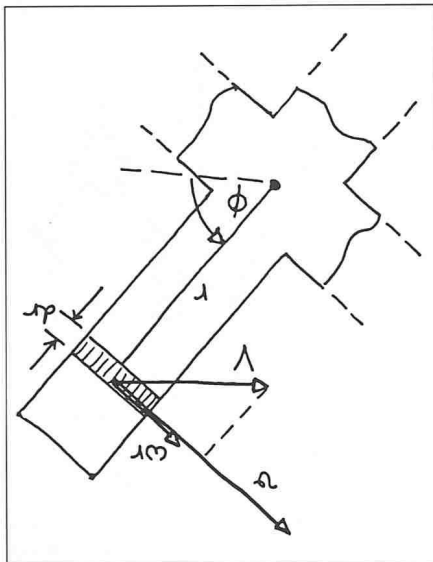
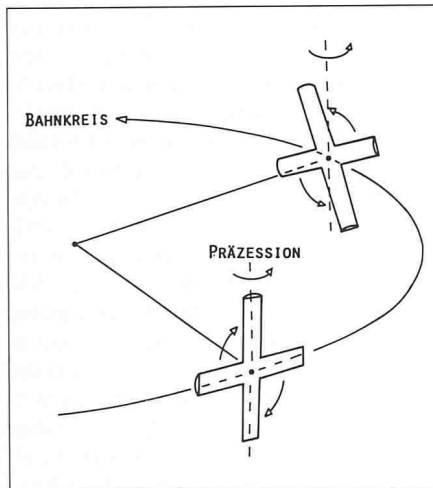


Bild 2. Luftkräfte am Flügelement

Bild 3. Präzession und Bahnkreis des schwerelosen Kreuzbumerangs



ten angeströmt wird (ob $v > 0$ oder $v < 0$ ist). Man nimmt an, dass die Auftriebskraft von der Geschwindigkeit quadratisch abhängt und ihr Beitrag pro Längeneinheit des Flügels

$$d\vec{A}/dr = cv^2 \vec{e}_1$$

ist, wobei c ein für den Flügelquerschnitt (das sog. Profil) charakteristischer Auftriebsbeiwert ist. Integration über die Flügellänge l und Summierung über die vier Flügel, die im betrachteten Augenblick unter Winkeln $\varphi, \varphi + \pi/2, \varphi + \pi$ und $\varphi + 3\pi/2$ stehen, liefert die resultierende Auftriebskraft auf den Bumerang:

$$\vec{A} = 4cl \left(\frac{\omega^2 l^2}{3} + \frac{V^2}{2} \right) \vec{e}_1$$

Sie ist infolge der Symmetrie des Bumerangs vom Winkel φ unabhängig. In entsprechender Weise integriert und summiert man das Drehmoment pro Längeneinheit, $\vec{r} \times d\vec{A}/dr$, zum resultierenden Drehmoment auf den Bumerang:

$$\vec{M} = \frac{4}{3} cV\omega l^3 \vec{e}_2$$

Beim Flug mit konstanter Bahngeschwindigkeit V bewirkt die Auftriebskraft nur eine Zentripetalbeschleunigung senkrecht zum Vektor \vec{V} , und die Impulsbilanz reduziert sich zu $m(V^2/R)\vec{e}_1 = \vec{A}$ oder

$$\frac{mV^2}{R} = 4cl \left(\frac{\omega^2 l^2}{3} + \frac{V^2}{2} \right)$$

(m Masse des Bumerangs, R Krümmungsradius der Bahn). Das Trägheitsmoment eines schlanken Flügels der Länge l um das Zentrum des Bumerangs als Drehachse ist $ml^2/12$, der

