

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 71 (1980)

Heft: 21

Artikel: Zwischen Markt und Wissenschaft : Gedanken zur angewandten Forschung

Autor: Stutz, T.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-905297>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zwischen Markt und Wissenschaft – Gedanken zur angewandten Forschung

Von Th. Stutz

001.891:339.13

Es wird angenommen, die meisten Staatsbürger seien an einer möglichst fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen den Wissenschaften und der Volkswirtschaft interessiert, obwohl nur in Krisenzeiten alle Politiker dieser Ansicht sind. Der Zweck der hier zusammengetragenen persönlichen Gedanken ist es, Unternehmer und Wissenschaftler zur bestmöglichen Ausgestaltung ihrer direkten Beziehungen anzuregen.

On peut admettre que la plupart des citoyens s'intéressent à une coopération aussi fructueuse que possible entre les sciences et l'économie publique, alors que les politiciens ne sont tous de cet avis qu'en période de crise. Les idées personnelles de cet exposé ont pour but d'inciter les chefs d'entreprises et les hommes de science à instaurer le mieux possible des relations directes.

Vom Nutzen der Wissenschaft für die Technik

Am 24. Februar 1979 hat *Friedrich Dürrenmatt* seinen Gedankenvortrag in der ETHZ über *Albert Einstein* mit folgenden Worten eingeleitet:

«Der Grund, weshalb ich die Einladung der Eidgenössischen Technischen Hochschule angenommen habe, einen Vortrag über *Einstein* zu halten, liegt darin, dass heute die Mathematik, die Naturwissenschaften und die Philosophie derart ineinander verflochten sind, dass sich auch Laien mit diesem gordischen Knoten befassen müssen. Denn überlassen wir die Physiker, die Mathematiker und die Philosophen sich selber, treiben wir sie endgültig in die Ghettos ihrer Fachgebiete zurück, wo sie hilflos und unbemerkt den Raubzügen der Techniker und der Ideologen ausgeliefert sind; Raubzüge, die immer stattfanden und immer wieder stattfinden.»

Dass *Dürrenmatt* verallgemeinernd «die Techniker» anklagt und sie sogar mit den Ideologen gleichsetzt, tut im ersten Augenblick weh. Aber er hat insofern recht: Man kann nicht genug auch die Laien dazu aufrufen, die reinen Geistes- und Naturwissenschaften in Schutz zu nehmen vor allen, die wissenschaftliche Erkenntnisse aus Vorurteil oder Eigennutz beeinflussen wollen.

Die Warnung vor den Ideologen geschieht zu Recht: Man braucht nur ans dunkle Mittelalter zu erinnern, damit einem klar wird, dass das Verbreiten einer feststehenden Ideologie so ziemlich das Gegenteil ist von der Tätigkeit des ehrlichen Naturforschers, der unvoreingenommen die Wahrheit sucht durch Befragen der Natur im wohlüberlegten Experiment.

Eine Einigung über die behaupteten Raubzüge ist gleichbedeutend mit einer Einigung über die Frage, wer welchem Forscher den Lebensunterhalt bezahlen soll. Da der Staat den Auftrag hat, die Lehre in den geistes- und naturwissenschaftlichen Fächern zu organisieren, und da Lehre ohne Forschung nicht auf dem heute geforderten Niveau möglich ist, ist es eine der wichtigsten Aufgaben des Staates, unter den Wissenschaftlern die besten zu finden und sie als Lehrer und Forscher auf Staatskosten anzustellen. Daneben gibt es privatwirtschaftlich finanzierte Zentren der Grundlagenforschung, die ebensogut funktionieren, so dass aus ihnen ebenfalls Nobelpreisträger hervorgehen. Gründer und Mäzene solcher Institutionen sind häufig Unternehmer, die von früheren Ergebnissen der Naturwissenschaften leben. Sie sind aber genügend weise, um den von ihnen bezahlten Forschern nicht ihre notwendigerweise veralteten Ansichten über zukunftssträchtige Forschungsgebiete aufzudrängen.

