

Trends und Entwicklungen in Forschung und Technologie

Michael Lauster

Fraunhofer INT Euskirchen

Die technologische Entwicklung der modernen Gesellschaften, insbesondere in der westlichen Welt, hat in den letzten Jahrhunderten einen rasanten Aufschwung genommen, der sich – zumindest gefühlt – in diesem Jahrzehnt noch deutlich beschleunigt hat. Die dabei entstandenen Technologien haben neben Erleichterungen und Verbesserungen für das menschliche Dasein auch negative Begleiterscheinungen, die häufig zu starken sozialen Verwerfungen, aber auch zu teilweise weltweit spürbaren Katastrophen geführt haben.

Die Möglichkeit, mit Hilfe technologischer Entwicklungen die ökologischen und sozialen Lebensbedingungen im globalen Maßstab verändern zu können, erzeugt die Notwendigkeit, bereits im Voraus über zukünftige Technologien und deren Implikationen für die menschliche Gesellschaft nachzudenken (vgl. Weinert, F. E., in [1], S. 23 ff.). Dabei drängt sich sofort die Frage auf, ob sich Linien erkennen lassen, entlang deren sich technologische Entwicklungen prognostizieren lassen. Diese Trends, heute häufig auch als Megatrends bezeichnet, finden sich in der einschlägigen Literatur – abhängig vom jeweiligen Autor - in vielfältigen Formen und unterschiedlicher Anzahl (vgl. z.B. [4], [5] und zahlreiche andere). Die Art und Weise, nach der diese Megatrends identifiziert werden, bleibt häufig im Dunkeln. Zumindest lassen sich aber Schnittmengen gleicher Trends über die Werke mehrerer Autoren hinweg identifizieren.

Dadurch bleibt es dem Geschmack des Lesers überlassen, welchen Autor – und damit welche Zusammenstellung von Megatrends – er bevorzugt oder ob er, quasi in Form eines privaten Delphi-Verfahrens, die Schnittmenge aus mehreren solcher Expertenmeinungen zusammenstellt.

Im Rahmen einer wissenschaftlich fundierten Zukunftsforschung ist es allerdings unabdingbar, die Forschungsobjekte möglichst eindeutig und unabhängig von persönlichen Meinungen des Betrachters charakterisieren zu können.

Dabei scheint es durchaus möglich zu sein, einige wenige Strömungen zu isolieren, die so grundlegend sind, dass man sie als naturgegeben betrachten kann.

Auf der Suche danach erwächst eine grundsätzliche Frage zunächst aus dem Entstehungsgang von Innovationen. Zwei Betrachtungsrichtung sind prinzipiell möglich: neue Technologien und Produkte entstehen aus wissenschaftlicher Erkenntnis und ermöglichen neue gesellschaftliche Weiterentwicklungen („Technology push“). In der Gegenrichtung stellen gesellschaftliche Probleme und

Notwendigkeiten Anforderungen an die Wissenschaften, neue Erkenntnisse hervorzubringen („Requirements pull“) (vgl. z. B. [7], S. ff.). In welcher Betrachtungsrichtung finden sich nun die Megatrends wieder? Werden sie durch neue Produkte ausgelöst oder lassen sie sich eher in den Anforderungen aus Politik und Gesellschaft wiedererkennen?

Um diese Frage zu beantworten, muss nach Kriterien gesucht werden, durch die Trends und Megatrends zu identifizieren sind.

Ein erstes Kriterium bietet sich zwanglos bereits aus der Namensgebung an: „Megatrends“ sind langfristige Strömungen, deren Bestand sich eher nach Jahrzehnten als nach Jahren bemisst und die teilweise über mehrere oder sogar viele Generationen gehen (vgl. [4]).

Ein von den meisten Autoren angeführter Trend ist z.B. die Globalisierung. Versteht man darunter die Ausbreitung des Menschen über die Erde und die immer stärkere Vernetzung der einzelnen Gemeinschaften in wirtschaftlicher und sozialer Hinsicht mit steigender Komplexität der unterliegenden wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Strukturen, stellt sich unmittelbar die Frage nach dem Beginn dieser Entwicklung (vgl. z.B. [6]).

Lag er bei der Erfindung des Internets? Oder schon bei der Entstehung der transkontinentalen Flugverbindungen? Oder bei der Besiedelung Amerikas?

