



Martin Carrier

Verstehen und Können: Zum Verhältnis von Grundlagen- und Anwendungsforschung

Wissenschaft wird heute vor allem deshalb geschätzt oder gefördert, weil sie einen Faktor der ökonomischen Dynamik und der Wohlstandssicherung darstellt. Das Anwendungsinteresse durchzieht große Bereiche der Forschung. Solche markanten Verschiebungen haben wiederholt zu der Behauptung geführt, die Wissenschaftskultur durchlaufe eine Epochenschwelle. Gesprochen wird von einer Wissenschaft im »Modus 2«, die dem traditionellen, epistemisch orientierten »Modus 1« entgegengesetzt wird und unter anderem durch die dominante Anwendungsorientierung charakterisiert sein soll. In die gleiche Richtung weist die Rede von der »Tripelhelix« der Unternehmerwissenschaft, wonach insbesondere Universitäten Wissenszuwachs in wirtschaftlichen Gewinn umzusetzen suchen. Allen diesen Positionen und Diagnosen ist die Ansicht gemeinsam, dass Forschung im Anwendungskontext unter grundsätzlich anderen Bedingungen abläuft als herkömmliche Grundlagenforschung.

Grundlagen- und Anwendungsforschung

Die Klärung des Verhältnisses von nutzen- und erkenntnisorientierter Forschung setzt voraus, dass es überhaupt einen Unterschied zwischen beiden gibt. Ein solcher wird gelegentlich bestritten: Forschung sei stets eng mit Anwendungsinteressen verwoben; es gibt keine reine erkenntnisorientierte Forschung. Allerdings lassen sich begrifflich durchaus beide Typen der Forschung anhand der jeweiligen institutionellen Ziele trennen. Grundlagenforschung wird mit dem Ziel des Verstehens von Naturprozessen betrieben, anwendungsorientierte Forschung dagegen mit Blick auf zumindest mittelfristig realisierbare konkrete praktische Ziele. Dabei treten die Motive der Forscher hinter die Ziele der betreffenden Forschungseinrichtungen oder Geldgeber zurück. Der Grund ist, dass diese die Maßstäbe für den Erfolg und das Scheitern von Forschungsprojekten bereitstellen. Projekte der Anwendungsforschung werden eingestellt, wenn sie nicht

innerhalb der vorgesehenen Zeitspanne greifbare Resultate liefern. Danach sind also *praktische Nützlichkeit* oder *Naturverstehen* die beiden Erkenntnisziele, die jeweils für anwendungs- und erkenntnisorientierte Forschung maßgeblich sind. Diese begriffliche Trennung schließt aber nicht aus, dass ein und dasselbe Forschungsvorhaben beide Ziele verfolgen kann, also zugleich das Naturverstehen vertieft und den Nutzen mehrt. Manchmal kann man durchaus zwei Herren dienen.

Ein zentrales Merkmal erkenntnisorientierter Forschung ist die wissenschaftsinterne Bestimmung der Forschungsagenda. Hierbei sind vor allem zwei Gesichtspunkte von Belang, nämlich die epistemische Signifikanz und die Erfolgsaussichten. Diese Signifikanz bestimmt sich danach, wie viele weitere Wissens Elemente von der Lösung eines Problems betroffen sind. Deshalb ist die Suche nach dem Higgs-Teilchen epistemisch signifikant, während die logisch isolierte Frage nach der Zahl der märkischen Seen dies nicht ist. Daneben treten die Aussichten, ein Problem Erfolg versprechend zu bearbeiten. Forschung wird oft von Nachwuchswissenschaftlern getragen, und hier ist die Erwartung, ein Problem auch bewältigen zu können, eine wichtige Bedingung.

In der Grundlagenforschung dominiert also wissensgetriebene Forschung der skizzierten Art, während die anwendungsorientierte Forschung prima facie bedarfsgetrieben verfährt. Die Forschungsagenda wird vor allem durch praktische Anforderungen aus Gesellschaft und Wirtschaft geprägt. Anwendungsorientierte Forschung sieht sich vor allem mit Fragen konfrontiert, die von Nicht-Wissenschaftlern für dringlich gehalten werden und bei denen kaum nach den Voraussetzungen einer erfolgreichen Bearbeitung gefragt wird.

Erkenntnis und Kontrolle

Die relative Stärkung der Anwendungsforschung und das entsprechende Zurücktreten der Grundlagenforschung



hat unter anderem die beiden Bedenken der *Unterhöhlung* und der *Austrocknung* hochrangiger Grundlagenforschung hervorgerufen. Zunächst setzt sich die Nutzenorientierung angewandter Forschung in das Ziel der Kontrolle der Phänomene um. Die Befürchtung lautet, dass die Fokussierung auf kurzfristig nutzbare Ergebnisse die theoretische Durchdringung beiseitestellt und provisorische Erkenntnisstrategien favorisiert. Danach setzt anwendungsorientierte Forschung etwa auf eng begrenzte Verallgemeinerungen ohne theoretische Einbindung und verzichtet auf tiefer gehende Erkenntnisansprüche.

