

Ambivalenzen im Kern der wissenschaftlich-technischen Dynamik

Ergänzende Anforderungen an eine Theorie der Technikfolgenabschätzung

Wolfgang Liebert, Institut Sicherheits- und Risikowissenschaften, Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien, Borkowskigasse 4, 1190 Wien (liebert@boku.ac.at)

Jan Cornelius Schmidt, Fachbereich Gesellschaftswissenschaften, Hochschule Darmstadt, Haardtring 100, 64295 Darmstadt (jan.schmidt@h-da.de)

52

In diesem Beitrag schlagen wir die Ambivalenzanalyse als ein zentrales Element für eine Theorie der Technikfolgenabschätzung (TA) vor. Sie ergänzt klassische Eckpfeiler der TA – Folgenorientierung, Beratungsbezug und Wissenschaftlichkeit (Grunwald 2007) – um zentrale Aspekte einer soliden Diagnose der jeweiligen aktuellen sozio-technowissenschaftlichen Lage. Wir argumentieren, dass eine Ambivalenzanalyse, in Zusammenschau mit einer geeigneten Technikcharakterisierung, Antworten auf die Herausforderungen der zunehmend dynamischen Entwicklungen in den Technowissenschaften bieten kann, die sich zum neuartigen Typus nachmoderner Technik verdichten. Es gilt, eine radikale Frühzeitigkeitsorientierung von TA insbesondere am wissenschaftlich-technischen Kern technowissenschaftlicher Entwicklungen und Visionen wirksam werden zu lassen.

Ambivalences at the core of the scientific-technological dynamic Additional requirements for a conceptual foundation of TA

In this paper, we propose ambivalence analysis as a central element of the conceptual foundation of technology assessment (TA). Ambivalence analysis complements classical cornerstones of TA – assessing impacts, complying with scientific standards, and providing policy advice (Grunwald 2007) – in order to enable a sound diagnosis of the current situation of the socio-technoscientific advance. We argue that ambivalence analysis, which should include an appropriate technology characterization, can provide answers to the challenges of the increasingly dynamic development of the technosciences which are most prevalent in a novel type of technology, the “late-modern technology”. A radical early-stage orientation of TA should focus in particular on the scientific-technological core of technoscientific developments and visions.

Keywords: *theory of TA, ambivalence analysis, technology characterization, early-stage orientation of TA, late-modern technology, prospective TA*

Ambivalenzanalyse

Dass wissenschaftsbasierte Technik in ihrem technisch-materiellen Kern – und nicht erst im gesellschaftlichen Nutzungs- und Wirkungszusammenhang – ambivalent ist, wird seit Mitte des 20. Jahrhunderts wahrgenommen und thematisiert. Schon 1964 schreibt Carl-Friedrich von Weizsäcker, die Wissenschaft sei „ein zweischneidiges Schwert“ (Weizsäcker 1964, S. 13–14). Er macht deutlich: „Wer aber die Tatsache der Ambivalenz sieht, der hat den ersten Schritt aus ihr heraus getan. [...] Wer hingegen die Zweideutigkeit nicht sieht, ist ihr hoffnungslos verfallen.“ (ebd., S. 197) Die Technikfolgenabschätzung hat dies insoweit aufgegriffen, als sie eine „Anerkennung der Ambivalenz“ als eine Folge der Nebenfolgenproblematik beschreibt (Grunwald 2002, S. 29). Allerdings bezieht sie sich dabei im Wesentlichen auf die Folgen: Die Folgen sind ambivalent, insofern – neben den intendierten Folgen und Wirkungen – auch nicht-intendierte (Neben-)Folgen auftreten. Unklar bleibt dann, wie tief die Ambivalenz im wissenschaftlich-technischen Kern lokalisiert wird und ob man nicht eine tiefgründigere Theorie der Technowissenschaften benötigt. So artikuliert Jacques Ellul: „Ambivalence is [...] a basic feature of technical progress. [...] [T]he positive and negative effects lie intrinsically in the very constitution of the technical universe and in all technique.“ (Ellul 1990, S. 38–39)

Ab den 1960er- und bis in die 1990er-Jahre haben sich immer wieder Stimmen zu Wort gemeldet, die Ambivalenzphänomene als schicksalhaft und unausweichlich klassifizieren. Ähnlich pessimistisch wie Ellul ist Günther Anders, der bereits

1963 ausführte: „Naturwissenschaftliche Forschung ist wesensmäßig zur Zweideutigkeit verurteilt, wesensmäßig janusköpfig [...]. [E]s wäre naiv zu glauben, wir könnten die Janusköpfigkeit, nachdem wir sie entdeckt hätten, wie einen Schmutzpfleck fortreiben und dann, [...] ohne weiterer Zweideutigkeit ausgesetzt zu bleiben, unseren Aufgaben nachgehen.“ (Anders 1972, S. 150 f.) Zygmunt Bauman sieht die – allgemein mit der Moderne, aber gerade auch mit der technologischen Entwicklung verbundene – Ambivalenz als nicht eliminierbares Abfallphänomen der Moderne, die sich doch stets um Schaffung und Erzeugung von Ordnung und Eindeutigkeit bemüht habe: „Wenn die Moderne es mit der Erzeugung von Ordnung zu tun hat, dann