Es gibt durchaus Gründe, in dieser Fragekette noch sehr viel weiter, bis zur Auswanderung unserer Vorfahren aus den Savannen Ostafrikas, zurückzugehen. Der Megatrend „Globalisierung“ offenbart sich dabei als ein dem Menschen inhärenter Drang, die Dinge „hinter dem Horizont“ zu erforschen und sich über bestehende Grenzen auszubreiten – quasi ein „ewiger Trend“.

Eine ähnliche Argumentationslinie lässt sich auch für den Megatrend „Informationsverarbeitung und Kommunikation“ aufbauen. Bereits mit der Entwicklung der menschlichen Sprache hat dieser übergeordnete Trend eingesetzt und lässt sich, wie auch die Globalisierung, durch den größten Teil der Menschheitsentwicklung verfolgen.

Bereits diese beiden Beispiele zeigen, dass, auf einer sehr allgemeinen und abstrakten Ebene, Megatrends nicht von Jahr zu Jahr wechseln, sondern äußerst beständige Strömungen darstellen. Sie sind bereits vorhanden, als solche auch erkennbar und werden vermutlich noch lange anhalten. Treiber sind auch nicht spezielle technologische Produkte, sondern sind in der menschlichen Natur verankerte Eigenheiten. Sie gehören damit eindeutig zum Zweig des „Requirements pull“.

Ein weiteres Kennzeichen dieser Trends ist ihre Verbindung untereinander. Kein Megatrend kann für sich allein stehen; es gibt zahlreiche Verknüpfungen untereinander, die zu Rückkopplungen und Nichtlinearitäten in der Entwicklung führen. Globalisierung etwa wäre ohne eine entsprechende Unterstützung durch

Kommunikationsstrukturen, verbunden mit einer geeigneten Informationsspeicherung und –verarbeitung überhaupt nicht denkbar.

Die Vernetztheit der Megatrends untereinander trägt zu einer weiteren grundsätzlichen Eigenschaft, nämlich ihrer Robustheit, bei. Sie verlaufen träge in dem Sinn, dass selbst größere Störungen, wie z.B. Naturkatastrophen oder Kriege, ihren Lauf nur kurzzeitig hemmen können. Sie kehren danach selbständig wieder in den ursprünglichen Entwicklungspfad zurück.

Diese Trägheit äußert sich auch in der Geschwindigkeit, mit der Megatrends sich ausbreiten. Entgegen der landläufigen Annahme einer revolutionsartigen Ausbreitung mit explosiver Geschwindigkeit verlaufen diese Trends sehr langsam mit Zuwachsraten im Bereich zwischen ein und fünf Prozent. Nimmt man etwa den globalen Zuwachs an Internet-Nutzern als Indikator für den Megatrend „Informationsverarbeitung und Kommunikation“, dann misst man einen Wert, der etwa bei 1% Wachstum pro Jahr liegt. Dieser Befund gilt analog für weitere Megatrends (vgl. [4]).

Zusammenfassend kann man also für die oberste Ebene der Megatrends sagen, dass sie aufgrund ihrer Langfristigkeit und Komplexität bereits über viele Jahre vorhanden und erkennbar sind; ihrer Natur gemäß, da sie vorwiegend auch auf grundlegenden Eigenschaften des Menschen beruhen, gehören sie dem Bereich des Requirements pull an.

Die Situation kehrt sich um, wenn man diese oberste (fast schon triviale) Ebene verlässt und auf die Trends innerhalb der Megatrends schaut. So ist z.B. die Frage, wie das nächste Smartphone oder der nächste Rechner aussehen müssen, um besonders begehrt zu werden, keineswegs einfach und - wenn überhaupt – im Voraus zu beantworten. Je weiter man auf tieferliegende Ebenen absteigt, umso stärker dominiert die Produktorientierung (der Technology push), aber auch umso kurzlebiger und schwieriger vorhersagbar sind die entsprechenden Trends.

Während es bei den Megatrends hinreicht, nach erfolgreicher Identifizierung nur gelegentlich zu überprüfen, ob sich die eingeschlagene Richtung tendenziell verändert hat, hilft bei den darunter liegenden Trends nur eine kontinuierliche Beobachtung der Entwicklung, um Aussagen über mögliche zukünftige Veränderungen gewinnen zu können.

