

1. Konjunktoren der Forschung im 20. Jahrhundert

Jürgen Renn

1.1 Wechselwirkungen von Wissenschaft und Gesellschaft

1.1.1 Wachsende Verflechtung

Das folgende einleitende Kapitel skizziert ein Bild der langfristigen Entwicklung der Wissenschaften im 20. Jahrhundert, vor dessen Hintergrund die Voraussetzungen, die Bedeutung und Entwicklung der Max-Planck-Gesellschaft (MPG) sowie ihre Erfolge und Misserfolge im internationalen Kontext verständlicher werden. Leitende Fragen sind: Wie hat sich die internationale Forschung im 20. Jahrhundert entwickelt, welche Schwerpunkte haben sich gebildet und wie haben sie sich im Laufe der Zeit verschoben? Wie hat sich das Verhältnis zwischen Wissenschaft und Gesellschaft verändert? Unter welchen Voraussetzungen haben die Institute der Max-Planck-Gesellschaft ihre Arbeit aufgenommen, auf welche übergreifenden Entwicklungslinien haben sie reagiert, in welchen Spannungsfeldern bewegten sie sich, welche langfristigen Pfadabhängigkeiten und welche Alternativen gab es? Wo war die MPG sehr präsent, wo eher abwesend, wo gab es Ungleichzeitigkeiten? Wo hat die MPG die Wissenschaftslandschaft beeinflusst und wo wurden sie und ihre wissenschaftliche Ausrichtung selbst beeinflusst?

Wissenschaft beruht auf der Exploration der durch die materiellen und symbolischen Mittel der gesellschaftlichen Arbeit gegebenen Möglichkeitshorizonte für Erkenntnisgewinnung über die natürliche und soziale Welt.¹ Dazu gehören natürlich auch solche Mittel, die

erst durch die Wissenschaften selbst konstituiert werden. In der Antike beispielsweise entstand die Wissenschaft der Geometrie aus der Erforschung der durch die Vermessungsinstrumente Zirkel und Lineal gegebenen Möglichkeiten; im 20. Jahrhundert entwickelte sich die Informatik aus der Exploration der durch den Computer eröffneten Möglichkeitshorizonte, weit über die jeweiligen konkreten Anwendungen hinaus. In kapitalistischen Gesellschaften wird dieses Auskundschaften und Prüfen nicht zuletzt durch die Bedeutung wissenschaftlicher Erkenntnisse für die Entfaltung von Produktivkräften angetrieben, aber auch durch staatliche Regulierungsinteressen sowie durch die Notwendigkeit, Infrastrukturen und allgemeine Daseinsfürsorge zu sichern, die zunehmend von wissenschaftlichen Erkenntnissen abhängig geworden sind. Neben ihrer Rolle als Produktivkraft ist Wissenschaft, jedenfalls potenziell, immer auch Aufklärungs- und Reflexionsinstanz, eine Rolle, die aber durch ihre Spezialisierung im Rahmen einer immer arbeitsteiliger werdenden Organisation tendenziell in den Hintergrund getreten ist oder selbst zur Aufgabe von Spezialdisziplinen gemacht und damit aus dem Wissenschaftsalltag weitgehend verdrängt wurde.

Das System wissenschaftlicher Disziplinen hat sich seit dem 18. Jahrhundert etabliert – institutionell, konzeptionell und als Ensemble wissenschaftlicher Praktiken und ihrer Instrumentierung. Diese Disziplinstruktur schuf eine lange nachwirkende Pfadabhängigkeit der weiteren Wissenschaftsentwicklung, die allerdings durch das Auftauchen von Problemen, die sich nicht an disziplinäre Grenzen halten, immer wieder herausgefordert wurde.²

1 Damerow und Lefèvre, *Rechenstein, Experiment, Sprache*, 1981; Renn, *Evolution des Wissens*, 2022.

2 Die Tatsache interdisziplinärer Forschung widerlegt die These der Pfadabhängigkeit nicht, sondern stützt sie, denn es sind ja die in den Einzeldisziplinen gewachsenen Wissens- und Methodenressourcen, die in interdisziplinärer Forschung unter einer neuen Fragestellung aufeinander bezogen werden. Das System der Disziplinen und Subdisziplinen bestimmt auch, wie Wissenschaft als Werkzeug gesellschaftlicher, wirtschaftlicher, politischer Zwecke eingesetzt werden kann, wodurch diese Zwecke (stabilisierend oder verändernd) auf die Disziplinstruktur zurückwirken. Auch hier zeigt sich also ein enges Verhältnis von innerer Dynamik der Wissenschaft und externen Einflüssen.

Wissenschaft, Forschung und technologische Entwicklung haben im Verlauf des 20. Jahrhunderts massiv zugenommen, in allen Dimensionen – finanziell, personell, geografisch und in Bezug auf ihre gesellschaftliche Relevanz.³ Die Schwerpunkte internationaler wissenschaftlicher Forschungen haben sich seit Beginn des Jahrhunderts vor allem in Richtung einer zunehmenden Überschneidung der verschiedenen Disziplinen, einer wachsenden Verflechtung von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft, immer stärker vernetzter Formen der globalen Kooperation und mannigfacher menschlicher Eingriffe in das Erdsystem und deren Rückwirkungen verschoben.

Die Gründe dafür liegen nicht nur in externen, gesellschaftlichen Einflüssen auf die Wissenschaft, insbesondere in der Rolle der Wissenschaft als Innovationsressource der Wirtschaft und als Mittel nationaler, kolonialistischer und imperialistischer Hegemonie, sondern auch in einer Eigendynamik der Wissenschaft, die durch ihre Innovationen und oft unvorhergesehenen Einsichten selbst neue Schwerpunkte gesetzt hat, sowie in der Entwicklung neuer Technologien und in neuen Organisationsformen.

Die Organisationsformen der Wissenschaft sind zwar durch gesellschaftliche Traditionen und Vorgaben bestimmt, müssen sich aber zugleich der dynamischen Entwicklung des wissenschaftlichen Wissens selbst und seiner immer vielfältigeren Inanspruchnahme durch die Gesellschaft anpassen – eine Herausforderung, für die die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG) und in ihrer Nachfolge die MPG als sich ständig erneuernder Verband von Instituten gut gerüstet waren. Außerdem sahen sie sich mit dem quantitativen Wachstum wissenschaftlicher Tätigkeit und ihrer jeweiligen gesellschaftlichen Prägung konfrontiert, was zur Auffächerung verschiedener Organisationsformen führte, die einen höheren Grad an Spezialisierung ermöglichten, zugleich aber wachsende Anforderungen an die Koordination und Integration des produzierten Wissens stellten. Während der internationale Austausch innerhalb der Wissenschaft einen mehr oder weniger einheitlichen, letztlich globalen Wissensstand erzeugt hat, auf den sich die Wissensökonomien⁴ unterschiedlicher Nationalstaaten beziehen konnten, gab es hinsichtlich der

Organisationsformen von Wissenschaft und ihres Zusammenwirkens innerhalb einer Wissensökonomie stets ein relativ breites Spektrum unterschiedlicher Möglichkeiten.

Beginnend mit der industriellen Revolution des 18. Jahrhunderts haben wirtschaftliche Dynamik, technische Innovationen und Wissenschaftsentwicklung eine sich selbst verstärkende Rückkopplungsschleife gebildet.⁵ Die wissenschaftlich-technisch-ökonomische Entwicklung bleibt dabei von kontingenten historischen Bedingungen abhängig, die oft in Pfadabhängigkeiten – im Sinne nicht mehr hintergehbbarer Voraussetzungen der weiteren Entwicklung – transformiert werden. Ein zentrales Beispiel sind Ausbeutung und Nutzung fossiler Energiequellen, die durch lokale geologische Bedingungen möglich waren und dann zu einer verallgemeinerten Bedingung der Industrialisierung wurden. Dabei sind nicht nur Pfadabhängigkeiten, sondern auch »blinde Flecken« der wissenschaftlich-technischen Entwicklung entstanden, die dringende gesellschaftliche Probleme, wie die durch die Industrialisierung verursachten Umweltschäden, lange Zeit weitgehend ausgeblendet haben.

Seit Beginn der industriellen Revolution haben sich unterschiedliche Resonanzwirkungen, im Sinne sich gegenseitig verstärkender Wechselwirkungen, zwischen wissenschaftlichen Disziplinen und gesellschaftlicher Praxis ergeben, die ihren Niederschlag etwa in der Institutionalisierung der Technikwissenschaften seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts fanden. Bildete in der frühen Phase die bereits hoch entwickelte wissenschaftliche Mechanik den Hintergrund für eine fortschreitende Mechanisierung der Arbeit, spielten seit Mitte des 19. Jahrhunderts Chemie und Elektrotechnik eine Schlüsselrolle für die zunehmende Kopplung zwischen Wissenschaft, Technologie und industrieller Entwicklung.⁶ Der Physik verlieh dies einen Entwicklungsschub, durch den sich neben der Mechanik neue Teildisziplinen, wie die Elektrodynamik oder die Thermodynamik, ausbildeten und neue Technikwissenschaften, wie der Maschinenbau, verselbstständigten.

Für die Chemie hatte diese Entwicklung eine enge Verzahnung zwischen akademischer und industrieller Forschung zur Folge, die bis heute charakteristisch geblieben

³ So hat sich die Zahl der wissenschaftlich-technisch ausgebildeten Menschen weltweit zwischen 1850 und 1950 von einer auf zehn Millionen verzehnfacht und bis 2000 noch einmal verzehnfacht. Schofer und Meyer: *Worldwide Expansion*, 2005, 898–899. – Internationale Vergleiche von Ausgaben für Forschung und Entwicklung zeigen eine weltweite Zunahme, aber auch eine geografische Erweiterung, etwa ein Aufschließen Chinas zu den USA. Viglione, China, 2020. – Die gesellschaftliche Relevanz von Wissenschaft ist nicht in gleichem Maße quantifizierbar wie Personen und Finanzen, aber die folgenden Ausführungen werden zeigen, in welchem Sinne auch diese zugenommen hat.

⁴ Zum Begriff Wissensökonomie siehe Renn, *Evolution des Wissens*, 301–346.

⁵ Z. B. Klein, *Technoscience*, 2020; Klein, *Wissen*, 2016.

⁶ Für die USA siehe die exemplarische Studie zum Aufstieg von General Electrics und Bell: Reich, *American Industrial Research*, 1985. Zur Rolle der Chemie siehe Travis, *Rainbow Makers*, 1993; Reinhardt, *Forschung*, 1997. Zur Rolle der Elektrotechnik siehe König, *Technikwissenschaften*, 1995.

ist, vor allem in der organischen Chemie, deren Expansion eine symbiotische Beziehung mit der deutschen Industrie im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts begünstigte. Wissenschaftliche Entwicklungen im Bereich der Chemie und ihre technischen und wirtschaftlichen Folgen haben die Lebensbedingungen der Menschheit hinsichtlich der verfügbaren Materialien, der Ernährungs- und Gesundheitslage, aber auch im Hinblick auf militärische Anwendungen weitreichend verändert. Die Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelte Ammoniak-synthese zum Beispiel hat in eines der grundlegendsten Systeme überhaupt eingegriffen, in die für alle weiteren Hervorbringungen des Menschen zentrale Produktion von Nahrungsmitteln.⁷ Mindestens bis zur Entwicklung der Kernforschung und der Halbleitertechnologie ab den 1930er-Jahren war deshalb die Wirkung der Chemie auf die industrielle Basis entwickelter Gesellschaften wohl bedeutender als die der Physik.

Auch die Sozial-, Rechts- und Verhaltenswissenschaften unterlagen dieser Verflechtungsdynamik. Ab dem 19. Jahrhundert wurden sie in den Dienst von Staat, Wirtschaft und Gesellschaft genommen oder intervenierten aus eigener Initiative, um mit Gutachten, Denkschriften und Studien gesellschaftliche Probleme konzeptionell zu definieren und Lösungsstrategien zu unterbreiten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Entwicklung der Wissenschaften im 20. Jahrhundert einem zunehmenden Einfluss gesellschaftlicher (wirtschaftlicher, militärischer, politischer) Interessen unterlag, der sich in der Gestaltung von Institutionen der Forschung und Lehre, in Finanzierungsentscheidungen, in Schwerpunktsetzungen und in politischen und wirtschaftlichen Steuerungsversuchen niederschlug. Vor diesem Hintergrund ist diese Entwicklung als Ergebnis einer Wechselwirkung der Eigendynamik von Wissenschaft mit solchen externen Einflüssen zu verstehen.

Der Wissenschaftshistoriker Jon Agar spricht von spezifischen »Arbeitswelten«, welche die Verflechtungen zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft im Laufe des 20. Jahrhunderts befördert und kanalisiert haben.⁸ Dazu gehören Infrastrukturen – Verkehr, Kommunikation, Energieversorgung, Ernährungs- und Gesundheitssysteme –, die zivile Verwaltung moderner Staaten und das Informationssystem, für das der Computer zuletzt eine Schlüsselrolle spielte. Dazu zählt aber auch die Arbeitswelt der Vorbereitung, Mobilisierung und Instandhaltung von Streitkräften, der in den Weltkriegen eine überragende und beständig wachsende Bedeutung auch für die Entwicklung der Wissenschaften zukam.

1.1.2 Frühe institutionelle Weichenstellungen

Während der zweiten industriellen Revolution im ausgehenden 19. Jahrhundert hat die Verflechtung der industriellen Entwicklung mit der der Wissenschaften weiter zugenommen, immer mehr Wissenschaftsfelder einbezogen und den Aufstieg der Technikwissenschaften beschleunigt, von den Agrarwissenschaften über die Materialwissenschaften bis zur Pharmazie. Während die Physik und die mit ihr verwandten Technikwissenschaften zunächst vor allem den Ausbau neuer Infrastrukturen prägten (Beleuchtung, Elektrizitätsnetze, Telekommunikation), veränderten Chemie und Energie sowie Fortschritte der Medizin die menschlichen Lebensbedingungen (Ernährung, Gesundheit, Mobilität, Materialien) und die Kriegsführung grundlegend.

