

Technologiepolitik in der Vergleichenden Politikwissenschaft

Roland Czada*

Lehrstuhl Staat und Innenpolitik, Universität Osnabrück, Osnabrück, Deutschland

Zusammenfassung

Der internationale Vergleich von Technologiepolitik zeigt signifikante Unterschiede in der Schwerpunktbildung sowie der Höhe und Struktur der Ausgaben für Forschung und Entwicklung. Sie sind von hochgradiger Pfadabhängigkeit gekennzeichnet. Außerdem trägt nur eine Minderheit hoch entwickelter Industriestaaten zur Mehrzahl technologischer Innovationen bei. Im Vergleich dieser Länder erweisen sich historisch geronnene Strukturmerkmale der Wirtschaftsorganisation und der staatlichen Technologieadministration sowie die Relation von staatlichen Subventionen zu privatwirtschaftlichen Finanzierungsanteilen als maßgebliche Determinanten der Technologiepolitik und ihrer Erfolgsbilanz.

Schlüsselwörter

Technologiepolitik; Forschung; Entwicklung; Deutschland; USA; Europäische Union; Politische Ökonomie

Technologiepolitik umfasst die Förderung von Forschung und Entwicklung, Technikfolgenabschätzung, Technikregulierung und Technikanwendung in Wirtschaft, Medizin, Militär, Verkehr, Landwirtschaft, Telekommunikation bis in weite Bereiche der privaten Lebensführung. Politik, Regierung und Verwaltung nutzen neue Technologien und sie tragen in vielfältiger Weise durch Technologiepolitik zu deren Gestaltung und Entwicklung bei. Innerstaatlich sind die Bereiche Militärtechnologie, Verwaltung, Informationsverarbeitung und nachrichtendienstliche Aufklärung besonders erwähnenswert.

1 Stellenwert und Probleme der Technologiepolitik

Technische Innovationen sind zu einer primären Quelle ökonomischer Entwicklung, sozialen Wandels und politischer Macht geworden. Mehr denn je prägen sie Kultur und Lebensweise, so wie es die Technokratiekritik der 1960er- und 70er-Jahre in zunehmendem Maß voraussah (vgl. Habermas 1968; Ellul 1964; Anders 1956, 1980; Wellmer 1969; Czada 2003). Als Technokratie beschreibt Günther Anders (1980, S. 9) „nicht die Herrschaft von Technokraten (so als wäre es eine Gruppe von Spezialisten, die heute die Politik dominierten), sondern die Tatsache, daß die Welt, in der wir heute leben und die über uns befindet, eine technische ist – was so weit geht, daß wir nicht mehr sagen dürfen, in unserer geschichtlichen Situation gebe es u. a. auch Technik, vielmehr sagen müssen: in dem »Technik« genannten Weltzustand spiele sich nun die Geschichte ab, bzw. die Technik ist nun zum Subjekt der Geschichte geworden, mit der wir nur noch »mitgeschichtlich« sind.“ Angesichts der so skizzierten historischen und gesellschaftlichen Bedeutung von Technik stellen sich Fragen nach dem Stellenwert und

*E-Mail: roland.czada@uni-osnabrueck.de

Gestaltungsoptionen von Technologiepolitik sowie daran anknüpfend, warum sie in der vergleichenden Politikwissenschaft ein nur marginal behandeltes Thema darstellt.

Im Unterschied zu den meisten Politikfeldern ist das Aufgaben- und Wirkungsspektrum der Technologiepolitik nicht klar umrissen (Bröchler 2013). Ihre programmatischen Inhalte und Anwendungsbereiche sind disparat und hochgradig spezialisiert. Die Bewertung von Nutzen und Risiken neuer Technologien beruht zumeist auf unsicheren Annahmen. Ziele der Technologiepolitik zu bestimmen und den Erfolg von Forschung und Entwicklung einzuschätzen, erfordert ein hohes Maß fachlicher Expertise und Politikberatung. Daraus resultiert ein in diesem Politikfeld besonders ausgeprägtes Verständigungs- und Vermittlungsproblem. Es besteht einmal zwischen politisch-administrativen Instanzen und den unmittelbar mit Forschung und Entwicklung befassten Institutionen und Personen, zum anderen zwischen diesen und einer breiten, von Laien dominierten Öffentlichkeit. Damit stellt sich ein für dieses Politikfeld besonders ausgeprägtes Kommunikations-, Vertrauens- und Partizipationsproblem. Technikpioniere und Erfinderpersönlichkeiten – von Nobelpreisträgern und genialen Konstrukteuren über Garagentüftler bis zu den Helden des Computer- und Internetzeitalters – sind in den seltensten Fällen institutionell formbare, politischer Steuerung zugängliche Akteure. Deren Handlungsspielraum in Verfolgung kreativer Ideen zu erhalten und zu erweitern ist ein ursprüngliches Anliegen von Technologiepolitik. Es verlangt einen Vertrauensvorschuss der Politik, unter anderem in Form minimaler bürokratischer Einschränkung.

Dem gegenüber steht der Ruf einer technikkritischen Öffentlichkeit nach Regulierung. Entsprechend hat sich die politische Befassung mit Technikrisiken von der Ebene der Anwendung auf die Regulierung von Forschung und Entwicklung ausgeweitet (Bröchler u. a. 1999). Damit sind etwa im Bereich von Bio- und Medizintechnologien neue Gremien entstanden, die im Dialog von Experten und Betroffenen der Erneuerung eines schwindenden Institutionenvertrauens dienen und generell Bewertungskompetenz erzeugen sollen. Letztlich unterliegt die Technologiepolitik neben widersprüchlichen sozialen und ökonomischen Erwartungen, Interessen und Kräften auch aufgabenspezifischen sachlichen Herausforderungen, die im internationalen Vergleich zu unterschiedlichen Problemlösungen beziehungsweise Mustern sektoraler Governance geführt haben.

1.1 Verhältnis zu benachbarten Politikfeldern

Technik als Gegenstand staatlicher Politik führt im gesellschaftlichen Diskurs ebenso wie in der Wissenschaft ein oft hinter anderen Politikfeldern verborgenes Schattendasein. Nur wenn bestimmte Technologien wie die Atomforschung auf anhaltende und breite Ablehnung stoßen, wenn sensationelle Erfindungen gemacht werden oder Technikversagen, Störfälle und Katastrophen große Aufmerksamkeit erlangen, tritt Technikpolitik – nicht selten verzerrt und in skandalisierter Form – ins Rampenlicht einer breiten Öffentlichkeit. Und selbst dann wird sie zumeist nicht als eigenständiges Politikfeld wahrgenommen, sondern als Teilaspekt der Umweltpolitik, Gesundheitspolitik, Energiepolitik, Klimapolitik, Verteidigungspolitik, Agrarpolitik, je nachdem worauf sich Innovationen beziehen und wo Technik eingesetzt wird.

Die sozialwissenschaftliche Technikforschung argumentiert grob unterteilt technikdeterministisch, wenn sie Technik als autonome und erstrangige historische Kraft begreift, oder kulturalistisch, wenn sie primär auf soziale und kulturelle Bedingungen der Entwicklung und Nutzung von Technik abhebt. Sie bewegt sich dabei in einem Spannungsfeld zwischen Fortschrittshoffnung und Technikskepsis. Begriffe wie „Steinzeit“, „Technische Zivilisation“, „Bronzezeitalter“, „Maschinenzeitalter“, „Atomzeitalter“, „Raumzeitalter“, „Technischer Staat“, „Dritte technologische Revolution“, „Digitales Zeitalter“, „Wissensgesellschaft“ oder „Informationsgesellschaft“ zeigen, dass Technik und Technikbeherrschung mehr als jeder andere historische Bezug das Denken in Epoche prägt. Mit jeder grundlegend neuen Technik

werden Potentiale der Naturbeherrschung und deren historische Triebkraft sichtbar. Dies gilt in gesteigerter Form für die technische Zivilisation der Neuzeit.

Die Gewaltausübung und Gewaltkontrolle politischer Gemeinwesen waren zu allen Zeiten technikaffin und daher auch Gegenstand von Technikpolitik. Ein gemeinsamer Nenner jeder Form von Technologiepolitik und Technikanwendung ist das ihnen eigene Moment der Naturbeherrschung einschließlich ihrer Folgen für Arbeit und Wohlstand einerseits und der Risiken für Natur und Gesundheit andererseits. Vor diesem Hintergrund wird Technik zu einem Querschnittsthema, das zahlreiche politisch-administrative Ressorts und akademische Disziplinen einschließt. Es reicht über die Naturwissenschaften weit hinaus und umfasst die Philosophie und Soziologie, den Zusammenhang von Arbeit und Technik, die praktische Ethik und Theologie sowie die Wirtschaftswissenschaften, insbesondere die ökonomische und inzwischen auch ökologische Innovations- und Wachstumsforschung.

