



Werner Albring

Zur Strategie naturwissenschaftlich-technischer Forschung

In: Der Forscher und der Zweifler : Werner Albring zum 90. Geburtstag ; Vorträge des Ehrenkolloquiums am 28. September 2004. Herausgegeben von der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Berlin 2005, S. 83-91.

Persistent Identifier: [urn:nbn:de:kobv:b4-opus-26223](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:b4-opus-26223)

Die vorliegende Datei wird Ihnen von der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften unter einer Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Germany (cc by-nc-sa 3.0) Licence zur Verfügung gestellt.



Werner Albring

Zur Strategie naturwissenschaftlich-technischer Forschung

Einleitung

Zur Renaissance-Zeit hatte Galilei (1564 bis 1642) der wissenschaftlich-physikalischen Forschung einen neuen methodischen Inhalt gegeben. Denn in alten Zeiten vor ihm waren die schriftlich fixierten Lehren des Griechen Aristoteles über die Physik ebenso gläubig aufgenommen, bewahrt und weitergeleitet worden wie es mit allen Lehren der Religion geschehen war. Aristoteles hatte seine Erkenntnisse von Abläufen in der Mechanik durch Bedenken von Zusammenhängen, also in philosophischer Art, zusammengetragen.

Galilei war kein gläubiger, an die Tradition gebundener Physiker, er führte das Experiment zum unmittelbaren Befragen der Natur ein, und seine Resultate faßte er in Form von mathematisch formulierten Gesetzen zusammen. Es waren Gesetze über den freien Fall von Körpern, über Wurfbewegungen, über das Herabgleiten von Kugeln auf schiefer Ebene, Gesetze über die Pendelschwingungen. Sehr wesentlich zum Erfolg seiner Methode trug bei, daß Galilei jedes Problem auf den Einfluß weniger Haupt-Parameter reduzierte.

Galileis Methode wurde fortan auch in anderen Zweigen der Naturwissenschaft angewandt, und es folgte auf allen Gebieten beschleunigtes Erkennen von naturwissenschaftlichen Zusammenhängen und deren nutzendes Anwenden in der sich entwickelnden Technik. Das Weiterarbeiten nach Galileis Methode hat bis in unsere Tage angehalten, und es läuft in der Forschung noch weiter. Seither sind vier Jahrhunderte vergangen. Doch können von Lernenden alle Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Forschung sowie alle Methoden der technischen Anwendung im fünfjährigem Studium aufgenommen und geistig verarbeitet werden. Der zeitliche Unterschied zwischen dem forschenden Erkunden und dem aufnehmenden geistigen Verarbeiten von Resultaten ist außerordentlich groß. Ist es möglich, den zeitlichen Ablauf der Forschungsarbeit mit Gewinnen neuer Erkenntnisse zum Anwenden in der Technik zu kürzen?

Über die Forschungs- und Studienarbeit

Zum Bedenken der vorstehenden Frage kann man in den Schriften von Hermann Helmholtz, einem der erfolgreichsten naturkundlichen Forscher, in der Niederschrift seiner zum 70. Geburtstag gehaltenen Rede lesen:

„Aber der Stolz den ich über das Endresultat in diesen Fällen hätte empfinden können, wurde beträchtlich herabgesetzt dadurch, daß ich wohl wußte, wie mir die Lösung solcher Probleme fast immer nur durch allmählich wachsende Generalisationen günstiger Beispiele, durch eine Reihe glücklicher Einfälle nach mancherlei Irrfahrten gelungen waren. Ich mußte mich vergleichen mit einem Bergsteiger, der ohne den Weg zu kennen, langsam und mühselig hinauf klimmt, oft umkehren muß, weil er nicht weiter kann, der bald durch Überlegung, bald durch Zufall neue Wegspuren entdeckt, die ihn wieder ein Stück vorwärts leiten, und endlich, wenn er sein Ziel erreicht, zu seiner Beschämung einen königlichen Weg findet, auf dem er hätte herauf fahren können, wenn er gescheit genug gewesen wäre, den richtigen Anfang zu finden. In meinen Abhandlungen habe ich dann nicht den Leser mit meinen Irrfahrten unterhalten, sondern ihm nur den gebahnten Weg beschrieben, auf dem er jetzt ohne Mühe die Höhe erreichen mag.“

Das also ist der Bericht eines Wissenschaftlers, der mit seinen tiefgründigen, weitreichenden Ergebnissen in die erste Reihe aller erkundenden Forscher gestellt werden muß.