Die Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Jahr 1911 ist auch als Antwort auf die Herausforderungen dieser Verflechtung zu verstehen. Die Themen der ersten Institute – Chemie, physikalische Chemie und Elektrochemie, Kohlenforschung, Eisenforschung, Arbeitsphysiologie, Biologie und Biochemie – wirkten sich auf jene Arbeitswelten aus, in denen sich industrielle Produktion, Politik und wissenschaftliche Erkenntnisse immer stärker gegenseitig durchdrangen. Die Gründung der KWG zielte zugleich auf eine Mobilisierung privaten Kapitals für die Förderung einer Wissenschaft, die jenseits der etablierten Traditionen von Universitäten und Akademien an diesen Arbeitswelten ausgerichtet war, allerdings in einem Rahmen, welcher der Wissenschaft ein hohes Maß an Autonomie sicherte. Weltweit entwickelten sich in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts unterschiedliche Formen eines solchen Zusammenwirkens von Wissenschaft, Staat und Wirtschaft, die langfristig die Ausrichtung der jeweiligen Innovationssysteme prägten.

Die Gründung der KWG war auch eine Reaktion auf die massive Förderung der Wissenschaft durch privates Kapital in den USA, wie Adolf von Harnack in der von ihm verfassten Denkschrift deutlich machte. Er bezog sich auf den immensen Reichtum von Stahl- und Ölmagnaten wie Carnegie und Rockefeller, der zum Teil in philanthropische Stiftungen floss. Dieser Reichtum ermöglichte die Gründung von mächtigen Forschungsinstitutionen, die zunächst europäischen Modellen folgten, aber durch ihre großzügige Finanzierung Weichenstellungen für die Ausrichtung und Methodik der Wissenschaften vornahmen, die für das gesamte Jahrhundert ausschlaggebend sein würden und mit die Grundlage für die US-amerikanische Dominanz in den Naturwissenschaften legten.

⁷ Mittasch, *Salpetersäure aus Ammoniak*, 1953; Szöllösi-Janze, *Fritz Haber*, 1998, 155–195; Smil, *Enriching the Earth*, 2001.

⁸ Agar, *Science*, 2012, 3–6. Der folgende Überblick basiert u. a. auf Agar, *Science*, 2012, sowie auf Krige und Pestre, *Companion*, 2016.

Beispiele dafür sind die Gründung der Universität Chicago 1889 nach dem Modell der deutschen Forschungsuniversität durch eine Spende von Rockefeller und die Gründung des Rockefeller Institute for Medical Research im Jahre 1901, ebenfalls nach dem Modell deutscher und französischer Forschungsinstitute. Die größten Auswirkungen auf die Wissenschaft hatte wohl die 1913 gegründete Rockefeller Foundation, die auch Entwicklungen in Deutschland nachhaltig prägte. Der Einfluss philanthropischer Stiftungen schlug sich insbesondere in den Bereichen Astronomie und Biomedizin nieder. Aufgrund der durch sie finanzierten Errichtung großer Teleskope verlagerte sich die Führung in der optischen Astronomie bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts von Europa in die Vereinigten Staaten.

Ab den 1930er-Jahren förderte die Rockefeller-Stiftung systematisch ein Forschungsprogramm, um das Leben auf molekularer Grundlage zu verstehen, und trug durch die langfristige Förderung interdisziplinärer Zusammenarbeit – unter Nutzung neuartiger, zum Teil aus der Industrie übernommener Forschungsstile wie Teamarbeit und Management – maßgeblich zur Entstehung der Molekularbiologie bei. Einher ging damit eine Schwerpunktverlagerung hin zu Gebieten wie Genetik, Embryologie, Physiologie, Reproduktionsbiologie, Biochemie und Biophysik, die rasch expandierten, während andere Gebiete der Lebenswissenschaften, wie Evolution, Systematik oder Ökologie, weitaus weniger Unterstützung erfuhren. Hinter dieser Schwerpunktsetzung stand auch die Hoffnung der beteiligten Führungseliten, einen wissenschaftlichen Rahmen für soziale Kontrolle zu schaffen und auf dieser Grundlage die Gesellschaft umzugestalten – eine Hoffnung, wie sie insbesondere im 1933 aufgelegten Programm der Rockefeller-Stiftung »Science of Man« zum Ausdruck kam.⁹

1.1.3 Die langfristige Entwicklung neuer begrifflicher Grundlagen

Innovationen sind oft das Ergebnis einer langfristigen, konfliktreichen Zusammenführung heterogener Wissensbestände, von denen einige in enger Wechselwirkung mit gesellschaftlichen Herausforderungen gewachsen sind. Förderung und Diversifizierung der Technikwissenschaften im 20. Jahrhundert schufen neuartige gesellschaftlich-institutionelle Bedingungen für derartige Zusammenführungen. Die herausfordernden Gegen-

stände der neuen Arbeitswelten und die Grenzprobleme in den neu entstandenen Schnittmengen von Disziplinen und Teildisziplinen wurden zu Ausgangspunkten für eine Revision von Grundbegriffen klassischer Fächer wie der Physik, der Chemie und der Biologie.¹⁰

Beispiele sind die Entdeckung der Röntgenstrahlen, der Radioaktivität und des Elektrons sowie die Vermessung der Wärmestrahlung Ende des 19., Anfang des 20. Jahrhunderts, die allesamt unter Bedingungen stattfanden, in denen sich Traditionen der akademischen Physik mit technischen Mitteln der Elektroindustrie verbanden. Die Vermessung der Wärmestrahlung an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, die um 1900 mit den Arbeiten von Max Planck zum Ausgangspunkt der Quantentheorie wurde, fand im Rahmen von Forschungen zur Festlegung industrieller Standards statt, einem weiteren charakteristischen Schnittpunkt zwischen Wissenschaft, Staat und Produktion. Die Entdeckung der Röntgenstrahlen und der Radioaktivität veränderte nicht nur die Physik, sondern führte auch zu wichtigen medizinischen und industriellen Anwendungen im Bereich der Materialwissenschaft, der Chemie und der Lebenswissenschaften.¹¹

Die konzeptionellen Umwälzungen in der Physik, insbesondere der Begriffe Raum, Zeit, Materie und Kausalität, zu denen die Quantentheorie und auch die Relativitätstheorie führten, die aus Grenzproblemen zwischen Mechanik, Thermodynamik und elektromagnetischer Feldtheorie hervorgegangen waren, stellten keine plötzlichen wissenschaftlichen Revolutionen dar, sondern waren das Ergebnis äußerst langfristiger Prozesse. Einige dieser Prozesse zogen sich fast über das ganze 20. Jahrhundert hin und prägten auch noch die Arbeiten der Max-Planck-Gesellschaft, die langfristigen Forschungsprozessen immer wieder günstige Entfaltungsmöglichkeiten bieten konnte.

Einsteins relativistische Theorie der Schwerkraft von 1915 spielte fast ein halbes Jahrhundert lang eher eine Außenseiterrolle in der Physik, bis sie in den 1950er-Jahren neben der Quantentheorie zu einem Grundpfeiler der modernen Physik wurde. Die Entwicklung der Quantentheorie im 20. Jahrhundert wiederum trug wesentlich zu einem neuen Verständnis von lange zuvor entwickelten Grundkonzepten der Chemie bei, insbesondere des Konzepts der chemischen Bindung und des periodischen Systems der Elemente.

Ähnlich langfristige Prozesse vollzogen sich in den Lebenswissenschaften. Die darwinsche Evolutionstheorie bildete um 1900 noch keineswegs die allgemein akzep-

⁹ Kay, *Vision*, 1993; Morange, *Black Box*, 2020, 79–87. Siehe auch Cohen, *Scientific Management*, 1997.

¹⁰ Zu den Termini »herausfordernde Gegenstände« und »Grenzprobleme« siehe Renn, *Evolution des Wissens*, 2022.

¹¹ Heuck und Macherauch, *Röntgenstrahlen*, 2013.

tierte Grundlage der Biologie und wurde erst im Zusammenhang mit der Wiederentdeckung der mendelschen Vererbungslehre zu einem zentralen Bezugspunkt für die Lebenswissenschaften. Die sogenannte moderne evolutionäre Synthese entstand in einem langwierigen Prozess, der erst in den 1940er-Jahren zu einem gewissen Abschluss kam.

Die konzeptionellen Umwälzungen der organischen Chemie und der Lebenswissenschaften wurzelten ebenso wie die der Physik in Arbeitswelten der industrialisierten Gesellschaft, die ihrerseits durch die neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse gestaltet wurden. Um nur ein Beispiel zu nennen: Das Kaiser-Wilhelm-Institut (KWI) für Faserstoffchemie mit seiner Orientierung an der Arbeitswelt der Textilherstellung trug in den 1920er-Jahren erheblich zur Herausbildung einer makromolekularen Chemie bei und damit zu den Grundlagen eines molekularen Verständnisses des Lebens. Die Ursprünge der Biochemie, die sowohl in der KWG wie auch in der MPG eine wichtige Rolle spielte, lagen im Überschneidungsbereich von Biologie und Chemie und in der Verwissenschaftlichung landwirtschaftlicher Produktionstechniken, insbesondere der Erforschung des Gärungsprozesses, sowie in der Entwicklung der Endokrinologie, also der Theorie der »inneren Sekretion«, die durch klinische Forschung in verschiedenen medizinisch-klinischen Fächern bereits um 1900 etabliert war.¹²

1.1.4 Der Aufstieg der Lebenswissenschaften

Die Lebenswissenschaften, die sich aus einer langen Tradition naturkundlichen Wissens entwickelt hatten, erfuhr in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts einen rasanten Bedeutungsgewinn im Rahmen der Arbeitswelten der Landwirtschaft, des Gesundheitswesens und der Bevölkerungspolitik. Die experimentelle klinische Medizin und insbesondere Forschungen zur Bekämpfung der Infektionskrankheiten entstanden in der medizinischen Bakteriologie nicht nur an den Universitäten, sondern

auch an staatlichen und privat gestifteten Instituten.¹³ Mit der Hygiene und den ersten Impfstoffen erhielten Staat und Politik wirksame Instrumente an die Hand, den Folgeerscheinungen der Verelendung in den Städten als den Zentren der industriellen Produktion durch medizinisch-technische Maßnahmen zu begegnen, während die drängenden sozialen Fragen letztlich ungelöst blieben.¹⁴ Zugleich bildeten Statistik, aufkommendes Versicherungswesen, Psychophysik und Verwaltungswissenschaften die Grundlagen für die Verwissenschaftlichung des Sozialen und staatlicher Bevölkerungspolitik.¹⁵

Die aus dem angestammten Apothekenwesen und der Teerfarbenindustrie hervorgegangene Pharmaindustrie wurde zu einem Schmelztiegel akademischer und Industrieforschung.¹⁶ Die sogenannte erste pharmakologische Revolution, die ab Mitte der 1920er-Jahre eine Reihe von Schmerz- und Schlafmitteln, Heilseren und Antimalariamitteln hervorbrachte, basierte auf einem engen Austausch von universitärer und außeruniversitärer Grundlagenforschung mit der Industrieforschung. Sie führte ab den 1930er-Jahren zur Entwicklung innovativer Produkte, wie synthetisch hergestellter Vitamine, Sulfonamide und Antibiotika, Steroide und Herz-Kreislauf-Medikamente, die Bayer, Hoechst, Schering, E. Merck, Hoffmann-La Roche, Ciba, Sandoz, Knoll, Boehringer, Pfizer und andere Pharmaunternehmen weltweit vermarkteten.¹⁷

Die Erforschung von Wirkstoffen wie Vitaminen, Hormonen oder Enzymen, zu der die KWG wesentlich beitrug, vertiefte die Verflechtung der biomedizinischen Wissenschaften mit der Industrie. Sie beförderte zugleich die staatliche Regulierung des »Bevölkerungskörpers«, aber auch die ersten sozialen Bewegungen der sogenannten Lebensreform.¹⁸ Besonderen Einfluss auf das politische Handeln in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts sollten die im Kontext von Kolonialismus, Antisemitismus und sich zuspitzender sozialer Frage an den Universitäten entstandene Anthropologie, Rassenbiologie und Eugenik nehmen, mit ihrer fatalen Rolle bei der Ausformulierung und Durchführung der NS-Gesundheits- und »Rassenpolitik«.¹⁹ Der weitere rasante Aufstieg der Lebenswis-

¹² Schlich, *Erfindung der Organtransplantation*, 1998; Marschall, *Schatten*, 2000; Stoff, *Ewige Jugend*, 2004; Haller, *Cortison*, 2012.

¹³ Hüntelmann, *Hygiene*, 2008.

¹⁴ Sarasin und Tanner, *Physiologie und industrielle Gesellschaft*, 1998; Gradmann, *Krankheit*, 2005; Sarasin, *Reizbare Maschinen*, 2001.

¹⁵ Siehe unter anderem Porter, *Trust*, 1995; Hacking, *Chance*, 1990; Raphael, *Verwissenschaftlichung*, 1996.

¹⁶ Reinhardt, *Chemical Sciences*, 2001; Reinhardt, *Forschung*, 1997.

¹⁷ Gaudillière, *Industry*, 2001; Bartmann, *Zwischen Tradition*, 2003; Bürgi, *Pharmaforschung*, 2011; Lesch, *First Miracle Drugs*, 2007; Bächli, *Vitamin C*, 2009; Galambos und Sturchio, *Transformation*, 2016.