Wesentlich für die in diesem Papier geforderte *Ambivalenzanalyse* sind daher Fragen nach konkret erkenn- und beschreibbaren Ambivalenzphänomenen, insbesondere in der (entstehenden) Technik selbst, nach ihrem unausweichlichen oder bedingten Auftreten sowie nach ihrer real aussichtsreichen (zumindest teilweisen) Vermeidbarkeit oder ihrer Unvermeidbarkeit. Eine Ambivalenzanalyse fragt somit nach der Gestaltbarkeit von untersuchten Technologien, nach ihrer Fehlerfreundlichkeit und nach der Tiefenwirkung von Ambivalenzen. Dabei muss unterschieden werden, ob einzelne oder mehrere Ambivalenzaspekte bzw. ob singuläre oder multiple Ambivalenztypen eine Rolle spielen.

*Ambivalenzen können heute schneller ihre Wirksamkeit entfalten,
da die Differenz zwischen Grundlagenforschung
und Technikentwicklung immer mehr verschwindet.*

ist Ambivalenz der *Abfall der Moderne*“ (Bauman 1995, S. 34). Alles (wissenschaftsbasierte und technikzentrierte) Trennen, Ordnen und Klassifizieren – mit dem Ziel der Beseitigung von Ambivalenz – trage den Keim der Unordnung und einer spiralenförmig wachsenden Kette wieder- oder weiterentstehender Ambivalenzen in sich. Ähnlich prononciert Günter Ropohl, dass die fortschreitende Technisierung inhärent mit nicht eliminierbaren, wohl aber gestaltbaren „wachsenden Ambivalenzen“ verbunden sei (Ropohl 1996, S. 57).

Pessimistische Sichtweisen der Ambivalenz lassen sich tatsächlich in Teilbereichen der wissenschaftlich-technologischen Fortentwicklung bestätigen. So sind beispielsweise vielfältige Ambivalenzen im Bereich der Nukleartechnologien tief im Kern der Technologie verankert. Versuche der Linderung enden in der Generierung von Ambivalenzspiralen – und eine Gestaltbarkeit erscheint aussichtslos (Liebert 1999; Liebert 2016). Aber Technikfolgenabschätzung sollte gewiss differenzieren und da, wo es möglich erscheint, nach gangbaren Gestaltungsoptionen zum Umgang mit der Ambivalenz suchen.

Von sozialwissenschaftlicher Seite ist der Begriff der Ambivalenz demgegenüber immer wieder im Kontext einer Theorie reflexiver Modernisierung in einem Atemzug mit Ungewissheit, Unsicherheit und Uneindeutigkeit (Beck et al. 2004) oder als Platzhalter für Widersprüchlichkeiten im politischen System der Entscheidungen über Technik verwendet worden. In der zehn Jahre zurückliegenden Theoriedebatte, wie sie in dieser Zeitschrift geführt wurde (TATuP 2007, 2008), spiegelt sich dies deutlich wider. Diese semantische Erweiterung des Begriffs hat dazu geführt, dass die spezifischen Ambivalenzen der wissenschaftlich-technischen Entwicklung nicht mehr gesehen und ernst genommen werden. Solcherart Ambivalenzen, die im Kern der Technik liegen, sind aber entscheidende Ursachen für das Auftreten von ungewollten oder nachteiligen Folgen.

Carl Friedrich von Weizsäckers Variante des Ambivalenzbegriffs schließt die Ambivalenz im Kern der wissenschaftlich-technischen Dynamik mit ein: „Ambivalenz nennen wir die Erfahrung, dass wir, gerade wenn wir etwas Angestrebtes erreicht oder verwirklicht haben, entdecken müssen, dass es eigentlich nicht das Angestrebte, sondern vielleicht sogar dessen Verhinderung war.“ (Weizsäcker 1977, S. 80 ff.) Ausgehend von der Erfahrung an der Forschung Beteiligter schlägt Weizsäcker eine Analyse der Ambivalenz vor, zunächst auf der Ebene der naturwissenschaftlich-technischen Kausalitäten, dann aber auch in Hinblick auf Gesellschaft – und schließlich das gesellschaftliche Gefüge und ihre Dynamik einbeziehend.

Ziel sollte sein, Ambivalenzen wahrzunehmen und mit diesen umzugehen. Denn die Wahrnehmung von Ambivalenzen und die Analyse der konkreten Ambivalenzphänomene ist – entgegen ihrer auch heute noch vorzugsweisen ‚Verdrängung‘ im wissenschaftlichen Alltag – notwendig, um eine adäquate Bewertung und Gestaltung der wissenschaftlich-technischen Dynamik zu ermöglichen. Natur- und Technikwissenschaftler benötigen hierfür Informationen, Analysen und Einschätzungen. Oftmals sind sie auf sich selbst gestellt; die Informationen, die ihnen vorliegen, haben nicht genügend Qualität, Vielfalt und Tiefe. Dennoch können und sollten sie zur Generierung relevanter Informationen maßgeblich beitragen. Gleiches gilt für die gesellschaftlichen Akteure und Entscheidungsträger – insbesondere wenn es um Forschungsförderung, Auswahl und Konkretisierung von Zielsetzungen oder Anvisierung von Technikeinsatz geht.

