Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 117 (1999)

Heft: 18

Artikel: Vernetzung schafft Chaos: Informationstechnik - eine Schlüsseltechnologie für Ingenieure

Autor: Kleiner, Paul

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79726

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 31.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Paul Kleiner, Zürich

Vernetzung schafft Chaos

Informationstechnik – eine Schlüsseltechnologie für Ingenieure

MG. Der vorliegende Artikel stellt eine gekürzte und adaptierte Version des vom Autor anlässlich des 29. Weiterbildungskurses über «Informatik und Telekommunikation am Arbeitsplatz» an der ETH Zürich vom 28. Januar 1999 gehaltenen Vortrags dar.

Die wahre Auswirkung der modernen Informationstechnologie beschränkt sich nicht auf die Änderungen einzelner Geräte oder Systeme. Vielmehr beeinflusst sie die heutigen gesellschaftlichen Umwälzungen und verlangt neue Kenntnisse vom Ingenieur, dessen Berufsbild dadurch einen weiteren Wandel erfährt.

Bei meinem ersten Arbeitgeber hiess die Informatik vor fast dreissig Jahren noch EDV, wenn man in der Buchhaltung arbeitete, und technische Datenverarbeitung, wenn man in der Entwicklung oder Produktion tätig war. Aber sowohl EDV wie technische Datenverarbeitung arbeiteten mit dem gleichen Computer im Rechenzentrum Fahrweid, und gemeinsam war man sich einig, dass ein Kernspeicher mit 128 Kilobytes den Anforderungen der Neuzeit – damals also der siebziger Jahre – nicht genügen würde. Die Geschäftsleitung liess sich überzeugen, dass man die paar hunderttausend Franken für weitere 128 Kilobytes bewilligen müsse.

Heute schreibe ich auf einem PC, der über ein lokales Netzwerk mit zwei anderen PC verbunden ist und über Modem und Internet mit der ganzen Welt kommuniziert.

Um diese kleine Geschichte in Zahlen zu fassen: Die vernetzten Heim-PC sind bezüglich Rechenleistung und Speicher-Kapazität je rund 100-mal leistungsfähiger als die Grosscomputeranlage aus dem Jahr 1970 – und das Ganze hat rund 100-mal weniger gekostet. Mit andern Worten: Aus den Investitionsgütern von anno dazumal sind die Konsumgüter von heute geworden. Dies ist das sicherste Merkmal, dass wir das Industriezeitalter hinter uns gelassen haben und mit beiden Füssen im Informationszeitalter stehen.

Informationstechnik ist nicht nur Schlüsseltechnologie, sie ist noch mehr: Sie ist der Schlüssel für das Verständnis der heutigen gesellschaftlichen Umwälzungen.

Mit der Einführung der Informationstechnik haben wir, Goethes Zauberlehrling gleich, Geister gerufen, ohne dass wir eine Ahnung hatten, was diese tatsächlich bewirken würden. Im Unterschied aber zum Zauberlehrling können wir nicht auf den rettenden Meister hoffen, der schon alles wieder richten wird. Wir müssen unseren Meister selber stellen – wir müssen selber zu Meistern werden.

Informationstechnik heute

Informationstechnik umfasst Informatik und Kommunikationstechnik. Im angelsächsischen Sprachraum wird dafür auch die Abkürzung «ICT» verwendet: Information and Communication Technologies.

Hier soll nicht eine State-of-the-Art-Beschreibung der Informationstechnik gegeben, sondern die heutige Informationstechnik aus der Optik der Veränderung beleuchtet werden, um daran zu erinnern, was vor kurzer Zeit noch ganz anders war, und daraus einige Schlüsse bezüglich der zukünftigen Entwicklung zu ziehen.