Wenn im Durchschnitt ein heutiger Forscher über sein Arbeitsergebnis einen Bericht zum Veröffentlichen in einer wissenschaftlichen Zeitschrift schreibt, so hat er als zeitliche Summe für alle erkundende Arbeit und für das Niederschreiben nach manchen Erfahrungen etwa 400 Minuten pro Seite aufzuwenden, der sachkundige Leser benötigt etwa 10 Minuten, um sich mit dem Inhalt einer Seite verstehend bekannt zu machen.

Solche und ähnliche Zusammenhänge sind mit verallgemeinernden Ergebnissen auch von modernen Philosophen bedacht worden. Der englische Philosoph Karl Raimund Popper (1902 bis 1994), ein tiefgründiger Kenner von Naturwissenschaft und Mathematik, ordneten den Ablauf in ein dreistufiges Schema:

1. das Problem;
2. die Lösungsversuche;
3. die Elimination.

Er gliedert in das Schema ein nicht nur die Abschnitte der biologischen Evolution entsprechend Darwins Prinzip sondern auch den Prozeß des Ablaufes wissenschaftlicher Forschung. Im Anfang steht das Problem. Gelöst wird es nach der Methode, die schon der gesunde Menschenverstand benutzt, das ist die Methode von Versuch und Irrtum. Es ist das Verfahren, versuchsweise Lösungen des Problems aufzustellen und dann die falschen als irrtümlich zu eliminieren; in dieser Weise wird eine Lösung nach der anderen ausprobiert und nach Prüfen der Richtigkeit als falsch eliminiert, bis schließlich eine, die aller Kritik standhält, als die Lösung des Problems anerkannt wird.

Ein Satz von Popper ist besonders bemerkenswert: „Alle vorwissenschaftliche Erkenntnis ob tierisch, ob menschlich ist dogmatisch, und mit der Erfindung der nicht dogmatischen Methode, das heißt der kritischen Methode, beginnt die Wissenschaft.“

Damit wird klar gestellt, daß für das Erkunden mit dem evolutionären Ablaufen nach dem Prinzip des „trial und error“ viel mehr Zeit aufzuwenden ist als zum Begreifen des Endergebnisses.

Doch nicht nur die Naturwissenschaft hat sich nach der Methode des Versuches und der Korrektur erkannter Irrtümer entwickelt, sondern auch die Technik.

Ähnlich wie in der Biologie bei der Auswahl der Arten läuft auch die technische Selektion ab. Im Kampf ums Dasein überlebt derjenige, der die gebotene Energie aufs beste ausnutzt. Wenn man sich das klar macht, dann wird auch der technisch Ungeschulte nicht mehr über diejenigen lächeln, die abartige Formen erprobt hatten. Denn der erkannte Fehler ist eine wichtige Grenzmarkierung auf der Straße des Fortschritts. Der Fehler kann in diesem Sinne sogar als ein notwendiges Element des Entwicklungsprozesses eingeordnet werden.

Die Geschichte des Luftschiff- und des Flugzeugbaus mit Erwähnen aller Irrtümer und Fehlkonstruktionen könnte ein wundervolles Beispiel zur Evolution innerhalb der Technik sein. Ich denke, so etwas oder ähnliches in den Schulbüchern aufgezeichnet, wäre zur Vorbereitung der Jugend auf ein von der Technik geprägtes Zeitalter recht nützlich. Auch zur Technikentwicklung waren Versuche und Korrekturen von Irrtümern nötig gewesen, ebenso wie das biologische Leben Experimente gemacht hat. Die Entwicklung hat ausgewählt durch das von Charles Darwin erkannte Prinzip.

Das Aufspalten in Fachrichtungen

Das Aufspalten der Naturforschung während der letzten 200 Jahre und auch das Aufspalten technischer Entwicklung in Teilgebiete ist der begrenzten Fähigkeit des menschlichen Gehirns angepaßt, und es war nützlich geworden zum rationalen Erkunden und zum bequemen Anwenden. Jedoch das Teilwissen hat zu nur teilgebildeten Menschen geführt, unfähig zu einem umfassenden Urteil, jedoch der Gefahr ausgesetzt, das eigene Wissen beim Urteil über fremde Gebiete zu überschätzen. Es wird bisweilen bedenkenlos aus der im vertrauten Bereich erworbenen Sicherheit und dem dort erprobten Urteil über die erlaubten Grenzen hinaus extrapoliert. Der gespaltene Forschungskomplex ist ein Charakteristikum unserer Schaffensperiode; gegenüber einer fernen Vergangenheit ist das die Besonderheit der Gesellschaft geworden.