1.2 Die dritte industrielle Revolution

Auf der Basis einer von Hilbert und López (2011) vorgelegten Auszählung der Kapazitätsentwicklung gängiger Medientechnologien zur Übertragung und Aufbewahrung von Bild, Film, Ton und Text wird angenommen, dass seit 2002 weltweit mehr Informationen digital verfügbar sind als im Analogformat. Das Datum markiert den Übergang vom Gutenbergzeitalter in eine Zukunft digitaler Medien und Kommunikationsformen. Der Begriff einer von elektronischer Datenverarbeitung bestimmten Dritten Technologischen Revolution war bereits Ende der 1980er-Jahre geprägt worden. Daniel Bell (1989: S. 164 f.) beschreibt sie als eine auf die Mechanisierung, Elektrifizierung und Chemisierung folgende industrielle Entwicklungsphase, in der Elektronik, Miniaturisierung, Digitalisierung, Computer und Softwareprodukte die Arbeits- und Lebensweisen umwälzen und dabei eine „Informationsgesellschaft“ hervorbringen. Bell sah voraus, dass Information als immaterielles Gut keine normale Handelsware darstellt. Da sie auch nach ihrer Weitergabe verfügbar und beliebig reproduzierbar bleibt, wirft sie eigentums- und handelsrechtliche Fragen auf. Information besitzt Merkmale eines öffentlichen Gutes und Tendenzen zur Monopolisierung, die mit gängigen Eigentumsverhältnissen und Marktvorstellungen nicht kompatibel sind und daher Probleme politischer Regulierung aufwerfen (Eimer 2007; Haunss 2013). Was die frühe Debatte zur Informationsgesellschaft noch nicht erahnte, ist die mit der Verbreitung von digitalen Netztechnologien einhergehende Möglichkeit einer ständigen Kontrolle der Nutzung und der Nutzer von Information.

Anders als in dem auf technische Artefakte und deren Herstellung gerichtete Technikdiskurs der frühen Nachkriegsjahrzehnte rückten spätestens mit der Jahrtausendwende immaterielle Güter, Wissen und der Umgang mit Information in den Vordergrund.¹ Die erfolgreichsten und teuersten Unternehmen der Welt besitzen keine Fabriken mehr. Der Wert von Apple, Google, Microsoft, Facebook besteht überwiegend aus Software, Konstruktionsplänen, Patenten einschließlich der Organisationsressourcen und Governance-Institutionen, die diese immateriellen Güter eigentumsrechtlich absichern. Je mehr Wissenskapital, Universitäten, Hochschulabsolventen, Patente und Unternehmen ohne Fabrikation (*fabless companies*) ein Land besitzt und je mehr es diese zu schützen weiß, eine umso größere Technikkompetenz kann es sich nun zuschreiben.² Die Software- und Halbleiterindustrie entwickelte sich so im Verein mit Informations- und Kommunikationstechnologien zum Rückgrat aller Industriebranchen.

¹Dies wird auch in der Außenhandelspolitik erkennbar. Freihandelskonflikte, wie sie im Rahmen der Doha-Runde, der TRIPS-Vereinbarung (Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights) oder der TITIP-Verhandlungen (Transatlantic Trade and Investment Partnership) zutage traten, stehen zunehmend im Zusammenhang mit geistigen Eigentumsrechten insbesondere im Bereich von Riskotechnologien, und Arzneimittelpatenten.

²Die OECD verwendet eben diese Indikatoren zur Erfolgsmessung nationaler Innovationssysteme (OECD 2015).

Nahezu jedes intelligente Produkt basiert inzwischen auf technologischen Grundfertigkeiten und Netzgütern, die in der Form von Wissenskapital auf wenige, hoch entwickelte Industriestaaten konzentriert sind. In ihnen sind die institutionelle und konzeptionelle Rahmung ebenso wie die inhaltliche Spezialisierung der Technologiepolitik höchst unterschiedlich. Dies betrifft das Verhältnis von militärischer zu ziviler Forschung und Entwicklung, Merkmale der Finanzierung und Infrastruktur (öffentlich oder privatwirtschaftlich, regional, national, supra- oder transnational), Policy-Instrumente (Programme, Subventionen, Steuervergünstigungen etc.) und die Setzung von Schwerpunkten wie zum Beispiel Luft- und Raumfahrt, Halbleiterentwicklung, Information und Kommunikation, Umwelt- und Klimaschutz, Biotechnologie, Energietechnik, Medizintechnik und eine Reihe weiterer Forschungs- und Entwicklungsfelder. Im Wesentlichen können nur die in Abb. 1 genannten OECD-Länder im internationalen Technologiewettbewerb mithalten. Hinzu kommen China und Russland sowie einige kleinere Staaten, die sich durch besonders hohe öffentliche und private Ausgabenanteile für Forschung und Entwicklung (Abb. 2) oder besondere technologiepolitische Schwerpunktsetzungen (Abb. 4) auszeichnen. Dies sind Belgien, Dänemark, Finnland, Israel, Korea, Neuseeland, Österreich, Polen und die Schweiz. Unter den weniger entwickelten Industriestaaten finden sich effektive politisch-administrative Steuerungsansätze und Leistungen der Technologiepolitik in Indien, Südafrika und Brasilien (Holtmannspötter et al. 2006; National Research Council 2010). Darüber hinaus sind Technologieförderung und Industrieforschung auch in vielen kleinen Ländern anzutreffen (Abb. 3 und 4). Sie tragen allerdings kaum zur weltweiten Wissensproduktion gemessen am Anteil triadischer Patente im Hochtechnologiebereich bei.³ Daraus folgt eine Besonderheit für die vergleichende Politikforschung: Die meisten Staaten sind technologiepolitisch, insbesondere für die Hochtechnologieentwicklung irrelevant und geraten daher nur unter bestimmten Voraussetzungen – etwa als Experimentierfeld, als Lieferant von Rohstoffen, Zulieferer für fabriklose Technologieunternehmen und Quellen von Humankapital – in das Blickfeld der vergleichenden Technologiepolitikforschung.

2 Technologiepolitik im quantitativen Ländervergleich

Der Vergleich der steuerfinanzierten *Staatsausgaben* für Forschung und Entwicklung in den zehn technologisch führenden Industrienationen offenbart einen Anteil der USA von nahezu 50 Prozent (Abb. 1). Werden die privatwirtschaftlich finanzierten Ausgaben für Forschung und Entwicklung einbezogen, ist der Anteil der USA aufgrund ihrer großen und dominanten Technologiefirmen noch höher. Dies versetzt staatliche Forschungseinrichtungen und Privatunternehmen in die Lage, sich nahezu jede global verfügbare, das heißt vor allem frei handelbare technologische Innovation bereits in einem Frühstadium anzueignen.⁴

Nach den USA erfüllen – mit deutlichem Abstand – nur noch Japan und einige europäische Länder, insbesondere Deutschland, Frankreich und Großbritannien, die institutionellen und materiellen Voraussetzungen zur Behauptung vorderer Rangplätze im globalen Technologiewettlauf. Außerhalb der OECD Welt sind in dieser Größenordnung nur Russland und China erwähnenswert. Allerdings berichten beide Länder nur Daten zu den jährlichen *Gesamtausgaben* für Forschungs- und Entwicklung. Sie sind insofern

³Der Begriff ‚Triadische Patentfamilie‘ bezieht sich auf den sowohl beim *Europäischen Patentamt*, dem *US Trademark and Patent Office* und dem *Japanischen Patentamt* für dieselbe Erfindung beantragten und gewährten Patentschutz.

⁴Der Einkauf von Technologien setzt vorhandene Kapazitäten zu deren Weiterentwicklung, einem freien Markt für Unternehmen und Patente sowie die Publikation technologierelevanter Forschungsergebnisse voraus. Tatsächlich betreiben viele Staaten ein systematisches globales Monitoring der Forschungs- und Technologieentwicklung, teils in offener Form, teils im Rahmen verdeckter, nachrichtendienstlicher Beobachtung (vgl. Everett 2013; Hannas et al. 2013; George 2014).

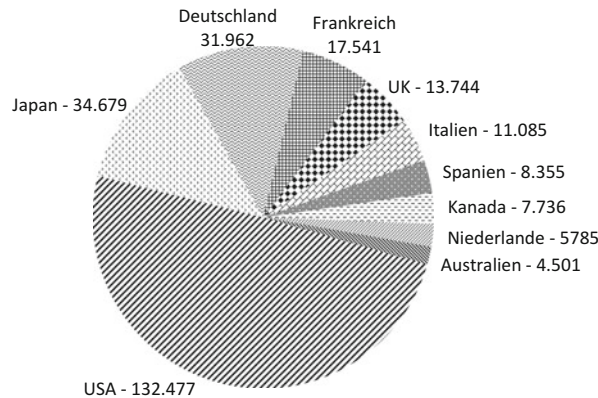


Abb. 1 Zehn OECD-Länder mit den höchsten *Staatsausgaben* für Forschung und Entwicklung (Mio. US\$-PPT – 2013).
 Quelle: OECD (http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GBAORD_NABS2007. Zugegriffen am 01.05.2015)