Ein lehrreiches Beispiel ist die Entstehung der in der heutigen Technik unentbehrlichen Halbleiterelektronik. Um 1948 herum fanden einige theoretische und Experimentalphysiker die Grundlage zur Verstärkung elektrischer Ströme und Spannungen in halbleitenden Festkörpern. Vor jener Zeit war nur das Steuern von im Vakuum frei fliegenden Elektronen bekannt. Aus dem damaligen Stand der Technik heraus hätte niemand begründete Vorschläge liefern können, auf welchem Forschungsgebiet am aussichtsreichsten nach einem Ersatz für die Elektronenröhre gesucht werden könnte. Glücklicherweise gab es aber jenes als besonders fortschrittlich bekannte private Unternehmen der elektrischen Nachrichtentechnik, die Bell Telephone Laboratories, das unter anderen die erwähnten Physiker angestellt und mit der unentbehrlichen Freiheit in der Wahl ihrer Forschungsgebiete ausgestattet hatte.

In diesem Sinne gibt es verschiedene Länder und Branchen, in denen die privaten Unternehmer mehr zum internationalen Vorrat an technisch verwertbaren Grundlagenkenntnissen beitragen, als sie aus ihm beziehen. Nur für die anderen kann man *Dürrenmatts* bösen Spruch von den Raubzügen überhaupt diskutieren.

Man muss die Wechselwirkung zwischen Grundlagenwissenschaften und Technik auch immer unter dem Gesichtspunkt sehen, dass der Wissenschaft durch die ganze Hierarchie ihrer Nutzniesser ein lebenswichtiges Erfolgserlebnis geliefert wird. Beispielsweise hat kürzlich ein Biologe das Lebenswerk zweier Generationen, eine neuartige Pflanzenzüchtung, vorgestellt und zuerst deren naturwissenschaftliche Eigenschaften beschrieben. Dann machte er klar, welche lange Kette von Tätigkeiten notwendig war vom theoretisch tätigen Biologen über die angewandte Forschung mit ihrer Zellvermehrung in Nährlösungen bis zum Samen züchtenden Gärtnermeister und dem anpflanzenden Bauern. Überlegt man sich, welche Bewertung diese Forschungsarbeit erhalten wird, sei es in der späteren Erinnerung des Initianten selber, bei den Forscherkollegen in aller Welt, bei den vorgesetzten Staatsbeamten, bei den Politikern und in der öffentlichen Meinung, so sieht man vor allem die von niemandem zu bagatellisierende Tatsache: dank dieser Pflanze hat in Zukunft jeder Bauer bei der Produktion des gleichen Gemüses den doppelten Ertrag.

In den gleichen Zusammenhang der Wechselwirkung zwischen den Grundlagenwissenschaften und der Technik gehört die Tatsache, dass in Entwicklungsländern wie Indien ebenso viele konzentrationsfähige Denker leben, die auch schon gezeigt haben, wie sie in Philosophie, Mathematik und theoretischer Physik ihren Kollegen in Industrieländern ebenbürtig

sein können, dass aber trotzdem ihre Arbeiten viel seltener für die Allgemeinheit nützlich werden. Soweit wir dies von hier aus beurteilen können, scheint der Hauptgrund im Fehlen der persönlichen Zusammenarbeit mit Experimentalphysikern, Ingenieuren, Technikern, Konstrukteuren und Handwerkern zu liegen. Kulis und Philosophen ergänzen sich sowenig zu einem funktionstüchtigen Ganzen wie Muskeln und Grosshirn einen Menschen ausmachen.

Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Technik

Nachdem nun glaubhaft geworden ist, dass «die Wissenschaft» und «die Technik» gegenseitig aufeinander angewiesen sind, sollen im folgenden einige Gedanken festgehalten werden zur bestmöglichen Ausgestaltung dieser Zusammenarbeit.