Wenn man die außerordentliche Zersplitterung wissenschaftlicher Forschung bedenkt, dann bemerkt man, daß die Mittel zum Austausch von Erkenntnissen höchst unvollkommen geblieben sind. Inhaltlich gleiche Begriffe werden mit den Vokabeln von Fachsprachen verschieden benannt. Späteren Generationen könnte vieles, was wir heute treiben, als ziemliche Wirrnis erscheinen. Es sind bessere Zusammenfassungen nötig, vielleicht auch weiterreichende Abstraktionen, die Einzelheiten zusammenfassen und den Gedankenaustausch fördern.

Den Hochschullehrern ist die wunderschöne Möglichkeit eigenen Forschens gegeben. Die Insider wissen, daß dies nur von Wenigen genutzt wird, und über die Inaktiven hat man gespottet: Zur Promotion haben sie die erste eigene Forschungsarbeit vorgelegt und die zur Berufung ins Hochschulamt notwendige Habilitation ist deren zweite aber auch endgültig letzte wissenschaftliche Arbeit gewesen.

Über die in Forschung und Entwicklung Tätigen

Ein wesentlicher Antrieb des Forschers ist der Zweifel. Zwar gibt es auf dem Geistesgebiet strengste Disziplin, schärfste Kritik, doch keinen Gehorsam. Auch der Jüngste im Kreis der Denkenden hat das Recht, den Lehrsätzen der größten Vertreter seines Fachgebietes zu widersprechen, wenn er etwas auf tiefere Erkenntnis gegründetes an deren Stelle setzen kann. Er sollte weder durch Ritual noch durch Furcht vor persönlichen Nachteilen gehemmt sein, den Vorgesetzten mit Argumenten zu widersprechen, die eine Möglichkeit zur verständnisvollen Aussprache bieten. Die Gemeinde der Forschenden muß eine Republik im Geistigen bleiben, wenn ein Fortschritt erreicht werden soll.

Demgegenüber bleiben wirtschaftliche, staatliche und militärische Verwaltungen mit deren starren Strukturschemen absolutistisch organisiert. Allerdings scheint es führenden Wirtschaftlern und Politikern daran gelegen zu sein, die Technik durch eine Art von Druckknopf-Steuerung in die Hand zu bekommen. Der Schriftsteller Friedrich Dürrenmatt hat das sehr schön in Worte gefaßt mit der Beurteilung: „Brauchbar ist eine Maschine erst dann, wenn sie von der Erkenntnis unabhängig geworden ist, die zu ihrer Erfindung führte. So vermag heute jeder Esel eine Glühbirne zum Leuchten zu bringen oder eine Atombombe zur Explosion.“

Zur Geschichte der Wissenschaft von Mathematik, Physik und Technik

Was die geschichtliche Entwicklung betrifft, so bleibt Leonardo da Vinci mit den naturwissenschaftlich-technischen Eintragungen in seine Tagebücher eine singuläre Erscheinung,

und ein Phänomen im wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß. Denn schon hundert Jahre vor Galileis das Naturwissen und die Technik revolutionierenden Arbeiten, ahnt er das Trägheitsgesetz, er deutet akustische Phänomene, er erfindet Fallschirm, Segelflugzeug, Hubschrauber und Unterseeboot. Um den zu erwartenden Zurechtweisungen durch die über alle geistigen Äußerungen wachenden Kirche zu entgehen, hatte er seine Tagebücher in einer Geheimschrift abgefaßt. Damit aber hatte er sich auch isoliert von möglichen Diskussionspartnern.

Die Staatsmacht hat den Nutzen der Physik zum technischen Fortschreiten in der Waffenentwicklung voll erst im 18. Jahrhundert erkannt. Seither hat es kaum noch ein generelles Veto von religiöser oder ideologischer Seite gegen Fortschritte in Physik und Technik gegeben.

Aus der Weite der wissenschaftlichen Fachgebiete hat der Verfasser nachfolgend nur Begebenheiten ausgewählt, die mit seinem Arbeitsgebiet, der Strömungsmechanik, verbunden sind.

