Die Maschine - Antrieb und Spielball der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft: Gedanken zur Stellung und Bedeutung der Maschine in Gesellschaft und Zivilisation, gestern-heute-morgen

Autor(en): **Jacob, Adolf**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **107 (1989)**

Heft 41

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77180

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Maschine – Antrieb und Spielball der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft

Gedanken zur Stellung und Bedeutung der Maschine in Gesellschaft und Zivilisation, gestern – heute – morgen

Überarbeitete Fassung des gleichlautenden Vortrags des Verfassers, gehalten im Rahmen der Vortragsreihe über Gesellschaft und Technik an der ETHZ aus Anlass des 150jährigen Bestehens der Sektion Zürich des SIA.

Ende des Maschinenzeitalters?

Die gute alte Maschine ist in die Jahre gekommen. Prunkstücke des Maschinenbaus von gestern zieren heute Mu-

VON ADOLF JACOB, SCHAFFHAUSEN

seen oder vermitteln als nostalgische Relikte etwa in Form der Dampflokomotive einer Museumsbahn Erinnerungen an eine gute alte Zeit. Elektronik, Informatik, Biotechnologie usw. beherrschen die Szene, viel ist die Rede von tertiären oder gar quartären Sektoren unserer Wirtschaft, die offenbar so rasch wie möglich das ihr immer lästiger werdende Industriezeitalter hinter sich bringen möchte ...

In der Wirtschaftsgeschichte und insbesondere in der Technikgeschichte wird dem Begriff des Maschinenzeitalters schwergewichtig das 19. Jahrhundert zugeordnet, mit einem Überhang in das 20. Jahrhundert. Das bringt es mit sich, dass dem Begriff der Maschine bei allem Respekt heute oft ein leicht antiquierter Beigeschmack anhaftet, so etwa vor dem geistigen Bild des Maschinenraums in einem alten Raddampfer, in welchen die Passagiere mit nostalgischer Bewunderung hinabgucken, den Ölgeruch in der Nase.

Die Betrachtungsweise nach solchen Epochen orientiert sich offenbar vor allem am Kriterium der Dominanz eines bestimmten Aspektes im öffentlichen Bewusstsein und nicht notwendigerweise an dessen absoluter Bedeutung. Es ist ja auch nichts als natürlich, wenn die oft atemberaubenden Entwicklungsschritte eines neuen Wissenszweiges mit hohen Zuwachsraten mehr Schlagzeilen machen als die kleinen Schritte der Perfektionierung einer relativ ausgereiften Technologie.

So denkt heute der durchschnittliche Zeitgenosse im Zusammenhang mit dem Begriff Maschinenbau kaum je an die feinmechanischen Meisterwerke im weissen Kasten hinter und unter dem Bildschirm seines Computers oder im damit verbundenen Printer, aus dem die buntbedruckten Blätter kommen, oder daran, dass alle die mechanischen Kräfte, welche zum Betrieb unserer gesamten Zivilisation notwendig sind, fast ausschliesslich durch Maschinenelemente und nicht durch Chips oder Elektronen ausgeübt werden. Auch der Umstand, dass unspektakuläre Wissenszweige wie die klassische Mathematik und Mechanik unverzichtbare Arbeitsinstrumente des Maschinenbauers sind und bleiben, verleiht letzterem eher das Ansehen eines fleissigen, braven Handwerkers, während dem Handwerk des Informatikers allein schon wegen seiner Abstraktion und seiner geringen Allgemeinverständlichkeit a priori mehr Respekt gezollt wird.

Ein anderer Grund für den leicht patinierten Glanz des Begriffs der Maschine liegt darin, dass der weiterhin ansteigende Wohlstand der Menschheit als Ganzes auf dem Zusammenwirken einer ständig steigenden Zahl von Faktoren beruht, die sich den Ruhm streitig machen, Hauptursache dieses Wohlstandes zu sein. Auch wenn der absolute Beitrag der Maschine zu diesem Wohlstand fraglos gewaltig ist und noch immer ansteigt, geht dabei ihr prozentualer Anteil naturgemäss zurück. Während vor 150 bis 200 Jahren – in der Geburtsstunde unserer Industriegesellschaft – Dampfmaschinen, Webstühle und erste Werkzeugmaschinen entscheidende Anteile dieses Wohlstandes schufen, kamen sukzessive die elektrische Energie, dann die Chemie und schliesslich die Informatik (und Weiteres) hinzu.