Zur Veranschaulichung sei von Personen ausgegangen: Ausgangspunkt ist die Menschheit, die gewisse Bedürfnisse hat und bereit ist, zu deren Deckung Geld auszugeben. Vom Aufspüren und Befriedigen solcher Bedürfnisse lebt der Unternehmer, und zwar um so erfolgreicher im Wettbewerb mit seinen Konkurrenten, je günstiger der von ihm verwendete Stand der Technik ist. Die möglichen Fortschritte und die Grenzen dieses Standes der Technik sind hauptsächlich durch die Naturwissenschaften gegeben. (Es gibt auch einige Fälle, in denen die Technik direkt von der Mathematik profitiert.) Sucht daher ein Unternehmer einen Berater, um die Grenzen der Technik in seinem Interessengebiet kennenzulernen, so wendet er sich am besten an den besten Kenner der zuständigen Naturwissenschaften. Dabei werden die beiden vorerst einmal erfahren, dass sie in verschiedenen Welten leben, als Folge der heute notwendigen Spezialisierung. Man sieht dies am besten an einem Beispiel, etwa dem Automotor, mit *Henry Ford* als kompetentem Unternehmer und dem in der dabei massgebenden Thermodynamik zuständigen Physiker *Albert Einstein*. Die beiden könnten sofort fruchtbare Gespräche führen, wenn sie einen jener noch zu besprechenden Ingenieure bei sich hätten, die im gemeinsamen Interessengebiet von Wissenschaft und Technik angewandte Forschung treiben und die sowohl die Gedanken eines *Henry Ford* als auch jene eines *Albert Einstein* kennen. Die Beziehungen zwischen Unternehmer und Wissenschaftler seien aber vorerst an diesen zwei Personen diskutiert, unter denen man sich auch zwei Angestellte der gleichen Firma vorstellen kann.

Am raschesten kommen Beschlüsse über neuartige Projekte zustande, wenn die beiden Exponenten der unternehmerischen und der fachlichen Kompetenz direkt ihr Wissen austauschen können. Das braucht allerdings viel guten Willen und Geduld zum Lernen voneinander. Mit hundertprozentigem gegenseitigem Vertrauen muss erstens der Wissenschaftler bekanntgeben, was an einem diskutierten Projekt bekannte Technik, was neu, aber möglich, und was unmöglich ist, sowie welcher Aufwand an wissenschaftlichen Studien und technischen Entwicklungsarbeiten zu erwarten ist. Der Unternehmer muss ebenso ehrlich bekanntgeben, was er über den Stand der Technik und über die Konkurrenzsituation weiss, auch bezüglich der Aussichten, dass sich die betreffende Branche auf Normen einigen kann. Er muss auch mitteilen, was verschiedene Varianten des Projektes nach seiner Voraussicht bei der wirtschaftlichen Verwertung wert sind und welche Arbeiten zum hinreichenden Bekanntmachen und Verkaufen des neuen Produktes einzukalkulieren sind. Dabei liegt der Vorteil dieses Dialogs in der Möglichkeit, spontan verschiedene Projekte zu durchgehen.

Der Wissenschaftler lernt, welche Forschungsgebiete wirtschaftlich interessant sind, und der Unternehmer lernt, welche Wunschvorstellungen rasch, nur mühsam oder gar nicht verwirklicht werden können.

Diese Forderung nach einem Dialog der Kompetenten mag trivial klingen. Überlegt man sich aber, was passiert, wenn er ausbleibt, so kommt man genau auf die Fehler, die man heute unglaublich häufig beobachten kann:

– Ein Unternehmer steckt Geld in ein Projekt, das wie das Perpetuum mobile gegen Naturgesetze verstösst und nie wird funktionieren können. (Illustriert in Figur 1)

– Ein Unternehmer lässt ein Projekt ausführen, bei dem ihm sowohl die noch durchzuführenden wissenschaftlichen Studien wie auch die nachher notwendigen technischen Entwicklungs- und Konstruktionsarbeiten unbekannt sind, so dass es mit grosser Wahrscheinlichkeit ebenfalls nie fertig wird.

– Ein Unternehmer steckt Geld in Lizenzrechte, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für ein angeblich neuartiges Produkt, das in der Branche zwar noch nicht allgemein bekannt, in der wissenschaftlichen oder Patentliteratur jedoch bereits beschrieben ist.

– Forscher arbeiten mangels Kontaktes zu kompetenten Unternehmern unter falschen Voraussetzungen über den wirtschaftlichen Wert eines zu schaffenden neuen Produktes, sei es, dass ein gleichwertiges Produkt bereits bekannt oder bereits in Serienfabrikation ist, sei es, dass das neue Produkt nicht verkäuflich sein wird mangels Übereinstimmung mit allgemeingültigen Normen, sei es auch weil sich das Bekanntmachen der neuartigen Lösung nicht lohnt oder weil ein Wettbewerb mit dem den betreffenden Markt dominierenden Konkurrenten aus anderen Gründen nicht möglich ist.