Im 17. Jahrhundert dominierten Leibniz und Isaac Newton, der das Trägheitsgesetz schuf. Das 18. Jahrhundert zeigt als große Wissenschaftler die Bernoullis und Leonard Euler, dem die Wissenschaft das Einführen von Differentialgleichungen verdankt. In die Differentialgleichung der Strömung führte Euler den Druck als Variable ein. Doch Euler schuf auch in der Technik, er beschäftigte sich mit der Energieumsetzung in Turbinen, er entwarf eine Wasserturbine, die erst im 20. Jahrhundert gebaut und versuchsweise betrieben wurde. Das 19. Jahrhundert überstrahlt Helmholtz, obwohl man eine Plejade großer englischer Wissenschaftler nennen kann, von Rayleigh bis Maxwell.

Im 20. Jahrhundert dominiert Ludwig Prandtl, ein Strömungsforscher, eng mit technischen Problemen der Luftfahrt verbunden. Ludwig Prandtl erkannte, daß sich die Reibung am umströmten Körper in der körpernahen schmalen Grenzschicht vollzieht. Zur Nachrechnung gehört sein sinnvolles Vereinfachen einer mit damaligen Möglichkeiten nicht integrierbaren nichtlinearen partiellen Differentialgleichung. Prandtl schuf damit zu Beginn des 20. Jahrhunderts die sich weit verbreitende Grenzschichttheorie.

Neuzeitliche technische Anwendungen

Weiter im 20. Jahrhundert und in der Gegenwart steigen wir in den Betrachtungen von der Hochebene großer Wissenschaftler herab ins Tal der Anwendungen. Der große Physiker Ernst Mach im 19. Jahrhundert hatte ein optisches Verfahren geschaffen, das mit Hilfe der Interferenz von Licht die Linien gleich großer Dichte im Umfeld schnell ange-

strömter Körper fotografisch aufzeichnen läßt. Zu Ende der dreißiger Jahre des 20. Jahrhunderts wurde diese Methode als Fortschritt für die Strömungsmechanik in der Luftfahrt-Forschungsanstalt von Braunschweig wieder entdeckt, und sie war in einer Entwicklungsphase, als man Flugzeuge für hohe Unterschallgeschwindigkeit und für den Flug mit Überschallgeschwindigkeit entwickelte, ein sehr nützliches Meßverfahren bei Windkanalversuchen geworden.

In der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg hatte eine isoliert arbeitende Gruppe von Ingenieuren und Physikern Körperformen für den Überschallflug zu entwickeln. Ein Überschall-Windkanal zur Modelluntersuchung war nicht verfügbar. Man nutzte in dieser Gruppe eine von Joukowski entdeckte Analogie zwischen der Überschallströmung eines Gases und der Wellenbildung im flachen Wasser. Ein kleiner Flachwasserkanal und die Modelle ließen sich schnell herstellen. Auch hat man in dieser isolierten Gruppe erstmalig das Faktum erkannt, daß sich beim Flug mit großer Überschallgeschwindigkeit durch Luftreibung sehr hohe Temperaturen an Flugkörpern einstellen werden, die sogar eine Stahlblechbeplankung schmelzen lassen. Das war keine neue physikalische Erkenntnis gewesen, sondern nur das Anwenden bekannter strömungsmechanischer und thermodynamischer Methoden auf dieses Problem.

Weiterhin führte in den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts die Beobachtung von Delphinen, die ein schnelles Schiff überholten, und das kurze Nachrechnen des Energiebedarfs den Luftschiff-Ingenieur W. Klemperer zur Erkenntnis, daß Delphine schneller schwimmen als es bei vorausgesetzter turbulenter Körper-Grenzschicht möglich wäre. Beim Weiterbearbeiten als Forschungs-Problem entdeckte man, daß über elastische Wände laufende Wellen eine der Bewegung weniger widerstehende laminar-Strömung stabilisieren können, man erhielt auch einen Einblick in den physikalischen Ablauf des natürlichen Vorgangs.

Die Mitarbeiter des Strömungsmechanischen Instituts der TU Dresden hatten in der Vorcomputer-Zeit im dritten Viertel des 20. Jahrhunderts einen Analogrechner geschaffen, der es erlaubte, Prandtls Seifenhaut-Gleichnis rationell auszuwerten. Die Einrichtung zeichnete Linien gleicher Geschwindigkeit in Potentialströmungen auf durch Spiegeln einer Schar von Kreisen auf einer Hohlkugel an der Seifenhaut.

