

Zeitschrift: Bulletin / Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden =
Association Suisse des Enseignant-e-s d'Université

Herausgeber: Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden

Band: 43 (2017)

Heft: 2

Artikel: Wie nützlich ist Grundlagenforschung?

Autor: Nierste, Ulrich

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-893693>

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: 26.11.2024

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

Wie nützlich ist Grundlagenforschung?

Ulrich Nierste*

Grundlagenforschung ist von Neugier getrieben, wer sie betreibt hat keine praktische Anwendung seiner Wissenschaft vor Augen. Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler sind von der Faszination angetrieben, die Welt zu ergründen, und ein gelungenes Experiment oder eine erfolgreiche mathematische Berechnung produziert Glückshormone in ihren Hirnen. Wenn wir Grundlagenforscher mit Laien über unsere Wissenschaft sprechen, erleben wir oft, wie die Begeisterung überspringt; Wissenschaft fasziniert auch solche Menschen, denen ihre Methodik fremd ist und die ihre Ergebnisse nur diffus begreifen. Jedoch bin ich – und den meisten Leserinnen und Lesern wird es ähnlich ergangen sein – auch oft auf die Gegenfrage «Ach,...und wozu ist das gut?» gestossen.

Mein Arbeitsgebiet ist die Elementarteilchenphysik, die sich mit der Frage nach den kleinsten Bausteinen der Natur und den zwischen ihnen wirkenden Kräften widmet. Je mehr wir darüber wissen, desto besser verstehen wir die früheste Phase der Entwicklung des Universums, Sekundenbruchteile nach dem Urknall. Umgekehrt lehren uns Kosmologie und Astrophysik, dass in unserem Wissen über die Elementarteilchen und der sie regierenden Kräfte noch scheunentorgrosse Lücken klaffen: Das Universum ist voll von dunkler Materie, es gibt siebenmal so viel davon wie die verstandene sichtbare Materie, und von ihrer Beschaffenheit haben wir keinen blassen Schimmer. Und wenn wir die allgemein akzeptierten Theorien der Elementarteilchenphysik und Kosmologie ernst nehmen, dann müsste das Weltall komplett aus Strahlung bestehen, ohne einen einzigen Krümel Materie. Die Forschung zum Thema – ob auf der Erde oder im Weltall – erfordert Grossgeräte, die viele hundert Millionen Franken kosten, manchmal sogar einige Milliarden. Wer vom wissenschaftlichen Text dieses Absatzes nicht in den Bann gezogen ist, wird jetzt fragen: «Und was springt dabei raus?» oder «Wäre das Geld nicht besser woanders angelegt?». Sind solche Fragen ungehörig? Darf man sie achsel-

zuckend ignorieren? Ich meine, nein. Wissenschaft benötigt Geld, und wer Steuern bezahlt, darf nach dem Nutzen seines Beitrags fragen. Brisant wird das Thema, wenn der Fragesteller oder die Fragestellerin in politischer Verantwortung über die Verteilung von Steuergeld beschliesst. Kann man auf dieser Diskussionsebene als Wissenschaftler überhaupt die Grundlagenforschung verteidigen, oder wechselt man besser das Thema?

1. Politik und Forschung

Der Stellenwert von Grundlagenforschung in der Politik steigt und sinkt periodisch, als würde ein Pendel langsam zwischen den Extremen einer wissens- und einer anwendungsorientierten Forschungspolitik schwingen. Es ist lehrreich, einen Blick zurück auf solche Zeiten zu werfen, als Grundlagenforschung unter Rechtfertigungsdruck stand und Wissenschaft als Turbolader des Motors der Wirtschaft gesehen wurde. In Deutschland war die letzte Hochzeit dieser Sichtweise die Mitte der 1990er Jahre. Mein Blick zurück auf diese Zeit ist anekdotisch – ich erinnere an die Argumente, mit denen zum Halali auf die Grundlagenforschung geblasen wurde, und bringe in diesem und dem folgenden Abschnitt ein paar Beispiele für Fehlentwicklungen. Dass es solche gab und gibt, sorgt dafür, dass das Pendel immer wieder zurückschwingt. Wer mit einem skeptischen Steuerzahler oder einem allzu forschenden Forschungspolitiker diskutieren muss, findet diese Beispiele vielleicht – nun ja – nützlich.