Die Betrachtungsweise nach solchen Marksteinen und Epochen fördert das Gefühl, die früheren Epochen seien vorbei und abgeschlossen und müssten den Platz freigeben für das Neue. Nur wenige verbinden mit dieser Betrachtungsweise das Bild eines Hochhauses, in welchem die Epochen Etagen sind, deren Funktion durch das Hinzufügen weiterer Stockwerke in keiner Weise unentbehrlich oder gar wertlos wird. Das früher Erschaffene wird jedoch leicht zur kaum mehr wahrgenommenen Selbstverständlichkeit. Wer im 87. Stockwerk lebt, geniesst gerne die Aussicht und macht sich keine Sorgen um das Fundament, solange dieses hält ... Vielleicht sollte dieses Bild noch er-

Die Maschine in unserer heutigen Gesellschaft

Die Maschine war, ist und bleibt einer der tragenden Pfeiler unserer Zivilisation, und selbst die Grundversorgung eines Grossteils der Erdbevölkerung steht und fällt mit ihr.

Die Bedeutung der Maschine wird heute oft unterschätzt, weil sie mehr und mehr die Rolle des stillen Arbeitssklaven annimmt und weil angesichts der ausgereiften Technik nur noch selten Spektakuläres entsteht, das die Maschine für sich allein beanspruchen kann. Sie ist aber in der gesamten technischen Weiterentwicklung integral beteiligt.

Der absolute Bedarf an Maschinen hat sich in den Industrieländern auf hohem Niveau stabilisiert. Nur schon der Unterhalt, die laufende Modernisierung und der Ersatzbedarf beanspruchen riesige Kapazitäten. In den Schwellenländern steigt der Bedarf weiterhin steil an.

Der Grosseinsatz von Maschinen ist heute weitgehend eine politisch/gesellschaftliche Frage. Die Technikfeindlichkeit der Satten spielt dabei eine bedeutende Rolle. Gefahr droht nicht von der Maschine, sondern nur vom Menschen, der die Maschine entweder missbraucht oder auch ihre Verwendung leichtfertig sabotiert.

Die Gesellschaft darf in der freien Marktwirtschaft die Verantwortung für das, was entwickelt und produziert wird, nicht dem Maschinenbauer aufbürden, der – bei aller Berücksichtigung ökologischer und ähnlicher Belange – primär die ihm gestellten technischen Aufgaben lösen soll, sondern muss ihre diesbezügliche Verantwortung selbst wahrnehmen. Als Staatsbürger hat jedoch auch der Maschinenbauer einen wesentlichen Beitrag zu leisten und insbesondere möglichst objektiv sein Spezialwissen einzubringen.

Ein angemessenes Bewusstsein der Gesellschaft hinsichtlich der Bedeutung der Maschine ist Voraussetzung für die Akzeptanz des sinnvollen weiteren Einsatzes von Maschinen und für ein Umfeld, das dem Maschinenbauer erlaubt, optimale Lösungen bereitzustellen.

gänzt werden durch dasjenige eines Bauwerks, bei dem die Basisstockwerke sukzessive horizontal ausgeweitet werden, so dass es mit der Zeit die Gestalt eines innen ausgefüllten «Eiffelturms» annimmt, dessen Fuss mit dem Wachsen der Spitze sukzessive breiter wird, damit der Bau weiterhin stabil dasteht. Dieses Bild wird in gewisser Hinsicht der Funktion der verschiedenen Technologien, welche die menschliche Gesellschaft tragen, besser gerecht. Es macht auch den höheren Aufwand sichtbar, der für eine Vergrösserung an der Basis notwendig ist im Vergleich zur gleich grossen horizontalen Ausweitung an der Spitze des Bauwerks.