¹⁸ Bächli, *Vitamin C*, 2009; Ratmoko, *Chemie*, 2010; Stoff, *Wirkstoffe*, 2012; Stoff, *Ewige Jugend*, 2004; Möhring, *Marmorleiber*, 2004; Hau, *Cult of Health*, 2003; Harrington, *Cure*, 2008.

¹⁹ Schmuhl, *Rassenhygiene*, 1987; Weingart, Kroll und Bayertz, *Rasse, Blut und Gene*, 1988; Adams, *Wellborn Science*, 1990; Kühl, *Internationale*, 1997; Eckart, *Medizin*, 1997; Kaufmann, *Eugenik*, 1998; Schmuhl, *Grenzüberschreitungen*, 2005; Turda und Weindling, *Blood and Homeland*, 2007; Bashford und Levine, *History of Eugenics*, 2010.

senschaften in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, ihre oft beschworene Ablösung der Physik als Leitwissenschaft, ist ohne den hier geschilderten Vorlauf, an dem die Institute der KWG einen entscheidenden Anteil hatten und an den spätere Forschungen im Rahmen der MPG direkt anknüpfen konnten, nicht zu verstehen.

1.2 Die mobilisierende Kraft des Krieges

1.2.1 Der Erste Weltkrieg als Katalysator der organisierten Wissenschaft

Der Erste Weltkrieg führte nicht nur zu einer Mobilisierung technischer und wissenschaftlicher Ressourcen für militärische Zwecke, sondern auch zu Bestrebungen, die Wissenschaft noch stärker gezielt zu fördern, politisch zu steuern und in diesem Sinne zu organisieren. Zusammen genommen trugen sie zur Expansion der Wissenschaft bei, aber auch zu ihrer Ausrichtung an Themen der Ausbeutung natürlicher und menschlicher Ressourcen. Außerdem förderten sie eine fortschreitende Abhängigkeit menschlicher Lebensbedingungen von wissenschaftsbasierten Technologien sowie ihre Durchdringung des Alltags.

Der Krieg besiegelte insbesondere den Aufstieg der Chemie als Schlüsseldisziplin für Wirtschaft und Militär. Mithilfe der industriellen Ammoniaksynthese konnten die Düngemittelproduktion und die Sprengstoffherstellung im Ersten Weltkrieg exponentiell gesteigert werden.²⁰ Die Übertragung der Leistung von Mehrstoffkatalysatoren aus dem Bereich der Ammoniaksynthese in weitere Bereiche der Chemie ermöglichte die Entstehung eines neuen Materialienspektrums (Kraftstoffe, Kunststoffe etc.) in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Die Katalyseforschung bildete in der KWG und bildet in der MPG bis in die Gegenwart eine der langlebigsten und erfolgreichsten Forschungstraditionen. Ihr Spektrum reichte in der MPG von der Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von Polyolefinen mithilfe von metallorganischen Katalysatoren im Jahr 1953 am MPI für Kohlenforschung über die langfristig angelegte Erforschung der Rolle von Oberflächeneigenschaften am Fritz-Haber-Institut bis zur Entwicklung der asymmetrischen Organokatalyse um die Jahrtausendwende, ebenfalls am MPI für Kohlenforschung – sämtlich Forschungen, die durch Nobelpreise ausgezeichnet wurden.

Der Erste Weltkrieg war darüber hinaus ausschlaggebend für den Aufstieg der Meteorologie, Ozeanografie und Geologie, aber auch neuer Wissenschaften des

Menschen wie der Arbeitsphysiologie, der Management Science, der Psychiatrie und Psychologie. Die zunehmende Organisation der Wissenschaft, in den USA etwa durch den 1916 initiierten Nationalen Forschungsrat, fand dabei in einem den Akteuren durchaus bewussten Spannungsfeld zwischen Autonomieansprüchen der Wissenschaft und ihrer Instrumentalisierung für wirtschaftliche und militärische Zwecke statt.

Die Mobilisierung für den Krieg trug zur Beschleunigung wissenschaftlicher und technischer Entwicklungen und zur Überwindung etablierter sozialer Ordnungen auch im Wissenschaftsbereich bei. Das Bestreben, die Radiotechnologie militärisch zu nutzen, führte in den USA zur Überwindung einer durch Patentstreitigkeiten bewirkten Blockade ihrer weiteren Entwicklung durch eine Intervention der Regierung und schließlich zu ihrer Verbreitung als Alltagstechnologie. Während um 1900 noch weniger als ein Prozent der akademischen Wissenschaftler:innen Frauen waren, boten neue Tätigkeitsfelder und der dringende Bedarf an qualifizierten Arbeitskräften Frauen neue Chancen für wissenschaftliche, wenn auch zumeist subalterne Tätigkeiten, von den Durchbrüchen einer Marie Curie oder Lise Meitner über Beschäftigung im Labor- und Ingenieurwesen bis zu der vor allem von Frauen entwickelten und betriebenen militärischen Röntgenmedizin. Am sichtbarsten durch den von deutschen Spitzenwissenschaftlern ermöglichten und forcierten Gaskrieg trug der Erste Weltkrieg auch zur Entgrenzung der Wissenschaft bei, zu ihrer Nutzung für die Entwicklung von Massenvernichtungswaffen – ein Menetekel des Versagens wissenschaftlicher Verantwortung angesichts ihrer umfassenden Mobilisierung.

1.2.2 Der Zweite Weltkrieg und die permanente Mobilisierung der Wissenschaft

Der Zweite Weltkrieg verstärkte alle bisher genannten Tendenzen: die Verflechtung von Wissenschaft und industrieller Produktion, die Mobilisierung der Wissenschaft für militärische Zwecke und die Organisation der Wissenschaft im Rahmen staatlicher Innovationssysteme, aber auch den Beitrag der Wissenschaft zur Ausbeutung und Vernichtung menschlicher und natürlicher Ressourcen bis hin zur Beteiligung von Wissenschaftlern an den Gräueln des Holocaust. Gleichzeitig schufen wissenschaftliche und technische Innovationen wie die Entdeckung der Kernspaltung, die Weiterentwicklung der Flugzeug- und Raketentechnik sowie der Funktechnologie neue

²⁰ Johnson, *Technological Mobilization*, 2006; Johnson, *Making Ammonia*, 2022.

Voraussetzungen, unter denen sich diese Dynamiken entfaltet²¹ und neue Tendenzen der Wissenschaftsentwicklung ausbildeten, die für die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts charakteristisch blieben. Sie sollten später auch die Forschungen der MPG und ihr Umfeld prägen, wenn auch zum Teil mit durch Kriegsverlauf und -ausgang bedingten Verzögerungen. Zu diesen übergreifenden Tendenzen gehört die Entstehung von Großforschung (»Big Science«), die Ausweitung des Dual-Use-Charakters von Wissenschaft und Technologie sowie die Entstehung von Steuerungswissenschaften wie Kybernetik, Informatik, Operations Research und Verhaltensforschung, die in Deutschland allerdings erst später Fuß fassten.

Der Schwerpunkt innovativer Forschungen verschob sich im Verlauf des Zweiten Weltkriegs und im Kontext des Kalten Krieges von Europa in die USA, verstärkt zunächst durch die erzwungene Emigration und Flucht vor dem NS-Regime und dann zunehmend durch den massiven Mitteleinsatz für militärisch relevante Forschungen.²² Bei den Siegermächten USA und Sowjetunion bildeten sich militärisch-industriell-wissenschaftliche Komplexe heraus, die die Wissenschaft durch enorme Investition von Ressourcen und gezielte Steuerung formten, etwa durch die Entwicklung der Kernphysik, der Raketentechnologie, der Geowissenschaften, der Technik- und Materialwissenschaften, der Petrochemie, der oben genannten Steuerungswissenschaften sowie später auch der Halbleiter- und Lasertechnologie.²³

Betrachten wir einige Schwerpunkte dieser Neukonfiguration im Einzelnen. In den 1920er- und 1930er-Jahren hatte sich im Anschluss an die genannten Forschungen zur Radioaktivität die Kernphysik entwickelt, damals noch verstanden als eine umfassende Erforschung der Mikrostruktur der Materie; sie umfasste auch die Teile der Physik, die heute als Hochenergiephysik aufgefasst werden.²⁴ Diese Untersuchungen erforderten bereits in ihren Anfängen immer aufwendigere Experimentalapparaturen, insbesondere Teilchenbeschleuniger, eine Tendenz, die letztlich in die Großforschung mündete.²⁵ Teilchenbeschleuniger sind nicht nur leistungsstarke Mikroskope zur Untersuchung feinsten Details der Materie, sondern wurden auch rasch zu kommerziellen Werkzeugen, die in einem weiten Bereich industrieller und medizinischer

Anwendungen eingesetzt werden konnten, etwa im Bereich der Strahlentherapie oder zur Herstellung künstlicher Radioisotope.

Die Entdeckung des Neutrons als Bestandteil des Atomkerns läutete 1932 das moderne Atomzeitalter ein. Die Neutronenphysik avancierte zum klassischen Beispiel des Dual-Use-Charakters der Forschung. Sie entwickelte sich zugleich zur militärischen Wissenschaft, zum Schlüssel für die wirtschaftliche Nutzung der Kernkraft und zum Instrument der Forschung in einer Vielzahl von Gebieten außerhalb der Physik, nicht zuletzt in den Laboratorien der KWG.²⁶ Durch sie erweiterten sich 1933/34 als Folge der Erzeugung künstlicher Radioaktivität die Möglichkeiten medizinischer Anwendungen der Radioaktivität dramatisch. Die Entwicklung der Neutronenphysik führte Ende der 1930er-Jahre zur Entdeckung der Kernspaltung und der Möglichkeit einer Kettenreaktion der neutroneninduzierten Kernspaltung.

Einen entscheidenden Schub in Richtung Großforschung brachte das US-amerikanische Manhattan-Projekt mit dem Ziel, auf der Grundlage dieser Erkenntnisse eine Atombombe zu entwickeln.²⁷ Ab 1941 wurden Tausende Wissenschaftler:innen, Ingenieur:innen, Techniker:innen und Militärs in einem nach industriellen Maßstäben organisierten Großprojekt zusammengebracht. Dabei profitierte das Projekt von bereits zuvor etablierten engen Verbindungen zwischen Wissenschaft und Industrie sowie von Erfahrungen, die man mit groß angelegtem Systemmanagement gewonnen hatte, etwa im Rahmen der Tennessee Valley Authority, einem Staatsunternehmen der Regierungszeit von Präsident Roosevelt im Rahmen seines New-Deal-Programms, das gewaltige Wasserkraft- und Flussregulierungsanlagen am Tennessee River schuf.²⁸ Ein erster Atombombentest fand am 16. Juli 1945 in New Mexico statt; am 6. August 1945 wurde eine Atombombe auf Hiroshima abgeworfen, drei Tage später eine auf Nagasaki.

Das Manhattan-Projekt etablierte ein noch für lange Zeit nach dem Krieg wirksames Modell der gelenkten Großforschung. Zu dessen Merkmalen zählten Missionsorientierung, sowohl im Sinne der Projektförmigkeit als auch im Sinne der Orientierung an höheren, politischen und militärischen Zielen, Management nach Vorbildern der kapitalistischen Großindustrie, massiver

21 Maier, *Forschung*, 2007; Flachowsky, *Notgemeinschaft*, 2008.

22 Fraser, *Exodus*, 2012; Krige, *American Hegemony*, 2006.

23 Leslie, *Cold War*, 1993; Kerkhof, »Military-Industrial-Complex«, 1999; Lassman, *Military*, 2015; Feldman, *Complex*, 2003.

24 Stuewer, *Age of Innocence*, 2018.

25 Osietzki, *Physik, Industrie und Politik*, 1989; Weiss, Harnack-Prinzip und Wissenschaftswandel, 1996; Westwick, *The National Labs*, 2003.

26 Creager, *Life Atomic*, 2013; Schwerin, *Strahlenforschung*, 2015.

27 Rhodes, *Atomic Bomb*, 1988; Hoddeson et al., *Critical Assembly*, 1993.

28 Holmes, Bolen und Kirkbride, *Born Secret*, 2021.

Einsatz von Ressourcen, Arbeitsteiligkeit sowie oft auch Geheimhaltung und amerikanische Hegemonie. Aus dem Manhattan-Projekt und vergleichbaren Unternehmen entwickelte sich in den USA ein militärisch-industriell-wissenschaftlicher Komplex, der die Forschung langfristig beeinflussen sollte und insbesondere der Physik eine herausragende Bedeutung an der Schnittstelle zwischen Forschung und militärischer Anwendung verlieh. Das schlug sich im Kalten Krieg auch in üppigen Budgets und neuen institutionellen Strukturen nieder, wie dem Ausbau eines internationalen Postdoc-Programms.²⁹

Im deutschen Raketenprogramm der Nazis hatte es eine ähnlich massive Mobilisierung technischer und wissenschaftlicher Ressourcen für die Entwicklung einer neuen Militärtechnologie schon früher gegeben. Trotz seiner technischen Erfolge und der rücksichtslosen Ausnutzung von KZ-Häftlingen bei der Herstellung der Raketen, die zu Zehntausenden dabei zu Tode gepeinigt wurden, beeinflusste das Programm den Ausgang des Kriegs nicht mehr. Die Siegermächte USA und Sowjetunion eigneten sich nach dem Krieg die deutsche Raketentechnologie sowie vergleichbare Innovationen im Bereich der Flugzeugtechnik (Strahltriebwerke, transsonische Kampffjets, Pfeilflügel) an, indem sie Pläne, technische Komponenten, aber vor allem auch Wissenschaftler:innen und Techniker:innen in ihren Dienst nahmen, die diesen teils freiwillig, teils gezwungenermaßen auf sich nahmen.³⁰ Zusammen mit der Entwicklung von Kernwaffen stand die Raketentechnologie nicht nur im Zentrum des Wettrüstens der Siegermächte nach dem Krieg, sondern war auch Teil eines von ihnen weitgehend dominierten, mehr oder weniger exklusiven Technologiekomplexes mit ausgeprägtem Dual-Use-Charakter, der insbesondere in den konkurrierenden Raumfahrtprogrammen zum Ausdruck kam.