Drehimpuls des ganzen Bumerangs daher $\vec{D} = (ml^2/3)\vec{\omega}$. Bei stationärer Präzession besteht die Änderung des Drehimpulses nur in der Drehung des Vektors \vec{D} mit der Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}_p$, die Drehimpulsbilanz reduziert sich daher auf $\vec{\omega}_p \times \vec{D} = \vec{M}$ oder

$$\omega_p = \frac{4cV}{m}$$

Bei der Formulierung der Gleichungen wurde postuliert, dass der Bumerang einen stationären Kreisflug ausführt. Damit diese A-priori-Annahme erfüllt ist, müssen Impuls- und Drehimpulsbilanz miteinander verträglich sein, das heisst, der Bumerang muss sich so drehen, dass seine Flügelsebene in jedem Augenblick den Bahnkreis berührt oder die Schliessungsbedingung

$$\frac{V}{R} = \omega_p$$

erfüllt ist. Aus der Drehimpulsgleichung folgt damit der Radius der Kreisbahn

$$R = \frac{m}{4cl}$$

Er ist im Rahmen dieser einfachen Theorie eine Eigenschaft des Bumerangs und nicht von der Geschwindigkeit beim Abwurf abhängig. Die Impulsgleichung liefert darüber hinaus die Abwurfbedingung

$$V = (2/3)^{1/2} \omega l$$

Der Vorfaktor unterscheidet sich nur wenig von Eins. Damit der gewichtslose Bumerang einen Kreis fliegt, muss man ihn so abwerfen, als wolle man ihn über den Boden rollen.

2. Die Sozialismus-Maschine

Im Kapitalismus beutet der Mensch den Menschen aus, im Sozialismus ist es umgekehrt - schrieb ein Leipziger Schüler in seinem Deutschaufsatz. Der Wunsch, mühelos nach oben zu kommen und auf Kosten anderer zu leben, ist nur allzumenschlich und wird in jedem politischen System angetroffen, Parteigänger hier - Geschäftemacher dort. Der ideale Tummelplatz für Drückeberger ist überall, wo Leistung sich nicht auszahlt. Der Traum der Müssiggänger und Faulpelze - in unserer Maschine ist er verwirklicht. Nehmen Sie Platz und machen Sie sich's bequem!

Modell des Lastenaufzugs

Wir brauchen nichts als einen einfachen Lastenaufzug: eine Rolle mit Seil. An den beiden Seilenden bringen wir runde Holzscheiben als Sitze an, auf denen Herr Links und Herr Rechts (so möchte ich sie der Kürze halber nennen) sich niederlassen können. Zuerst muss das Gleichgewicht hergestellt werden, damit das Seil sich nicht zur Seite des Schwereren von beiden hin abwickelt. Das geht sehr einfach mit einem Beutel voll Sand. Sollte doch ein

kleiner Gewichtsunterschied zwischen links und rechts geblieben sein - immerhin wiegt ein grosses Sandkorn etwa 10 Milligramm - hält ein bisschen Reibung im Lager der Rolle (die bei der Bewegung überhaupt nicht ins Gewicht fällt) den Ruhezustand aufrecht. Stellen wir uns nun vor, dass die beiden plötzlich auf die Idee kommen, um die Wette am Seil hochzuklettern! Solche Ideen entstehen manchmal aus dem Augenblick, und man weiss nicht, woher sie kommen. Ich habe selbst erlebt, wie eine Gruppe seriöser Professoren, würdige Herren aus Deutschland und Italien, die ein Kongress in Genua zusammenggeführt hatte und die vor dem Abendessen noch ein wenig in den alten Treppenstrassen promenierten, plötzlich, wie auf ein Kommando, als

eine wilde Horde um die Wette die Treppen hinaufzustürmen begannen. Nehmen wir also an, Herr Links und Herr Rechts klettern in ähnlicher Weise an ihren Seilenden empor! Wer wird das Rennen gewinnen? Ist es klug, sich anzustrengen, oder kommt man auch mit Nachdenken ans Ziel?