Das Spiegeln eines Linienrasters an der Oberfläche des Flachwasserkanals läßt sogar die von Wirbeln provozierten Schallwellen erkennen.

Das Auswerten der Analogie zwischen akustischen Kombinationstönen und Wirbel-Kombinationsfeldern hat das über viele Jahrzehnte schwer begreifbare Turbulenzphänomen durchschaubar werden lassen. Auch dieser Erkenntnisprozeß ist über lange Zeiten gelaufen. Begonnen hatte es damit, daß der Geiger Tartini, er lebte im 18. Jahrhundert,

den tiefen Kombinationston entdeckte, ein Jahrhundert später wies Helmholtz experimentell den zugehörigen hohen Kombinationston nach, und er formulierte das Problem mathematisch. Damit wurde ersichtlich, daß beide Töne sowohl aufeinander und weiterhin auch auf die Anfangstöne wirken, sie lösen ein ganzes Spektrum folgender schwächerer Töne aus. Analog erzeugt das Überlagern von zwei Wirbelfeldern mit unterschiedlichen Frequenzen ein ganzes Spektrum weiterer zur Turbulenz führender Wirbelfelder. Diese Erkenntnis wurde ein Jahrhundert nach Helmholtz erarbeitet.

Manche Problemstellungen überdecken den Zuständigkeitsbereich mehrerer spezialisierter Fachrichtungen. Ein Beispiel: Das Tropfen-Verdampfen und die damit verbundene Verschiebearbeit gehört zum Arbeitsgebiet der Thermodynamiker. Ein Vergleich von Verschiebearbeit mit der notwendigen Verdampfungswärme zeigt, daß nur ein kleiner Bruchteil der Verdampfungswärme zum Verschieben umgesetzt wird. Den verbleibenden Rest erklärte man als Verbrauch an innerer Energie. Tatsächlich wird jedoch der Rest verbraucht als kinetische Energie und zu Mischvorgängen in der Strömung. Für diesen Teil des Geschehens erklärt sich der Strömungsmechaniker zuständig.

Es hatte manche Perioden gegeben, sogar noch im vergangenen Jahrhundert, in denen die Entwicklung von Wissenschaft und Technik als abgeschlossen galt, doch gegenwärtig glaubt man an fortschreitende Weiterentwicklung.

Über die fortschreitende Erkenntnis

Alle wirksamen Methoden der Naturerforschung haben sich langsam selektiv innerhalb der Menschheitsgeschichte entwickelt. Aristoteles hatte seine Physiklehre durch reines Denken, nur auf Beobachtung gestützt, entwickelt. Erst zur Zeit der Renaissance erkämpfte Galilei eine neue, auf das Experiment und die Rechnung gegründete Arbeitsweise. Einen Rückfall ins Alte verursachten im 19. Jahrhundert die sogenannten Metaphysiker mit ihren Repräsentanten Schelling und Oken. Deren Auffassung von naturkundlicher Forschungsarbeit hatte Helmholtz bekämpft, und der Biologe Hückel spottete, daß diese Herrn Experiment und Mathematik als Stützen des Erkenntnisprozesses ablehnten und glaubten, Naturgesetze in ihrem Kopf konstruieren zu können. Zum Kreise der Metaphysiker werden auch Goethe und Schopenhauer eingeordnet. Goethe begrenzte das Naturerkennen auf die Beobachtung, er hatte geschrieben, daß die Natur selbst beste Interpretin aller ihrer Geheimnisse sei.

Es hat lange geschichtliche Perioden mit nur spärlichem Gewinn an neuen Erkenntnissen gegeben, aber auch Abschnitte mit sehr schnellem Zuwachs an neuem Wissen. Jeder Beschleunigungsabschnitt war durch einen Methodenfortschritt in den Forschungsmit-

teln ausgelöst worden. Und verzögert wurde der Erkenntnisfortschritt immer dann, wenn sehr lange an inzwischen unergiebig gewordenen Methoden festgehalten worden war: Wenn man fragt: Läßt sich die Geschwindigkeit des Wissensfortschritts steigern? Dann lautet die Antwort: Dazu wäre Beschleunigung des Methodenfortschritts notwendig. Die Mittel des Fortschritts können neue Meßinstrumente wie das Fernrohr zur Galilei-Zeit oder das Hubbel-Teleskop zur Gegenwart sein.