Hier liegt eine zentrale Aufgabe für die Technikfolgenabschätzung: die Wahrnehmung, Benennung und Analyse von Ambivalenzen in Technikgenerierungsprozessen – gerade auch im Forschungsprozess selbst –, so dass die Ambivalenzen wissenschaftlich und gesellschaftlich bearbeitbar werden sowie wis-

senschaftlich-technische und soziale Gestaltungsprozesse eingeleitet werden können. Verschärfend tritt heute die zunehmende technowissenschaftliche Dynamik hinzu, in der die früher gesehene Unterscheidungsmöglichkeit zwischen Grundlagenforschung und Technikentwicklung immer mehr verschwindet, so dass frühzeitig angelegte Ambivalenzen schneller ihre Wirksamkeit entfalten können und nachsorgende Korrektur- bzw. Gestaltungsversuche kaum noch gelingen können.

Deshalb sollte, so unser Vorschlag zur Theoriedebatte der TA, Ambivalenzanalyse ein zentraler und expliziter Bestandteil von TA sein. Sie ist die Voraussetzung dafür, dass „TA als Katalysator bei Prozessen gesellschaftlicher Selbstberatung“ über Technisierungsprozesse, die zu Bewertungen führen, wirksam werden kann und dass TA die „demokratische Auseinandersetzung darüber, welche Formen der Technisierung denn gewollt werden können“ (Bösch 2008, S. 102) unterstützt. Nur auf dieser Basis können Gestaltungsprozesse in der Technikgenerierung – auch durch bewusste Forschungsförderung – ermöglicht werden und gelingen.

Ambivalenztypen und Technikcharakterisierung

Ambivalenz wurzelt im wissenschaftlich-technischen Kern, sie zeigt sich in unterschiedlichen Arten und Weisen, d. h. in Typen, die unterschiedliche gesellschaftliche Auswirkungen und Folgen haben. Daher erscheint es uns an dieser Stelle angebracht, eine Typisierung von Formen der Ambivalenz für die TA-Arbeit vorzunehmen:

Wirkungs-Folgen-Ambivalenz meint Widersprüche zwischen eigentlich angestrebten oder als „gut“ bewerteten Wirkungen einerseits, und auftretenden oder erwarteten unerwünschten oder als „schlecht“ bewerteten Folgen oder Risiken, die in der Technik angelegt sind andererseits. Klassisches Beispiel ist die Kernenergie, während aus jüngerer Zeit an den ambivalenten Charakter der Biotreibstoffe oder Biokunststoffe der ersten Generation zu denken wäre, mit denen eigentlich positive Wirkungen für den Klima- oder Umweltschutz angestrebt waren.

Janusköpfigkeit oder Dual-Use-Ambivalenz meint eine Zweischneidigkeit von unterschiedlich zu bewertenden, gleichzeitig auftretenden Effekten, Wirkungen bzw. Möglichkeiten, die intrinsisch mit einer Technologie verbunden sind. Prominente Beispiele sind hier: Urananreicherungstechnologie, die sowohl für Kernbrennstoff- als auch für Waffenstoffproduktion einsetzbar ist; Satellitentechnologie, die für Erdkundung und zugleich für militärische Kriegsplanung einsetzbar ist; BigData-Technolo-

gien für gesundheitspolitisch förderliche Planungsprozesse, die gleichzeitig den ‚gläsernen Patienten‘ erzeugen. Die Janusköpfigkeit ist insbesondere dann kritisch zu analysieren, wenn zivil-militärische Dual-Use-Konzeptionen in Forschungsprogrammen implementiert werden (Liebert 2013). In Zeiten massiver quantitativer und qualitativer Aufrüstungsdynamik, verbunden mit wachsender Proliferationsgefahren im Bereich von Massenvernichtungswaffen und ihren Trägersystemen, ist die Janusköpfigkeit von hoher Relevanz.

Ambivalenz des Erfolgs zeigt sich darin, dass über die Erfolgsgeschichte eines massenhaft industriell verfügbaren technischen Produkts, die bereits in der Technologie angelegten problematischen Aspekte zum Durchbruch kommen. Hans Jonas – „Die Gefahr liegt [...] im Erfolg.“ (Jonas 1987, S. 42 ff.) – hat diesen vielfach vernachlässigten Typ der ‚Nebenfolgen‘ ins Spiel gebracht. Ein Beispiel stellt die Erfolgsgeschichte des Automobils dar: Verkehrstopfer, umwelt- und gesundheitsschädliche Emissionen, immer problematischer werdende Ölförderung und -nutzung, Beitrag zum Klimawandel. Ein einzelnes Automobil wäre unproblematisch, aber aus dem quantitativen Erfolg ist eine qualitativ neue, nämlich ambivalente Situation entstanden, die bereits in der Technologie selbst angelegt war. Ein anderes Beispiel ist der in den letzten beiden Jahrhunderten massiv wachsende Einsatz fossiler Energietechnologien, die schließlich zu erheblich wachsenden Problemen vom Bergbau bis zur Klimagasproblematik geführt haben. Eine weitere aktuelle Problematik deutet sich hinsichtlich der Ressourcenabhängigkeit einer global massiven Ausbaufähigkeit bestimmter Formen solarer Energietechnologien an.