Die herausragende Rolle der Luftwaffe im Zweiten Weltkrieg verlieh nicht nur der Entwicklung neuer Bombentechnologien wie der Atombombe einen Schub, sondern auch Überlegungen zu einem weitergehenden Einsatz chemischer und biologischer Waffen sowie ihrer Abwehr. Als Reaktion auf diese zentrale Rolle wurde sowohl in Großbritannien als auch in Deutschland das Radar als neue Aufklärungstechnologie entwickelt. Die Alliierten nutzten es im Rahmen eines ausgefeilten Informationsmeldesystems, in dem sie eingehende Informationen sammelten, prüften und zentral auswerteten.³¹

Die während des Kriegs entwickelten Technologien eröffneten nach dem Krieg vielfältige Optionen für die Forschung. Dabei ging es zum Beispiel um die Radiowellenausbreitung in der Ionosphäre und die Radioastronomie, Technologien, von denen die astrophysikalische und astronomische Forschung erheblich profitierte. Im Zusammenhang mit einer Renaissance der Relativitätstheorie seit den späten 1950er-Jahren führten sie zu einem neuen, dynamischen Bild des Universums, zu dem die MPG-Forschung wesentlich beitrug.³²

1.2.3 Der Kalte Krieg und die Grundlagenforschung als neues Wissenschaftsideal

Mit dem Ende des Zweiten Weltkriegs entstand eine neue, bipolare Weltordnung konkurrierender Supermächte. Im Februar 1946 argumentierte ein junger Diplomat an der Botschaft der Vereinigten Staaten in Moskau, George F. Kennan, in einem berühmt gewordenen »Langen Telegramm«, dass der Westen den sowjetischen Feindseligkeiten nur durch eine Politik der langfristigen, geduldierten Eindämmung der russischen Expansionstendenzen begegnen könne. Im März desselben Jahres sprach Großbritannien Premierminister Winston Churchill erstmals vom Eisernen Vorhang, der Europa teile. Es folgten 1947 der Marshallplan, als Beitrag zum Wiederaufbau Westeuropas, und 1949 die Gründung der NATO.

Für die Wissenschaft bedeutete dieser »Kalte Krieg«, dass sie noch stärker in die jeweiligen militärisch-industriellen Komplexe eingebunden wurde. Das betraf nicht nur die konkurrierenden Atom- und Raketenprogramme. Die Wissenschaft war zu einem für die nationale Sicherheit und damit das Überleben der jeweiligen Gesellschaftsordnung so entscheidenden Teilbereich geworden, dass ihre Ordnung nicht nur in den USA auch auf Regierungsebene diskutiert wurde. Der globale Konkurrenzkampf um militärische und wirtschaftliche Überlegenheit, aber auch um kulturelles Prestige warf grundsätzliche Fragen über die Ausrichtung, Potenziale, Organisation, Steuerung, Kontrolle und Finanzierung der Wissenschaft auf. Waren die im Zweiten Weltkrieg etablierten Strukturen der gelenkten Großforschung mit Einschränkungen wie Geheimhaltung und Begrenzung der Wissenschaftsfreiheit wirklich geeignet, die Innovationspotenziale der Wissenschaft dauerhaft zu erhalten? Oder zehrten sie im Grunde von

²⁹ Hewlett und Holl, *Atoms*, 1989; Creager, *Life Atomic*, 2013; Kaiser, Freeman Dyson, 2005.

³⁰ Schabel, *Wunderwaffen*, 1994; Meier, *Pfeilflügelentwicklung*, 2006; Neufeld, *Rakete*, 1999; Aspray, *Radar*, 1996; Kern, *Entstehung des Radarverfahrens*, 1984; Rhodes, *Atomic Bomb*, 1988.

³¹ Butrica, *Unseen*, 1996.

³² Blum, Lalli und Renn (Hg.), *Renaissance*, 2021; Bonolis und Leon, *Astronomy*, 2023.

Errungenschaften aus früheren Zeiten, in denen solche Beschränkungen nicht in gleicher Weise bestanden hatten? Wie passten diese Restriktionen zum freiheitlichen Selbstbild westlicher Gesellschaften?

Aus solchen Überlegungen heraus hatte man bereits vor Ende des Zweiten Weltkriegs in den USA über ein neues Wissensbild diskutiert, auf das man nun zurückgriff: das Ideal der »Grundlagenforschung«.³³ Dieses Konzept akzentuierte nicht nur das im Wesen von Wissenschaft verankerte Moment der Ermöglichung des Erkenntnisgewinns frei von unmittelbaren Zwecken, sondern fasste diese Freiheit auch wissenschaftsorganisatorisch. Damit sollte ihr, wenn auch im Rahmen eines weitaus umfassenderen, von militärischen, industriellen und politischen Interessen wesentlich bestimmten Wissenschaftssystems, ein begrenzter, jedoch stets umkämpfter Raum gesichert werden – nicht zuletzt in der Hoffnung, so über einen steten Quell von Innovationsimpulsen im linear gedachten Modell technischer Modernisierung zu verfügen. Deswegen hatte Präsident Roosevelt im November 1944 an Vannevar Bush, den Direktor des Office of Scientific Research and Development, der Behörde der US-amerikanischen Regierung zur Koordinierung der militärischen Forschung, geschrieben und die Frage nach der Rolle der Wissenschaft nach dem Krieg aufgeworfen. Daraus entstand 1945 Bushs Schrift »Science – The Endless Frontier«, die den Begriff Grundlagenforschung in den Vordergrund rückte. Dort heißt es unter anderem plakativ: »Die Grundlagenforschung wird ohne Rücksicht auf praktische Zwecke betrieben. Sie führt zu allgemeinem Wissen und einem Verständnis der Natur und ihrer Gesetze. Dieses allgemeine Wissen ermöglicht die Beantwortung einer großen Anzahl wichtiger praktischer Probleme, auch wenn sie möglicherweise keine vollständige spezifische Antwort auf eines dieser Probleme geben kann.«³⁴

Damit verfolgte Bush zwei Ziele: die Verstetigung und Institutionalisierung der kriegsbedingt hohen politischen und finanziellen Priorität der Wissenschaft, aber verbunden mit einem Paradigmenwechsel – nach dem Krieg sollte nicht mehr die gelenkte Großforschung, sondern die freie Marktwirtschaft das Paradigma für die Entfaltung der Wissenschaft liefern, das heißt mehr Freiheit und Wettbewerb unter Forschenden herrschen, die an Themen ihrer Wahl arbeiten sollten. Die Grundlagenforschung war dabei für Bush »wissenschaftliches Kapital«, das akkumuliert und investiert werden musste, um Ge-

winne zu erzielen. Damit akzentuierte er in besonderem Maße ein »lineares Modell«, nach dem die naturwissenschaftliche Grundlagenforschung die weichenstellende Voraussetzung für technikwissenschaftliche und angewandte Forschung darstellt ebenso wie für technische Entwicklungen und wirtschaftlichen Erfolg.³⁵

Der Bush-Bericht propagierte eine auf Arbeitsteilung angelegte Wissenschaftspolitik, die aber zum Teil nur nachvollzog, was in industrialisierten Ländern wie Deutschland schon seit gut einem Jahrhundert institutionelle Praxis war, nämlich die unterschiedliche Schwerpunktsetzung innerhalb eines breiten Institutionenspektrums. Diese Ausdifferenzierung lässt sich jedoch – wie Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftsforschung gezeigt haben – kaum durch eine Skala erfassen, bei der die Grundlagenforschung das eine Ende, die anwendungsbezogene Forschung das andere markiert. Vielmehr konkurrierten stets verschiedene gesellschaftliche Akteure – Militär, Wirtschaft, Regierung, Öffentlichkeit, aber auch die jeweiligen wissenschaftlichen Communities – um die Bestimmung der Entwicklungspotenziale von Wissenschaft, die ihren unterschiedlichen Interessen entsprachen.

Abgesehen von der strategischen Verwendung des Begriffs zu politischen Zwecken, wie sie Bushs Bericht vorführt, wird die Abgrenzung der Grundlagenforschung von anderen Formen der Erkenntnisgewinnung damit wesentlich zu einer Frage der institutionellen Verfasstheit ihrer Förderung und der Spezifik ihrer Ziele. Grundlagenforschung in einem epistemischen Sinne liegt immer dann vor, wenn das primäre Ziel einer institutionalisierten Praxis der Erkenntnisgewinnung ist, angetrieben von der kollektiven Konstruktion einer sich ständig weiter bewegenden Grenze der Forschung, und wenn dieses Ziel in der Verfasstheit der entsprechenden Institution durch Sicherung einer weitgehenden Autonomie der Forschung angelegt ist, die seine Umsetzung in der Praxis fördert und ermöglicht. Unter diesem Gesichtspunkt unterscheidet sich insbesondere die institutionelle Förderung der Grundlagenforschung, das Markenzeichen von KWG und MPG, durch Autonomie der Forschenden, was die Setzung ihrer Ziele und die Wahl ihrer Mittel betrifft, von der Projektförderung und der Auftragsforschung. Zwar kann auch die Auftragsforschung den Wissenschaftler:innen die Freiheit lassen, ihre eigenen Ziele zu verfolgen, aber immer im Rahmen der Lösung eines praktischen Problems. Die institutionell geförderte

³³ Für das Konzept der Wissensbilder oder »Wissensvorstellungen« (»images of knowledge«) siehe Elkana, *Anthropologie der Erkenntnis*, 1986. Zur Geschichte des Begriffs der Grundlagenforschung und zum Kontext seiner Verwendung siehe Sachse, *Basic Research*, 2018; Schauz, *Nützlichkeit und Erkenntnisfortschritt*, 2020, insbes. 376–378.

³⁴ Bush, *Science*, *National Science Foundation*, 1.7.1945.

³⁵ Zur Aufnahme dieses Modells in der Bundesrepublik siehe Lax, *Das »lineare Modell der Innovation«*, 2015.

Grundlagenforschung erlaubt außerdem die Verfolgung von langfristigen Forschungszielen über mehrere Jahre oder Jahrzehnte hinweg und gelegentlich sogar über mehrere Generationen. In der Geschichte der Grundlagenforschung im 20. Jahrhundert und auch in der Geschichte der MPG lassen sich allerdings die politischen und die epistemischen Motive in der Verwendung des Begriffs oft nur schwer voneinander trennen.

1.3 Die Kontexte der Entwicklung der MPG

1.3.1 Wissenschaft in der Provinz (1945–1955)

Die Gründung der MPG als Fortführung der KWG war eine Antwort auf die nach dem Krieg entstandene neue Situation der Wissenschaft in Deutschland, deren internationale Stellung sich wesentlich verändert hatte. Sie war der letztlich erfolgreiche Versuch, Auswege aus einer Lage zu finden, die sich als »Provinzialisierung« der deutschen Wissenschaft beschreiben lässt. War Deutschland vor dem Zweiten Weltkrieg eine führende Wissenschaftsnation gewesen, so war es selbst verschuldet durch die Vertreibung und Ermordung jüdischer und anderer missliebiger Wissenschaftler:innen, die Einschränkungen internationalen Austausches und die Unterdrückung bestimmter Forschungsrichtungen in der NS-Zeit zu einer von den Siegermächten abhängigen Provinz herabgesunken, auch in wissenschaftlicher Hinsicht. Das Erbe von NS-Zeit und Krieg wirkte in doppelter Weise auf die Wissenschaft, in vielen Gebieten als Abkopplung vom internationalen Forschungsstand und in fast allen als unbewältigte Vergangenheit.

Die von den Alliierten auferlegten Verbote und Restriktionen der Wissenschaft betrafen die militärisch relevante Forschung und damit zugleich einige der zukunftsweisenden Entwicklungen der jüngeren Vergangenheit, gleich, ob diese in Deutschland selbst stattgefunden hatten, wie die Luftfahrt- und Raketenforschung, deren Potenziale weitgehend demontiert wurden, oder Forschungsbereiche, die während des Krieges und im anschließenden Kalten Krieg in den USA und Großbritannien zu technologischer Reife gelangten, wie die Kernforschung und ihre zahlreichen Anwendungen oder die neuen Steuerungswissenschaften.