Im Jahr 1994 hatte eine Kommission unter Vorsitz von Hartmut Weule, der für einen grossen deutschen Automobilkonzern arbeitete, dem deutschen Bundesforschungsminister ein Gutachten zur Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Grossforschungseinrichtungen und Industrie vorgelegt. Im Visier hatte die Kommission dabei zwei Forschungszentren in Jülich und Karlsruhe und schlug vor, den Anteil anwendungsorientierter, projektbezogener Forschung in drei bis fünf Jahren von 30 auf bis zu 75 Prozent zu erhöhen. In der folgenden öffentlichen Diskussion wurde dann noch einmal mit dem Argument nachgelegt, dass in Deutschland die Steuern so hoch seien, dass die Industrie durchaus einen Anspruch darauf hätte, einen Teil der Abgaben durch Subventionierung der Forschung zurückzubekommen [1, 2]. Da fühlt man sich als steuergeldfinanzierter Wissenschaftler gleich ein bisschen schuldig...

Der deutsche Bundesbildungsminister Jürgen Rüttgers hatte 1997 die Idee, ein Patent einer Habilitation als

* Institut für Theoretische Teilchenphysik, Karlsruher Institut für Technologie, 76128 Karlsruhe, Deutschland.

E-mail: ulrich.nierste@kit.edu



Ulrich Nierste, Dr. rer. nat., wurde 2005 Professor an der Universität Karlsruhe, die 2009 im neu gegründeten Karlsruher Institut für Technologie (KIT) aufging. Sein Forschungsgebiet ist die Theoretische Elementarteilchenphysik. Er ist wissenschaftlicher Sprecher der Graduiertenschule KSETA, in der Promovierende aus Physik, Ingenieurwissenschaften und Informatik gemeinsam in der Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik forschen.

Qualifikationsnachweis für eine Professur gleichzusetzen und versprach sich davon einen «gewaltigen Innovationsschub» [3]. Der Vorschlag des gelernten Juristen offenbart gleich zwei naive Vorstellungen: vom Wesen eines Patentes und vom Anforderungsprofil an einen Professor. Ein Patent ist ein wirtschaftliches Schutzrecht – geschaffen, um Technologieentwicklung im privaten Sektor zu fördern; ein Prädikat einer bestimmten wissenschaftlichen Schöpfungshöhe ist nicht damit verbunden. Und aus einer Patentanmeldung eine Befähigung zu Forschung und Lehre abzuleiten, ist eine ziemlich steile These.

Im Geist der Zeit wurden wuchtige Grossprojekte angestossen, um das Land technologisch voranzubringen. Eines davon war der Supercomputer «Suprenum», der in einem Forschungsinstitut bei Bonn entwickelt und gebaut worden war. Das Ergebnis dieser staatlich gesteuerten Produktentwicklung war leider am Markt nicht wettbewerbsfähig und konnte sich gegen die kommerziellen US-Grossrechner nicht durchsetzen. Dieses – im Rückblick reichlich kuriose – Beispiel belegt die Binsenweisheit, dass der Staat sich besser umso weiter aus der wissenschaftlichen Wertschöpfungskette zurückziehen sollte, je näher man auf dem Weg von Erkenntnis zu Anwendung dem industriellen Endprodukt kommt. Trotzdem wird in Ministerien fleissig an der Förderung von «Schlüsseltechnologien» geplant.