In diesem Sinn sind auch die nachfolgenden Anmerkungen zu einigen ausgewählten Megatrends, technisch-wissenschaftlichen Trends und zukünftigen Produkten zu verstehen. Sie erheben, schon aufgrund des zur Verfügung stehenden Platzes, keinen Anspruch auf Vollständigkeit und entsprechen, sowohl auf der sehr abstrakten Ebene der Trends und Megatrends als auch im Bereich der angesprochenen (zukünftigen) Produkte, den aus aktuellen Beobachtungen ableitbaren Folgerungen.

Aus dem Bereich der Megatrends sollen exemplarisch drei besonders prominente Vertreter ausgewählt werden, die auch im Hinblick auf Wirtschaft und Transport eine herausgehobene Rolle spielen. Neben der bereits erwähnten Globalisierung und dem Megatrend Informationsverarbeitung/Kommunikation soll zusätzlich der Trend zu Nachhaltigkeit und Umweltbewusstsein aufgeführt werden. Auch hier sind die Kriterien leicht überprüfbar:

Schon seit Anbeginn seiner Entwicklung lebt der Mensch als Teil der Natur und versucht, in Einklang mit ihr zu überleben. Dass dieses Bewusstsein „kurzfristig“ mit Einsetzen der technologischen Entwicklung in den Hintergrund geriet, ändert daran nichts; inzwischen sind Überlegungen zu Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit fester Bestandteil der Entwicklungsplanungen; zur Verwirklichung dieser Überlegungen tragen viele der anderen Megatrends entscheidend bei.

Welche wesentlichen Richtungen im Bereich Forschung und Technologie sind unter diesen Aspekten im Augenblick als wichtig anzusehen?

Hier ist zunächst das Verständnis jener Systeme zu nennen, die durch nichtlineare innere Wirkmechanismen und komplexes Antwortverhalten auf einfache Steuereingaben gekennzeichnet sind. Drei einfache Gründe sprechen dafür:

1. Technologien sind inzwischen in der Lage, hochgradig vernetzte Systeme zu erschaffen, deren Verhalten nicht mehr durch einfache, monokausale Ursache-Wirkungsketten beschrieben wird.
2. Durch Technologien kann in natürliche komplexe Systeme – auch im globalen Maßstab – eingegriffen werden.
3. Parallel zur Entwicklung von Technologie organisiert sich das Gemeinwesen in immer komplexeren soziologischen und ökonomischen Strukturen.

Zu verstehen, wie die inneren Zusammenhänge derartiger Systeme erkannt und zu ihrer Steuerung verwendet werden können, ist in einer Zeit, in der weltweite Finanzsysteme riesige Geldströme bewegen, die bei einer Fehlsteuerung die Weltwirtschaft erheblich stören können, in der über die Beeinflussung des globalen Klimas nachgedacht wird und in der lokale kriegerische Auseinandersetzungen in eine weltumfassende Katastrophe münden können, von entscheidender Bedeutung für das Überleben unserer Gesellschaft.

Für alle Zukunftsfragen von höchster Wichtigkeit ist die Energieversorgung. Technologien, die auf fossilen Energieträgern beruhen, haben nur noch eine begrenzte Lebensdauer. Dies ist sowohl der Endlichkeit der Ressourcen als auch der schlechten Umweltverträglichkeit geschuldet. Im Bereich der Energieerzeugung (besser: Energieumwandlung) sind Nachhaltigkeit und ökologische Ausgewogenheit Realität geworden. Selbst mit den heutigen Mitteln zur Nutzung von Wind, Wasserkraft, Geothermie und Sonnenenergie zur Erzeugung von Elektrizität wäre eine vollständige Versorgung zwar mit großen Umständen und immensen Investitionen verbunden, jedoch prinzipiell nicht unmöglich; dabei bestehen für alle diese Technologien noch erhebliche Verbesserungspotentiale (vgl. [9]).

Das eigentliche Problem liegt derzeit noch in der Speicherung der elektrischen Energie. Die Energiedichte großtechnisch verfügbarer Speicher liegt noch um zwei Größenordnungen niedriger als z.B. jene von Kerosin. Um auf einer Skala von sieben Größenordnungen ausreichend Leistung zur Verfügung stellen zu können (ca. 1 Watt für kleinere elektronische Geräte bis zu mehreren Megawatt für den Antrieb von Schiffen und Flugzeugen) ist noch erhebliche Entwicklungsarbeit zu leisten, die nach derzeitigen Prognosen noch mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmen wird (vgl. [2]).