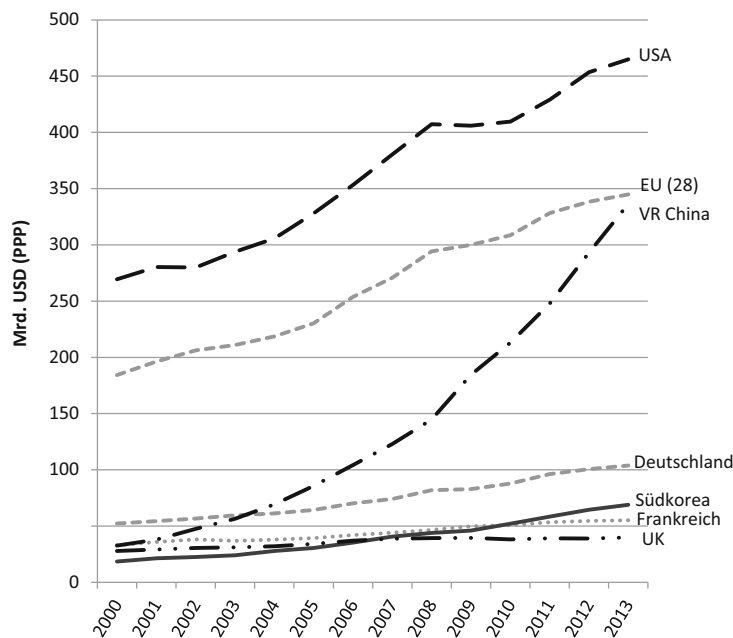


Abb. 2 Entwicklung der *Gesamtausgaben* für Forschung und Entwicklung (in Mrd. US\$-PPT). Quelle OECD (http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB. Zugegriffen am 05.07.2014). Grafik: Czada

mit den in Abb. 1 enthaltenen Staatsausgaben nicht vergleichbar. Russland beziffert seine Gesamtaufwendungen auf 41 Mrd., die VR-China auf 336 Mrd. US-Dollar (jeweils kaufkraftbereinigt 2013. OECD 2015). China hat Deutschland in dieser Kategorie bereits 2003 überholt. Das Land ist in kurzer Zeit auf den zweiten Platz der großen Forschungsnationen vorgerückt und im Begriff die Europäische Union als nach Nordamerika zweitstärkste Forschungsregion zu überholen (Abb. 2). Bei den Schaubildern Abb. 1 bis 4 ist zu beachten, dass es sich einmal um absolute öffentliche Ausgaben (*Staatsausgaben*) handelt (Abb. 1), zum anderen um absolute *Gesamtausgaben* aus öffentlichen und privatwirtschaftlichen inländischen und ausländischen Finanzierungsquellen (Abb. 2). Davon zu unterscheiden sind *relative* Größenangaben, Ausgabenanteile nach Finanzierungsquellen und Technologieschwerpunkten an der gesamten Wirtschaftsleistung (Abb. 3 und 4).

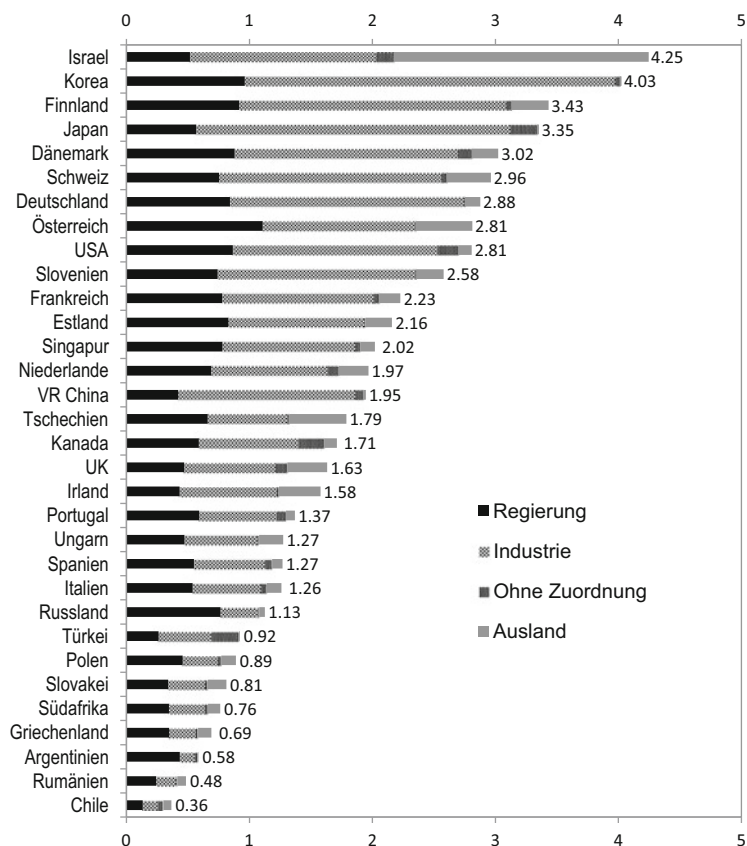


Abb. 3 Umfang und Finanzierungsquellen von Forschung und Entwicklungsausgaben (Prozentanteile am BIP 2012). Quelle: OECD: Dataset: MSTI Main Science and Technology Indicators. http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB. Zugegriffen am 29.05.2015. Grafik: Czada

Die absoluten Ausgaben für Forschung und Entwicklung täuschen darüber hinweg, dass sich auch kleine Länder als spezialisierte Hochtechnologiestandorte profilieren können. Gemessen am Prozentanteil der Gesamtausgaben für Forschung und Entwicklung am Bruttoinlandsprodukt (BIP) zeigen Israel und Korea die mit Abstand höchsten technologiepolitischen Ausgabenanteile am BIP gefolgt von Finnland und Japan (Abb. 3). Israel ist zugleich das Land in dem mehr als die Hälfte der Forschungsausgaben von ausländischen Quellen stammt, wobei der Staatsanteil vergleichsweise klein bleibt. Die höchsten staatlichen Finanzierungsanteile finden sich in Korea, Österreich und Russland (Abb. 3 und 4).

Während sich größere Industrieländer thematisch breit aufstellen können, geht die Spezialisierungsstruktur der meisten kleineren Staaten auf industriepolitische Weichenstellungen und ausgesuchte Förderprogramme zurück. So finden sich die Schwerpunkte Bio- Nano- und Umwelttechnologie in Dänemark, Kanada, Australien und Spanien. Japan lässt eine Konzentration auf Information- und Kommunikationstechnologien erkennen, während Israel und Irland auf die Bio- und Nanotechnologie im Verein mit Informations- und Kommunikationstechnologien spezialisiert sind. Abbildung 4 zeigt eine internationale Übersicht auf der Basis von Patentanmeldungen in den genannten Bereichen. Deutschland rangiert in den von der OECD als „Zukunftstechnologien“ ausgewiesenen Bereichen nur bei den Umwelttechnologien und im Klimaschutz in der Spitzengruppe.

Trends in der Erteilung von Patenten, die in Tab. IV erfasst sind, bieten eine detailreiche Quelle zur Bestimmung der Innovationkraft und Technologieentwicklung in einem Land. So besteht eine starke Korrelation zwischen der Anzahl „triadischer Patentfamilien“ und insbesondere den Aufwendungen der Industrie für Forschung und Entwicklung. Je mehr Mittel ein Land dafür einsetzt, desto besser ist seine

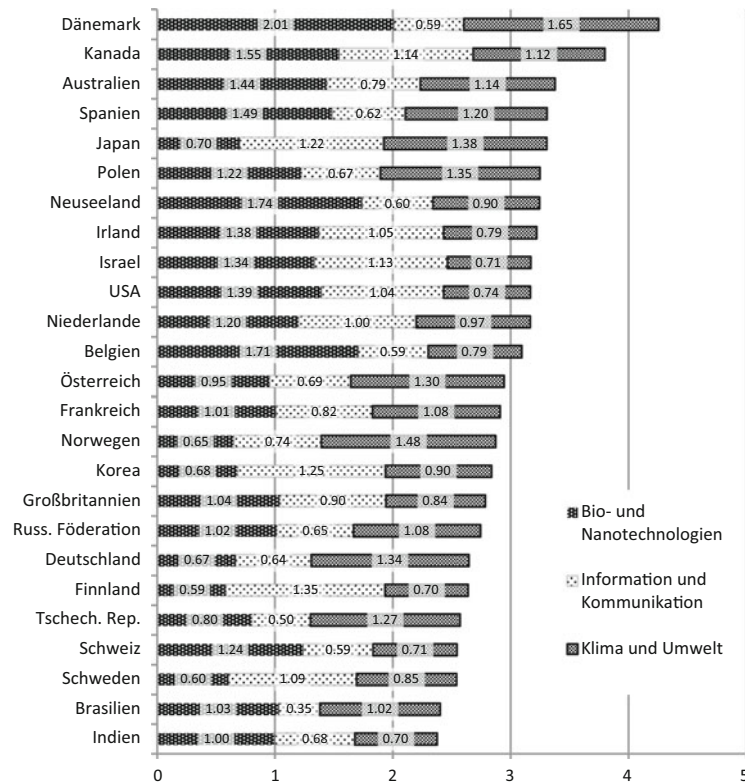


Abb. 4 Technologiepolitische Schwerpunkte in ausgewählten Zukunftsindustrien (Prozent des BIP von 2007 – 2009). Quelle OECD (2012), Revealed technology advantage in selected fields, in OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012, OECD Publishing, Paris. DOI: http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2012-table92-en. Grafik: Czada

Patentbilanz (PWC 2010, S. 17). Patente sind Indikatoren von Technologieführerschaft. Sie generieren zugleich geistige Eigentumsrechte und daraus resultierende Einkommen. Voraussetzung ist eine Technologiepolitik, die nicht nur zu Innovationen, sondern auch zur Umsetzung von Wissen in Produkte, Anwendungen und Projekte beiträgt. In der Technologiepolitik gibt es drei typische Governance-Muster, die alternativ oder in hybrider Form auftreten:

- Hohe Steuerkapazität staatlicher Technologiepolitik (Frankreich)
- Starke Selbstorganisations- und Vernetzungspotentiale der Wirtschaft (Deutschland)
- Förderung und Ansiedlung einer autonomen, privatwirtschaftlich finanzierten Industrieforschung (Israel).