In allen vier Besatzungszonen Deutschlands erzwangen die alliierten Militärregierungen nach dem Zweiten Weltkrieg einen Konversionsprozess, der auch die in hohem Maße in die Rüstungs- und Kriegsforschung involvierten

Institute der KWG betraf. Mit dem am 26. April 1946 verkündeten Kontrollratsgesetz Nr. 25 verboten die Alliierten militärisch relevante Forschung und schufen eine institutionalisierte Forschungskontrolle zu deren Durchsetzung.³⁶ Die gesetzlichen Forschungsverbote erstreckten sich unter anderem auf die Kernphysik, die Aerodynamik, die Raketen- und Düsenantriebe, auf elektronische Verschlüsselungsverfahren, zu militärischen Zwecken verwendbare elektromagnetische und infrarote Strahlung sowie Sprengstoffe, chemische Waffen und hochtoxische Stoffe bakteriellen oder organischen Ursprungs.³⁷

Einen vergleichbaren militärisch-industriellen Komplex wie in den USA, der eng mit der Wissenschaft verflochten war und ihr sowohl erhebliche finanzielle Ressourcen zur Verfügung stellte als auch mit technischen Herausforderungen konfrontierte, gab es nach dem Krieg in Deutschland nicht mehr. An seine Stelle war in vielen Bereichen von Wissenschaft und Technologie die Abhängigkeit der Teilstaaten Deutschlands von Entwicklungen in den jeweiligen Hegemonialmächten getreten. Das zeigte sich besonders deutlich in wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen, die direkt oder indirekt mit dem atomaren Wettrüsten und der zentralen Rolle von interkontinentalen Waffensystemen zusammenhängen, etwa der Miniaturisierung von Steuerungssystemen, die in den USA der Entwicklung der Mikroelektronik und der Computertechnologie erheblichen Auftrieb gaben. Immerhin blieben in Deutschland große industrielle Komplexe, wie die chemische, die metallverarbeitende und die elektrotechnische Industrie, als makroökonomische Antriebskräfte wissenschaftlicher und technischer Entwicklungen erhalten, an die auch der Wiederaufbau in Westdeutschland, um das es im Folgenden ausschließlich gehen soll, anknüpfen konnte.

Außerhalb Deutschlands gingen nach 1945 auch bio-wissenschaftliche Forschungen weiter, die in der Bundesrepublik durch die NS-Vergangenheit weitgehend tabuisiert waren und gewissermaßen aus der »Grundlagenforschung« aussortiert wurden. Dazu gehörten Themen wie Bevölkerungspolitik, Geburtenkontrolle oder Welternährung, die neue bio- und sozialwissenschaftliche Forschungsschwerpunkte generierten und an die man in der Bundesrepublik erst sehr viel später anknüpfte.

Dennoch gab es auch aus der Situation der Abhängigkeit von den Hegemonialmächten heraus und zunächst unter den Bedingungen beschränkter Souveränität für die deutsche Wissenschaft Möglichkeiten, an den internationalen wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen teilzuhaben. Diese eröffneten sich zum Bei-

³⁶ Heinemann, Überwachung und »Inventur«, 2001.

³⁷ Kontrollrat, *Kontrollratsgesetz Nr. 25*, in Kraft getreten am 7.5.1946.

spiel im Zusammenhang mit Fragen der Verbreitung der Atomenergie. Nach dem Scheitern des Versuchs ihrer internationalen Kontrolle durch die Vereinten Nationen und der Entwicklung einer sowjetischen Atombombe kündigte US-Präsident Eisenhower im Jahr 1953 ein Programm zur zivilen Nutzung der Kernenergie an, das letztlich zur weiteren Proliferation von Atomwaffen beitrug, zugleich aber von ihr ablenken sollte und auch Staaten wie der Bundesrepublik Deutschland Zugang zur neuen Technologie verschaffte.

Die zunehmende Westintegration der Bundesrepublik eröffnete weitere Möglichkeiten der Partizipation, auch im militärischen Bereich. Beispiele sind die Beteiligung der Bundesrepublik an der Gründung des CERN, der Europäischen Organisation für Kernforschung, im Jahre 1954 sowie der Beitritt der Bundesrepublik zur Westeuropäischen Union und zur NATO nach den Pariser Verträgen aus dem Jahr 1955, die ihr unter anderem die Chance zur Teilnahme an Raumfahrtprogrammen boten. Am 5. Mai 1955 hob die Alliierte Hohe Kommission schließlich die Alliierten Gesetze zur Forschungsüberwachung auf.³⁸ Die durch internationale Kooperationen wie das CERN unterstützte Förderung der Hochenergiephysik, die auch in der MPG eine wichtige Rolle spielen sollte, war nicht zuletzt durch das Bestreben einer Wiederbelebung des europäischen Gedankens nach dem Krieg auf der Grundlage friedlicher Grundlagenforschung motiviert. Solche Kooperationen legten die Basis für ein einheitliches theoretisches Verständnis physikalischer Grundkräfte und wurden zugleich zum Experimentierfeld für neue Formen der Distribution von Wissen.³⁹

Gründung und frühe Entwicklung der MPG verfolgten die Ziele, was von der KWG den Krieg überstanden hatte, wo möglich und sinnvoll, zu bewahren, den neuen Bedingungen anzupassen, weiterzuentwickeln oder gegebenenfalls abzustoßen. Die Fokussierung auf die Grundlagenforschung erwies sich dabei als ideale Formel, die eine Verdrängung der Verflechtungen der KWG in das NS-System erleichterte, den auferlegten Einschränkungen Rechnung trug und zugleich ein geeignetes Vehikel war, um Anschluss an eine internationale Wissenschaftsentwicklung zu finden, die sich, wie oben beschrieben, diesen Begriff aus ganz anderen Gründen, wenn auch mit ähnlicher Ambivalenz, ihrerseits auf die Fahnen geschrieben hatte.

1.3.2 Die Vergesellschaftung der Wissenschaft (1955–1972)

Die »langen 1960er-Jahre« (Detlef Siegfried), also die Zeit von Mitte der 1950er- bis Mitte der 1970er-Jahre, war eine Epoche, in der die im Zweiten Weltkrieg und im Kalten Krieg hochgezüchtete Wissenschaft in die Breite der Gesellschaft zu wirken begann, durch die globale wirtschaftliche Nutzung der durch sie ermöglichten Innovationen, durch die Ausweitung des Bildungssystems, durch die wachsende Bedeutung von Experten in Politik und Öffentlichkeit, aber auch durch kritische öffentliche Diskussionen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen und ihrer Auswirkungen. Diese Durchdringung der Gesellschaft und selbst des Alltags vieler Menschen lässt sich in Anlehnung an einen Begriff Max Webers als »Vergesellschaftung« der Wissenschaft beschreiben – im Sinne einer Aneignung wissenschaftlicher Potenziale durch die Gesellschaft im Rahmen eines langfristigen Prozesses, in dem sich, zumeist unter den Bedingungen und Einschränkungen kapitalistischen Gewinnstrebens, aus hoch spezialisierten Aktivitäten wie etwa der Verwendung des Computers, die zunächst auf eng begrenzte Teilbereiche der Gesellschaft wie die akademische Welt oder das Militär beschränkt waren, allgemeingesellschaftlich relevante Tendenzen wie die Digitalisierung entwickelten.⁴⁰ Dabei war die Vergesellschaftung der Wissenschaft zugleich eine Verwissenschaftlichung der Gesellschaft, insbesondere in den Arbeitswelten, die mit der Wissenschaft in Berührung gekommen waren.⁴¹ Durch sie wurde, was als kriegswichtige Forschung in einem abgegrenzten gesellschaftlichen Teilbereich begonnen hatte, schließlich zur Triebkraft hinter dem umfassenden Modernisierungsschub und der »Großen Beschleunigung«, die in den langen 1960er-Jahren Fahrt aufnahm.⁴²

Neben dem immer noch maßgeblichen Militär entwickelte sich in dieser Zeit die Konsumindustrie zu einer wichtigen Antriebskraft wissenschaftlicher und technischer Innovationen, für die die Entwicklung der Konsumelektronik, ab Mitte der 1970er-Jahre des Personal Computers und immer leistungsfähigerer Speichermedien beispielhaft stehen mögen. Die Erfindung des Transistors 1947 in den vom Militär mitfinanzierten Bell Laboratories und seine spätere kommerzielle Nutzung in den ab 1954 auf den Markt gebrachten Transistor-

³⁸ Glaser, *Sicherheitsamt*, 1992, 329–335; Heinemann, *Überwachung und »Inventur«*, 2001, 180–181.

³⁹ Hermann et al., *History of CERN*, Bd. 1, 1987; Hermann et al., *History of CERN*, Bd. 2, 1990; Berners-Lee und Fischetti, *Web*, 1999; Krige, *History of CERN*, Bd. 3, 1996.

⁴⁰ Weber, *Wirtschaft*, 2009.

⁴¹ Weingart, *Stunde*, 2005.

⁴² Steffen et al., *The Trajectory of the Anthropocene*, 2015; McNeill und Engelke, *The Great Acceleration*, 2016.

radios illustrieren den Beginn dieses Wandels, an dem die Bundesrepublik oft eher aus der zweiten Reihe im Nachvollzug US-amerikanischer und japanischer Entwicklungen teilhatte.⁴³ Der Aufstieg der Halbleitertechnik in den 1950er-Jahren hatte nicht nur weitreichende wirtschaftliche Folgen, sondern revolutionierte auch Forschungstechnologien.

Die Große Beschleunigung zeigte sich einerseits im exponentiellen Anstieg verschiedener sozioökonomischer Parameter, wie der Weltbevölkerung, des globalen Bruttosozialprodukts, des Wasser- und Düngemittelverbrauchs und des globalen Verkehrs, andererseits im ebenso rapiden Anstieg von Parametern des Erdsystems, wie dem Gehalt des Kohlendioxids in der Atmosphäre oder dem Biodiversitätsverlust.⁴⁴ Diese auffallend parallelen exponentiellen Anstiege weisen auf globale Dynamiken hin, die unter anderem durch die Entstehung neuer wirtschaftlicher und finanzieller Verflechtungen seit dem Zweiten Weltkrieg, den fortschreitenden globalen Austausch von Wissen und Waren und die Entwicklung neuer wissenschaftsbasierter technologischer Netzwerke, von der Telekommunikation über das Internet bis zum World Wide Web, angetrieben wurden.

Die Industrialisierung der Landwirtschaft im Rahmen der sogenannten Grünen Revolution leistete einen bedeutenden Beitrag zur Großen Beschleunigung. Die von amerikanischen Stiftungen wie der Rockefeller und der Ford Foundation durch groß angelegte Forschungsprogramme unterstützte Intensivierung der Landwirtschaft setzte auf importierte Zuchtsorten, den Einsatz chemisch hergestellter Düngemittel und großflächige Anpflanzungen. Sie war ein Instrument des Kalten Krieges und sollte dabei helfen, politische Instabilitäten durch Ernährungs- und Überbevölkerungskrisen zu vermeiden, verdrängte dabei allerdings stärker auf lokale Bedingungen und ökologische Nachhaltigkeit zielende Ansätze. Die Anfänge der »Grünen Revolution« reichen in die 1940er-Jahre zurück; sie erreichte ihre größte Wirksamkeit in den 1960er-Jahren, zu einer Zeit, als die MPG ihre landwirtschaftlichen Institute abbaute, weil diese nicht mehr in das zeitgemäße Bild der Grundlagenforschung zu passen schienen. In Ländern wie Mexiko und Indien führte die »Grüne Revolution« zwar zu wachsenden Erträgen, aber auch zu Umweltschäden, sozialen Ungleichheiten und neuen Abhängigkeiten von westlichen Industrienationen, einschließlich einer

immer stärkeren Abhängigkeit der Landwirtschaft insgesamt von der Nutzung fossiler Energie.

Die Vergesellschaftung der Wissenschaft in den langen 1960er-Jahren beschränkte sich nicht auf die Expansion akkumulierten Wissens und die Fortschreibung der unter den Bedingungen des Krieges entstandenen Strukturen, sondern hatte darüber hinaus erhebliche Rückwirkungen auf die Ausrichtung und Organisation der Wissenschaft, etwa durch die zunehmende Bedeutung von systemischen Zusammenhängen als Themen wissenschaftlicher Forschung sowie auf die verstärkte Entwicklung globaler Perspektiven internationaler und interdisziplinärer Kooperation.

Das Systemdenken hatte seine Wurzeln noch im 19. Jahrhundert in der Gestaltung der großen Infrastrukturen von Eisenbahn, Elektrizität und Telegrafie. Es entwickelte sich im Zweiten Weltkrieg in Richtung von Informationssystemen, insbesondere im Zusammenhang mit der Auswertung der durch Radar gelieferten Informationen, und wurde im Kalten Krieg zu einem zentralen Thema von Denkfabriken wie der 1946 in den USA gegründeten RAND Corporation, die mithilfe verschiedener mathematischer Techniken – wie der neu entwickelten Spieltheorie – militärische Systeme zu optimieren versuchten und langfristig zur Quantifizierung der Sozial- und Verhaltenswissenschaften beitrugen. Diese Tendenz verstärkte sich im Kalten Krieg mit weitreichenden Konsequenzen für ihre Schwerpunktthemen und Methoden, insbesondere für die Rolle statistischer Untersuchungen in den Sozialwissenschaften und die Rolle von Testverfahren in den Verhaltenswissenschaften, aber auch in der experimentellen Psychologie und der physiologischen Forschung.⁴⁵ In den 1950er- und 1960er-Jahren übte die US-amerikanische Seite auch Druck auf deutsche Institutionen aus, die Sozialwissenschaften und die wissenschaftliche Politikberatung in der Bundesrepublik auszubauen.⁴⁶

Zu einer globalen Perspektive der Wissenschaft trug zum einen das Internationale Geophysikalische Jahr 1957/58 bei, ein geophysikalisches Forschungsprogramm, das sich unter anderem mit der Erforschung der Antarktis und der oberen Atmosphäre beschäftigte und an dem sich Tausende von Wissenschaftler:innen weltweit beteiligten, und zum anderen das Raumfahrtzeitalter, das ebenfalls im Jahr 1957 die sowjetische Sputnik-Mission einläutete. Der Konkurrenzkampf um Prestige und wis-

⁴³ Misa, *Military Needs*, 1985; Eckert und Schubert, *Kristalle*, 1986; Collet, *History of Electronics*, 2016; Shinn, *Silicon Tide*, 2010.

⁴⁴ Steffen et al., *Change*, 2004.