Neue Technologien werden zunächst stets dazu verwendet, bestehende Verfahren schneller und weniger aufwendig zu machen. Dies ist eine rein quantitative Entwicklung, bekannt als Effizienzsteigerung oder Rationalisierung. Der Computer wurde deshalb zunächst nur als sehr leistungsfähige Rechenmaschine betrachtet und hielt dementsprechend zuerst in den Finanzabteilungen der Grosskonzerne Einzug. Die EDV-Abteilung wurde selbstverständlich dem Finanzchef unterstellt. Damit war, kurzfristig, auch die Gefahr gebannt, dass die neue Technologie ihre kreative Sprengkraft entfalten konnte.

Eine erste deutlich spürbare qualitative Veränderung in der Informatik war die Ankunft der Midi- und Mini-Rechner. Während die transaktionsorientierten Grossrechner von IBM weiterhin die Finanzabteilungen dominierten, wurden PDP-11-Rechner beispielsweise für Steuerungen eingesetzt, und Wang-Officecomputer eroberten sich eine bedeutende Stellung in der Textverarbeitung. Aus heutiger Sicht wissen wir, dass die entscheidende Veränderung aber erst durch den PC herbeigeführt wurde.

1980 war der PC eine weitgehend unbekannte und unbeachtete, allenfalls belächelte Spielvariante des Computers. 1990 dominierte der PC bereits das Geschehen auf dem Informatikmarkt. Das De-facto-Monopol des Computergiganten IBM zerbrach praktisch über Nacht. An der Schwelle zum Jahr 2000 ist der vernetzte PC allgegenwärtig – und wir haben einen neuen Monopolisten.

Fast entscheidender noch als die Veränderungen in der Informatik sind die Entwicklungen in der Telekommunikation, denn erst diese hat den Computer von der etwas schnelleren und vielseitigeren Rechenmaschine zur alles durchdringenden Basis unserer modernen Gesellschaft gemacht.

Das Moore'sche Gesetz kann um die folgende Faustregel erweitert werden: in der Telekommunikation geschieht alles zehn Jahre später als in der Informatik. Setzt man an die Stelle des PC das Internet, ergibt sich folgendes Szenario: So wie der PC Chaos in die geordnete Welt der Grossrechner und Firmen wie IBM an den Rand des Abgrunds brachte, bringt das Internet Chaos in die regulierte Welt der Telekommunikation. 1990 noch eine Erscheinung der akademischen Welt, ist das Internet des Jahres 2000 das den Informationsaustausch dominierende globale Netz. Im Jahr 2010 wird die Vernetzung total sein und nicht nur PC und Server umfassen, sondern praktisch alle Geräte des täglichen Lebens – und mit einigem Unbehagen fragen wir uns, wer dann wohl den Markt dominieren wird.

Die historische Dimension

Viel ist vom Informationszeitalter, vom Wechsel von der Industrie- zur Informationsgesellschaft die Rede, wenig aber davon, was dies wirklich bedeutet.

Die nach dem Zweiten Weltkrieg Aufgewachsenen haben, zumindest in ihrer Jugend, die fundamentale Erfahrung gemacht, dass alles planbar, dass alles machbar ist. Dies war eine selbstverständliche Gegebenheit, und der erste Widerstand gegen die Technikgläubigkeit und die Grosstechnologie wurde als egoistische Verhaltensweise von Leuten abgetan, die ihren Eigennutz vor das Gesamtwohl stellten. Heute ist dies nicht mehr so. Plötzlich ist die Vorhersehbarkeit und die Vorhersagbarkeit verloren gegangen. Dabei übersehen wir, dass die Phase, in der wir glaubten, alles im Griff zu haben, historisch gesehen von sehr kurzer Dauer war, und dass der Normalzustand der Geschichte ein Zustand der Unsicherheit und des Schicksals

ist. Bevor nun aber auf die Ursachen von Vorhersehbarkeit bzw. verlorener Vorhersehbarkeit eingegangen wird, soll zunächst das heutige Zeitalter, das Informationszeitalter, kurz charakterisiert werden.