Ambivalenz der Versprechungen und der Rhetorik (bzgl. der Realisierbarkeit) zeigt sich unter anderem in der Förderung von Forschung, die zunehmend von Erwartungen an die erhoffte Nutzbarkeit der Ergebnisse abhängig ist. Fragwürdig ist vielfach, ob die versprochenen positiven Ergebnisse tatsächlich erreicht werden können. Sind die versprochenen technischen Potenziale hinsichtlich ihrer Realisierbarkeit wissenschaftlich gedeckt? Als Beispiel kann das Versprechen hinsichtlich eines vermeintlich „sauberen“ Fusionsreaktors als förderungswürdige Zukunftstechnologie genannt werden. Versprochene Vorteile herbizid-

Ambivalenzanalyse sollte ein zentraler und expliziter Bestandteil von TA sein.

resistenter, gentechnisch veränderter Nutzpflanzen entpuppen sich – trotz frühzeitiger Warnungen – 20 Jahre nach der Einführung im Feld als nicht gegeben. Aktuelle medizinische Versprechungen mittels therapeutischem Klonen auf der Basis von *genome editing* machen derzeit die Runde. Auch die Synthetische Biologie liefert erhebliche Versprechungen für eine qualitativ andere Biotechnologie, die fast beliebige Biosubstanzen mit gewünschten Funktionalitäten erzeugen könne. Die Ambivalenz

liegt jeweils in Widersprüchen zwischen Versprechungen und tatsächlich antizipierbaren Potenzialen.

Ambivalenz der Wirkungen zeigt sich unter anderem in der Frage, ob die angestrebten Wirkungen von neu entwickelten Technologien überhaupt gesellschaftlich akzeptabel und auf breiter Basis wünschenswert sind. Sind sie eindeutig positiv oder negativ bewertbar? Die wissenschaftlich-technische Realisierung von Wirkungen kann mit gleichzeitig und unvermeidlich auftretenden materiellen weltverändernden Wirkungen verbunden sein, oder mit immateriellen (psychisch, sozial, kulturell) gesellschaftsverändernden Wirkungen, die nicht ohne weiteres unter dem Folgen-Terminus subsummiert werden können. Auch ein systematisches Nichtwissen über erhebliche miterzeugte Veränderungen in der Welt kann eine Rolle spielen. Beispiele wären neuartige Waffensysteme, neuere Verfahren der Reproduktionsmedizin sowie der propagierten „personalisierten“ Medizin oder die Technologie der *gene drives*. Dies legt auch Fragen danach nahe, ob ein bestimmtes technisches Herangehen überhaupt zielführend ist, oder ob nach weniger technischen bzw. sogar nach nichttechnischen Alternativen zu suchen wäre, um spezifische gesellschaftliche Zielsetzungen zu erreichen?

Die Vielfalt der genannten Typen macht deutlich, dass die Untersuchung von Ambivalenzen losgelöst von der jeweiligen Technik nicht gut zu leisten ist. Insofern bedarf eine detaillierte Ambivalenzanalyse einer geeigneten Technikcharakterisierung. Die Technikcharakterisierung kann zu einer frühzeitigen Einschätzung möglicher Ambivalenzen beitragen, bevor wissenschaftlich überprüfbar Ursache-Wirkungs-Ketten im Detail geklärt werden können. Im Folgenden schlagen wir eine entsprechende (nicht völlig überschneidungsfreie) Technologietypisierung vor, die innerhalb einer breiteren Theorie-Diskussion der TA-Community weiterentwickelt werden sollte. Ein Fernziel wäre es, herauszuarbeiten, welche Technologietypen welche Arten von Ambivalenzen antizipieren lassen.

Risikotechnologien sind gekennzeichnet durch ein hohes Katastrophenpotenzial im Falle des Versagens oder des Gebrauchs bzw. durch extreme und langanhaltende oder irreversible Versagens- oder Nutzungsfolgen. Als klassische Beispiele können Atomkraft und Kernwaffen angeführt werden. Ebenso zählen dazu Technologien unter Nutzung von Klassen persistenter Stoffe wie FCKWs oder PCBs mit erheblichen, langfristig schädigend wirksamen chemischen oder biochemischen Eigenschaften in der Umwelt.

Zu *Technologien mit hoher Eingriffstiefe und Wirkmächtigkeit innerhalb von Naturprozessen* (Gleich et al. 2013) zählen jene mit potenziell weitreichenden Wirkungsketten in Raum und Zeit, die extreme Wirkungen oder Folgen haben können und insbesondere schwer rückholbare oder irreversible Veränderungen zeitigen sowie jene, deren Problematik im Falle von Fehl-Wirkungen oder nichtintendierten massiven Folgen besonders ersichtlich werden können. Als aktuelle Beispiele kann die derzeit verfolgte Technisierung von *gene drives* bzw. *mutagenen Kettenreaktionen* auf der Basis von Methoden des *genome editing* genannt werden oder Projekte, die auf synthetisch erzeugte

oder modifizierte, autonom agierende und sich replizierende Organismen abzielen.