⁴⁵ Raphael, *Verwissenschaftlichung*, 1996; Raphael, *Sozialaufklärung*, 2014; Roelcke, »Verwissenschaftlichungen des Sozialen«, 2008; Sarasin und Tanner, *Physiologie und industrielle Gesellschaft*, 1998; Ash und Geuter, *Psychologie*, 1985.

⁴⁶ Cassel und Baumann, *Wissenschaftliche Beratung*, 2019; Szöllösi-Janze, *Politisierung*, 2004; Wiarda, *Beratung*, 2015; Albrecht, *Politikberatung*, 2004; Bruder, *Sozialwissenschaften*, 1980; Rudloff, *Verwissenschaftlichung*, 2004, Siehe auch unten, Kap. IV.9.5.4.

senschaftlich-technischen Vorsprung war allerdings nur die eine Seite der Medaille, deren andere die Gefahr eines weltweiten atomaren Vernichtungskriegs blieb.

Vor diesem Hintergrund stellte die zentrale Rolle der Wissenschaft für die Entwicklung neuer militärischer Technologien auch ihre Protagonisten vor neue politische und moralische Herausforderungen. Nach dem Zweiten Weltkrieg verbreitete sich gerade unter Wissenschaftler:innen das Bewusstsein der Gefahren für das Überleben der menschlichen Zivilisation, die sich aus der Verbreitung und möglichen Anwendung von Atomwaffen ergaben. Weltweit und auch in Deutschland organisierten sich Wissenschaftler:innen gegen die militärische Nutzung der Atomkraft, während die Probleme ihrer zivilen Nutzung bis in die 1970er-Jahre hinein, trotz offenkundig ungeklärter Probleme des Umgangs mit atomarem Abfall, weitgehend unbeachtet blieben. Prominente Wissenschaftler der MPG warnten in der »Göttinger Erklärung«⁴⁷ von 1957 vor einer atomaren Bewaffnung der neu gegründeten Bundeswehr und nutzten damit auch die Gelegenheit, von ihrer eigenen Verwicklung in kriegsrelevante Forschung während der NS-Zeit abzulenken.

Mit dem Triumph der sowjetischen Raumfahrt über ihre US-amerikanische Konkurrenz verband sich im Westen der viel zitierte »Sputnik-Schock« und damit die Wahrnehmung einer vermeintlichen Unterlegenheit der westlichen Wissensökonomie, insbesondere ihrer Innovations- und Bildungssysteme. Sie wurden in der Folge einer weitgehenden Erneuerung unterzogen, die auch darauf zielte, breitere Schichten der Bevölkerung in diese Wissensökonomie einzubeziehen, um das Rekrutierungspotenzial für wissenschaftliche und technische Entwicklungen zu vergrößern. Die Gründung des MPI für Bildungsforschung als Reaktion auf einen wahrgenommenen »Bildungsnotstand« gehört in diesen Zusammenhang.⁴⁸

Ebenfalls als Reaktion auf den Sputnik-Schock wurden in den USA bereits 1958 neue Regierungsbehörden gegründet, die mit Blick auf den Konkurrenzkampf der Systeme gezielt innovative Forschungen und technische Entwicklungen fördern sollten, im Bereich der Weltraumforschung die NASA und im Bereich risikoreicher Entwicklungen von Militärtechnologien ARPA (Advanced Research Projects Agency), eine Einrichtung, die noch fast 60 Jahre später zum Vorbild einer deutschen Agentur für Sprunginnovationen werden sollte. Das wohl einflussreichste Projekt von ARPA war das 1968 in Betrieb genommene Computernetzwerk ARPANET, das zur Keimzelle des Internets wurde.

Die langen 1960er-Jahre waren trotz der Systemkonkurrenz durch eine immer weiter ausgreifende Internationalisierung der Wissenschaft charakterisiert. Dazu zählten die Forschungslabore global agierender Unternehmen ebenso wie die bereits unmittelbar nach Kriegsende gegründeten Weltorganisationen, darunter FAO, WHO und UNESCO, aber auch neue Organisationen wie die 1961 eingerichtete OECD – Organisationen, die allesamt auch Forschungen unterstützten. Dies geschah zum Teil im Rahmen weltweiter Kampagnen, etwa der 1965 angestoßenen und letztlich erfolgreichen Kampagne der WHO, die Pocken durch Impfen auszurotten.

Auch hier reagierten Wissenschaft und Politik auf die Herausforderungen einer neuen »Arbeitswelt«, der des stark gestiegenen globalen Reiseverkehrs, eines wichtigen Aspekts der Großen Beschleunigung, der das Risiko von Epidemien erheblich erhöht hatte. Dennoch blieben andererseits nationalstaatliche Strukturen entscheidend für die Entwicklung der Wissenschaft. Die richteten sich allerdings ihrerseits zunehmend an den neuen internationalen bzw. europäischen Rahmenbedingungen aus, wie die Gründung der European Space Research Organisation (ESRO) 1962 und die der European Molecular Biology Organization (EMBO) im Jahr 1963 deutlich machen.⁴⁹

Eine Vergesellschaftung von ursprünglich vor allem aus militärischen Motiven betriebenen Wissenschaften und Technologien fand in den langen 1960er-Jahren auch durch eine geradezu dramatische Ausweitung der Anwendung der in diesem Zusammenhang entwickelten Konzepte, Werkzeuge und Methoden statt. Das gilt für die Kernforschung und die Nutzung ihrer Einsichten und Experimentalkonzepte für Strahlenmedizin und Tracer-Untersuchungen wie die Radiokohlenstoffdatierung archäologischer Funde mit ihren geradezu revolutionären Auswirkungen auf das Verständnis von Vor- und Frühgeschichte sowie den Nachvollzug von Stoffwechselwegen oder ökologischen Wechselwirkungen.

Das betrifft ebenso die Anwendung von Radar- und anderen Funktechnologien in der sich rasant entwickelnden Radioastronomie mit ihren bereits erwähnten Auswirkungen auf Astronomie und Kosmologie, Entwicklungen, bei denen Max-Planck-Institute auch international eine herausragende Rolle spielten. Vor allem aber gilt dies für die Schlüsselrolle, die Computer in der Datenverarbeitung als Modell für das Verständnis von Denkprozessen in einer neuartigen Kognitionsforschung sowie die Informationswissenschaften ganz allgemein als Folie für eine Neukonzeption der Molekularbiologie als »Code

⁴⁷ Siehe unten, Kap. IV.10.2.1

⁴⁸ Siehe unten, Kap. III.14.2.1.

⁴⁹ Siehe unten, Kap. IV.9.5.1.

Wissenschaft« gespielt haben – seit der Entschlüsselung der DNA 1953. Hier versuchte die MPG ab den 1960er-Jahren, Anschluss an den internationalen Mainstream zu finden, was ihr allerdings erst in den 1970ern gelang.

Eine ganz andere Art der Vergesellschaftung knüpfte dagegen an die Errungenschaften der erwähnten pharmakologischen Revolution der 1920er- und 1930er-Jahre an und führte zu einer Entwicklung, die sich als eine Biomedikalisierung des Alltags charakterisieren lässt. Sie zeichnete sich durch eine Zunahme der von der pharmazeutischen Industrie auf den Markt gebrachten Medikamente aus, die eher der Kontrolle des eigenen Körpers und dem Umgang mit Alltagsbeschwerden als der Heilung von schweren physischen Erkrankungen dienten.

Zwei extreme Beispiele sind die 1951 in den USA und Puerto Rico entwickelte Pille zur Verhütung von Schwangerschaften und das in Deutschland hergestellte und zwischen 1957 und 1961 vertriebene Beruhigungsmittel Contergan, das von Schwangeren zur Behandlung der Morgenübelkeit genommen wurde und schwere Missbildungen bei Neugeborenen hervorrief. Beide Entwicklungen hatten, ebenso wie die Entwicklung von Psychopharmaka in den 1960er-Jahren, erhebliche Auswirkungen auf das Verhältnis zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. Dazu gehörten die Einführung neuer Regularien, wie randomisierter klinischer Studien als Mittel zur Überprüfung der Sicherheit und Wirksamkeit neuer Medikamente, und öffentliche Auseinandersetzungen über die Autorität der Wissenschaft, insbesondere über die Hierarchie zwischen Arzt und Patient, Auseinandersetzungen, die von verschiedenen Subjekten geführt wurden – von der Frauenbewegung bei der Durchsetzung der Pille bis zur Anti-Psychiatrie-Bewegung.

Einige der beschriebenen Entwicklungslinien, vor allem die durch atomare Bedrohung und Raumfahrt geförderte globale Perspektive, die Industrialisierung der Landwirtschaft und die Problematisierung wissenschaftlicher Autorität kamen am Ende der langen 1960er-Jahre in einer kritischeren Sicht auf den Umgang der Menschheit mit ihren natürlichen Lebensbedingungen zusammen. Dies betraf nicht zuletzt die Rolle, die Wissenschaft und Technik dabei spielten. Hatte seit Ende der 1940er-Jahre zunächst die Gefahr eines atomaren Weltkriegs im Vordergrund der öffentlichen Auseinandersetzung mit der Wissenschaft gestanden, forderten bald auch die Umweltfolgen der Kernwaffentests und der Industrialisierung der Landwirtschaft Kritik heraus. Auch in anderen Bereichen, wie der Abschätzung von Gefahrstoffen am

Arbeitsplatz, der industriellen Lebensmittelproduktion unter Einsatz immer neuer Zusatzstoffe und einer insgesamt größeren Belastung der menschlichen Umwelt mit Abertausenden von in ihrer Wirkung zumeist unbekannt Substanzen, entwickelte sich die in der MPG allerdings kaum vertretene Risikoforschung zu einem neuen Aufgabengebiet »reflexiver Wissenschaft«. Sie sollte die Politik bei der Bewältigung der Folgeprobleme des wissenschaftlich-technischen Fortschritts unterstützen.

Der Kalte Krieg spielte dabei eine Doppelrolle: Er hat zum einen zur Proliferation der militärischen und zivilen Nutzung der Kernenergie und auch zur »Grünen Revolution« beigetragen. Er hat zugleich die Mittel bereitgestellt, die es erlaubten, globale Umweltveränderungen zu registrieren, von der Messung radioaktiven Fallouts bis zu der des stetigen Anstiegs des Kohlendioxidgehalts in der Atmosphäre und seiner Folgen für den globalen Klimawandel. Die durch Wissenschaft und Technik bedingten Veränderungen der menschlichen Lebensbedingungen stellten ihrerseits herausfordernde Objekte interdisziplinärer Forschung dar, die auch in der MPG – im Rahmen einer kurzlebigen utopischen Episode – aufgegriffen wurden, etwa am 1970 gegründeten Max-Planck-Institut zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt in Starnberg.⁵⁰

1.3.3 Wissenschaft als Projekt (1972–1989)

Die Warnungen aus der Wissenschaft vor Klimawandel und Umweltkrisen wurden im Verlauf der 1970er-Jahre lauter, als sich die Beweislage für den anthropogenen Klimawandel verdichtete, führten aber nicht zu einem globalen Kurswechsel in der Nutzung fossiler Energien. Immerhin konnte die Bedrohung der gesamten Biosphäre durch das Ozonloch über der Antarktis, das durch die industrielle Nutzung von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) entstanden war, mithilfe eines internationalen Abkommens aus dem Jahre 1987, an dem auch der Max-Planck-Wissenschaftler Paul Crutzen einen wesentlichen Anteil hatte, abgewendet werden.⁵¹ Allerdings wäre dieser Ausstieg ohne FCKW-produzierende Firmen, wie zum Beispiel DuPont, die stark in Forschung und Entwicklung engagiert waren, wohl nicht bereits 1987 vollzogen worden. Dort hatte man frühzeitig die politische Brisanz der neuen atmosphärenchemischen Studien gesehen und damit begonnen, alternative Kühlmittel zu erforschen. Dass diese Alternativen dann greifbar waren, hat den Ausstieg

⁵⁰ Kant und Renn, *Eine utopische Episode*, 2013.

⁵¹ Grundmann, *Transnationale Umweltpolitik*, 1999; Grundmann, *Transnational Environmental Policy*, 2001; Bösch, *Risikogenese*, 2000, 41–104; Brüggemann, *Ozonschicht*, 2015.

durch das sogenannte Montrealer Abkommen befördert. Dieses diente zugleich als Vorbild für die Gründung des IPCC, des »Weltklimarats«, im Jahre 1988 und damit für die Schaffung einer neuartigen Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik.

Das Bild von der Wissenschaft selbst änderte sich in dieser Zeit auch unter dem Einfluss anderer politischer und gesellschaftlicher Erwartungen, die sich etwa auf die erfolgreiche Behandlung von Krebs oder neuer Krankheiten wie Aids und BSE richteten und nicht zuletzt auf die Ausschöpfung des ökonomischen Potenzials der Gentechnologie. Die Entwicklung sogenannter wissenschaftsintensiver Hochtechnologien, im Zusammenhang mit Informationstechniken, neuen Materialwissenschaften und Biotechnologie sowie der Globalisierung der Industrie, ging einher mit einer teilweisen Verlagerung von Industrieforschung in den Bereich staatlich geförderter Forschung.⁵² Die Lebenswissenschaften erwiesen sich dabei als Vorreiter eines Prozesses der Kommerzialisierung akademischer Forschung durch Wissenschaftler:innen, die Firmen gründeten.⁵³

Insgesamt nahm in den 1970er- und 1980er-Jahren die Bedeutung von Wissenschaft in der öffentlichen Wahrnehmung weiter zu.⁵⁴ Die Wissenschaft und ihre Folgen waren nicht nur Gegenstand von sozialen Bewegungen und Protesten, etwa der Anti-Atomkraft-Bewegung, sondern auch von staatlich geförderten Programmen, die zum öffentlichen Verständnis von Wissenschaft beitragen sollten. Parallel wurden Wissenschaftsjournalismus und Wissenschaftsforschung immer wichtiger.⁵⁵ Breiteres gesellschaftliches Interesse an Aufklärung, etwa über die Folgen der Industrialisierung für die natürliche Umwelt, Fragen der Energieversorgung oder der Biosicherheit, also der sicheren Handhabung und Eindämmung infektiöser Mikroorganismen und gefährlicher biologischer Materialien, führten bereits in den 1970er-Jahren zu größeren Forschungsanstrengungen.