Im Agrarzeitalter war das menschliche Streben darauf gerichtet, die natürliche Umgebung für die Nahrungsproduktion zu kultivieren, die unmittelbare Natur beherrschbar zu machen. Das Industriezeitalter war ebenfalls geprägt durch das Bestreben, die Natur zu beherrschen, allerdings nicht mehr nur auf der elementaren Stufe der Nahrungsmittelproduktion, sondern auf der Stufe der physikalischen Prozesse. Die Technik wurde eingesetzt, um die Naturgesetze «einzufangen», dem menschlichen Streben dienstbar zu machen. Maschinen stellen die Potenzierung der körperlichen Fähigkeiten des Menschen dar: der Mensch wird beinahe beliebig stark, schnell und geschickt.

Wir beherrschen heute die Natur und ihre Gesetze in weiten Bereichen: Die Probleme von heute sind nicht mehr Probleme der technischen Machbarkeit. Während jedoch früher Reaktionen auf sinnliche Wahrnehmungen unter Beizug des im Lauf der Zeit akkumulierten Erfahrungsschatzes für die individuelle und kollektive Existenzsicherung ausreichten, müssen wir heute unsere Handlungen (und auch die Unterlassungen) unter globalen Gesichtspunkten und unter der Annahme weit in der Zukunft liegender Folgen abschätzen. Wir ringen um die Beherrschung der Information, die uns erst richtiges Handeln in einer beliebig komplexen und vernetzten Umwelt mit beschränkten Ressourcen ermöglicht.

Das Informationszeitalter begann in den achtziger Jahren. Vorher bedeutete Informationstechnik weitgehend Rechentechnik, Steuerungstechnik, aber nur in beschränktem Sinn Bewältigung von Information. Die Informationstechnik im ausgehenden Industriezeitalter diente dazu, die von den Menschen geschaffenen Maschinen zu perfektionieren. Heute dient die Informationstechnologie dazu, die intellektuellen Möglichkeiten des Menschen zu potenzieren: Während das Industriezeitalter uns beliebig stark machte, will das Informationszeitalter uns beliebig gescheit machen.

Doch zurück zur verlorenen Vorhersehbarkeit: Vorhersehbarkeit ist im starken Kausalitätsgesetz begründet. Das schwache Kausalitätsgesetz besagt: Gleiche Ursache, gleiche Wirkung, und gilt nach wie vor. Das starke Kausalitätsgesetz hingegen lautet: Ähnliche Ursache, ähnliche Wirkung. Solange wir uns im Bereich der elementaren Naturgesetze bewegen – und im Industriezeitalter war dies weitgehend der Fall – ist dieses Gesetz gültig: Wenn ich verschiedene Steine von ungefähr gleichem Gewicht mit ungefähr gleicher Kraft in ungefähr gleichem Winkel werfe, fliegen sie ungefähr gleich weit. Der Steinwurf ist ein einfaches mechanisches System. Nimmt aber die Systemkomplexität um einige Grössenordnungen zu, verliert das starke Kausalitätsgesetz seine Gültigkeit. Das klassische Beispiel ist die Wettervorhersage. Mit den leistungsfähigsten Supercomputern kann das Wetter heute ungefähr auf eine Woche vorausberechnet werden. Wenn man nun in diesem komplexen Differentialgleichungssystem den Rechenprozess in der Mitte anhält, sämtliche Variabeln auf drei Stellen nach dem Komma rundet, und nachher weiterrechnet, so wird die Korrelation der Prognose mit dem tatsächlichen Wetter praktisch gleich Null. Das Wetter ist ein wunderbares Beispiel für ein komplex vernetztes System, und damit kommen wir auf eine ungeplante Folge der Vernetzung:

Vernetzung hebt das starke Kausalitätsgesetz auf: Ähnliche Ursachen brauchen nicht mehr ähnliche Wirkungen zu haben. Vorhersagen sind nur noch beschränkt möglich. Oder kurz und prägnant: Vernetzung schafft Chaos.