Technologien mit transformativer Kraft haben eine tiefgreifende gesellschaftliche Veränderungskraft – oder sollen diese zumindest besitzen. Gesellschaftliche Transformationsprozesse können damit tendenziell ausgelöst, unterstützt oder erreicht werden. Ein Beispiel könnte Big Data bzw. das *ubiquitous computing* sein, aber auch herkömmliche Infrastrukturtechnologien, etwa das Mobilitätssystem. Dezentrale solare Energietechnologien wurden als programmatisch angesehen, um neue Wirtschaftsweisen gegen zentrale Versorgungsstrukturen gesellschaftlich durchsetzungsfähig zu machen. Technologien im Zusammenhang mit aktuellen Programmatiken der Bioökonomie könnten bei Ausrichtung an den UN-Nachhaltigkeitszielen (SDGs) einen Abschied von fossilen Kohlenwasserstoffen als Basis der Energieversorgung und der modernen chemischen Industrie und damit radikale Transformationsprozesse des Industriesystems (mit)bewirken.

Diese Technologietypisierung in Hinblick auf die Wahrnehmung und Analyse von Ambivalenzphänomenen ist gewiss zu ergänzen. Dies gilt insbesondere, wenn aktuelle Entwicklungen in der technowissenschaftlichen Dynamik genauer in den Blick genommen werden. Wir sehen hier einen Trend zu einer *nachmodernen Technik* (Schmidt 2015, S. 301 f.; Schmidt 2017), die sich von der klassisch-moderne Technik abhebt. Letztere basiert auf der Vision (und der weitgehenden Realisierung) einer stabilen kausalen Zweck-Mittel-Relation, was generell für die *nachmoderne Technik* nicht mehr anzunehmen ist. Hier verschränken sich die Notwendigkeiten einer Ambivalenzanalyse und einer Technikcharakterisierung in besonderer Weise, was im Folgenden eingehender diskutiert wird.

Nachmoderne Technik: Zuspitzung der Ambivalenz

Eine verschärfte und tiefgreifende Ambivalenz findet sich heutzutage im Paradigma einer technischen Nutzbarmachung von Selbstorganisationsprinzipien, wie Dupuy (2004, S. 12 f.) andeutet: „The paradigm of complex, self-organizing systems is stepping ahead at an accelerated pace, both in science and in technology“. Die Entstehung eines neuen Techniktyps kündigt sich an. Sollte er sich durchsetzen, könnte – wie angesprochen – von einer *nachmodernen Technik* gesprochen werden (Schmidt 2015, S. 301 f.; Schmidt 2017).

Wegbereiter für diese Entwicklung sind die interdisziplinären System- und Strukturwissenschaften, die Strukturen von Objekten unabhängig von ihren jeweiligen materiellen Manifestationen untersuchen. Diese wurden in den 1940er-Jahren im Rahmen der Kybernetik und Informationstheorie vorbereitet (erste Phase: Bertalanffy, Wiener, Shannon, von Neumann) und ab den 1960er-Jahren in den exakten Naturwissenschaften (zweite Phase: Prigogine, Haken, Maturana/Varela, Foerster) ausformuliert. Prominent sind dissipative Strukturbildung, Synergetik, Autopoiesis-

theorie sowie Chaos- und Komplexitätstheorien. Diese zweite Phase der System- und Strukturwissenschaften ist stark durch die Computerentwicklung induziert worden, insbesondere durch die damit gegebene Möglichkeit der berechnenden Simulation von komplexeren Systemen. So haben die System- und Strukturwissenschaften zur Erweiterung und Ergänzung beispielsweise der Zugänge in der Biologie beigetragen, das Forschungsprogramm der Systembiologie geprägt und zu einem neuen Technisierungsschub der Life Sciences geführt (Kitano 2002).

Mit dem programmatischen Versprechen der technischen Verwendung der System- und Strukturwissenschaften rücken

Konstitutiv für Selbstorganisation sind Instabilitäten (Schmidt 2015): Wer Selbstorganisation nutzen will, muss Instabilitäten provozieren; Selbstorganisation bedarf des Durchgangs durch Phasen der Instabilität. Letztere sind Ermöglichungsbedingungen für Symmetriebrüche, die aus der lokalen Stabilität herausführen und somit anders- oder neuartige Entwicklungen generieren. In induzierten Instabilitäten liegt der technologisch-produktive Kern, auf den die nachmoderne Technik zielt. Instabilitäten, die in der klassisch-modernen Technik als störend galten (wohl freilich hier und da vorlagen), erfahren im nachmodernen Regime der Technik also eine Positivierung.

*Nachmoderne Technik ist offenbar produktiv tätig,
wählt zweckrational die Mittel und ist mit Entscheidungs-
fähigkeit ausgestattet.*

Selbstorganisationsprinzipien ins Zentrum des Diskurses um Zukunftstechnologien – auch jenseits der Biologie. Was sich in der Synthetischen Biologie zeigt, scheint sodann nur die Speerspitze eines allgemeinen Trends unterschiedlicher emergenter Forschungs- und Technologiebereiche zu sein: Selbstorganisation spielt etwa ebenfalls eine Rolle (a) in Gene-Drive-Technologien; (b) in der Robotik, dem *pervasive* und *ubiquitous computing* sowie autonomen Softwareagenten; (c) in den Nano- und Mikrosystemtechnologien sowie (d) in den Kognitions- und Neurotechnologien. Selbstorganisation umfasst: (i) Entstehung von Neuem/Anderem („Emergenz“); (ii) Eigendynamik des Systems, da kein Konstrukteur den Prozess direkt steuert, sondern nur Anfangs- und Randbedingungen gesetzt werden sowie (iii) Entzogenheit relevanter Details der Prozessdynamik – entweder aus prinzipiellen (ontologischen) oder aus pragmatischen (methodologischen) Gründen.