Die Lösung des Mathematikers

Herr Links ist Mathematiker. Er denkt sich ein masseloses Seil und lässt die Rolle zu einem zweidimensionalen Kreis schrumpfen, der das gedachte Seil umlenkt. Die Kraft, mit der Herr Rechts am Seil zieht, um sich nach oben zu beschleunigen, wird durch die Rolle aufs linke Seilstück übertragen. Auch Herr Links wird also, ob er selber klettert oder ruhig sitzen bleibt, ob er will oder nicht, durch die gleiche Kraft nach oben gezogen. Wenn die beiden von der selben Ausgangshöhe starten (was wir voraussetzen), bleiben sie nach den Gesetzen der Mechanik immer auf gleicher Höhe und erreichen zu gleicher Zeit das Ziel. Das Leistungsprinzip gilt hier nicht, denkt Herr Links, Anstrengen lohnt sich nicht; also bleibt er ruhig sitzen.

Nachdenken, das Handwerk der Philosophen, ist der rohen Kraft überlegen. Herr Rechts mag sich mühen, so sehr er will, Herr Links kommt mühelos zum Erfolg. Wenn aber auch Herr Rechts nachdenkt und zum gleichen Schluss kommt wie Herr Links, dann bewegt sich gar nichts. Einer muss wenigstens arbeiten, damit beide nach oben kommen.

Die Einwände des Physikers

Auch wenn er in der Wirkung dieselben Voraussetzungen trifft wie der Mathematiker, versteht Herr Rechts, der Physiker, sie anders. Herr Rechts sagt sich, sein Gegenspieler habe, gemessen am Gewicht ihrer Körper, das Gewicht des Seils als unerheblich «vernachlässigt» und aus ähnlichem Grund den Trägheitswiderstand der Rolle weggelassen.

Wenn seine Voraussetzungen zutreffen, ist sein Schluss völlig korrekt, meint Herr Rechts, und es lohnt sich gar nicht erst loszuklettern. Wenn aber die Masse des Seils und das Trägheitsmoment der Rolle doch nicht so klein wären, wie Herr Links angenommen hat, könnte das ein Vorteil für Herrn Rechts sein? Herr Rechts denkt nach und kommt zu dem Ergebnis, dass er einen Vorsprung vor Herrn Links gewinnen kann, falls das Seil immer auf beiden Seiten gleich lang bleibt (wie es ist, wenn es unten über eine oder zwei Rollen zurückge-

führt wird, also einen geschlossenen Kreis bildet) und wenn er sich mehr anstrengt als Herr Links. Er findet, dass sein Vorsprung umso grösser wird, je träger der Mechanismus von Rolle und Seil ist. Das leuchtet ein, denn um voranzukommen, muss Herr Rechts nicht nur sich selbst und Herrn Links, sondern auch noch das Seil und die Rolle in Bewegung setzen. Er kann sich also, sozusagen, daran hochziehen. Erfahrene Physiker prüfen «Grenzfälle», die zwar so extrem sind, dass man sie sich nur ausdenken kann, die aber das Wesentliche zeigen.

Wenn der Lastenaufzug «unendlich schwer» wäre (oder – was aufs gleiche hinausläuft – die Rolle arretiert wäre), in diesem Grenzfall bliebe Herr Links auf der Stelle, während Herr Rechts am Seil hochklettert. So extrem liegen die Verhältnisse im allgemeinen nicht, und Herr Rechts muss leider Herrn Links mitschleppen. Sofern der nicht selber klettert, gewinnt er wenigstens einen kleinen Vorsprung. Als Trost bleibt Herrn Rechts die Gewissheit, dass er sich beim Klettern Zeit lassen kann. Die Gesetze der Mechanik garantieren ihm, dass sein Vorsprung nur von den Massenverhältnissen und in keiner Weise von der Klettergeschwindigkeit abhängt.

Die Last des schweren Seils

Leider sind Lastenaufzüge selten so aufgebaut, wie Herr Rechts sich das ausgedacht hat. Das Seil hängt im allgemeinen zu beiden Seiten lose herab, und dieser Umstand kann den von Herrn Rechts ausgerechneten Vorteil schnell zunichte machen. Wenn Herr Rechts losklettert, zieht er ein Stück Seil auf seine Seite und bringt damit das System aus dem Gleichgewicht. Die Überlast des Seils auf der rechten Seite (wenn sie auch anfangs nur klein ist) zieht Herrn Rechts nach unten. Zwangsläufig kommt Herr Links nach oben – ein perverses System, in dem die Nichtstuer belohnt und die Fleissigen für ihren Eifer bestraft werden! Herr Rechts kann sich in dieser misslichen Lage nur noch dadurch helfen, dass er klettert, so schnell er kann. Am Anfang hat er nämlich einen kleinen Vorsprung, wenn auch nur von wenigen Prozenten, und der Vorsprung geht rasch verloren.