Damit wissen wir jetzt, woran wir sind. Wir wissen aber noch nicht, wie wir uns in dieser Situation verhalten sollen. Hier möchte ich ein einfaches Rezept geben: Statt immer wieder als moderner Sysiphus zu versuchen, der Zukunft Zügel anzulegen und Wirkungen zu planen, sollten wir uns darauf einstellen, in einem unablässigen Effort die Ursachen zu beeinflussen. Nicht mehr das ferne Ziel ist der primäre Orientierungspunkt – wir haben es nämlich nur noch mit «shifting targets» zu tun –, sondern die Ausgangslage. Um erfolgreich zu sein, müssen wir permanent unsere Ausgangslage optimieren. Auf diesen Punkt komme ich nach einem Exkurs über das Bild des Ingenieurs in der Gesellschaft zurück.

Der Wandel des Ingenieurbilds

Eine heutige Umfrage über das Sozialprestige der verschiedenen Berufsgattungen wird, jedenfalls in der Schweiz, den Ingenieur kaum an oberster Stelle zeigen. Die Frage, weshalb dem so sei, wird mehrheitlich zur Antwort führen, der Ingenieur sei selber schuld, indem er in blinder Technikgläubigkeit an den Bedürfnissen der Menschen vorbei gearbeitet habe. Mit einem gewissen Unbehagen oder sogar Schuldbewusstsein werden dem auch viele Ingenieure zustimmen – obwohl so menschenverachtende Begriffe wie «Patientengut» oder «Humankapital» nicht von Ingenieuren geprägt wurden, sondern von Leuten mit Berufen, die weiterhin ganz oben auf der Hitliste stehen.

Worauf ich hinaus will: Am Ende einer geschichtlichen Epoche verlieren diejenigen, die diese Epoche geprägt haben, stets an Ansehen – ja, sie werden zu den Buhmännern der Gesellschaft. Dies ist in der Wirtschaft nicht anders als in der Politik. In Schwellenländern der Dritten Welt, die immer noch um ihre Industrialisierung kämpfen, besitzt der Ingenieur bezeichnenderweise ein hervorragendes Ansehen, während beispielsweise der Jurist durchaus mit Prestigeproblemen zu kämpfen hat.

Wer nun entgegnet, dass eine solche Aussage aber auch auf die USA zutreffen müsste – es aber nicht tut –, hat recht, übersieht aber, dass die USA in ihrer Entwicklung von der Industrie- zur Informationsgesellschaft mindestens fünf Jahre weiter als wir sind und sich deshalb auch deutlich in einer Aufbruchphase befindet, während hierzulande immer noch krampfhaft versucht wird, das Ende der Industriegesellschaft möglichst hinauszuzögern.

Das Bild des Ingenieurs in den USA unterscheidet sich dementsprechend auch deutlich von demjenigen bei uns. In unserer traditionellen Definition schafft der Ingenieur Bauten und Anlagen und erschliesst die Kraftquellen der Natur: der Ingenieur als Strassen- und Eisenbahnbauer, der Ingenieur als Schöpfer von Atomkraftwerken. Bei dieser verkürzten Sichtweise müssen wir ansetzen.

Die Ingenieure sind die Verursacher der gesellschaftlichen Umwälzungen. Die Bau- und Maschineningenieure haben den Umbau der Agrar- in die Industriegesellschaft bewirkt, während die Informationsingenieure die Industrie- in die Informationsgesellschaft umgeformt haben.

Das Wirken der Informationsingenieure ist für die breite Öffentlichkeit natürlich weniger sichtbar, da sie nicht dauerhaft greifbare Objekte schaffen, die sich permanent ins Bewusstsein drängen. Dass heute fast nichts mehr ohne Mikrochip funktioniert, ist zwar Tatsache, muss aber den meisten Menschen explizit bewusst gemacht werden.

Ich habe die Ingenieure als die Verursacher gesellschaftlicher Umwälzungen bezeichnet. Wohl stehen am Anfang jeder Veränderung neue Erkenntnisse. Die Quantenphysik hat die Halbleiterphysik ermöglicht, und diese hat zum ersten Transistor (Shockley, Bardeen, Brattain) geführt. Parallel dazu wurde die Theorie der Berechnungen und der Rechenmaschinen entwickelt (Babbage, von Neumann, Turing). Shannon schliesslich legte die

Grundlagen der mathematischen Informationstheorie. Diese Erkenntnisse allein aber bewirken noch keine Veränderung in der Gesellschaft. Erst deren kreative Nutzbarmachung durch die Ingenieure bewirkt den gesellschaftlichen Fortschritt.