Wie einzelne Länder in diesem Merkmalsraum zu verorten sind, soll zunächst in historischer Perspektive und daraufhin systematisch erörtert werden.

3 Strukturmuster und Bestimmungsgründe der Technologiepolitik

Die weitaus meisten Studien zur Technologiepolitik beinhalten detaillierte historische Fallstudien, etwa zur Kernenergie, Luft- und Raumfahrt, Halbleiterförderung etc. Daneben finden sich zahlreiche historische Analysen zum Zusammenhang von Technologie- und Zivilisationsentwicklung. Seit jeher haben sich technologische Neuerungen zum Beispiel agrarwirtschaftlicher und militärischer Art weiträumig verbreitet. Der grenzüberschreitende Transfer von Technologie und Technologiepolitik hält bis heute an,

stößt aber mit Beginn der Industrialisierung auf spezielle Hürden. Der im Bereich der Hochtechnologienentwicklung anfallende Bedarf an Anlagen- und Wissenskapital kann zwischenzeitlich nur noch von wenigen Ländern und internationalen Forschungsverbänden erbracht werden. Internationale Kooperationsprojekte führen indes nicht zur Konvergenz nationaler Innovationssysteme (Dosi 1982; Werle 2005) und institutioneller Governanceformen, wie im Folgenden gezeigt wird (Bora et al. 2010).

3.1 Die historische Dimension

Die Frage nach den sozialen, kulturellen und politischen Voraussetzungen von technischen Innovationen ist immer auch die Frage, warum sie an bestimmten Orten und zu bestimmten Zeiten gemacht wurden und in welchen wechselseitigen Zusammenhängen sie zu sehen sind. Trotz aller Kontroversen – etwa darüber, inwieweit frühe technische Fortschritte Europas in kultureller Abgeschlossenheit oder im Austausch mit den Zivilisationen des Orients verlaufen sind (Yazdani 2014) – stimmen neuere Forschungsbeiträge darin überein, dass Kultur, Politik und das Rechtswesen wesentlichen Einflüsse auf die Entwicklung und Anwendung von Technik ausübten, und zugleich von diesen beeinflusst wurden (Yazdani 2014; Landes 1998).

Der Zusammenhang von Technologie und Politik findet sich in Gestalt der Förderung und Auswirkungen von Militärtechnik in allen politischen Gemeinwesen. Ein Beispiel ist die Einführung der Hoplitenrüstung, die im griechischen Altertum zur Institutionalisierung von Wahlverfahren und damit zum Durchbruch der antiken Demokratie führte (Cartledge 1977; Salmon 1977; Bryant 1990). Das Pilum (Wurfspeer) und seine technologische Verfeinerung sind vielfach als Voraussetzung der „Weltherrschaft“ des antiken Rom beschrieben worden (Campbell 2002).

Technologiepolitik erlangte erst mit der Industrialisierung einen neuen, insbesondere ökonomischen und beschäftigungspolitischen Stellenwert. Ihre Missionsorientierung zusammen mit Aufbau von Großforschungseinrichtungen begann im und nach dem zweiten Weltkrieg. Zahlreiche technologische Durchbrüche – die Fernsehtechnik, die Radarortung, Luftfahrttechnologien wie der Düsenantrieb, ein erster Vorstoß in den Weltraum, neue Stahlsorten, die Kernspaltung und die Atombombe, Kernreaktoren, die bald nach Kriegsende für U-Bootantriebe und Kraftwerke verfügbar wurden, wirksame Antibiotika und die Verbreitung neuer Plastikwerkstoffe gehen auf Entwicklungen der Jahre zwischen 1930 und 1945 zurück. In den meisten Fällen standen massive staatliche Eingriffe und Fördermaßnahmen dahinter, die nicht nur das Kriegsgeschehen beeinflussten, sondern darüber hinaus die industrielle Nachkriegsentwicklung entscheidend prägen sollten.

Nach dem Zweiten Weltkrieg setzt sich die zu Kriegszeiten eingeschlagene „Missionsorientierung“ fort, die sich auf wenige, für besonders relevant gehaltene und prestigeträchtige Großtechnologien konzentrierte (vgl. Tab. 1). In Westeuropa entwickelten sich zu der Zeit grenzüberschreitende Technologieprojekte zuerst in der Kernenergieforschung gefolgt von der Luft- und Raumfahrtkooperation. Der Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit bestimmt ab Mitte der 1970er Jahre nicht nur die deutsche Forschungs- und Technologieförderung. Gleichzeitig beginnt eine weltweit geführte Debatte über zukunftsrelevante „Schlüsseltechnologien“. So setzte bereits in den 1970er-Jahren ein Technologiewettlauf um Fortschritte in der Halbleitertechnologie ein, den zunächst Japan, dann die USA für sich entscheiden konnten. Andere „Zukunftstechnologien“ folgten. Zu nennen wären Informations- und Kommunikationstechnologien, Biotechnologie, Materialtechnologien, Umwelttechnologien, Nanotechnologien.

Von der „klassischen Missionsorientierung“ und der Konzentration auf „Schlüsseltechnologien“ können typologisch die „systemische“, auf gesellschaftliche Funktionsbereiche und ihre Vernetzung konzentrierte Technologiepolitik sowie eine „neue Missionsorientierung“ unterschieden werden (Tab. 1). Erstere betont die sektorale Eingriffstiefe neuer Technologien, ihre transsektorale Vernetzung, die Aufnahmebereitschaft und Anpassungsfähigkeit sowie die Förderung spezifischer Transformationsverläufe in Wirtschaft und Gesellschaft (vgl. Dolata 2006). Die neue Missionsorientierung orientiert sich demge-

Tab. 1 Typen und Ansätze der Forschungs- und Technologiepolitik

Paradigma der Schwerpunktsetzung	Inhaltliche Ausrichtung	Legitimationsmuster	Institutionelle Rahmung
„Klassische“ Missionsorientierung	„Großtechnologien“: Rüstung, Luft- und Raumfahrt, Energie, Verkehrsinfrastrukturen, Gesundheitstechnologien, u. a.	Produktion von „öffentlichen“ und „meritorischen“ Gütern.	Zentrale Definition von Schwerpunkten, Schaffung von thematisch spezialisierten öffentlichen Großforschungseinrichtungen.
Industriepolitische Förderung von Schlüsseltechnologien	Informations- und Kommunikationstechnologien, Biotechnologie, Materialtechnologien, Umweltechnologien, Nanotechnologien, etc.	Unterstützung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit, behauptetes Marktversagen auf Grund von dynamischen und statischen Skaleneffekten (Größenvorteilen), große Spill-overs insbesondere von „generischen“ Technologien.	Versuch der besseren Planung, Technologievorschau, Technologiebewertung. Zunehmende Festschreibung von Schwerpunkten in „Nationalen Technologieschwerpunktprogrammen“.
Systemische Ansätze	Starke Betonung von funktionalen Schwerpunkten (Gründungsförderung, Wissenschafts-Wirtschafts-kooperationen, Regulierung etc.), Transformation von thematischen Schwerpunkten in systemischen Kontext (z. B. Cluster-Politik).	Verhinderung von „Systemversagen“ in der Interaktion unterschiedlicher Akteure und gesellschaftlicher Subsysteme.	Ausweitung der Zahl der Akteure (Finanzmarkt-Akteure, Normungs- und Regulierungsinstitutionen, Ausbildungseinrichtungen, etc.), zunehmende Ausdifferenzierung zwischen forschungs- und technologiepolitischen und fördernden/ abwickelnden Institutionen.
„Neue“ Missionsorientierung	Nachhaltige Entwicklung, Informationsgesellschaft, Klimawandel, Ökosysteme, Sicherheit, demographischer Wandel und alternde Gesellschaft, Verkehrssysteme und Mobilität.	Orientierung an gesellschaftlichen Problemlagen, versuchte Verbindung und Anwendung von systemischen Ansätzen auf die Produktion.	Einbeziehung von gesellschaftlichen Gruppen, Horizontalen Koordination und Ausrichtung von Politikfeldern auf Schwerpunkte, Erhöhung der Zahl und Vernetzung der Akteure. Ethikkommissionen.