Es ist genau gleich traurig, wenn ein schöpferisch tätiger Wissenschaftler technisch verwertbare Erkenntnisse findet, aber mangels Kontakten zu kompetenten Unternehmern nicht zum Erfolg kommt, wie wenn ein tatkräftiger und branchenkundiger Unternehmer den technischen Fortschritt verpasst, weil er keinen Kontakt hat zu den für seine Branche massgebenden Wissenschaften.

Der geforderte ehrliche Dialog ist nicht ohne Risiko. Erstens gibt es bezüglich behaupteter Kompetenz oder im Geschäftsgebaren Unehrliche, und zweitens ist es nicht immer einfach, die erfolgversprechenden Erkenntnisse und Absichten vor der Konkurrenz geheimzuhalten. Gewisse gute Ideen können durch das Patentrecht zu einem Handelsobjekt gemacht werden, was den Vorteil hat, dass der Erfinder mehrere Unternehmer und der Unternehmer mehrere wissenschaftlich kompetente konsultieren kann.

Es wäre auch für einen vom Staat angestellten Forscher ein harter Schlag, wenn sein Geisteskind umkommen sollte, nur weil er sich nicht mit dem in der Branche kompetentesten Unternehmer verbündet hat. Man kann folglich keine erfolgreiche staatliche Forschungsförderung betreiben mit der Auflage, sie sei nur für die Unternehmer mit sonst schlechten Wettbewerbsaussichten bestimmt. Wer an die Überlegenheit einer Staatswirtschaft glaubt, könnte sich die Gesamtheit aller in ihrer Branche kompetenten Unternehmer durch den idealen Staatsbeamten ersetzt denken, der gleichzeitig das Wohl aller Branchen im Auge behält. Ein unfruchtbarer Leerlauf kann auch so nur vermieden werden, wenn die wirklich Fachkundigen in der Kette von Tätigkeiten vom Markt bis zur Wissenschaft freundschaftlich zusammenarbeiten.

Zur angewandten Forschung

Für den Fall, dass das ETH-Jubiläum oder obige Überlegungen einen Unternehmer anregen, voll guter Vorsätze mit einem Vertreter der ihn interessierenden Wissenschaft Kontakt aufzunehmen, soll im folgenden versucht werden, den Unterschied zu erklären zwischen den technisch-handwerklichen Hilfsarbeiten, die die meisten Wissenschaften bei ihrer Forschungstätigkeit brauchen, und den Arbeiten der angewandten Forschung durch Leute, die sowohl die betreffende Wissenschaft als auch die industrielle Welt des Unternehmers gut kennen.

Wie erwähnt, braucht der Wissenschaftler wie jeder Mensch von Zeit zu Zeit das Erfolgserlebnis. Wegen der eben beschriebenen Möglichkeit der Zusammenarbeit mit Unternehmern kann er den Erfolg auf zwei grundverschiedenen Wegen suchen:

- erstens über die von ihm publizierten Erkenntnisse, als Erfolg bei deren Anerkennung und Weiterverwendung durch die Fachkollegen in der ganzen Welt, oder
- zweitens durch eine Beteiligung am wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmer-Partners.

In dem zu betrachtenden Arbeitsgebiet zwischen Wissenschaft und Technik gibt es folglich zweierlei Zielsetzungen: durch wissenschaftliche Publikationen oder durch die wirtschaftliche Verwertung motivierte. Es gibt aber auch die entsprechenden zwei Arbeitsmethoden: die wissenschaftliche, das Weiterentwickeln der Naturgesetze, und die technisch-handwerkliche, das Arbeiten nach dem bekannten Stand der Technik. Es ist zu beachten, dass alle vier Kombinationen zwischen den zwei Zielsetzungen und den zwei Arbeitsmethoden praktische Bedeutung haben, nicht nur die zwei nächstliegenden, welche sind: erstens, mit wissenschaftlichen Methoden eine wissenschaftliche Aufgabe zu lösen (Beispiel: *Einstein*), und zweitens, mit bewährter Technik ein technisch-wirtschaftliches Ziel zu erreichen (Beispiel: Produktverbesserungen infolge zunehmender Erfahrung im Herstellen und im Unterhalt).