Gelingt es ihm aber, mit aller Kraft bis nach oben zu klettern, ehe sich das Blatt wendet, hat Herr Rechts wenigstens die Genugtuung, zuerst am Ziel zu sein, wenn er schon nicht verhindern kann, dass sein Gegenspieler mit Nichtstun fast genausoweit kommt.

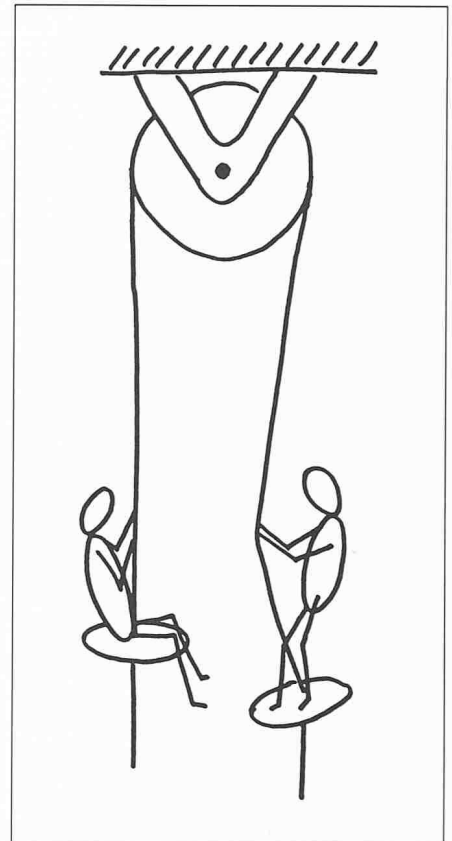


Bild 1. Modell des Lastenaufzugs

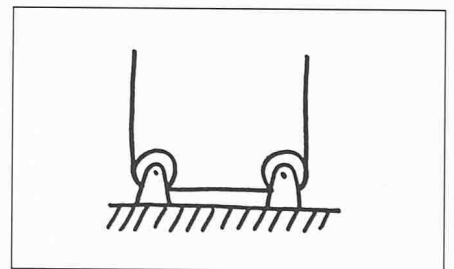
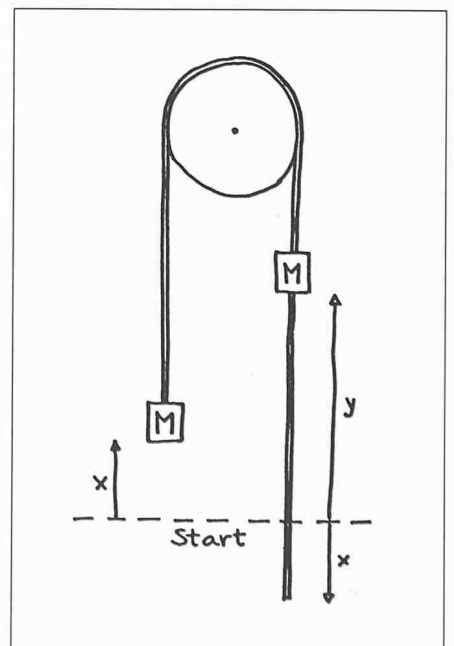


Bild 2. Untere Rückführung des Seils

Bild 3. Topographie des Seilmechanismus



Ein kleines Kapitel Mechanik

Herr Links, fest am Seil, legt vom Start in der Zeit t den Weg x zurück, Herr Rechts, der mit der Geschwindigkeit $U(t)$ am Seil klettert, in der gleichen Zeit den Weg y .