Quelle: Gassler/Politt/Rammert 2006 mit eigenen Ergänzungen

genüber an drängenden gesellschaftlichen Problemlagen und am Ziel nachhaltiger Entwicklung als Querschnittsaufgabe. Im Vordergrund stehen Oberthemen wie Klimaschutz, Energietechnologien, Information und Kommunikation, Demographie (Tab. 1). Damit bekommen Fragen der Folgenverantwortung, sowie nicht-technische, ethische Entscheidungsgründe einen hohen Stellenwert; in Deutschland erkennbar an Einflüssen des Nationalen Ethikrats, des Rates für Nachhaltige Entwicklung, des Nationalen Innovationsrates oder der „Ethik-Kommission Sichere Energieversorgung“. Letztere traf 2011 die Vorentscheidung zum deutschen Atomausstieg und zur Energiewende. Die herkömmliche energiepolitische Interessenvermittlung und Politikberatung wurde hier durch ein öffentlichkeitswirksames Forum ersetzt, in dem neben Philosophen, Soziologen und weiteren nicht als Technikexperten ausgewiesenen Mitgliedern auch ein Bischof und ein Kardinal vertreten waren. Während zuvor Fragen der technischen Machbarkeit und Betriebssicherheit von Anlagen im Vordergrund standen, werden nun weitläufige ökologische und gesellschaftliche Wirkungen und Nebenwirkungen von Risikotechnologien zur maßgeblichen politischen Entscheidungsgrundlage.

Die hier kurz skizzierten historischen Aspekte der jüngsten Technologiepolitikentwicklung lassen sich zeitversetzt und in gradueller Abstufung nicht nur in Deutschland, sondern auch anderenorts beobachten. Policy-Orientierungen folgen über Ländergrenzen hinweg durchaus ähnlichen Zielvorstellungen. Der Transfer von Programmelementen, Diffusionsprozesse und Policy Learning sind stärker ausgeprägt als in anderen Politikfeldern. Zugleich entwickeln sich aber die administrativen Strukturen und Instrumente der Technologiepolitik pfadabhängig (Kitschelt 1994). Hinsichtlich der direkten oder indirekten Förderpolitik (Subventionen, Steuererleichterungen), der Struktur von Staat-Wirtschaftsbeziehungen, der Rolle der Universitäten, der kartellrechtlichen Behandlung von vorwettbewerblichen Forschungsverbänden, der Wettbewerbs- und Abschreibungsregeln bestehen erhebliche internationale Unterschiede (vgl. PWC 2010).

3.2 USA und EU

Gemessen am Prozentanteil der Gesamtausgaben für Forschung und Entwicklung an der wirtschaftlichen Gesamtleistung (BIP) liegen die USA nur im oberen Mittelfeld (Abb. 3). Legt man die tatsächlichen Ausgaben zugrunde, besitzen sie einen fast uneinholbaren Vorsprung vor allen anderen Ländern. Alle neueren epochalen technologischen Neuerungen kommen – teilweise im Wettlauf mit der Sowjetunion – hier zum Durchbruch: Kernkraft, Luft- und Raumfahrt, Halbleitertechnik, Internet, künstliche Intelligenz.

Bis in die 1960er-Jahre kam der Großteil der Mittel für Technologieförderung aus dem Staatshaushalt genauer dem Budget des Pentagon, des Energieministeriums und der Raumfahrtbehörde NASA. Diese aus der Kriegs- und Nachkriegsperiode vererbte Struktur veränderte sich zugunsten nichtstaatlicher Forschungs- und Entwicklung in Firmen sowie in privaten, regionalen und kommunalen Innovationsprojekten. Den USA gelang es nur sehr unvollkommen, die Technologiepolitik mit der Industrie- und Arbeitsmarktpolitik zu verbinden, obwohl die Schaffung von Arbeitsplätzen als eines ihrer Ziele betrachtet wurde (Bingaman et al. 2004). Die US-Bundesregierung begann bereits in den 1990er-Jahren diesen Policy-Mix aufzugeben. Selbst die als progressiv eingeschätzte Obama Administration zog zuletzt einen scharfen Trennstrich zwischen Innovationspolitik und Industriepolitik und bezeichnet die erstgenannte als notwendig, während letztere zu vermeiden sei.

Die Europäische Union galt lange als zweitstärkste Technologieregion nach den USA. Mit 345 Mrd. Dollar betragen die Gesamtausgaben für Forschung und Entwicklung in den 28 EU-Mitgliedsstaaten 2013 nur noch wenig mehr als die der Volksrepublik China mit 336 Mrd. US-Dollar. Die USA lagen mit knapp über 554 Mrd. US-Dollar deutlich darüber (jeweils in Dollar-Kaufkraftparitäten umgerechnete nationale Ausgaben, OECD 2015). In den vorangegangenen Jahrzehnten wurde der Vorsprung der USA gegenüber den EU-Staaten stetig größer und deren Vorsprung gegenüber der VR China dramatisch kleiner (Abb. 2). Obwohl die EU als forschungspolitischer Akteur großes Gewicht erlangte und erhebliche Förderinitiativen auf den Weg brachte, konnte sie ihrem 2000 in der „Erklärung von Lissabon“

(Europäischer Rat 2000) formulierten Ziel, Europa zum „dynamischsten und wettbewerbsfähigsten wissensbasierten Wirtschaftsraum der Welt“ zu machen, nicht näher kommen. Die Zielgröße der Gesamtausgaben der Mitgliedländer für Forschung und Entwicklung von drei Prozent des Bruttoinlandsprodukts (BIP) ist bislang (2015) nur von Finnland, Schweden und Dänemark erreicht worden (Abb. 3). Deutschland und Österreich liegen – ebenso wie die USA – knapp unter dem drei Prozent BIP-Anteil.

Die Forschungs- und Technologiepolitik erhielt bereits bei der Gründung der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) 1952 eine supranationale Rechtsgrundlage. Der Durchbruch zur Europäisierung der Technologiepolitik erfolgte mit Inkraftsetzung des Vertrags zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) 1957. Sie ist die einzige Gemeinschaftseinrichtung die seit ihrer Gründung unverändert fortbesteht. Die speziellen Euratom-Rahmenprogramme werden bis in die Gegenwart neben den später hinzugekommenen allgemeinen Forschungsrahmenprogrammen der EU fortgeführt. Sie waren 2015 mit Forschungsmitteln von mehr als drei Mrd. Euro in den Bereichen Fusionsenergieforschung, Kernspaltung und Strahlenschutzforschung ausgestattet.

Der Forschungsverbund EUREKA (*European Research Coordinating Agency*) ergänzte 1985 die gemeinschaftliche Forschungs- und Technologiepolitik der EU durch ein Programm, an dem Firmen und Forschungseinrichtungen aus 33 Ländern sowie die EU-Kommission als supranationale Instanz beteiligt sind. Anders als bei den seit Inkrafttreten der Einheitlichen Europäischen Akte 1986 aufgelegten mehrjährigen Forschungsrahmenprogrammen (wie Horizont 2020) orientiert sich EUREKA nicht an übergreifenden Themenvorgaben oder Förderrichtlinien. Die intergouvernementale Koordination obliegt jährlich stattfindenden Ministerkonferenzen sowie dem EUREKA-Sekretariat in Brüssel.

Die mehrjährigen Forschungsrahmenprogramme der EU priorisieren wissenschaftliche und technologische Ziele und wenden sich an öffentliche und private Einrichtungen der Mitgliedstaaten. Perspektivisch sind langfristiger angelegte Technologieplattformen für bestimmte Bereiche vorgesehen, beginnend mit Projekten zur „Energiewende“. Außerdem wird die Einrichtung eines Europäischen Forschungsrates zur Koordination der Grundlagenforschung angestrebt. Dabei ist das Ziel einer „Innovationsunion“ zur Sicherstellung der globalen Wettbewerbsfähigkeit der EU weniger umstritten als die Maßnahmen zu seiner Realisierung. Wie, mit welchen Technologien in welchen Feldern und mit welchen Instrumenten nachhaltiges Wachstum, neue Arbeitsplätze und Klimaschutzziele erreicht werden sollen, bleibt in der Europäischen Union höchst umstritten. Dies wird an unterschiedlichen Einstellungen etwa zur Kernkraft oder zu Biotechnologien in den Mitgliedsländern ebenso deutlich wie an der Frage nach dem für die Governance der Technologiepolitik entscheidenden Verhältnis von staatlicher Intervention und Marktsteuerung (Abb. 5). Der hohe Stellenwert von Marktschaffung und Marktregulierung bei gleichzeitiger Subventions- und Bürokratielastigkeit erwiesen sich bislang als Haupthindernis für eine aktive, langfristig angelegte, gestaltungsorientierte Integration der Europäischen Technologiepolitik, die pathologischen Anreizmechanismen und der Gefahr von Fehlallokation und Mitnahmeeffekten entgegenzuwirken imstande wäre (Kaiser 2008; Grande 1993).

3.3 Determinanten von Technologieführerschaft

Die Wettbewerbsfähigkeit eines Wirtschaftsstandorts wird heutzutage von Fähigkeiten der Informationsverarbeitung, der Kommunikation und Organisation, vom Schutz geistiger Eigentumsrechte, Konstruktionswissen und Ingenieurleistungen mehr als von seiner herstellenden Industrie bestimmt. Die dahinter liegende Vorstellung einer „Blaupausennation“ wurde bereits Ende der 1970er-Jahre von deutschen Sozialdemokraten (Horst Ehmke, Hans Matthöfer, Volker Hauff, Helmut Schmidt) vorgedacht (Hauff und Scharpf 1975; Mutert 2000) und ist – wie wir heute wissen – zuerst in den USA, namentlich im Silicon Valley, verwirklicht worden.