Vor 1991 konnte man im Internet nur von Computer zu Computer kommunizieren, über den Austausch rudimentärer E-Mails (die noch nicht so hiessen), und das alles etwa mit dem Zeichensatz einer Schreibmaschine. Das Internet revolutioniert hat die Erfindung des World Wide Web (WWW) durch Tim Berners-Lee, der am europäischen Forschungszentrum für Elementarteilchenphysik, CERN, arbeitet. Das World Wide Web ermöglicht, viele Computer zu vernetzen und nicht nur Text, sondern auch Bilder auszutauschen. Es ist heute aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Entstanden ist es als Spin-off der Grundlagenforschung, als Antwort auf die Kommunikationsbedürfnisse von über Europa verteilten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern. Anwendungsorientierte Forschungsinstitute hatten die durch das World Wide Web gelösten Probleme auch auf ihren Radarschirmen, aber das CERN war schneller und besser.

2. Wissenschaft und Innovation

Reichen die genannten Beispiele aus, um Grundlagenforschung erfolgreich gegen die Begehrlichkeiten der Wirtschaft zu verteidigen? Sicherlich nicht. Es lohnt sich, über die Innovationsmechanismen der Wissenschaft genauer nachzudenken.

Der Arbeitsalltag der meisten Menschen besteht darin, Arbeitsaufträge auszuführen. Entsprechend stellen sie sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler als Tüftler vor, die einen vorgegeben Entwicklungsauftrag umsetzen – also vielleicht einen Automotor verbessern oder Lösungen für gesellschaftliche Probleme wie die Luftverschmutzung durch Feinstaub lösen. Anwendungsorientierte Forschung mag diesem Bild in Teilen entsprechen, aber Grundlagenforschung funktioniert komplett anders: Anstelle des Ziels wird eher (z.B. über die Festlegung der Methodik) der Weg vorgegeben; die Leitlinie ist die Vermehrung des Wissens und – das ist der wichtigste Aspekt – das Ergebnis ist oft völlig ungeplant und unerwartet.

Um das Jahr 1865 hatten sich die Mathematiker Alfred Clebsch und Paul Gordan an der Universität Giessen mit einem recht abstrakten mathematischen Problem beschäftigt – der sogenannten Darstellungstheorie der Drehgruppe. Sechzig Jahre später flossen diese Ergebnisse in die Quantenmechanik ein, und inzwischen lernt jeder Physikstudent auf der ganzen Welt Clebsch-Gordan-Koeffizienten, um den Drehimpuls in der Quantenphysik zu verstehen. Hier hat also mathematische Grundlagenforschung eine Anwendung in der Physik gefunden – und zwar in einem Zweig, der seinerzeit selbst nur Grundlagenforschung war. Von der Rolle der Quantenmechanik für die moderne Technik muss nun niemand mehr überzeugt werden. Ohne Quantenmechanik gäbe es heute nicht ein einziges elektronisches Gerät.

Die Wissenschaftsgeschichte ist voll von Beispielen, wie Grundlagenforschung technische Basisinnovationen befördert hat, und wir bringen dieses Argument gern und häufig vor in den Debatten um die Finanzierung unserer Forschung [4]. Meine Lieblingsanekdote zum Thema ist ein Bonmot von Michael Faraday, der vom britischen Schatzkanzler einmal nach dem praktischen Nutzen seiner Forschung über Elektrizität gefragt wurde und geantwortet hat: «Sir, eines Tages werden Sie Steuern darauf erheben.»

Ist das Argument mit der Basisinnovation ein Joker, der immer sticht? Wenn die Zeitskalen zwischen Grundlagenforschung und technischer Anwendung zu gross werden, ist das Argument für einen Minister oder eine Universitätsrektorin uninteressant. Neue Erkenntnisse über das Higgs-Teilchen werden zu meinen Lebzeiten Mikroelektronik, Materialforschung oder Maschinenbau definitiv nicht voranbringen.

Warum wurde das World Wide Web am CERN erfunden und nicht in den anwendungsorientierten Forschungsinstituten der Informatik? Ich denke, dass er-

kennntnisorientierte Grossforschung über einzigartige Innovationsmechanismen verfügt.