Für die Unterhöhlungsthese gibt es durchaus Beispiele, die aber letztlich nicht verallgemeinerbar sind. Ein Beispiel für den Anschein vermehrter Oberflächlichkeit ist die Nutzung von Startergenen. Dazu gehört das Gen *Eyeless*, dessen homologe Formen in einer Vielzahl von Spezies die Genese von Augen in Gang setzen. Der springende Punkt ist, dass die technische Manipulation von *Eyeless* die Kontrolle der Bildung von Augen ermöglicht, ohne dass die zugrunde liegenden Prozesse entschlüsselt wären. Solche Gene können als Werkzeuge benutzt werden, ohne die zugehörigen Verursachungsketten zu verstehen.

Tatsächlich hat die spätere Entwicklung aber gerade umgekehrt unter Beweis gestellt, dass ein gezielter Eingriff in die Genexpression eine Vielzahl weiterer Faktoren in Betracht ziehen muss. Zum Beispiel wirkt das Gen *Distalless* je nach zellulärem Kontext ganz verschieden. In Raupenembryos löst seine Expression die Bildung von Extremitäten aus, während es in ausgewachsenen Schmetterlingen farbige Augenflecken auf den Flügeln erzeugt. Isolierte Kausalbeziehungen sind oft als Grundlage für verlässliche Eingriffe ungeeignet. Beispiele dieser Art führen vor Augen, dass das Verfolgen praktischer Ziele die epistemische Eindringtiefe nicht verringern muss.

Die Befürchtung der Austrocknung der Grundlagenforschung durch anwendungsorientierte Forschung stützt sich vor allem auf das sogenannte »lineare Modell«, das eine typische Abfolge der Technologieentwicklung vorsieht. Grundlagenforschung führt zu angewandter Forschung, die glatt in technologische Neuerungen übergeht. Tatsächlich nehmen solche Neuerungen aber nur selten ihren Ausgang von neuen Entdeckungen der Grundlagenforschung. Oftmals beruhen sie auf bereits länger bekannten Teilen des Wissenskanons oder fußen gar auf Erfahrungen mit existierenden Technologien, Herumprobieren und konstruktiver Kreativität.

Die Vermittlung von Theorie und Praxis

Aber selbst wenn praktische Neuerungen durch einen hohen Anteil explorativen Probierens zustande kommen, ist ein basales Verständnis unabdingbar. In stärker typischen Fällen (wie dem Fall der Startergene) ist die Einbettung der spezifischen Forschungsergebnisse in einen breiteren theoretischen Rahmen unerlässlich, wenn auf diese Ergebnisse zielgenaue und nebenwirkungsarme Eingriffe gestützt werden sollen.

Zum Beispiel verfährt die Entwicklung neuer Medikamente oft auf der Basis von schematischen Durchmusterungen (»high-throughput screening«), bei denen die Wirksamkeit einer großen Zahl verschiedener Substanzen vordergründig allein nach Versuch und Irrtum untersucht wird. Festgestellt wird, ob bestimmte Wirkstoffe mit einem Zielbereich in gewünschter Weise binden, und der automatisierte Hochgeschwindigkeitsablauf dieser Prüfungen legt nahe, dass es sich um blindes Probieren handelt. Aber tatsächlich ist in diesen Fällen die Entwicklung eines Kausalmodells der betreffenden Erkrankung vorangegangen. Dabei wird zunächst ein Zellrezeptor identifiziert, durch den das Krankheitsgeschehen auf zellulärer Ebene vermittelt ist. Gesucht wird dann gezielt nach einem Wirkstoff, der selektiv diesen Rezeptor blockiert und durch den entsprechend die zugehörige Kausalkette unterbrochen wird. Versuch und Irrtum treten also erst auf den Plan, wenn es gilt, ein zuvor bereits erreichtes grundlegendes Verständnis der Krankheit so weit zu verdichten, dass praktische Therapieerfolge erreicht werden.

Das theoretische Verständnis zimmert entsprechend ein epistemisches Gerüst, das wichtige Zusammenhänge offenlegt, aber nicht hinreichend konkret ist, um zu den vielfältigen Einzelheiten der Phänomene vorzudringen. Dieses theoretische Modell muss also durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren und Korrekturen ergänzt werden, um den für einen verlässlichen Eingriff erforderlichen Präzisionsgrad zu erreichen. Die Theorie erfasst nicht selten nur die generischen Merkmale, während die technische Kontrolle oft die Berücksichtigung der quantitativen Details verlangt. Diese Vermittlung von Theorie und Praxis wird also von »lokalen Modellen« geleistet, deren begriffliche Struktur von übergreifenden Theorien geprägt bleibt, deren Vervollständigung aber des Rückgriffs auf empirische Regularitäten und Erfahrungsregeln bedarf.