Auch das Nutzen von Analogien zwischen einem fluiden Strom und dem Fluß von Wärme oder von Elektrizität ließ manche Messungen auf ein bequemer beherrschbares Feld verlagern. So kann man das weit verzweigte System von Arterien und Venen des menschlichen Blutkreislaufs auf ein elektrisches Netzwerk übertragen und ausmessen.

Bisher sind Beobachtung, Experiment und deren reflektierendes Zusammenfassen als Forschungsmittel bedacht worden. Welchen Anteil nimmt die Mathematik? Sie ist überall dort einsetzbar, wo der physikalische Ablauf begrifflich geordnet wurde. Vorstehend sind Analogien erwähnt worden. Das sind physikalische Abläufe, die durch gleichartige Differentialgleichungen beschrieben und verbunden werden. Und Analogien könnten auch helfen beim Zusammenfassen von Einzelercheinungen zu neuen Begriffen.

Mahnungen zu einer Gesamtorganisation der Forschung

Unter der Gesamtorganisation soll nicht die leicht einzurichtende administrative Konzentration verstanden werden, sondern das inhaltliche Verbinden von verschiedenen naturwissenschaftlichen Detailforschungen.

Wilhelm Ostwald, Physiko-Chemiker und Nobelpreisträger, hatte einmal geschrieben, das zwanzigste Jahrhundert müsse das Jahrhundert des Wissenschaftsorganisations werden, er hatte hinzu gefügt: Wer in der Wissenschaft organisieren will, der muß selbst darin gearbeitet und Entdeckungen gemacht haben, ansonsten fehlt ihm der Maßstab für das, was er organisieren muß.

Alexis Carell, ein französischer Mediziner, Forscher, Nobelpreisträger für Medizin 1912, er schrieb 1936 das Buch „Der Mensch das unbekannte Wesen“. Darin äußerte er sich besorgt, daß die Ergebnisse der medizinischen Forschungsarbeit nur in Analysen eng begrenzter Spezialisierungen vorgelegt würden, dringend notwendig seien zusammenfügende und verbindende, also synthetische Arbeiten. Unter seinen Vorschlägen zu Reformen liest man auch den, daß für manche jungen Menschen, die zur Forschung besonders begabt erscheinen, die Studienzeit auf zwanzig Jahre erweitert werden sollte.

Doch in nachfolgender Entwicklung sind die Ratschläge und Mahnungen zu gedanklichen Konzentration von Ostwald und von Carell unbeachtet geblieben.

Zum Einsatz von Computern

Die seit etwa einem Vierteljahrhundert in kompakter Form als Personalcomputer verfügbaren elektronischen Rechenautomaten sind ein Instrument des Fortschritts geworden. Der Gedanke, einen kleinen Personalcomputer zu schaffen, und dessen erste Realisierung stammt vom Mathematiker Lehmann in Dresden.

Bekannte strömungsmechanische Rechnungen, so zum Beispiel das Ermitteln von Geschwindigkeit, Druck und Reibung auf umströmten Körpern, hat man zu Programmen zusammengefaßt. Es zeigte sich jedoch, daß Programme nicht nur von denen benutzt werden, die über das darin verarbeitete Grundlagenfach orientiert sind, sondern auch von Nichtkennern.

Es hatte sich auch gezeigt, daß kommerzielle Programme verschiedener Hersteller, auf das gleiche Problem angewandt, zum Teil stark unterschiedliche Resultate liefern. Und nach dem System von Raimund Popper würde ein festgeschriebenes Programm dogmatisiertes Wissen bedeuten!

Zusammenfassung

Was die Strategie der Forschung betrifft, so wird das Auftreten von genialen Menschen in der Hochebene großer Forscher kaum zu beeinflussen oder gar zu intensivieren sein, es werden nur wenige unter vielen Millionen Menschen bleiben, und es sind in der Historie selten mehr als etwa ein halbes Dutzend im Jahrhundert gewesen. Was aber durch die Ausbildung beeinflussbar sein wird, das sind die im Tal der Anwendungen schaffenden Bearbeiter. Deren Ausbildungsprozeß an den Grund-, Mittel- und Hochschulen ist durchaus noch verbesserungsfähig.