Die Wissenschaft der 1970er- und 1980er-Jahre erschien den Zeitgenossen vielfach als ein Unternehmen, das sich in den Dienst konkreter Ziele stellen ließ, seien diese allgemein-gesellschaftlicher oder privatwirtschaft-

licher Natur. Die Frage der Steuerbarkeit von Wissenschaft war ab den 1960er-Jahren im Rahmen von Forschungsprogrammen, wie der Zukunftsforschung, selbst zum Gegenstand wissenschaftlicher Forschung geworden.⁵⁶ In der von Wissenschaftsforscher:innen des Starnberger Max-Planck-Instituts vertretenen sogenannten Finalisierungsthese ging man davon aus, dass sich Ziele am besten durch planbare Projekte realisieren ließen, die aus einem Wettbewerb von Forschenden um die nötigen Finanzmittel hervorgegangen waren. Deren Erträge würden dann nach den Vorstellungen eines linearen Modells zunächst in Erkenntnissen und dann in anwendbaren Resultaten münden.

Das war auch das Motiv des Bayh-Dole-Gesetzes in den USA von 1980. Es räumte Einrichtungen, die mit Bundesmitteln forschten, das Recht zur kommerziellen Verwertung ihrer Resultate ein.⁵⁷ Das führte an vielen amerikanischen Universitäten zur Etablierung von Technologietransferbüros, zur Ausgründung zahlreicher Unternehmen und einer zunehmenden Kommerzialisierung der Wissenschaft.⁵⁸ Eine solche Entwicklung passte zur Aufwertung unternehmerischen Handelns und der Deregulierung von Märkten in den 1980er-Jahren. Sie fand auch in Europa Anklang und Nachahmung, in der Max-Planck-Gesellschaft durch die Neuausrichtung ihrer Garching Innovation GmbH auf die Vermarktung von Forschungsergebnissen in Form von Patenten und Lizenzen und die Ausgründung von Firmen.⁵⁹

Prägend für das neue Wissenschaftsverständnis der 1970er- und 1980er-Jahre, das den Hintergrund für diese Entwicklung darstellte, war zum einen die immense Ausweitung der Biomedizin, in den USA massiv gefördert im Rahmen von Nixons 1971 ausgerufenem »Krieg gegen den Krebs«, der Milliardensummen für die Forschung mobilisierte.⁶⁰ In den 1980er-Jahren folgte eine Konsolidierungswelle der pharmazeutischen Industrie, die zu multinationalen Zusammenschlüssen führte, deren Medikamente den globalen Markt beherrschten.⁶¹ Zum anderen waren die 1970er- und 1980er-Jahre die Epoche, in der die Molekularbiologie ihren Siegeszug antrat – aus der akademischen Welt in die zunehmend kommerzieli-

52 Janneck, *Forschung*, 2020; Hack und Hack, *Multinational organisierte Forschung*, 1981; Hack, *Technologietransfer*, 1998.

53 Krinsky, *Science*, 2003; Kenney, *Biotechnology*, 1986; Dolata, *Modernisierung*, 1992.

54 Siehe u. a. Felt, *Wissenschaft*, 2002; Nikolow und Schirmacher, *Wissenschaft und Öffentlichkeit*, 2007; Peters et al., *Medialisierung*, 2008.

55 Weingart, *Stunde*, 2005.

56 Seefried, *Zukünfte*, 2015.

57 Berman, *University*, 2012.

58 Mirowski, *Science-Mart*, 2011.

59 Balcar, *Instrumentenbau*, 2018. Siehe auch unten, Kap. IV.3.3.2.

60 Proctor, *Cancer Wars*, 1995.

61 Hack, *Globalisierung*, 2007.

sierte Gentechnologie und in den daraus hervorgehenden Biotechnologieboom.

Die Vorstellung von einem genetischen Code hatte bereits seit den 1950er-Jahren den Weg für weitergehende Visionen von Möglichkeiten seiner »Umprogrammierung« bereitet. In den frühen 1970-Jahren stieg nun die Zahl der Werkzeuge zum Editieren von Genen stetig. Die maßgebliche Forschung fand zunächst vor allem in den USA statt, in Erwartung späterer Anwendungen größtenteils finanziert von den National Institutes of Health. Die Ölkrise von 1973/74, die Inflation in den westlichen Volkswirtschaften sowie zurückgehende Außenhandelsbilanzen ließen aber alsbald auch die Bereitschaft von Pharmazie-, Chemie- und Ölunternehmen größer werden, in Biotechfirmen zu investieren, obwohl solche Investitionen angesichts vieler offener Fragen hinsichtlich der Natur des Genoms und seiner Expression in Organismen risikoreich waren.⁶²

Die Entwicklung verlief so rasant, dass die National Academy of Sciences der Vereinigten Staaten Mitte der 1970er-Jahre empfahl, den Forschungen Beschränkungen aufzuerlegen, um biologische Risiken zu verringern und die Überschreitung ethischer Grenzen zu vermeiden. Risiken und ethische Grenzen der Wissenschaft wurden rasch selbst zum Gegenstand öffentlicher Debatten, aber auch neuer wissenschaftlicher Forschungsrichtungen. In dieser Zeit des Wandels der Molekularbiologie von akademischer zu immer stärker privatwirtschaftlich finanzierter Forschung änderte sich auch das Ethos von Wissenschaftler:innen und ihr Publikationsverhalten, für das Geheimhaltung und Patentierung zu wichtigen Gesichtspunkten wurden.

Die Entwicklung der Gentechnologie erreichte einen weiteren Höhepunkt, als Mitte der 1980er-Jahre die Möglichkeit einer Kartierung des menschlichen Genoms absehbar wurde, die in den 1990er-Jahren zum Ziel konkurrierender Großprojekte wurde. Einen Schlüssel dafür lieferte die von einer US-amerikanischen Biotechfirma 1983 entwickelte Methode der Polymerase-Kettenreaktion (PCR), die es ermöglicht, DNA im Labor zu vervielfältigen. Immer raffiniertere Verfahren der Automatisierung der Gensequenzierung mithilfe von PCR und der computergestützten Verarbeitung der gewonnenen Daten kamen zur Anwendung. Allerdings beruhten nicht alle Fortschritte der Biologie in dieser Zeit auf solchen Hightech-Verfahren, wie das Beispiel der mit konventionellen Mitteln durchgeführten und dennoch bahnbrechenden

Arbeiten zur genetischen Steuerung der frühen Embryonalentwicklung durch die Max-Planck-Wissenschaftlerin Christiane Nüsslein-Volhard illustriert.

Auch in anderen Gebieten führten technologische Fortschritte zu weitreichenden Transformationen. In den Verhaltenswissenschaften etwa drängten ab den 1980er-Jahren neurologische Ansätze qualitative, in geisteswissenschaftlichen Traditionen wurzelnde Konzepte in den Hintergrund.⁶³ Neben der Entwicklung der Messtechniken erwies sich einmal mehr die Computerisierung als wichtige Triebkraft – sowohl hinsichtlich der Datenverarbeitung als auch weil »künstliche Intelligenz« nun als Maßstab für das Verständnis natürlicher Intelligenz fungierte.

Die digitale Revolution, die noch im Zweiten Weltkrieg mit den ersten programmgesteuerten Rechenmaschinen begonnen und sich in den 1950er- und 1960er-Jahren mit der Produktion kommerzieller Computer und der Erfindung der Mikroprozessoren fortgesetzt hatte, erreichte mit der Verbreitung der PCs ab den 1980er-Jahren einen alle gesellschaftlichen Bereiche durchdringenden Aufschwung. Die exponentiellen Wachstumstendenzen bestätigten die 1965 von Gordon Moore, dem Mitbegründer der Firma Intel, die die ersten Mikroprozessoren in Serie baute, geäußerte Prophezeiung, dass sich die Leistungsfähigkeit integrierter Schaltkreise durchschnittlich innerhalb von ein bis zwei Jahren verdoppeln werde.

Diese Entwicklung verband sich eng mit neuen Ansätzen der Materialforschung,⁶⁴ die sich, aus den USA kommend, in den 1970er-Jahren auch in der MPG etablierten. Gab es bis in die 1970er-Jahre in der MPG noch Eigenentwicklungen von Computern als Forschungsinstrumenten, etwa durch den Computerpionier Heinz Billing, dominierten danach kommerzielle Hochleistungsrechner die Forschungsinfrastruktur, bis sie beginnend mit den 1980er-Jahren in einigen Bereichen teilweise durch die immer leistungsfähigeren PCs abgelöst wurden.⁶⁵

Die rasant wachsenden Möglichkeiten der Computertechnologie beflügelten nicht nur die Gentechnologie, sondern praktisch alle Wissenschaftsbereiche, in denen Datenverarbeitung eine Rolle spielte, so insbesondere die Hochenergiephysik, die Astrophysik und die Klimaforschung. Darüber hinaus erlaubten computergestützte Modellierungen auch erste Simulationen der globalen Gesellschaft, ihrer Entwicklung und ihres Ressourcenverbrauchs. Solche Simulationen waren die Grundlage für die Warnungen des Club of Rome, einer internationalen

62 Dolata, *Ökonomie*, 1996; Wieland, *Technik*, 2009.

63 Singer, *Auf dem Weg*, 1998. Siehe auch unten, Kap. III.11.

64 Siehe unten, Kap. III.4.

65 Siehe dazu unten, Kap. IV.7.5.

Gruppe von Geschäftsleuten, Wissenschaftler:innen und Politiker:innen, die 1972 auf die Grenzen des Wachstums hinwies und den globalen Umweltkollaps zum politischen Thema machte. Der mit solchen Simulationen einhergehende Planungsoptimismus, der auch in vielen anderen Hinsichten die 1970er-Jahre kennzeichnete und den Projektcharakter der zeitgenössischen Wissenschaft einschloss, legte zugleich technokratische Antworten auf erwartete Krisen wie die der Überbevölkerung nahe. Dass es nicht bei Möglichkeiten blieb, zeigt das Beispiel der brutalen Ein-Kind-Politik Chinas in den 1980er-Jahren.

Die globalen Veränderungen wurden ab den 1970er-Jahren jedenfalls aus einer systemischen Perspektive gesehen, die, wie oben ausgeführt, auch zum Erbe der Atomwissenschaft des Kalten Kriegs gehörte. Ihre programmatische Formulierung erhielt sie im 1986 veröffentlichten Bericht der NASA »Earth System Science: A Program For Global Change«. In Deutschland griff man diese Tendenz Mitte der 1980er-Jahre am MPI für Chemie auf, aus der ein einflussreicher Cluster im Bereich der Erdsystemwissenschaften entstand.⁶⁶

Mit den Amtszeiten von US-Präsident Ronald Reagan und der britischen Premierministerin Margaret Thatcher begann Anfang der 1980er-Jahre nach einer Phase des Tauwetters eine erneute Intensivierung des Kalten Kriegs. Vorausgegangen waren die Auseinandersetzung um die Stationierung atomarer Mittelstreckenraketen in Europa und die festgefahrenen Gespräche über Rüstungskontrolle zwischen den USA und der Sowjetunion. An der öffentlichen Diskussion, die sich darüber in Deutschland entzündete und zu einem Wiederaufleben der Friedensbewegung führte, nahmen auch Max-Planck-Wissenschaftler:innen prominenten Anteil.⁶⁷

Die Rückkehr des Kalten Kriegs schloss eine Stärkung des militärisch-industriell-wissenschaftlichen Komplexes durch Projekte wie den Plan für weltraumgestützte Raketenabwehrsysteme ein, die sogenannte Strategic Defense Initiative (SDI, oder »Star Wars«), die die Welt an den Rand eines atomaren Kriegs brachte.

Auch abgesehen von solchen militärisch motivierten Projekten waren die 1980er-Jahre eine Periode, in der internationale Großforschungsprojekte erneut den Ton angaben, von Mitterands europäischer Forschungsinitiative EUREKA als zivilem Gegenvorschlag zu SDI über die konkurrierenden Humangenom-Projekte bis zu den großen Teilchenbeschleunigern, wie dem 1989 am CERN in Betrieb genommenen Large Electron-Positron (LEP) Collider und dem 1990 gestarteten Hubble Space Tele-

scope, das eine neue Epoche der optischen Astronomie einleitete. Auch für die MPG veränderte sich dadurch das Umfeld, da in einigen Wissenschaftsfeldern die Beteiligung an solchen Großprojekten zur Voraussetzung wurde, um international konkurrenzfähig zu bleiben. Daneben gelangen ihr allerdings auch Durchbrüche wie Mitte der 1980er-Jahre die Entwicklung der FLASH-Technologie durch Jens Frahm am MPI für biophysikalische Chemie, mit revolutionären Folgen für bildgebende Verfahren in der medizinischen Diagnostik und Forschung.