Es gilt der Zusammenhang

$$(1) \quad x + y = \int_0^t U(\tau) d\tau$$

Jeder der beiden Männer hat die Masse M ; R und J sind Radius und Trägheitsmoment der Rolle; l und m sind Länge und Masse des Seils. Mit g wird, wie üblich, die Schwerkraft bezeichnet; übergesetzte Punkte bedeuten Zeitableitungen. Unter der Voraussetzung der Reibungsfreiheit folgt die Bewegungsgleichung des Herrn Links:

$$(2) \quad \left(2 + \frac{J}{MR^2} + \frac{m}{M} \right) \ddot{x} - \frac{2mg}{M} x = \dot{U}$$

oder, mit den Abkürzungen

$$(3) \quad \lambda = \left(\frac{2mg}{lM} \mu \right)^{1/2} \text{ und}$$

$$\mu = (2 + J/MR^2 + m/M)^{-1},$$

$$(4) \quad \ddot{x} - \lambda^2 x = \mu \dot{U}$$

Gleichung (4) hat zu den Anfangsbedingungen $x(0) = 0 = \dot{x}(0)$ sowie $U(0) = 0$ die Lösung

$$(5) \quad x(t) = \mu \int_0^t U(\tau) \cosh[\lambda(t-\tau)] d\tau,$$

aus der sich nach (1) der Weg $y(t)$ des Herrn Rechts und, vor allem, dessen Vorsprung vor Herrn Links,

$$(6) \quad s(t) = y(t) - x(t),$$

berechnen lässt. Gleichung (5) ist der Schlüssel zu allen Folgerungen des letzten Abschnittes über das schwere Seil. Wir beschränken uns hier darauf, den Fall des geschlossenen Seilrings ausführlich zu diskutieren, der sich formal durch den Grenzübergang $l \rightarrow \infty$, d. h. $\lambda \rightarrow 0$, gewinnen lässt.

$$x(t) = \mu \int_0^t U(\tau) d\tau,$$

$$(7) \quad y(t) = (1-\mu) \int_0^t U(\tau) d\tau,$$

$$s(t) = (1-2\mu) \int_0^t U(\tau) d\tau,$$

Wie man sieht, ist das Verhältnis des Vorsprungs von Herrn Rechts zu seinem Weg y ,

$$(8) \quad s(t)/y(t) = (1-2\mu)/(1-\mu),$$

nur von den Massenverhältnissen abhängig und verschwindet, wenn J/R^2 und m klein gegen M sind ($\mu = 1/2$). Das bestätigt die Schlussfolgerungen von Herrn Rechts und Herrn Links.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. W. Bürger, Institut für Theoretische Mechanik, Universität Karlsruhe, Kaiserstrasse 12, D - 7500 Karlsruhe 1.

Neue Bücher

Die Sonnenwärme und ihre industriellen Anwendungen

Von A. Mouchot, Olynthus-Verlag, Oberbözingen, Schweiz (1987), Übersetzung der 2. Auflage des französischen Originals aus dem Jahre 1879.

Die obige Jahreszahl ist kein Druckfehler: Es ist hierzulande praktisch nicht bekannt, dass schon vor mehr als 100 Jahren ernsthafte Versuche zur Nutzung der Sonnenenergie unternommen und beschrieben wurden. Der Franzose A. Mouchot war nicht der erste, wohl aber derjenige, der auf sicherer technischer Basis arbeitete und auch seine Überlegungen klar und verständlich darzulegen wusste. Dass sein Werk, das z. B. an der Weltausstellung 1878 mit einem Goldpreis ausgezeichnet wurde, dennoch in Vergessenheit geriet, liegt an denselben Umständen, welche die Sonnenenergienutzung auch heute noch erschweren: Der tiefe Preis der anderen Energiequellen, die Abhängigkeit vom Wetter und die geringe Sonnenstrahlungsdichte an sich. Um so verdienstvoller ist es, dass der junge Olynthus-Verlag dieses Werk in einer sehr guten, lesbaren und fachtechnisch verständlichen Übersetzung herausgibt, welche dennoch etwas vom Stil des Originals erahnen lässt.