(a) Der erste Mechanismus ist eine Folge von Grösse und Komplexität der Projekte: An einem Grossexperiment arbeiten hunderte, manchmal sogar mehrere tausend Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zusammen. Kluge Menschen neigen zum Individualismus; das gemeinsame Ziel, Natur und Kosmos zu verstehen, führt jedoch zu kohärenter Zusammenarbeit und einem Mehrwert aus Vernetzung und effektiver Arbeitsteilung unter den Forscherinnen und Forschern der beteiligten Universitäten.

(b) Der zweite Mechanismus entspringt dem Zwang zur Interdisziplinarität. Die Entwicklung der wissenschaftlichen Grossgeräte bringt Naturwissenschaftler mit Elektroingenieuren, Maschinenbauingenieuren, Informatikern und Informationswissenschaftlern zusammen. An der Karlsruher Graduiertenschule KSE-TA haben wir diese Interdisziplinarität erstmals in ein Konzept einer strukturierten Promovierenden-Ausbildung überführt. Zu Beginn hatten wir die Sorge, dass wir zu wenige junge Ingenieure anziehen würden. In einer Umfrage fragten wir nach ihren Motiven, in der Grundlagenforschung zu arbeiten. Eine Antwort war, dass es interessanter sei, ein Grossgerät der Grundlagenforschung mit zu entwickeln, «als Regensensoren für die Automobilindustrie». Unsere Sorge war unbegründet gewesen; interessanterweise zogen wir besonders viele Ingenieurinnen an. Das Besondere an den technologischen Herausforderungen der Grundlagenforschung ist, dass es nicht ausreicht, den Status Quo inkrementell zu verbessern, sondern dass die zu bauende experimentelle Anlage die Zielmarke für die Technologieentwicklung setzt. Das erzwingt oft einen Technologiesprung, der nur über einen originellen neuen Weg erreichbar ist.

(c) Der dritte Mechanismus hängt mit der Dynamik des Wandels in der Grundlagenforschung zusammen: Mit jedem Ende eines Grossprojekts findet eine Umorientierung der beteiligten Wissenschaftler statt, Universitätsgruppen schliessen sich neuen Experimenten an und vor allem werden die jungen, motivierten Universitäts-Absolventen in die modernsten Experimente gezogen. Neue Grosseperimente können nur umgesetzt werden, wenn sie sich in einer scharfen internationalen Konkurrenz gegen andere Ideen durchgesetzt haben. Der Fokus der Forschung ändert sich dabei kontinuierlich, weil gewonnene Erkenntnisse immer neue wissenschaftliche Fragen aufwerfen. Beispielsweise haben um die Jahrtausendwende teure Satelliten-Experimente den Anteil dunkler Materie am Energiehaushalt des Universums zweifelsfrei bestimmen können. Diese Entdeckung hat ter-

restrische Teilchenphysik-Experimente angestossen, die herausfinden wollen, wie dunkle Materie mit der bekannten sichtbaren Materie wechselwirkt. Grundlagenforschung hat also eine innere Dynamik, die dem Konzept «Das Bessere ist der Feind des Guten» folgt.