Bei allen Unterschieden der Governance von Technologiepolitik besitzen alle neueren technologischen Durchbrüche gemeinsame technologische Grundlagen, wie sie der russische Ökonom Nikolai Kondratieff

in seiner industriellen Zyklentheorie beschrieben hat (Kondratieff 1926). Der in den 1970er-Jahren einsetzende, fünfte Kondratieff-Zyklus umfasst die Mikroelektronik und Softwareindustrie, Information- und Kommunikation, die wiederum die Herstellung und Anwendung vieler Produkte zurückliegender Kondratieff-Zyklen revolutionierten. Kondratieff-Zyklen werden heute anhand ihrer Leittechnologien so interpretiert (Nefiodow 2006): Dampfmaschine, Schwerindustrie, Textil (I. Kondratieff 1780–1830), Eisenbahn, Stahl (II. Kondratieff 1830–1880), Elektrotechnik, Chemie (III. Kondratieff 1880–1930), Automobil, Petrochemie, Pharmazie, Atomkraft, Luft- und Raumfahrt (IV. Kondratieff 1930–1970), Mikroelektronik, Information und Kommunikation (V. Kondratieff 1970–2010), Umwelt-, Nano- und Biotechnologien (VI Kondratieff 2010–?).

Der fünfte Kondratieff-Zyklus entwickelte sich aus der Halbleitertechnik. Sein maßgeblicher Rohstoff sind Silikonkristalle, das Ausgangsmaterial der Chipproduktion und der Mikroelektronik. Warum das kalifornische „Silicon Valley“ mit tatkräftiger Unterstützung der US-Regierung zum Ausgangspunkt einer technologischen Revolution werden konnte, hat einen technologiepolitischen Hintergrund. Das 1987 von der US-Regierung initiierte SEMATEC-Konsortium (Semiconductor Manufacturing Technology) konnte die hinter die staatlich gelenkte japanische Halbleiterindustrie zurückgefallenen US-Firmen auf ein gemeinsames Forschungs- und Entwicklungsprogramm festlegen, aus dem auch die Ansiedlung zahlreicher Chipentwickler und IT-Firmen im kalifornischen Silicon Valley hervorging. Bereits Mitte der 1990er-Jahre hatte daraufhin die US-Halbleiterindustrie zur Spitzenposition zurückgefunden. 2014 hatten 14 der 25 größten fabriklosen Halbleiterfirmen (*fabless silicon IC-providers*) ihren Hauptsitz in den USA, fünf in Taiwan, zwei in China, zwei in Europa und eine in Singapur (EETimes Europe, Juni 2014).

Die Technologieführerschaft der USA wird herausragenden Eigenschaften ihres nationalen Innovationssystems zugeschrieben, bestehend aus Merkmalen der Technikregulierung, des Kapitalmarkts, der Steuerpolitik, des Eigentums- und Unternehmensrechts sowie insbesondere der Bildungs- und Forschungsinfrastruktur (PWC 2010). Zudem sind der Reichtum eines Landes, die für Forschung Entwicklung verfügbaren Ressourcen sowie die Größe nationaler Märkte entscheidende Erfolgsvoraussetzungen technischer Innovationen und Anwendung. Aufgrund ihrer hochgradig degressiven Herstellungs- und Verteilungskosten drängen Güter der Wissens- und Softwareproduktion ebenso wie Kommunikations- und Informationstechnologien zu massenhafter, weltumspannender Vermarktung. Als Netzgüter gewinnen sie erst durch die Zahl ihrer Anwender Wert und Nutzen. Die Größe des Heimatmarktes und Möglichkeiten der Penetration des Weltmarktes spielen im Bereich der Konsumelektronik und der Netzgüter eine entscheidende Rolle. Dies führt dazu, dass entsprechende Innovationen von großen Märkten angezogen und dort erprobt werden.

International vergleichende Analysen (Kitschelt 1994; Kaiser 2008; Wurster und Wolf 2011; Bauer et al. 2012) deuten darauf hin, dass einige der gängigsten *Policy-Theorien* (vgl. den entsprechenden Beitrag in diesem Band) im Fall der Technologiepolitik zu kurz greifen. Funktionalistische Sachzwänge können ihre Ansätze und Ergebnisse ebenso wenig erklären wie gesellschaftliche Interesseneinflüsse und Kräfteverhältnisse oder die parteipolitische Zusammensetzung von Regierungen. Kurzfristig wirkende politische Faktoren wirken sich kaum aus, entgegen allgemeiner Auffassung auch nicht unter dem Eindruck technischer Störfälle und Katastrophen, die nur unter bestimmten historischen und institutionellen Voraussetzungen technologiepolitische Kurswechsel bewirken können (Czada 2013). Technik-kritische gesellschaftliche Diskurse bleiben, auch wenn sie auf der Anwendungsebene Wirkung zeigen, darüber hinaus für die Forschung oft folgenlos. Dies liegt zum einen an der Langfristigkeit technologiepolitischer Programme, an deren internationalen Vernetzung und vor allem daran dass Politikziele und Programminhalte überwiegend von Experten und Verwaltungsakteuren bestimmt werden. Zudem verhindern vertragliche Bindungen und langfristige Investitionen in Technologieprojekte oft ein kurzfristiges Umsteuern.

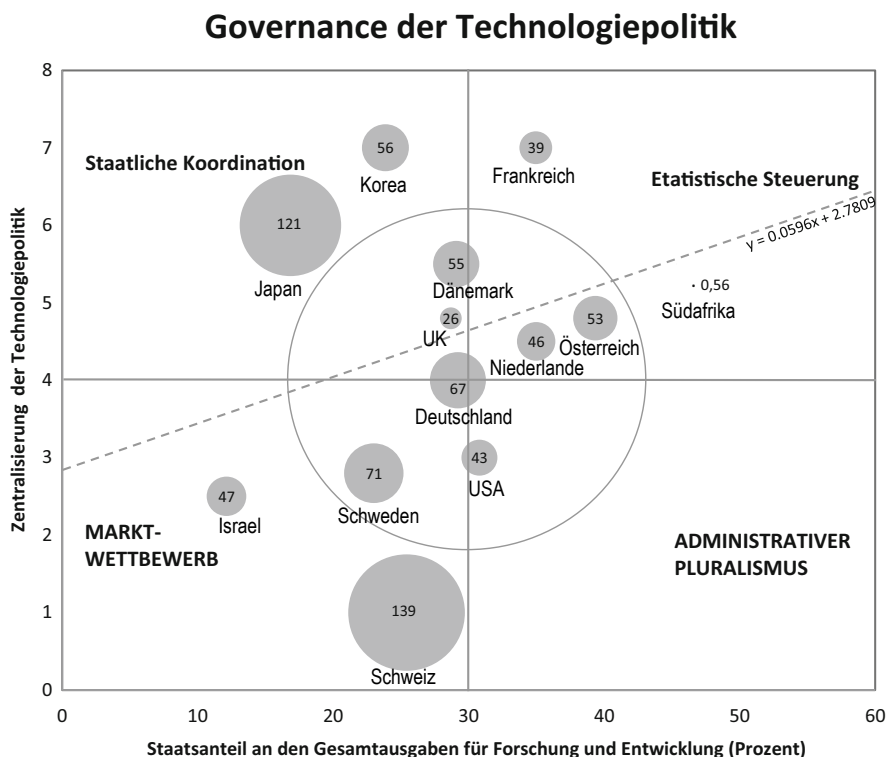


Abb. 5 Administrative Struktur, Finanzierung und Erfolgsbilanz von Technologiepolitik. Die Blasen repräsentieren die Anzahl triadischer Patente pro Million Einwohner als Erfolgsindikator der Technologiepolitik. Die Regressionslinie zeigt, dass der Staatsanteil an den Gesamtausgaben für Forschung und Entwicklung geringfügig mit Merkmalen der der politisch-administrativen Struktur zusammenhängt, wobei allerdings administrative Zentralisierung zumeist mit hohen staatlichen Ausgabenanteilen verbunden ist. Quellen: OECD 2015; NRC 2010; Kaiser 2008; Kitschelt 1994. Grafik: Czada

Im Unterschied zu Sachzwang- und Politisierungsthesen erweisen sich sektorale Governance-Strukturen und tradierte Handlungsrepertoires der maßgeblichen Eliten sowie spezifische Spielarten des Kapitalismus als erklärungskräftig. Kitschelt (1994, S. 412 ff.) identifiziert in historischen Lernprozessen geronnene Organisationsmerkmale der Wirtschaftsorganisation und der staatlichen Technologieadministration sowie das Verhältnis von staatlichen Subventionen privatwirtschaftlichen Finanzierungsanteilen als maßgebliche Determinanten von Technologiepolitik. Seine Analyse bleibt – mit aktuellen Daten unterfüttert – bis heute gültig. Die Größe der Blasen in Abb. 5 zeigt die Leistungsperformanz der jeweiligen Governance-Variante gemessen an der Zahl *triadischer Patente* pro Million Einwohner. So wird deutlich, dass die USA, obwohl in absoluter Hinsicht äußerst dominant, im standardisierten Vergleich von Erfolgskennzahlen durchaus Effizienzdefizite ausweisen. Weiterhin zeigt sich, dass einige kleinere Hochtechnologienationen ihre Ressourcen effizient einsetzen. Sie können bei entsprechender Spezialisierung global ausstrahlende Erfolge erzielen, insbesondere bei hohen Finanzierungsanteilen der Privatwirtschaft, unabhängig davon, wie stark und in welcher Weise staatliche Akteure inhaltlich auf die Technologieentwicklung einwirken.