Der Ingenieur bringt zur wissenschaftlichen Erkenntnis das schöpferische Element hinzu. Dazu gehört auch, dass er, obwohl er von Erkenntnissen der Naturwissenschaft ausgeht, einen durchaus weitergefassten Horizont hat und auch Erkenntnisse zum Beispiel der Sozialwissenschaft oder der Ökonomie in sein Schaffen miteinbezieht - dies etwa im Gegensatz zu Ökonomen oder Juristen, die sich mit naturwissenschaftlichen Fakten oft eher schwer tun.

Das Rechtssystem und die jeweils als gültig erklärten ökonomischen Theorien haben eine zentrale Funktion bei der Stabilisierung der Gesellschaft. Die Rolle des Ingenieurs ist aber die des Veränderers. Das Sozialprestige von Berufsgattungen hängt unmittelbar mit den innersten Bedürfnissen der Gesellschaft zusammen. Wenn Stabilitätswunsch und Risikoaversion überwiegen, gewinnen die verwaltenden Berufe, wenn aber die Aufbruchstimmung überhand nimmt, sind die Veränderer gefragt.

Jetzt, da wir am Anfang einer neuen Epoche stehen, gewinnt der Ingenieur auch in den Augen der Gesellschaft wieder an Bedeutung, allerdings nicht der traditionelle Bau-, Maschinen- oder Elektroingenieur, sondern der Informationsingenieur. Und wer noch nicht auf diesem Pfad ist, soll das eine tun und das andere nicht lassen, indem die angestammten Fähigkeiten durch neue, den Anforderungen des Informationszeitalters entsprechende, ergänzt werden. Es gibt zwei gute Gründe, sich von dieser Herausforderung nicht schrecken zu lassen: Zum ersten sind Ingenieure mit Sicherheit Schnell-Lerner, und zum zweiten macht es ganz einfach Spass, an der vordersten Front der Veränderung mitzusurfen.

Die Geister, die ich rief...

Was einmal gedacht ist, kann nicht mehr ungedacht gemacht werden. Was einmal erfunden ist, kann nicht mehr ignoriert werden. Die Geister, die wir riefen, werden wir nicht mehr los. Die Welt bleibt vernetzt. Vernetzung schafft Chaos, also ist unsere Zukunft chaotisch.

Ich erinnere an meine Aufforderung: Nicht Wirkungen planen, sondern Ursachen beeinflussen! Wie aber kann man in einer vernetzten Welt Einfluss nehmen? Ganz einfach: durch das Ausnützen der Möglichkeiten der modernen Informationstechnik! Das tönt zwar wie «den Teufel mit Beelzebub austreiben», aber nur, wenn man die Informationstechnik als Teufelszeug betrachtet - und diese Zeit ist wohl vorbei.

Diejenigen, die zu Hause keinen PC besitzen - sofern es überhaupt noch solche gibt - oder die keinen Internet-Anschluss haben oder die noch kein Mobiltelefon ihr eigen nennen, üben diesen Verzicht nicht aus Mangel an finanziellen Möglichkeiten, sondern weil sie sich noch nicht überwinden konnten, den - zugegebenermassen grossen - zeitlichen Aufwand auf sich zu nehmen. Tatsächlich gilt auch hier die pädagogische Platitüde: Ohne Fleiss kein Preis. Doch halten wir es mit Plato: der erste Schritt ist der schwerste. Nur wer die Mittel der Informationstechnik ganz selbstverständlich nützt, erlangt die Fertigkeit, die unsere Kinder sich im Umgang mit diesen Dingen schon längst erworben haben.