Um diesen dritten Mechanismus schätzen zu lernen, lohnt sich ein Vergleich mit anwendungsorientierter, durch ein technisches Ziel definierter Forschung: Im Jahr 1924 wurde an der Technischen Universität München ein Lehrstuhl für die Entwicklung von Landmaschinen eingerichtet. Dieser Entschluss war völlig plausibel, Deutschland konnte seine Bevölkerung nicht ohne Nahrungsmittelimporte ernähren und der Aussenwert seiner Währung war schwach. In der Nachkriegszeit sank nicht nur der Anteil der Landwirtschaft an der Volkswirtschaft stetig, in der Europäischen Gemeinschaft kam es sogar zur Überproduktion von Agrarprodukten, auf die mit Preis- und Mengenregulierung, allerlei Subventionsregeln und sogar der Vernichtung von Lebensmitteln geantwortet wurde. Die staatliche Forschung zu Traktoren (mit immer ausgefeilteren Schaltgetrieben) in München wurde nun mit dem Technologietransfer in die lokale Wirtschaft begründet. In den 1990er Jahren, als mir die Landmaschinenforschung ins Auge fiel, erschien mir die Auswahl des Forschungsgegenstandes willkürlich. Warum richtet der Staat dann nicht auch Lehrstühle für Nähmaschinen oder Rasenmäher ein? Immerhin hat der Lehrstuhl bis 2003 überlebt. Das Beispiel zeigt, dass ein Mechanismus fehlt, um alte Zöpfe abzuschneiden: Ist eine Technologie nicht mehr Avantgarde, so hat ihre Förderung immer noch dadurch ihre Berechtigung, dass sie einen Mosaikstein der lokalen Wirtschaft etwas heller leuchten lässt. Ein anderes Beispiel ist eine Grossforschungseinrichtung in Geesthacht bei Hamburg, deren Auftrag die Entwicklung des nuklearen Schiffsantriebs war. 1968 wurde dann das mit einem Kernreaktor angetriebene Frachtschiff «Otto Hahn» in Dienst gestellt. Internationale Regeln für die Seefahrt mit nukleargetriebenen Schiffen wurden nie erlassen, und die Kernenergie auf See hat sich – zum Glück – nicht durchgesetzt. Die Geesthachter Grossforschungseinrichtung musste sich radikal umstellen. In der gleichen Zeit ist das benachbarte Hamburger Grossforschungszentrum DESY, das sich der Grundlagenforschung widmet, zu einem internationalen Leuchtturm geworden.

Die Innovationen der Elementarteilchenphysik entstehen über Spin-off, sie bauen nicht auf ihren Erkenntnissen auf, sondern entspringen ihrer Methodik. Eine enge Verflechtung besteht zur Medizintechnik; Technologien der Teilchenphysik werden zur Krebstherapie und zur Diagnostik (z.B. bei der Posi-

tron-Elektron-Tomografie) eingesetzt. Andere Spin-offs betreffen schnelle Elektronik oder die Verarbeitung grosser Datenmengen. Einer meiner Karlsruher Kollegen ist ein Pionier der Entwicklung sogenannter neuronaler Netze – das sind Software-Algorithmen, die der Funktionsweise des menschlichen Gehirns nachempfunden sind. Ausgangspunkt war die Analyse von Elementarteilchenkollisionen, das zu lösende Problem ist dabei die Identifizierung weniger interessanter «Signal»-Ereignisse in einer Flut langweiliger «Untergrund»-Ereignisse. Das wird gern mit der Suche nach der sprichwörtlichen Stecknadel im Heuhaufen verglichen. Aber Signale möglicher neuer Naturgesetze sind unendlich viel spannender als die komplett sinnfreie Stecknadel im Heuhaufen! Der Spin-off dieser Forschung ist eine Firma, die diese Software-Algorithmen auf Probleme der Wirtschaft anwendet, dabei geht es um das Optimieren von Unternehmensprozessen nach dem Durchforsten riesiger Daten-Heuhaufen mit den erwähnten Software-Algorithmen. Die Firma hat heute über 100 Mitarbeiter – die meisten sind gelernte Elementarteilchenphysiker – und wächst rasant.

3. Wissenschaft und Gesellschaft

Am 22. April dieses Jahres fand auf der ganzen Welt der March for Science statt. Den Anlass bildete das Erstarken einer politischen Strömung in den USA, die wissenschaftliche Erkenntnisse der Klimaforschung zu blossen Meinungsäusserungen herabstufte und sie auf eine Stufe mit unbewiesenen Mutmassungen stellt. Etikett dieses Trends ist die Wortschöpfung der «alternativen Fakten». Der nationale Haushaltsentwurf des Präsidenten sieht zudem massive Kürzungen für fast die gesamte Wissenschaft vor. Der Protest der Wissenschaft und ihrer Unterstützer richtete sich dabei nicht nur gegen die konkreten Folgen der neuen US-Politik für staatliche geförderte Forschung, sondern auch um die generelle Infragestellung der wissenschaftlichen Wahrheitsfindung, griffig zusammengefasst in dem Slogan «*There are no alternatives to facts*».