Anwendungsinnovativität

Alles dies zeigt, dass epistemische Durchdringung auch in anwendungsorientierter Forschung ihren Platz behält. Grundlagenforschung bleibt wichtig, sie ist aber oft nicht als separater Prozessschritt von der anwendungsorientierten Forschung getrennt, wie es das lineare Modell annimmt, sondern Teil derselben. Dieser Zusammenhang wird durch »Anwendungsinnovativität« verdeutlicht. Dabei wird das für praktische Neuerungen erforderliche Grundlagenwissen erst im Anwendungskontext erzeugt. Herausforderungen der angewandten Forschung können Grundlagenfragen aufwerfen und sind dann ohne deren Behandlung nicht angemessen zu bewältigen. Bei anwendungsinnovativer Forschung führt die Steigerung des Interventionsvermögens zu vertieften Einsichten in den Naturzusammenhang. Daher ist Grundlagenforschung auch eine – in der Regel unbeabsichtigte – Folge erfolgreicher Anwendungsforschung. Eine große Zahl von Beispielen stammt aus der biomedizinischen Forschung: Die innovativen Konzepte von Retroviren und Prionen sowie von Methoden wie der Polymerase-Kettenreaktion sind alle im Anwendungskontext entstanden. Das selbständige Entstehen von Grundlagenforschung im Zusammenhang praktischer Forschungsprobleme verdeutlicht daher die Wichtigkeit von Grundlagenverständnis für praktische Neuerungen.

Anwendungsinnovativität zeigt, dass anwendungsorientierte Forschung die Grundlagenforschung nicht generell unterhöhlt und austrocknet, sondern zu vermehrter Grundlagenforschung führt. Technische Eingriffe gehen nicht unter den von der theoretischen Forschung oft angenommenen idealisierten Bedingungen noch auch unter kontrollierten Laborbedingungen vorstatten, sondern in der Lebenswelt mit ihren nur ungenau bekannten und von vielfachen Einflussfaktoren durchzogenen Sachverhalten. Wenn sich die Wissenschaft in die Praxis wagt, dann ist sie oft mit ungewöhnlich komplizierten Umständen konfrontiert. Aber die Forschung reagiert darauf gerade nicht mit Oberflächlichkeit und Rückzug, sondern mit Anstrengungen zur Erschließung der fehlenden Erkenntnisgrundlage.

Wissens- und anwendungsgetriebene Problemwahl

Die verschiedenen Auffassungen zum Verhältnis von Grundlagen- und Anwendungsforschung legen unterschiedliche Heuristiken zur Erforschung praktischer Probleme nahe. Das lineare Modell sieht die Quelle für die

Lösung solcher Probleme ausschließlich in der Grundlagenforschung. Es legt daher nahe, ein konkretes praktisches Problem nicht durch Forschung konkret zu diesem Problem zu bearbeiten, sondern durch breite und unfokussierte Grundlagenforschung. Auf dieser breiten Wissensbasis kann es dann gelingen, Ansätze für die Lösung des Ausgangsproblems zu finden. Dahinter steckt die Vorstellung, dass die Lösung des betreffenden Problems von Wissens-elementen aus ganz anderen Bereichen oder von bislang unbekanntem Sachverhalten abhängen kann. Erfolg versprechende praktische Forschung wird daher von diesen praktischen Erfordernissen zunächst absehen und den zugehörigen Sachbereich in aller Breite epistemisch durchdringen. Mit anderen Worten, Erfolg versprechende praktische Forschung wird nicht bedarfsgetrieben, sondern wissensgetrieben verfahren. Aber die Forschungsheuristik des linearen Modells entspricht nicht der Forschungspraxis. In dieser nämlich wird typischerweise direkt zu den konkret anstehenden Problemen geforscht. Wenn es um die Steigerung der Effizienz von Solarzellen geht, dann wird in aller Regel nicht breit gestreute Grundlagenforschung in der Festkörperphysik getrieben. Der zuvor vorgestellte Denkansatz von lokalen Modellen als Vermittlung zwischen Theorie und Praxis verdeutlicht, warum dies so ist. Oft ist es nämlich die Ergänzung des vorhandenen theoretischen Gerüsts zu einem arbeitsfähigen lokalen Modell, die für eine praktische Neuerung wesentlich ist. Eine solche Vervollständigung setzt jedoch gerade an den spezifischen Besonderheiten an, die den fraglichen Fall charakterisieren. Unter solchen Umständen ist also erfolgreiche bedarfsgetriebene Forschung möglich. Anders ist es jedoch, wenn das zugehörige Grundlagenverständnis fehlt. Dann hilft nur Grundlagenforschung weiter. Es bestätigt diesen Denkansatz, dass sich die Fusionsforschung in den 1970er Jahren von einem anwendungsorientierten Gebiet zu der Grundlagendisziplin »Plasmawissenschaft« wandelte. Nachdem deutlich geworden war, dass Instabilitäten des Plasmas die technische Beherrschung von Fusionsprozessen stark erschwerten, schwenkte man zu breit angelegter Grundlagenforschung zu Plasma-Eigenschaften über. Unter solchen Bedingungen bleibt die Heuristik des linearen Modells tragfähig: Erfolgreiche bedarfsgetriebene Forschung muss an theoretischem Verständnis ansetzen und gegebenenfalls in den wissensgetriebenen Modus umschalten. Aus diesem Blickwinkel ist die Stellung der Grundlagenforschung nicht gefährdet.