Und was für Praktiker gilt, das müsste doch um so mehr für unser Ausbildungssystem gelten. In der Primarschule haben wir insbesondere die Rechen- und Sprachfähigkeiten eingeübt, die für unsere ganze weitere Entwicklung notwendige Voraussetzung waren. Der selbstverständliche Umgang mit den heutigen Mitteln der Informationstechnologie - allen voran PC und Internet - ist für die heutigen Schüler ebenso sehr unerlässliche Voraussetzung für eine chancenreiche Zukunft wie Rechnen, Sprache und soziale Fähigkeiten.

Und noch eine letzte Bemerkung: Das Ausnützen der Möglichkeiten, welche die moderne Informationstechnik bietet, macht nicht asozial - die Erfahrung beweist das Gegenteil. Bei der heutigen Jugend findet kein Rückzug hinter den PC statt, sondern gemeinsame Aktivitäten werden durch PC und Internet vielmehr gefördert. Wer sich aber, aus welchen Gründen auch immer, sträubt, den Schritt in die Informationsgesellschaft zu tun, gerät unweigerlich ins Abseits. Nicht die Anwendung der Informationstechnologie macht asozial, sondern der Verzicht darauf.

Wir alle kochen nur mit Wasser. Eine triviale Erkenntnis aber kann ich Ihnen nicht ersparen: Wer seine Pfanne zuerst auf den Kochherd stellt, hat auch zuerst heisses Wasser.

Adresse des Verfassers:
Paul Kleiner, dipl. El.-Ing. ETH/SIA, Dr. sc. techn., AWK Engineering AG, Leutschenbachstr. 45, 8050 Zürich

Rechtsfragen

Vom Umgang mit Submissionsanfechtungen

Nach einem angefochtenen Submissionsverfahren erhielt eine Beschwerde führende Arbeitsgemeinschaft dank des Wiederholens der Ausschreibung die volle, von ihr erstrebte Arbeitsvergebung doch noch. Dennoch hielt sie – auf Grund einer besonderen Schadenersatzvereinbarung – an der vorher eingereichten staatsrechtlichen Beschwerde beim Bundesgericht fest. Diese erwies sich aber gleichwohl als gegenstandslos geworden – mit Teilkostenfolgen.

Nach der Ausschreibung eines öffentlichen Wettbewerbs für das Besorgen von Baumeisterarbeiten an einem Spital erhielt die Arbeitsgemeinschaft (Arge) X zwei Lose des Projekts zugewiesen, die Arge Y zwei andere Lose. Die Arge X focht diesen Entscheid beim kantonalen Verwaltungsgericht an mit dem Antrag, ihr auch die beiden anderen Lose zuzuteilen, die nicht dem jeweils günstigsten Anbieter zugeteilt worden seien. Das Verwaltungsgericht trat auf die Beschwerde der Arge X nicht ein. Eine Seite ihrer Offertunterlagen sei nicht rechtsgültig unterzeichnet gewesen, weshalb ihr Angebot ungültig gewesen und sie zur Beschwerdeführung mangels rechtlich geschützten Interesses nicht legitimiert sei. Die Arge X führte gegen diesen Entscheid beim Bundesgericht staatsrechtliche Beschwerde. Noch bevor das Bundesgericht ein Urteil fällte, widerrief die Spitalverwaltung aber die Vergebungsverfügung, da eine Nachprüfung gezeigt habe, dass alle Angebote mangelhaft und daher ungültig seien. Die Arbeiten wurden daher neu ausgeschrieben und in der Folge gesamthaft der Arge X übertragen. Diese hielt dennoch an der staatsrechtlichen Beschwerde fest. Die II. Öffentlichrechtliche Abteilung des Bundesgerichtes schrieb aber die Beschwerde wegen Gegenstandslosigkeit als erledigt ab.

Erloschenes Rechtsschutzinteresse

Mit der Beschwerde war geltend gemacht worden, das kantonale Verwaltungsgericht habe in Verletzung von Artikel 4 Absatz 1 der Bundesverfassung (BV) überspitzten Formalismus und formelle Rechtsverweigerung begangen. Es habe