Nachmoderne Technik erscheint somit weder produkt- noch prozessseitig als Technik im herkömmlichen Sinn. Als untechnische Technik – also als eine Technik, die nicht als (klassische) Technik wahrnehmbar ist und in Erscheinung tritt – wandelt sie sich und verfügt, ähnlich einer Naturdynamik oder menschlicher Handlungen, über Eigenaktivität und Autonomie. Ihre inneren Dynamiken und Wachstumsphänomene scheinen die Spuren, Signaturen und Siegel des (äußerlich) Technischen, wie wir es von moderner Technik kannten, längst abgestreift zu haben (Hubig 2007; Schmidt 2017). Eine solche selbstorganisationsbasierte Technik erscheint fast als (selbst) handelnd – wobei ein Handlungsstatus nicht nur dem jeweiligen technischen System, sondern auch der zugrunde liegenden Natur, entgegen dem Teleologieverdikt der neuzeitlichen Ideengeschichte, von Beteiligten in der Forschung anthropomorphisierend zugeschrieben wird: Nachmoderne Technik ist demnach schöpferisch tätig („Produktivität“), wählt zweckrational die Mittel („Optimalität“) und ist mit Entscheidungsfähigkeit ausgestattet („Adaptivität“).

Allerdings, Instabilitäten im wissenschaftlich-technischen Kern einer neuen Technik sind in besonderem Maße als ambivalent anzusehen. Denn sie sind nicht nur zentrale Quelle von Produktivität. Sie führen auch zu Grenzen der Konstruierbarkeit sowie der Kontrollierbarkeit der Konstruktionen. Diese Begrenzungen werden ausgerechnet von den System- und Strukturwissenschaften nahegelegt. Sie zeigen, warum es beispielsweise so schwer ist, selbstorganisationsfähige (insbesondere biologische) Systeme als Technik zu konstruieren und zu verwenden. Limits der Prognostizierbarkeit und (Re-)Produzierbarkeit treten auf. Im Kern der Erzeugung von Instabilität und ihren nichtlinear wirkenden Details liegt, dass geringfügig erscheinende Anstöße mitunter große Effekte entfalten. Angestrebte Wirkungen und unerwünschte Folgeerscheinungen können untrennbar voneinander erzeugt werden. Technisch lassen sich die zugrundeliegenden Details aus prinzipiellen wie aus pragmatischen Gründen niemals vollständig beherrschen; sie bleiben letztlich unzugänglich (Schmidt 2015). Das gilt einerseits für den technischen Zugriff auf selbstorganisierende Systeme (*topdown*; Intervention, Manipulation), andererseits für die technische Herstellung und Hervorbringung selbstorganisationsfähiger Systeme (*bottom up*, Kreation). Ambivalenz – und damit oft verbunden Nichtwissen und Unsicherheit – werden von der Technik selbst produziert, nicht erst im gesellschaftlichen Verwendungskontext (Schmidt 2012). Je weiter der technische Zugriff voranschreitet, desto deutlicher zeigt sich gleichzeitig eine prinzipielle Ambivalenz.

Dass hier ein grundlegendes Problem vorliegt, hat Hans Jonas durch seine Differenzierung zwischen „Ingenieurkunst“ (klassisch-moderne Technik) und „organischer“ bzw. „biologischer“ Technologie (nachmoderne Technik) klar analysiert (Jonas 1987, S. 163 ff.). Einige Charakteristika dieser neuen Technik, die auch jenseits biobasierter Techniken gelten, hat er wie folgt zusammengestellt:

- a) Selbsttätigkeit und Kollaborativität,
- b) Komplexität, Dynamik und mangelnde Prognostizierbarkeit,
- c) Individualität und Limitation der technischen Kontrollier- und Reproduzierbarkeit,
- d) Unumkehrbarkeit, Irreversibilität und Historizität.

Diese neue Technik verändere das technische Handeln des Menschen und seine „mittelbare Kausalbeziehung“ zum technischen Gegenstand: Denn „Herstellen‘ heißt hier Entlassen in die Strömung des Werdens, worin auch der Hersteller treibt“ (Jonas 1987, S. 168). Nachmoderne Technik changiert ambivalent zwischen dem alten Paradigma kontrollierbarer „Ingenieurs“-Technik und „organischer“, sich selbstorganisierender Technik, deren Prozesshaftigkeit nur angestoßen werden kann, die sich aber weitgehend selbst überlassen bleibt.