Gemessen an ihrer *triadischen* Patentbilanz pro 1 Mio. Einwohner liegen die Schweiz und Japan mit großem Abstand vor allen anderen Ländern. Indes erreichen sie ihre Spitzenposition auf unterschiedlichen Wegen: einmal auf der Grundlage einer vergleichsweise engen kommunikativen Koppelung zwischen Staat und Großindustrie (Japan), zum anderen auf der Basis einer autonomen Industrieforschung (Schweiz). In dem Zusammenhang weist Lehner (1986, S. 255) auf Ähnlichkeiten der „politisch-ökonomischen Vermittlungsstruktur“ Japans und der Schweiz hin: Beide gelten als Beispiel für neo-korporatistische Aushandlungsmuster ohne Einbindung der Gewerkschaften (*corporatism without*

labor, vgl. Armingeon 2004). Im Unterschied zu Japan kann die Schweiz, obwohl sie über hohe Forschungs- und Entwicklungskapazitäten vor allem im Hochschulsystem und in Teilen der Industrie verfügt, keine nationale industriepolitische Strategie verfolgen. Das im Vergleich zu Japan „weitgehende Fehlen technologiepolitischer Interventionen in der Schweiz ist (. . .) nicht nur Ausdruck einer liberalen wirtschaftspolitischen Orientierung, sondern liegt in den spezifischen Restriktionen der auf einer breiten Wertberücksichtigung basierenden Konkordanzdemokratie begründet.“ (Lehner 1986, S. 255). Beiden Ländern gemeinsam ist ein vergleichsweise geringes finanzielles Engagement des Staates, und hierin unterscheiden sie sich deutlich von Ländern mit besonders hohen staatlichen Anteilen an der Finanzierung von Forschung und Entwicklung (Frankreich, Österreich, Niederlande, Südafrika, Abb. 5). Technologiepolitik, die dem Staat eine starke Koordinierungsfunktion zuweist oder – im Gegenteil – auf Wettbewerbssteuerung durch den Markt setzt, bewirkt offenbar mehr als ein dirigistischer, stark von öffentlichen Subventionen bestimmter Ansatz. Die von Wurster und Wolf (2011, S. 245) berichtete U-Kurvenrelation zwischen technologiepolitischem Erfolg und dem Grad des organisierten Kapitalismus wird insofern in der Tendenz bestätigt.

Unter Vernachlässigung weiterer, hier nicht behandelter Faktoren erscheinen die neo-korporatistische und die marktliberale Steuerungsvariante wirksamer als eine von Staatsdirigismus oder administrativem Pluralismus bestimmte Governance der Technologiepolitik, die zudem überwiegend auf direkte Subventionen von Unternehmen setzt. Insoweit trägt die Technologiepolitik Züge, die wir auch in der Politischen Ökonomie der Industriestrukturpolitik und der Einkommenspolitik finden. Auch dort zeigt sich eine U-Kurvenrelation: Transsektorale neo-korporatistische Konzertierungsnetzwerke und die ihnen eigenen Potentiale organisationsgesellschaftliche Selbststeuerung (z.B. Tarifautonomie) begünstigen industrielle Strukturanpassungen und eine moderate Lohnentwicklung. Sie führen damit zu ähnlichen Ergebnissen wie marktliberale Systeme mit pluralistischen Strukturen der Interessenvermittlung. Eine schwächere Leistungsbilanz weisen sektoral fragmentierte Governanceformen auf, in denen Schwächen des Marktes und der Organisationsgesellschaft durch staatlichen Dirigismus kompensiert werden (Czada 1983; Calmfors und Drifill 1988). Offenbar hängt die Technologieentwicklung ähnlich wie die Fähigkeit zum ökonomischen Strukturwandel und die Einkommenspolitik eines Landes nicht zuletzt von länderspezifischen politisch-ökonomischen Koordinationsstrukturen und insbesondere von der Aufgabenverteilung zwischen Staat und Wirtschaft ab.

Trotz solcher Ähnlichkeiten besteht ein wesentlicher Unterschied der Technologiepolitik darin, dass deren Gegenstand, die Technikentwicklung außergewöhnlich starke globale Bezüge aufweist. Die aus Technologiepolitik hervorgehenden Produkte, Wissensfortschritte, Patente, Anwendungen bleiben nicht auf ihre Ursprungsländer begrenzt. Technologien durchdringen über Wettbewerbsmechanismen den Weltmarkt. Das unterscheidet sie von Policies, deren Leistungen und Folgewirkungen überwiegend innerhalb einer jeweiligen Jurisdiktion anfallen etwa in sozialen Sicherungssystemen, im Bildungswesen, in den industriellen Beziehungen oder in der Infrastrukturpolitik. Der globale technologische Innovationswettbewerb führt indes keineswegs dazu, dass geistige Eigentumsrechte und die Fähigkeit, sie produktiv zu nutzen, auf eine Gleichverteilung hinausliefen. Nur wenige Länder sind in der Lage an diesem Innovationswettbewerb teilzunehmen. Zwar verzeichnen einige wenige kleinere Länder, gemessen an ihrer Einwohnerzahl, mit die höchste Zahl von Patentanmeldungen. Die Schweiz, Schweden, Finnland, Dänemark, Israel, die Niederlande und Belgien liegen nach diesem Maßstab über dem OECD-Durchschnitt (OECD 2013).⁵ Gleichwohl bleibt ihre absolute Stärke deutlich hinter den größten Forschungsnationen USA, Japan und Deutschland zurück.

⁵Zusammen repräsentieren sie acht Prozent der „triadischen Patente“, die von 1998 bis 2010 zugleich beim Europäischen Patentamt, dem US Patent Office und dem Japanischen Patentamt erfolgreich angemeldet wurden. Indes stammen von diesen 611 403 Patenten allein 447 807 aus den USA, Japan und Deutschland. Damit liegen 73,2 Prozent des für die gegenwärtige Technologieentwicklung relevantesten Wissenskaptals in nur drei Ländern.

Die Fähigkeit Technologien zu beherrschen, sie weiter zu entwickeln und als geistiges Eigentum zu behaupten, bestimmt die Wettbewerbsfähigkeit und Machtausstattung politischer Gemeinschaften. Wer dieser Einschätzung folgt, erkennt letztlich ein Bild extremer Ungleichheit, die von der sozialwissenschaftlichen Forschung bislang kaum oder nur aus der Nutzer- und Konsumentenperspektive als „Digitale Kluft“ (digital gap, digital divide) thematisiert wurde (Arnhold 2003). Die Ungleichverteilung technologischer Produktivkräfte findet demgegenüber erst jüngst im Rahmen von Patentkonflikten etwa im Arzneimittelbereich Beachtung (Eimer und Lütz 2010). Auch in dieser Perspektive zeigt sich die umfassende Bedeutung dieses ‚Politikfeldes‘ als Gegenstand nationaler und regionaler, wettbewerbsorientierter Entwicklungsstrategien und Teil der internationalen Politischen Ökonomie.

Literatur

- Anders, Günther. 1956. *Die Antiquiertheit des Menschen, Über die Seele im Zeitalter der zweiten industriellen Revolution*, Bd. I. München: C. H. Beck.
- Anders, Günther. 1980. *Die Antiquiertheit des Menschen, Über die Zerstörung des Lebens im Zeitalter der dritten industriellen Revolution*, Bd. II. München: C. H. Beck.
- Armingeon, Klaus. 2004. Major changes without regime shifts: Switzerland and Japan in comparative perspective. *Swiss Political Science Review* 10:5–30.
- Arnhold, Katja. 2003. *Digital Divide: Zugangs- oder Wissenskluft?* Reihe Internet Research, Bd. 10. München: Fischer.
- Bauer, Johannes M., Achim Lang, und Volker Schneider, Hrsg. 2012. *Innovation policy and governance in high-tech industries. The complexity of coordination*. Heidelberg: Springer.
- Bell, Daniel. 1989. The third technological revolution and its possible socioeconomic consequences. *Dissent* (Spring 1989): 164–176.
- Bingaman, Jeff, Robert M. Simon, und Adam L. Rosenberg. 2004. Needed: A revitalized national S&T policy. *Issues in Science and Technology* 20(3): 21–26.
- BMBF. 2015. *Bundesbericht Forschung und Innovation 2014*. Berlin: Bundesministerin für Bildung und Forschung.
- Bora, Alfons, Stephan Bröchler, Michael Decker, und Michael Latzer, Hrsg. 2010. *Technology Governance. Der Beitrag der Technikfolgenabschätzung*. Berlin: Edition Sigma.
- Bröchler, Stephan. 2013. Technik- und Innovationspolitik. In *Handbuch Technikethik*, Hrsg. Armin von Grunwald, 379–384. Stuttgart: Metzler.
- Bröchler, Stephan, Karsten Sundermann, und Georg Simonis, Hrsg. 1999. *Handbuch Technikfolgenabschätzung*, 3 Bände, Aufl. Berlin: Sigma.
- Bryant, Joseph M. 1990. Military technology and socio-cultural change in the ancient greek city. *Sociological Review* 38:484–516.
- Calmfors, Lars, und John Drifill. 1988. Bargaining structure, corporatism and macroeconomic performance. *Economic Policy* 3:13–61.
- Campbell, Brian. 2002. *Warfare and society in imperial Rome, C. 31 BC-AD 280*. London: Routledge.
- Cartledge, Poul. 1977. Hoplites and heroes: Sparta’s contribution to the technique of ancient warfare. *Journal of Hellenic Studies* 97:11–23.
- Czada, Roland. 1983. Konsensbedingungen und Auswirkungen neokorporatistischer Politikentwicklung. *Journal für Sozialforschung* 23:421–439.
- Czada, Roland. 2003. Staat – Technik – Leben. Risiken der technischen Zivilisation als politische Herausforderung. *Osnabrücker Jahrbuch Frieden und Wissenschaft* 10:159–176.