Für die dritte Kombinationsmöglichkeit, das Lösen einer technisch-wirtschaftlichen Aufgabe mit wissenschaftlichen Methoden, ist das eindrücklichste Beispiel das Auffinden einer neuen Quelle von Primärenergie im Zerfall oder in der Verschmelzung von Atomkernen in den vierziger Jahren. Es seien aber auch die vielen alltäglichen Aufgaben und Arbeiten dieser Art in Erinnerung gerufen mit dem folgenden primitiven Beispiel: Wer Konfitüre statt in ein Glas in einen klaren Kunststoffbecher von der Art der Joghurtbecher abfüllt, erlebt eine Überraschung, die nur die Oberflächenphysik erklären kann.

Die vierte Kombination betrifft eine wissenschaftliche Aufgabe und denjenigen Teil der zu ihrer Lösung notwendigen Arbeiten, die selber rein handwerklicher Natur sind. So braucht bei naturwissenschaftlichen Experimenten nur das Ausdenken des lehrreichsten Versuchs und das Interpretieren von dessen Ergebnissen wissenschaftliche Kompetenz. Das Bereitstellen der Versuchsaapparaturen, das Eichen und Ablesen der Messgeräte sowie das Zusammenstellen beobachteter Tatsachen und gemessener Daten sind rein handwerkliche Tätigkeiten. Niemand erwartet von ihnen etwas Schöpferisches. Aus Gründen ihrer Quantität können diese unproblematischen Arbeiten jedoch den grössten Teil der Kosten eines Forschungsprojektes ausmachen. Beispiele sind etwa die Millionenbeträge für Apparaturen und Bauten der experimentellen Teilchenphysik oder die Raumforschung. Ein ähnliches Übergewicht

der Kosten für die nichtschöpferischen Arbeitsanteile zeigen die rein beschreibenden Naturwissenschaften, wie etwa das Sammeln meteorologischer Daten, das regelmässige Zählen der Sonnenflecken, das Ausfüllen weisser Flecken auf der Landkarte oder Tätigkeiten, bei denen höchstens die Versuchsplanung etwas mit Wissenschaft zu tun hat, wie etwa das Abschliessen von Hagelraketen oder das Durchführen von Meinungsumfragen. Immer wenn die kostenintensiven Arbeiten problemlos sind, lässt sich alles vorausplanen und das Budget genau einhalten. Wohl von daher glauben viele Laien, mit genügend hohem Forschungsaufwand sei in der heutigen Wissenschaft alles machbar, auch eine Wunschmaschine von der Art der Figur 1.

Auch das an dritter Stelle erwähnte Lösen einer technisch motivierten Aufgabe mit wissenschaftlichen Methoden braucht noch einige Ergänzungen, damit es nicht mit der angewandten oder industriellen Forschung verwechselt wird. Weiter oben wurde dargelegt, wie zur wirtschaftlichen Verwertung naturwissenschaftlicher Fortschritte eine ganze Kette von Tätigkeiten und Erkenntnissen zusammenwirken müssen, was als ehrlicher Dialog des kompetenten Wissenschaftlers mit dem kompetenten Unternehmer dargestellt wurde. Sofern die bestgeeigneten Partner sich gefunden haben, ergeben sich die besten Erfolgsaussichten dann, wenn der Wissenschaftler das den Unternehmer am meisten interessierende Problem nach den neuesten Erkenntnissen wissenschaftlich sauber abklärt und darüber hinaus fähig ist, technische Verwertungsvo-