A. Mouchot lebte von 1825 bis 1912; er studierte Naturwissenschaften und war Mittelschullehrer in Tours in Frankreich. Er arbeitete in seiner Freizeit auf Gebieten der Ma-

thematik und der Experimentalphysik, ab 1860 an der Sonnenenergie und realisierte Solarkocher, solare Dampfkessel und Destillationsgeräte, die er in Frankreich und Nordafrika zur Funktion brachte; sein grösster Erfolg war ein solarer Dampferzeuger mit einem konischen nachführbaren Metallspiegel von 20 m² Öffnung und einem Rohrkollektor, mit welchem er Dampf von 7 bar erzeugte, welchen er unter anderem zum Betrieb einer Kühlmachine verwendete und so durch Solarwärme Eis erzeugte.

Bei seinen Entwicklungen wurde er durch gute Ingenieure und Fabrikationswerkstätten unterstützt. Er konnte somit die Technik seiner Zeit voll benützen; er hat denn auch das Verhalten seiner Anlagen ausgemessen und richtig beurteilt, so gut dies damals möglich war.

1869 verfasste er ein Buch «La Chaleur Solaire et ses Applications Industrielles», das er 1879 in zweiter, verbesserter Auflage herausgab. Es ist wohlthuend nüchtern, verständlich und praktisch geschrieben. Eingehend geht er zunächst auf schon bestehende Literatur und Realisationen - vom Altertum bis zu seiner Zeit - ein; schon diese Zusammenstellungen sind sehr lesenswert. Dann bespricht er die Sonnenstrahlung, wobei er als «schwarze» und «chemische» Strahlung die infrarote und ultraviolette bezeichnet, um dann sehr klar den «Glashausdefekt» zu beschreiben, der für die thermische Solartechnik grundlegend ist; er kennt also das selektive Verhalten von Gläsern gegenüber Licht verschiedener Wellenlänge. Nachher wendet er sich den Reflektoren zu, wobei er nur polierte Metallspiegel verwenden kann, da zu jener Zeit die bedampften Glasspiegel nicht existieren.

Nachher beschreibt er die Realisationen des Sonnenkochers, der Kollektoren für industrielle Prozesswärme, der solaren Dampf- oder Luftmaschine und der solaren Destillationsgeräte, um auch auf künftige Möglichkeiten, wie Lebensmitteltrocknung oder Wasserstoffherstellung durch Elektrolyse von Wasser hinzuweisen.

Er sieht klar, dass der Haupteinsatz in den sonnenreichen Ländern sein wird, dass die Sonnenenergie gegenüber fossilen Energieträgern wie Kohle und Erdöl im Nachteil ist, dass aber diese Vorräte einmal zu Ende gehen werden, während die Sonnenenergie unerschöpflich ist.

Nur zwei wichtige Beschränkungen sind festzustellen: Erstens kann er noch nichts ahnen von den Photozellen, d. h. der photovoltaischen Umwandlung in Elektrizität (er denkt nur an Thermolemente, deren Umwandlungswirkungsgrad sehr tief ist), welche 100 Jahre später im Gefolge der Halbleiter- und Weltraumtechnik entwickelt wurde, und zweitens scheint er sich des 2. Hauptsatzes nicht bewusst zu sein, der sagt, dass man Wärme aus prinzipiellen Gründen nur zu einem reduzierten Teil in mechanische Arbeit oder Elektrizität umwandeln kann. Zwar ist er sich im klaren, dass seine Maschinen zwischen 3% und höchstens 10% Wirkungsgrad hatten, was aber angesichts der Tatsache, dass die damaligen Dampfmaschinen und Lokomotiven nicht besser waren, durchaus nicht gering schien, aber er ist offensichtlich der Meinung, mit besserer Technik künftig fast alle Wärme in Arbeit umwandeln zu können. Aber dieser Ansicht waren damals sehr viele Techniker. - Alles in allem ein höchst anregendes, lesbares und wertvolles Buch. Prof. Dr. P. Suter, Zürich