Perspektiven für eine Prospektive TA

Die verlockend machtvollen neuen Möglichkeiten nachmoderner Technik erscheinen als tiefgreifend ambivalent angesichts des unkontrollierbaren neuen Terrains, das betreten werden soll. Angestrebter Machtgewinn und erwartbarer Kontrollverlust gehören hier zusammen. Daher sollte TA den Trend zur nachmodernen Technik, nahe am technowissenschaftlichen Kern, antizipieren. So mögen zunächst pragmatische Fragen hinsichtlich der Alternativen *in* der Technik im Mittelpunkt stehen, wie etwa: „Könnte die Forschung von eigensicheren, resilienten, bedingt selbstorganisationsfähigen Systemen gestärkt werden?“ Darüber hinaus sind jedoch grundlegendere Fragen hinsichtlich des Systemtyps der neuartigen Technologie in den Blick zu nehmen, wie die hier vorgenommene Technikcharakterisierung zeigt: Sollte unsere spätmoderne Wissenschaftsgesellschaft überhaupt auf eine insta-

*TA sollte den Trend zur nachmodernen Technik,
nahe am technowissenschaftlichen Kern, antizipieren.*

bilitätsbasierte, selbstorganisationsfähige Technik setzen? Wollen wir die damit notwendigerweise mitproduzierten Ambivalenzen sowie die Nichtkontrollierbarkeit in Kauf nehmen?

Eine Theorie der Technikfolgenabschätzung bedarf einer Diagnose der technowissenschaftlichen Lage. Dazu gehört eine Ambivalenzanalyse, die den wissenschaftlich-technischen Kern untersucht und eine Technikcharakterisierung mit einschließt. Ziel von TA sollte sein, Ambivalenzen frühzeitig in konkreten technologischen Dynamiken zu erkennen und strukturelle Ambivalenzaspekte von verschiedenen Techniktypen wahrzunehmen, diese zu bewerten und zum Umgang mit diesen beizutragen. Das Antizipierbare sollte tatsächlich antizipiert werden. Dort, wo es machbar ist, sollte eine Ambivalenzen reduzierende Gestaltung einsetzen.

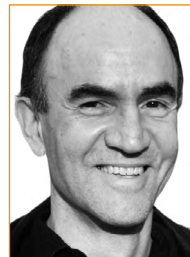
So zeigt sich, dass TA – und ihre theoretische Konzeptionierung – kaum umhinkommt, den wissenschaftlich-technischen Kern im Rahmen einer Ambivalenzanalyse zu adressieren, wenn sie effektive, d. h. radikal frühzeitige Gestaltungsmöglichkeiten sondieren will (Liebert und Schmidt 2010, 2015). Denn die Ambivalenzen finden sich zunächst im wissenschaftlich-technischen Kern und zeigen sich sodann im gesellschaftlichen Folgenfeld. Auch wenn TA zurecht zunehmend technologieüberschreitende Zusammenhänge und systemische soziotechnische Wechselwirkungen adressiert und damit auf gesellschaftliche Herausforderungen zu reagieren sucht, muss sie die wissenschaftlich-technischen Grundlagen, ihre Dynamiken und ihre Ambivalenzen fokussieren. Gesellschaftliche Technikgestaltung setzt Ambivalenzanalyse voraus.

Literatur

- Anders, Günther (1972): Endzeit und Zeitenende. Gedanken über die atomare Situation. München: Beck.
- Bauman, Zygmunt (1995): Moderne und Ambivalenz. Frankfurt a. M.: Fischer.
- Beck, Ulrich; Bonß, Wolfgang; Lau, Christoph (2004): Entgrenzung erzwingt Entscheidung. Was ist neu an der Theorie reflexiver Modernisierung? In: Ulrich Beck und Christoph Lau (Hg.): Entgrenzung und Entscheidung. Frankfurt a. M.: Suhrkamp, S. 13–62.
- Bösch, Stefan (2008): Technikfolgenabschätzung und Gesellschaftstheorie. In: TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis 17 (1), S. 101–109. Online verfügbar unter <http://www.tatup-journal.de/downloads/2008/tatup081.pdf>, zuletzt geprüft am 13. 02. 2018.
- Dupuy, Jean-Pierre (2004): Complexity and uncertainty. A prudential approach to nanotechnology. In: European Commission (Hg.): Nanotechnologies. A preliminary risk analysis on the basis of a workshop. Brüssel, 1–2 March, S. 71–93.
- Ellul, Jacques (1990): The technological bluff. Michigan, Grand Rapids: Eerdmans.
- Gleich, Arnim von; Pade, Christian; Wigger, Henning (2013): Indizien und Indikatoren zur Umsetzung des Vorsorgeprinzips. In: TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis 22 (3), S. 16–24. Online verfügbar unter <http://www.tatup-journal.de/downloads/2013/tatup133.pdf>, zuletzt geprüft am 13. 02. 2018.
- Grunwald, Armin (2002): Technikfolgenabschätzung. Eine Einführung. Berlin: edition sigma.
- Grunwald, Armin (2007): Auf dem Weg zu einer Theorie der Technikfolgenabschätzung. Der Einstieg. In: TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis 16 (1), S. 4–17. Online verfügbar unter <http://www.tatup-journal.de/downloads/2007/tatup071.pdf>, zuletzt geprüft am 13. 02. 2018.
- Hubig, Christoph (2007): Die Kunst des Möglichen I. Technikphilosophie als Reflexion der Medialität. Bielefeld: Transcript.