Eine weitere spannende Entwicklung bahnt sich auf dem Gebiet der Nanotechnologie an. Durch die gezielte Manipulation der Materie in molekularem Maßstab ist es nicht nur möglich, im unbelebten Bereich völlig neue Wege zu gehen. Zusammen mit der Genetik sind auch gezielte Veränderungen an Lebewesen, bis hin zu Eingriffen in den grundlegenden Bauplan, die DNS, machbar (vgl. [3]). An dieser Nahtstelle werden die Grenzen der klassischen Disziplinen aus den Lebens- wie auch den Materialwissenschaften aufgelöst. Die daraus entstehenden Möglichkeiten sind z.Zt. zwar erst in Umrissen erkennbar, werfen aber bereits jetzt gravierende ethische Fragen auf, die dringend – möglichst noch vor einer praktischen Umsetzung der Technologien - in einem gesellschaftlichen Diskurs beantwortet werden müssen.

Eng verknüpft mit dem Vorstoß über die Mikro- in die Nanowelt sind ungeahnte Fortschritte in der Informations- und Kommunikationstechnologie. Durch immer weitergehende Miniaturisierung von Bauteilen rücken Kombinationen aus künstlichen elektronischen Schaltkreisen und natürlichen neuronalen Strukturen in greifbare Nähe. Die Möglichkeit, Gehirne mit künstlich geschaffenen Strukturen zu erweitern, also einen Cyborg im Sinne der klassischen Science Fiction zu schaffen, steht kurz davor Realität zu werden und wirft, wie auch die oben erwähnte Genmanipulation, ungeahnte und bislang noch nicht diskutierte ethische Fragen höchster gesellschaftlicher Relevanz auf (vgl. [8]).

Zumindest in einigen Bereich bereits diskutiert wird die Frage nach der Autonomie von Maschinen. Dabei sind sowohl Grad als auch zulässige Grenzen autonomen Handelns noch längst nicht definiert. Das Spektrum reicht von einem selbständig in eine Parklücke einfahrenden Fahrzeug am einen Ende (heute bereits realisiert) bis zu einem sich seiner Selbst bewussten, denkenden Maschinenwesen am anderen (heute noch im Bereich der Spekulation). Die dadurch implizierten rechtlichen, ethischen und moralischen Fragen werden derzeit nur in der Science Fiction diskutiert.

Fazit:

Die wissenschaftliche und technologische Entwicklung beschleunigt sich in einem selbstbefeuernden Prozess zunehmend. Sie stellt inzwischen Mittel zur Verfügung, die Veränderungen in ökologischen, ökonomischen und sozialen Systemen in einem globalen Maßstab ermöglichen. Ihren Pfad vorherzusehen, gewünschte wie auch unerwünschte Folgen abzuschätzen und Entwicklungspfade mit negativen Folgen für die menschliche Entwicklung einzuhegen oder wenn möglich zu vermeiden, wird

zusehends zu einer Überlebensfrage. Eine wissenschaftlich fundierte Zukunftsforschung, die mit standardisierten qualitativen und quantitativen Methoden Aussagen über möglich zukünftige Entwicklungen machen kann, leistet hierzu einen unverzichtbaren Beitrag.

Literatur:

[1] *Albach, H., Schade, D., Sinn, H. (Hrsg.): Technikfolgenforschung und Technikfolgenabschätzung, Springer 1991*

[2] *Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Technologieführer – Grundlagen, Anwendungen, Trends, Springer, Berlin Heidelberg 2007*

[3] *Burrus, D. (mit Gittines, R.): Technotrends, Wirtschaftsverlag Carl Ueberreuter, Wien 1994*

[4] *Horx, M.: Das Megatrend-Prinzip, Deutsche Verlags-Anstalt, München 2011*

[5] *Naisbitt, J., Aburdene, P.: Megatrends 2000, ECON, Düsseldorf 1990*

[6] *Shapiro, R. J.: Futurecast, St. Martin's Griffin, New York 2008*

[7] *Spath, D., Warschat, J., Ardilio, A.: Technologiemanagement – Radar für Erfolg, LOG_X Verlag, Ludwigsburg 2011*

[8] *Spieker, M. (Hrsg.): Lebenswissenschaft für das 21. Jahrhundert, Memorandum des Tutzinger Diskurses, Akademie für Politische Bildung, Tutzing 2013*

[9] *Tolfree, D., Smith, A.: Roadmapping Emergent Technologies, Matador, Leicester 2009*