- Czada, Roland. 2013. Reaktorkatastrophen und Anti-Atom Bewegung. Die Auswirkungen von Three Mile Island, Tschernobyl und Fukushima. In *Fukushima. Die Katastrophe und ihre Folgen*, Hrsg. von Széll, György und Roland Czada, 263–280. Frankfurt: PL Academic Research.
- DeVries, Kelly, und Robert D. Smith. 2012. *Medieval military technology*. Toronto: University of Toronto Press.
- Dolata, Ulrich. 2006. Technologie- und Innovationspolitik im globalen Wettbewerb. Veränderte Rahmenbedingungen, institutionelle Transformationen und politische Gestaltungsmöglichkeiten. *Zeitschrift für Politikwissenschaft* 16:427–455.
- Dolata, Ulrich. 2011. *Wandel durch Technik. Eine Theorie soziotechnischer Transformation*. Frankfurt a. M.: Campus Verlag.
- Dolata, Ulrich, und Raimund Werle, Hrsg. 2007. *Gesellschaft und die Macht der Technik. Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung*. Frankfurt a. M./New York: Campus.
- Dosi, Giovanni. 1982. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy* 11:147–162.
- Eimer, Thomas R. 2007. *Zwischen Allmende und Clubgut. Der Einfluss von Free/Open Softwarepatente in den USA und in Europa*. Wiesbaden: VS Verlag.
- Eimer, Thomas R., und Susanne Lütz. 2010. Developmental states, civil society and public health: Patent regulation for HIV/AIDS vaccines in India and Brazil. *Regulation and Governance* 4:135–153.
- Ellul, Jacques. 1964. *The technological society*. New York: Knopf.
- Epstein, Steven R. 1998. Craft guilds, apprenticeship, and technological change in pre-industrial Europe. *Journal of Economic History* 58:684–713.
- Epstein, Steven R. 2000. *Freedom and growth: The rise of states and markets in Europe, 1300–1750*. London: Routledge.
- Europäischer Rat. 2000. *Lissabon-Strategie. Schlussfolgerungen des Vorsitzes*. http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_de.htm. Zugegriffen am 03.05.2015.
- Everett, Bernard. 2013. Optically transparent: The rise of industrial espionage and state-sponsored hacking. *Computer Fraud & Security* 10:13–16.
- Gassler, Helmut, Wolfgang Polt, und Christian Rammert. 2006. Schwerpunktsetzungen in der Forschungs- und Technologiepolitik – Eine Analyse der Paradigmenwechsel seit 1945. *Österreichische Zeitschrift für Politikwissenschaft* 35:7–23.
- George, Rubin. 2014. *44 years targetting and being a target, Military Communications Conference (MILCOM)*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Grande, Edgar. 1993. Die neue Architektur des Staates. Aufbau und Transformation nationalstaatlicher Handlungskapazität – Untersucht am Beispiel der Forschungs- und Technologiepolitik. In *Verhandlungsdemokratie, Interessenvermittlung, Regierbarkeit*, Hrsg. Roland Czada und Manfred G. Schmidt, 51–71. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Habermas, Jürgen. 1968. *Technik und Wissenschaft als „Ideologie“*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Hannas, William C., James Mulvenon, und Anna B. Puglisi. 2013. *Chinese industrial espionage: Technology acquisition and military modernization*. London/New York: Routledge.
- Hauff, Volker, und Fritz W. Scharpf. 1975. *Modernisierung der Volkswirtschaft. Technologiepolitik als Strukturpolitik*. Köln/Frankfurt am Main: Europäische Verlagsanstalt.
- Haunss, Sebastian. 2013. *Conflicts in the knowledge society: The contentious politics of intellectual property*. Cambridge: CUP.
- Hilbert, Martin, und Priscila López. 2011. The world's technological capacity to store, communicate, and compute information. *Science* 332:60–65 (Materialienband: <http://www.sciencemag.org/content/suppl/2011/02/08/science.1200970.DC1/Hilbert-SOM.pdf>).

- Holtmannspötter, Dirk et al. 2006. *Aktuelle Technologieprognosen im internationalen Vergleich*. Reihe „Zukünftige Technologien“ Nr. 58. Düsseldorf: VDI Technologiezentrum.
- Kaiser, Robert. 2008. *Innovationspolitik. Staatliche Steuerungskapazitäten beim Aufbau wissensbasierter Industrien im internationalen Vergleich* (Münchner Beiträge zur politischen Systemforschung, Bd. 1). Baden-Baden: Nomos.
- Keller, Matthew R., und Block Fred. 2015. Do as I say or as I do? US innovation and industrial policy since the 1980s. In *development and modern industrial policy in practice: Issues and country experiences*, Hrsg. Jesus von Felipe, 219–246. London: Edward Elgar Publishing.
- Kitschelt, Herbert. 1994. Technologiepolitik als Lernprozess. In *Staatsaufgaben*, Hrsg. von Grimm Dieter, 391–426. Baden-Baden: Nomos.
- Klodt, Henning. 1987. Wettlauf um die Zukunft: Technologiepolitik im internationalen Vergleich. *Kieler Studien* 206. Kiel: Institut für Weltwirtschaft.
- Kondratieff, Nicolai. 1926. Die langen Wellen der Konjunktur. *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik* 56:573–609.
- Krieger, Wolfgang. 1987. Zur Geschichte von Technologiepolitik und Forschungsförderung in der Bundesrepublik Deutschland: Eine Problemskizze. *Vierteljahreshefte für Zeitgeschichte* 35:247–271.
- Landes, David S. 1969. *The unbound Prometheus: Technological change and industrial development in western Europe from 1750 to the present*. Cambridge/New York: Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Landes, David S. 1998. *The wealth and poverty of nations: Why some are so rich and some so poor*. New York: W.W. Norton.
- Lehner, Franz. 1986. Strukturen und Strategien der Technologiepolitik. Eine vergleichende Analyse. In *Politik und die Macht der Technik*, Hrsg. Hartwich Hans-Hermann, 242–263. Wiesbaden: VS.
- Mumford, Lewis. 1934. *Technics and civilization*. New York: Harcourt, Brace & Company.
- Mutert, Susanne. 2000. *Grossforschung zwischen staatlicher Politik und Anwendungsinteresse der Industrie (1969–1984)*. Campus: Frankfurt/M.
- National Research Council. 2009. *Technology policy, law, and ethics regarding U.S. acquisition and use of cyberattack capabilities*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. 2010. *S&T strategies of six countries: Implications for the United States standing committee on technology insight-gauge, evaluate & review*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nefiodow, Leo A. 2006. *Der sechste Kondratieff*, 6. Aufl. Sankt Augustin: Rhein-Sieg-Verlag.
- OECD. 2013. Patente. In *Die OECD in Zahlen und Fakten 2013: Wirtschaft, Umwelt, Gesellschaft*. Paris: OECD Publishing. doi: <http://dx.doi.org/10.1787/factbook-2013-62-de>.
- OECD. 2015. *Main Science and Technology Indicators*, Vol. 2014/2. Paris: OECD Publishing. doi: <http://dx.doi.org/10.1787/msti-v2014-2-en>
- Prange, Heiko. 2006. *Wege zum Innovationsstaat. Globalisierung und Wandel nationaler Forschungs- und Technologiepolitiken*. Baden-Baden: Nomos.
- PWC. 2010. *Innovation government's many roles in fostering innovation*. London: PricewaterhouseCoopers.
- Salmon, John. 1977. Political Hoplites? *Journal of Hellenic Studies* 97:84–101.
- Scherzinger, Angela. 1998. Die Technologiepolitik der Länder in der Bundesrepublik Deutschland – Ein Überblick. *DIW Diskussionspapier* 164. Berlin: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Streb, Jochen. 2003. *Staatliche Technologiepolitik und branchenübergreifender Wissenstransfer: Über die Ursachen der internationalen Innovationserfolge der deutschen Kunststoffindustrie im 20. Jahrhundert*. Berlin: Akademie Verlag.
- Wellmer, Albrecht. 1969. *Kritische Gesellschaftstheorie und Positivismus*. Frankfurt/M: suhrkamp.

- Werle, Raimund. 2005. Institutionelle Analyse technischer Innovation. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 57:308–332.
- Wurster, Stefan, und Frieder Wolf. 2011. Die Arbeitsteilung in der F&E-Politik und ihre Performanzwirkung. *Zeitschrift für Vergleichende Politikwissenschaft* 5:225–252.
- Yazdani, Kaveh. 2014. Modernity and the ‚Decline of the East‘: The cases of Gujarat and Mysore – 17th to 19th century. Diss. Universität Osnabrück: Sozialwiss. Fakultät.