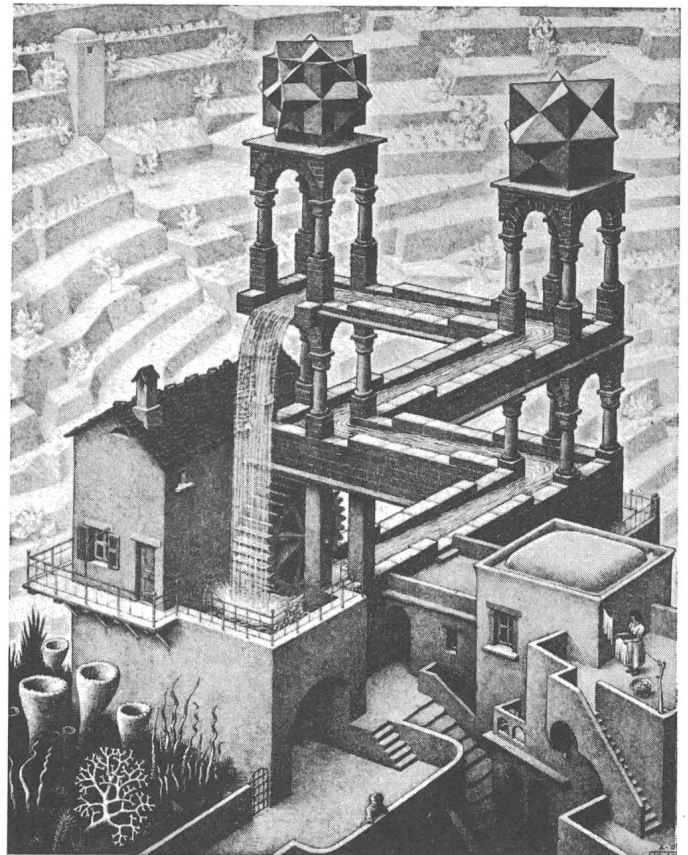


Fig. 1 M. C. Escher (1961): Wasserfall

Beispiel für einen Plan zu einer Maschine, die gegen ein Naturgesetz verstösst und daher nie funktionieren wird

Sammlung Haags Gemeentemuseum, Den Haag

© Escher heirs 1980 c/o Beldrecht Amsterdam

Quelle: M. C. Escher: Grafik und Zeichnungen. Wasserfall 1961
Heinz Moos Verlag München. 8. Auflage, 1974

schläge zu machen, die alle Nebenbedingungen industrieller Tätigkeiten berücksichtigen. Um auf das frühere Beispiel mit *Henry Ford* und *Albert Einstein* zurückzukommen: Ein technisches Problem wäre mit wissenschaftlichen Methoden erst teilweise gelöst worden, wenn *Einstein* die Aufnahme und Abgabe von Energie in verschiedenen Entwürfen von Automotoren vergleichend vorausberechnet hätte. Glücklicherweise hat es sich *Einstein* nie zugetraut, einen eigenen Entwurf eines Automotors in Fabrikation zu geben.

Nützlicher als *Einstein* ist in diesem Fall ein Ingenieur, der sowohl Physik studiert als auch sich in den Motorenbau eingearbeitet hat. Dieser treibt angewandte Forschung, indem er mit wissenschaftlichen Methoden technisch Neues erarbeitet, dieses hinsichtlich der technischen Verwertbarkeit erprobt und die Versuchsergebnisse zu Verbesserungen wieder wissenschaftlich auswertet. Bei einer solchen Mischung wissenschaftlicher und technischer Tätigkeiten liegt etwas Schöpferisches im nützlichsten Einsatz der einen oder der andern Arbeitsmethode. Wenn hingegen ein reiner Wissenschaftler nur aus seiner Sicht

entscheidet, worin die wissenschaftlich zu bearbeitenden technischen Probleme liegen, kann er kein Produkt von der Art eines bewährten Automotors zustande bringen, auch wenn er zum experimentellen Nachprüfen seiner Resultate Handwerker anstellen sollte.

In diesem Sinne wird neben der Grundlagenforschung in den reinen Wissenschaften die angewandte Forschung durch Ingenieure, die auch die notwendigen Industrieerfahrungen mitbringen, nie entbehrlich sein. Ob sich ein Hochschulabsolvent mehr zu den publizierenden oder den konstruktiven Tätigkeiten hingezogen fühlt, ist Veranlagungssache. Wichtig für seine langfristige Zufriedenheit ist nur, dass er das eine oder das andere gut tut, dass seine publizierten oder fabrizierten Schöpfungen sich als nützlich erweisen.

Adresse des Autors

Prof. Dr. *Theo Stutz*, dipl. El.-Ing. ETHZ, Privatdozent an der ETHZ, Contraves AG, Schaffhauserstrasse 580, 8052 Zürich.