Zur Naturwissenschaft gehören in der Tat unterschiedliche Meinungen und zivilisierter Streit. Anders als in der Politik ist der Meinungsstreit jedoch nicht Ausdruck widerstreitender (in der Regel materieller) Interessen, sondern dient der Wahrheitsfindung. Am

Ende des politischen Streits steht idealerweise ein Interessenausgleich zwischen den streitenden Parteien; der wissenschaftliche Streit hingegen endet mit der Identifizierung der Wahrheit; es geht dabei schlicht um wahr oder falsch. Grundpfeiler der wissenschaftlichen Methodik sind dazu die Definition eines *experimentum crucis*, das zwischen konkurrierenden Hypothesen diskriminiert, und das Grundprinzip, Schlüsse nur auf der Basis von Logik und Fakten zu ziehen. Die Aufklärung hat nicht nur die Wissenschaft begünstigt, die Naturwissenschaft hat auch umgekehrt die Entwicklung der aufgeklärten Gesellschaft befördert: Keplers, Galileis und Newtons Entdeckung, dass die Bewegung der Planeten allgemeingültigen mechanischen Gesetzen unterliegt, entzog astrologischem Aberglauben jede rationale Basis. Benjamin Franklin wies nach, dass Blitze ein elektrisches Wetter-Phänomen sind, dessen Unbill man sich mit einer simplen Eisenstange erwehren kann. Damit waren Mutmassungen über zornige blitzeschleudernde Götter als *fake news* entlarvt.

Das Wechselspiel aus empirischer Faktenfindung und logischer Deduktion bestimmt jedoch nicht nur die wissenschaftliche Wahrheitsfindung, sondern prägt die Debattenkultur auch in juristischen und politischen Auseinandersetzungen. Solange Empirik und Logik über Verschwörungstheorien und fake news triumphieren, werden unsere Gesellschaften stabil bleiben und sich weiterentwickeln. Dieser Spin-off der Naturwissenschaft ist wertvoller als die wirtschaftlichen Anwendungen, die ich in den vorherigen Abschnitten beschrieben habe.

Die Autorität der Grundlagenforschung beruht nicht zuletzt darauf, dass sie nicht von Interessen geleitet ist. An Grossforschungseinrichtungen wie dem CERN arbeiten junge Menschen aus allen Kulturkreisen der Welt und Staaten mit verschiedenen politischen Systemen. Sie entwickeln dennoch denselben Blick auf ihre Arbeit und dann auch oft auf die Welt jenseits der Wissenschaft. In einer Zeit, in der sich immer mehr Menschen ihre Meinung in Internetblasen aus alternativen Fakten bilden, bietet Wissenschaft die Leitlinien der Vernunft. Staatliche Investitionen in erkenntnisorientierte Wissenschaft stärkt Zivilgesellschaft und Volksverständigung. Das ist aus meiner Sicht der grösste Nutzen von Grundlagenforschung. ■

Literatur

- [1] G. Hartmut Altenmüller, ‚Anwendungsorientierte Grundlagenforschung‘ — wird der Bastard Hätschelkind? in: Spektrum der Wissenschaft, 1. September 1994.
- [2] Christoph Droesser, Mammuts, wollt ihr ewig leben? in: Die ZEIT, 15. November 1996.
- [3] André Uzulis, Rüttgers will Patente Habilitationen gleichsetzen Professoren sollen ‚leistungsgerecht‘ bezahlt werden in: Welt am Sonntag, 30.03.1997.
- [4] Res Jost, Das Märchen vom elfenbeinernen Turm, Springer, Berlin, 1995.