- Jonas, Hans (1987): Technik, Medizin und Ethik. Praxis des Prinzips Verantwortung. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Kitano, Hiroaki (2002): Looking beyond the details. A rise in system-oriented approaches in genetics and molecular biology. In: Current Genetics 41 (1), S. 1–10.
- Liebert, Wolfgang (1999): Wertfreiheit und Ambivalenz. Janusköpfige Wissenschaft. In: Scheidewege 29, S. 126–149.
- Liebert, Wolfgang (2013): Dual-use-Forschung und -Technologie. In: Armin Grunwald (Hg.): Handbuch Technikethik. Stuttgart: Metzler, S. 243–248.
- Liebert, Wolfgang (2016): Technologische Sackgasse Kernenergie? In: Wolfgang Liebert, Christian Gepp und David Reinberger (Hg.): Nukleare Katastrophen und ihre Folgen. Berlin: Wiss.Verlag, S. 325–339.
- Liebert, Wolfgang; Schmidt, Jan C. (2010): Towards a prospective technology assessment: challenges and requirements for technology assessment in the age of technoscience. In: Poiesis & Praxis 7 (1–2), S. 99–116. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10202-010-0079-1.pdf>, zuletzt geprüft am 13. 02. 2018.
- Liebert, Wolfgang; Schmidt, Jan C. (2015): Demands and challenges of a prospective technology assessment. In: Constanze Scherz et al. (Hg.): The next horizon of technology assessment. Prag: Technology Centre ASCR, S. 331–340.
- Ropohl, Günter (1996): Ethik und Technikbewertung. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Schmidt, Jan C. (2012): Quellen des Nichtwissens. Ein Beitrag zur Wissenschafts- und Technikphilosophie des Nichtwissens. In: Nina Janich, Alfred Nordmann und Liselotte Schebek (Hg.): Nichtwissenskommunikation in den Wissenschaften. Interdisziplinäre Zugänge. Frankfurt a. M.: Lang, S. 93–124.
- Schmidt, Jan C. (2015): Das Andere der Natur. Neue Wege zur Naturphilosophie. Stuttgart: Hirzel.
- Schmidt, Jan C. (2017): Über den Stabilisierungsversuch der Moderne. Der Wandel des Experiments in Wissenschaft, Technik und Gesellschaft. In: Stefan Bösch, Matthias Groß und Wolfgang Krohn (Hg.): Experimentelle Gesellschaft. Das Experiment als wissenschaftsgesellschaftliches Dispositiv. Nomos: Baden-Baden, S. 29–60.

- TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis (2007): Schwerpunkt „Auf dem Weg zu einer Theorie der Technikfolgenabschätzung der Einstieg“. TATuP 16 (1), S. 4–63.
- TATuP (2008): Diskussionsforum. TATuP 17 (1), S. 101–121.
- Weizsäcker, Carl Friedrich von (1977): Der Garten des Menschlichen. München: Hanser.
- Weizsäcker, Carl Friedrich von (1964): Die Tragweite der Wissenschaft. Stuttgart: Hirzel.

**PROF. DR. WOLFGANG LIEBERT**

ist promovierter Physiker. Von 1999 bis 2012 war er wissenschaftlicher Leiter der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit (IANUS) der TU Darmstadt. Ende 2012 übernahm Liebert eine Professur an der Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien, verbunden mit der Leitung des Instituts für Sicherheits- und Risikowissenschaften (ISR).

**PROF. DR. JAN CORNELIUS SCHMIDT**

ist promovierter Physiker und habilitierter Philosoph. Nach einer Associate Professur für Technikphilosophie am Georgia Institute of Technology ist Schmidt seit 2008 Professor für Wissenschafts- und Technikphilosophie an der Hochschule Darmstadt. Er hatte Gast- und Vertretungsprofessuren in Jena, Klagenfurt und Wien inne und ist Mitglied im Beirat des TransdisciplinarityNet der Schweizerischen Akademien der Wissenschaften.

Was Sie in Zukunft im TATuP-Thema erwartet – unsere kommenden TATuP-Ausgaben auf einen Blick**TATuP 2018, Heft 2 (Juli)**

Thema: Automatisiertes Fahren

Thema-Herausgeber: Torsten Fleischer, Jens Schippl (beide ITAS Karlsruhe)

Call for Abstracts: geschlossen

TATuP 2018, Heft 3 (Dezember)

Thema: Drohnen im Spannungsfeld militärischer und ziviler Anwendungen

Thema-Herausgeber: Karsten Weber (OTH Regensburg), Bernhard Rinke (Universität Osnabrück), Christian Alwardt (IFSH), Heinz Bernhardt (TU München)

Call for Abstracts: offen bis 08. April 2018, <http://www.tatup.de/index.php/tatup/announcement/view/9>

TATuP 2019, Heft 1 (April)

Thema: Normativität und Technikfolgenabschätzung

Thema-Herausgeber/in: Linda Nierling (ITAS Karlsruhe),

Helge Torgersen (ITA Wien)

Call for Abstracts: ab Juni 2018

TATuP 2019, Heft 2 (Juli)

Thema: Information and communication technologies for development

Thema-Herausgeberinnen: Jessica Heesen, Maria Pawelec, Laura Schelenz (alle Universität Tübingen)

Call for Abstracts: ab Oktober 2018

TATuP 2019, Heft 3 (Dezember)

Thema: Atomare Endlagersuche

Thema-Herausgeber/in: Peter Hocke, Sophie Kuppler (beide ITAS Karlsruhe)

Call for Abstracts: ab Februar 2019