1.3.4 Wissenschaft zwischen globalem Kapitalismus und globaler Verantwortung (1989–2002)

Als 1989 die Berliner Mauer fiel und 1991 die Sowjetunion zusammenbrach, war dies keineswegs das Ende der Geschichte und gewiss nicht der Wissenschaftsgeschichte, aber immerhin das Ende einer Konkurrenz der Gesellschaftssysteme, die zeitweise auch eine Konkurrenz der akademischen Systeme eingeschlossen hatte. An ihre Stelle trat eine neue Ära der Globalisierung der Wissenschaft, die zugleich Tendenzen zur Homogenisierung der internationalen Bildungs- und Wissenschaftslandschaft stärkte, von der Ausdehnung westdeutscher Wissenschaftsinstitutionen wie der MPG auf das Territorium der ehemaligen DDR über den 1999 begonnenen Bologna-Prozess der europaweiten Vereinheitlichung von Studiengängen und -abschlüssen bis zur Einführung des Shanghai-Ranking im Jahre 2003, bei dem jährlich 1.000 Hochschulen nach global einheitlichen, quantitativen Maßstäben geprüft und in eine Rangfolge gebracht werden.

Diese Angleichung an internationale Standards betraf auch Wissenschaftseinrichtungen in den ehemaligen Sowjetrepubliken und den Staaten des Warschauer Pakts, vor allem aber die rasch aufstrebende Wissenschaft der Volksrepublik China, mit der die MPG ab Ende der 1980er-Jahre enge Verbindungen geknüpft hatte. Diese Verbindungen trugen, zusammen mit anderen internationalen Kontakten,⁶⁸ zum Anschluss chinesischer Institutionen an den wissenschaftlichen Mainstream kapitalistischer Gesellschaften bei. Auch im Angesicht dieser Globalisierung und Homogenisierung der internationalen Wissenschaftslandschaft gelang es der MPG immer noch – bis auf einige Zugeständnisse an den Zeitgeist –, ihr Alleinstellungsmerkmal der von Staat und Wirtschaft

⁶⁶ Siehe unten, Kap. III.7.

⁶⁷ Siehe unten, Kap. IV.9.7.

⁶⁸ Siehe unten, Kap. IV.9.

unabhängigen, wenn auch nicht unbeeinflussten institutionellen Förderung von Forschung beizubehalten.

In ihrer thematischen Aufstellung und bei der Rekrutierung ihres Führungspersonals hatte sich die MPG längst aus ihrer Provinzialität befreit und zunehmend internationalisiert. Das galt allerdings nicht, jedenfalls im Verhältnis zur internationalen Konkurrenz, in gleicher Weise für die Größenordnung der ihr verfügbaren Ressourcen. Hier war sie, auch aufgrund der finanziellen Belastungen durch die Wiedervereinigung, noch mehr als zuvor auf Kooperationen im europäischen und internationalen Rahmen angewiesen. Diese boten ihr immerhin die Möglichkeit, sich in der zweiten Reihe zu beteiligen, etwa bei Großprojekten wie der Sequenzierung des menschlichen Genoms. Gelegentlich übernahm sie sogar eine ausschlaggebende Rolle aus der zweiten Reihe, wie bei der Gravitationswellenforschung, was angesichts ihrer ursprünglichen Vorreiterrolle für die Protagonisten auf diesem Gebiet dennoch enttäuschend war. Ohne die konsequente institutionelle Förderung der Gravitationswellenforschung durch die MPG über Jahrzehnte und alle personellen und konzeptionellen Brüche hinweg hätte das 2015 erfolgreiche US-amerikanische LIGO-Projekt (das Laser-Interferometer Gravitationswellen-Observatorium) viele technische Probleme nicht oder jedenfalls nicht so schnell lösen können. Zugleich gelangen der MPG insbesondere dort wissenschaftliche Erfolge abseits des Mainstreams, wo sie sich auf langfristig geförderte eigene Forschungstraditionen stützen konnte, etwa in dem bereits genannten Beispiel der Entwicklungsbiologie oder auch in der Infrarotastronomie.

Nachdem es den Eisernen Vorhang nicht mehr gab, setzten sich die bereits besprochenen Tendenzen zur Kommerzialisierung der Wissenschaft und zu immer größeren Skalen der Kooperation auf globaler Ebene fort. Auch die Antriebskräfte dieser Entwicklung blieben die gleichen: zum einen die ökonomischen Visionen und Hoffnungen, die sich mit Biomedizin und Gentechnologie verbanden, und zum anderen die Möglichkeiten für internationale Großprojekte, die mit den neuen Informationstechnologien einhergingen und die in der Hochenergiephysik und in der Raumfahrt ebenso wie in den Projekten zur Genomsequenzierung intensiv genutzt wurden.

Hatte sich nach dem Zweiten Weltkrieg der Systembegriff zu einem neuen Leitbegriff interdisziplinärer Forschung entwickelt, trat nun der Netzwerkbegriff in den Vordergrund. Er beschrieb sowohl das Organisationsprinzip von Großprojekten als auch – im Zusammenhang mit den neuen Informationstechnologien – Computernetzwerke als die wichtigste Forschungsinfrastruktur der Jahrtausendwende, die schließlich auch zu einer allgegenwärtigen neuen Arbeitswelt wurde.

Diese Entwicklungen vollzogen sich vor dem Hintergrund der weiter anhaltenden Großen Beschleunigung (und trugen zu ihr bei), was Ressourcennutzung, Umweltzerstörung, Klimakrise und das bereits seit den 1980er-Jahren sichtbare Artensterben betrifft. Im Jahr 2000 führte der bereits erwähnte Max-Planck-Forscher Paul Crutzen für diese gesamthafte Veränderung des von Menschen verursachten planetaren Zustands den Begriff Anthropozän ein, der neben Begriffen wie Klimawandel und Biodiversität ebenfalls rasch zu einem Leitbegriff an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Öffentlichkeit und Politik wurde.

Anhand des Themas der biologischen Vielfalt lässt sich das Spannungsfeld zwischen globalem Kapitalismus und globaler Verantwortung, mit dem die Wissenschaft um die Jahrtausendwende konfrontiert war, verdeutlichen. Zum einen wurde der Begriff Biodiversität Ende der 1980er-Jahre zu einem Signalbegriff des Naturschutzes, verbunden mit Forderungen nach globalen Anstrengungen, biologische Vielfalt zu erhalten und zu verwalten – Forderungen, die mit dem Erdgipfel von Rio 1992 die Ebene der globalen Governance erreichten. Zum anderen nahm in den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts die Kommerzialisierung biologischer Ressourcen rapide zu, von kommerziellen Sammlungen von Saatgut bis zur Patentierung indigener Pflanzen.

Auch die Sequenzierung des menschlichen Genoms bewegte sich in diesem Spannungsfeld. In den 1980er-Jahren zunächst von US-amerikanischen Institutionen unterstützt, erhielt sie mit Beginn der 1990er-Jahre weiteren Auftrieb durch gewaltige Investitionen des britischen Wellcome Trusts. Sowohl in den USA als auch in Großbritannien kam es schon bald zum Streit über die Frage der Patentierung von kurzen Genfrequenzen, die schließlich in die Konkurrenz zwischen einem öffentlichen und einem privaten Genomprojekt mündeten, die im Jahre 2000 gleichzeitig ihre vorläufigen Ergebnisse vorstellten.

Die Humangenom-Projekte umfassten Netzwerke von Laboratorien mit Tausenden von Wissenschaftler:innen aus sechs Ländern, an denen auch die MPG beteiligt war, und verschlangen Mittel von mehreren Milliarden US-Dollar. Doch schon bald sanken die Kosten für die Sequenzierung eines Genoms. Sequenzdaten für immer mehr Organismen wurden verfügbar. Damit war es nun möglich, den Stammbaum des Lebens auf der Erde neu zu vermessen, einschließlich der Evolution des Menschen, einem Gebiet, auf dem Max-Planck-Forscher:innen in der ersten Dekade des neuen Jahrtausends revolutionäre Durchbrüche erzielten.

Dagegen ließen die ursprünglich erwarteten biomedizinischen Durchbrüche auf sich warten. Die Hoffnungen richteten sich zum einen auf die Systembiologie und ihre

Versuche, Organismen und ihre Zellen wieder stärker gesamtheitlich zu verstehen, ein anderer, vielversprechender Ansatzpunkt war die Stammzellenforschung, die 1981 mit der Isolierung embryonaler Stammzellen aus der Maus einen ersten Durchbruch erzielt hatte, aber bis zu den 1990er-Jahren brauchte, bis menschliche Stammzellen gefunden wurden. Die Forschung an Stammzellen, die auch kommerziell eine Goldgrube zu sein versprach, löste in den frühen 2000ern international und besonders in Deutschland heftige Diskussionen aus, an denen sich auch die MPG beteiligte, die die von einigen Politiker:innen und Kirchenvertretern geforderten Restriktionen als eine Bedrohung ihrer Forschungsfreiheit betrachtete.

Eine vergleichbare Goldgräberstimmung gab es in der Physik nicht. Eine Resonanz zwischen Forschung und kommerziellen Interessen entwickelte sich am ehesten noch in der Nanowissenschaft, beflügelt unter anderem durch die Synthese von Fullerenen, einer Verbindung von 60 Kohlenstoffatomen, die in Form eines Fußballs angeordnet sind. Sie versprach weitreichende Anwendungen in der Materialwissenschaft, in der Elektronik und in der Nanotechnologie. Die Synthese dieser Moleküle gelang – nach dem prinzipiellen Nachweis ihrer Existenz in den 1980er-Jahren durch britische und US-amerikanische Wissenschaftler – 1990 am MPI für Kernphysik in Heidelberg.

Goldgräberhoffnungen nur mit Blick auf die Forschung entwickelten sich im Zusammenhang mit dem seit Mitte der 1980er-Jahre geplanten Bau des Large Hadron Colliders (LHC) am CERN, zu dem auch das MPI für Physik und Astrophysik wesentliche Beiträge lieferte. Diese Hoffnungen richteten sich zum einen auf die Entdeckung des letzten Bausteins des Standardmodells der Teilchenphysik, des Higgs-Teilchens, die schließlich 2012 gelang, und zum anderen auf Hinweise auf eine Physik jenseits des Standardmodells, die bis heute im Wesentlichen ausgeblieben sind. Die Zeit um die Jahrtausendwende war für die Fundamentalphysik äußerst ambivalent: Zum einen wurden sowohl das Standardmodell der Teilchenphysik als auch das Standardmodell der Kosmologie konsolidiert. Zum anderen stellte sich heraus, dass riesige Lücken im Weltbild der Physik klaffen, da die uns bekannte Materie nur 4,9 Prozent des Universums ausmacht, während der Rest nicht nur unverstanden ist, sondern möglicherweise auf lange Sicht einer experimentellen Untersuchung, etwa durch immer größere Beschleuniger, unzugänglich bleiben könnte.

Bereits 1993 hatte der US-amerikanische Kongress eines der ehrgeizigsten Projekte der Hochenergiephysik, den supraleitenden Supercollider, aus Budgetgründen gestrichen und damit der europäischen Forschung den gerade beschriebenen Fortschritt eingeräumt. Große, der

Grundlagenforschung gewidmete Forschungseinrichtungen boten jedoch nicht nur einzigartige Erkenntnismöglichkeiten in einem Spezialgebiet der Forschung, sondern konnten auch als Laboratorien für andere gesellschaftlich relevante Innovationen, etwa neue Formen der Zusammenarbeit, der Kommunikation und der Informationsverarbeitung, dienen. So entstand aus den Herausforderungen des Umgangs mit riesigen Datenmengen am CERN in den späten 1980er-Jahren ein Modell für die Organisation des Datenmanagements und -verkehrs, das World Wide Web. Die Entwicklung des Webs schuf in der Tat völlig neue Voraussetzungen nicht nur für wissenschaftliche Kooperationen, sondern für die Gestaltung jeglicher Art sozialer Netze, mit weitreichenden Konsequenzen für die Realwirtschaft ebenso wie für eine globale Wissensökonomie, die ungeahnte Möglichkeiten für die Distribution von Wissen bot, aber auch für seine Kommerzialisierung.

Auch in diesem Zusammenhang stand die weitere Entwicklung also im Spannungsfeld zwischen globalem Kapitalismus und globaler Verantwortung, wobei sich immer wieder engagierte Wissenschaftler:innen seit den frühen 2000ern weltweit für den offenen Zugang zu Forschungsergebnissen einsetzten. Die MPG schuf hier 2003 mit der weltweit beachteten »Berliner Erklärung über den offenen Zugang zu wissenschaftlichem Wissen« einen Meilenstein dieser Open-Access-Bewegung, die nun auch die Forderung nach offenem Zugang zum kulturellen Erbe einschloss.

In dieser Zeit verschärfte sich zugleich die Auseinandersetzung über die Existenz und die Gefahren der globalen Erwärmung. Während der dritte (2001) und der vierte (2007) Bewertungsbericht des IPCC, an dem sich auch Max-Planck-Wissenschaftler:innen federführend beteiligten, zu einem zunehmend gefestigten wissenschaftlichen Konsens über diese Gefahren führten, sollte es noch bis 2015 dauern, bis sich die internationale Staatengemeinschaft mit dem Pariser Abkommen völkerrechtlich verbindlich darauf einigte, die Erderwärmung auf deutlich unter 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen.

Während sich so der Blick auf die Fragilität unseres Planeten als menschlicher Lebensraum und auf die globale Verantwortung für dessen Erhaltung schärfte, weiteten astronomische Entdeckungen seit Mitte der 1990er-Jahre diesen Blick auf andere Welten aus. Die epochale Entdeckung von immer zahlreicheren Exoplaneten, an der die MPG keinen Anteil hatte, zeigte deutlich, dass unsere Erde kein kosmischer Einzelfall ist und dass man aus dem Vergleich mit anderen Systemen viel über unser eigenes Sonnensystem lernen kann, aber auch, dass es zur Erde als Lebensraum für die Menschheit vorläufig wohl keine Alternative gibt.