Vielen Zeitgenossen dürfte erst beim bewussten Überdenken klar werden, welchen Grad der Unentbehrlichkeit die Maschine für unsere heutige Zivilisation hat. Man darf wohl ohne Übertreibung sagen, dass die Maschine eine der tragenden Säulen dieser Zivilisation und insbesondere des materiellen Wohlstandes ist. Nur schon die Aufrechterhaltung des heutigen - für die grosse Mehrheit der Erdbevölkerung noch alles andere als befriedigenden - Wohlstandes wäre ohne Maschinen völlig undenkbar, geschweige denn eine Verbesserung dieses Zustandes.

Überlegen wir uns einmal nur ganz kurz, in welchem Masse unser tägliches Leben von Maschinen beeinflusst und durchdrungen wird. Der durchschnittliche Europäer erwacht am Morgen in einer Umgebung, welche in dieser Form nicht annähernd existieren würde und für 99% der Menschheit nicht erschwinglich wäre. Sein Wohnraum besteht aus Werkstoffen, die nur durch Grosseinsatz von Maschinen in den benötigten Mengen gewonnen, aufbereitet und verarbeitet werden konnten. Sein Haus wurde unter Grosseinsatz von Maschinen errichtet, und dessen Betrieb, Unterhalt, Ver- und Entsorgung ist wiederum nur möglich durch den Grosseinsatz von Maschinen. Die meisten Gegenstände, die er anrührt, sind weitgehend das Produkt von Maschinen, und Kleinmaschinen und -apparate begleiten ihn auf Schritt und Tritt, bis er sein Haus verlässt, um sich irgendeiner Transportmaschine (und nicht etwa einem Computer oder Chip!) anzuvertrauen, die ihn zu seinem Arbeitsplatz bringt, und selbst als Fussgänger benützt er massgeblich maschinengeprägte Wege und Gehwerkzeuge. Und praktisch die gesamte Energie, die für all das verbraucht wurde bzw. dafür dauernd verbraucht wird, würde ohne Maschinen nicht zur Verfügung stehen.

Die Maschine hat keineswegs abgewirtschaftet, sie ist lediglich zur unentbehrlichen Selbstverständlichkeit geworden!

Vor diesem Hintergrund könnte sich eigentlich die Maschinenbaubranche zufrieden ihren Geschäften widmen, deren Volumen ja durch den absoluten Bedarf weiterhin sehr bedeutend ist. Glanz und Ansehen sind ja nicht halb so wichtig, wenn die Kasse stimmt. Dieser Rückzug ins «geheime Imperium» gelingt jedoch mindestens für den Werkplatz Schweiz nur sehr beschränkt, insbesondere aus den folgenden zwei Gründen:

- Wie jede andere Branche braucht der Maschinenbau, um erfolgreich zu bleiben, motiviertes und qualifiziertes Personal in ausreichender Zahl. Der - massgeblich von der Maschine geschaffene - Wohlstand unserer Zeit erlaubt jedoch hierzulande heute einem intelligenten jungen Menschen, praktisch in jeder Branche ein Auskommen zu finden, bei dem er sich die kleinen bis mittleren Wünsche des täglichen Lebens erfüllen kann, und in dieser Situation spielt dann die Attraktivität einer Branche für die Wahl von Beruf und Arbeitsplatz eine sehr gewichtige Rolle. Den Möglichkeiten, auf dem Wege über Geld die nötige Motivation zu erkaufen, sind aus wirtschaftlichen Gründen enge Grenzen gesetzt; er ist auch nicht die anzustrebende Lösung. Die Maschinenbaubranche hat deshalb die Aufgabe, durch unermüdliche Aufklärungsarbeit zu zeigen, wie wichtig und interessant die Arbeit auch in dieser tradionellen Branche sein kann, und auch die Einsicht in die Bedeutung einer solchen Tätigkeit hat ihre motivierenden Aspekte. Grün orientierten Zeitgenossen kann gezeigt werden, dass sie in manchen Sparten des Maschinenbaus (z.B. im Bereich Abfallverarbeitung und Recycling) weit mehr tun können für die Umwelt als mit mancher gutgemeinten alternativen Tätigkeit. All das muss jedoch bewusst in die Waagschale des Maschinenbaus geworfen werden, um dessen Ansehen wieder anzuheben und um auf dem Arbeitsmarkt gegen den «Glamour» anderer Branchen und neuer Wissenzweige bestehen zu können.
- Der zweite wichtige Aspekt ist die Akzeptanz der Maschine und ihres Einsatzes durch die Gesellschaft. Wer satt ist, kommt durchaus einmal zum Punkt, wo ihm jedes Mehr zuviel wird. Er muss nur aufpassen, dass er nach Möglichkeit an der vom Baumstamm abgewendeten Seite des Astes sägt. Dort gibt es sogar durchaus gelegentlich diesen oder jenen Wildwuchs abzuschneiden. Auf der Innenseite des Astes kann es jedoch relativ rasch kritisch werden. Und darin liegt die Gefahr, wenn die Bedeutung der Maschine verkannt und ihr angemessener weiterer Einsatz erschwert oder verunmöglicht wird (z.B. bei der Modernisierung von älteren Wasserkraftwerken).

Wie schon der erste Aspekt, beruht auch dieser zweite ganz erheblich auf dem Ansehen der Maschine, und die Konsequenzen, die sich daraus ergeben, sind durchaus vergleichbar.

Es genügt also nicht, als Maschinenbauer von der Nützlichkeit seines Tuns und von der Bedeutung der Maschine für Wohlstand usw. selbst überzeugt zu sein. Man muss es auch unter die Leute bringen: Gutes tun - und auch davon reden!

Definition

Als Maschine sei im folgenden ganz pragmatisch jede vom Menschen geschaffene Einrichtung verstanden, welche Kräfte umsetzt. Sie erzielt durch Krafteingabe mechanische Wirkung bzw. leistet durch Energiezufuhr mechanische Arbeit. Das damit verbundene Funktionsprinzip kann als die eingebaute Software bezeichnet werden.

Jede Maschine besteht aus zwei oder mehreren durch mechanische Kräfte verbundenen Teilen, die mindestens teilweise gegeneinander beweglich sind. Wenn wir einteilige Handwerkzeuge wie etwa den Hammer oder den Keil ausschliessen, steht am unteren Ende der Skala vielleicht der Drillbohrer des Steinzeitmenschen, während am oberen Ende die maschinenbaulichen Komponenten komplexer Systeme wie etwa eines Kraftwerkes oder eines Ozeanschiffs stehen.

Eine scharfe Grenze zu ziehen zwischen Maschine und System (darf beispielsweise eine Diesellokomotive noch als Maschine bezeichnet werden?) ist schwierig, aber im Rahmen dieses Aufsatzes auch nicht von Bedeutung. Der Begriff der Maschine sei deshalb hier grosszügig und eher in einem umfassenden Sinne interpretiert.

Maschine und Zivilisation

Es ist fast banal, an die wechselseitige Verknüpfung der Entwicklung der Zivilisation einerseits und der Technik anderseits zu erinnern. Das eine hätte ohne das andere nicht bzw. nicht so stattgefunden, und im Grunde genommen steht ja die Technik nicht eigenständig neben der Zivilisation, sondern

ist einer ihrer integrierenden und unverzichtbaren Bestandteile.

Innerhalb der Technik nimmt die Maschine insofern eine Sonderstellung ein, als sie zu ihren frühesten Erscheinungsformen gehört. Älter ist wohl nur die Nutzanwendung von Wärme, wenn man die Stoffumwandlung im Topf über dem Feuer als erste Anfänge der Verfahrenstechnik betrachten will (und durchaus darf).

Am Anfang des Maschinenbaus standen vor allem

- die Mechanisierung mühsamer manueller Verrichtungen (Drillbohrer)
- Kraftverstärkung (Hebelwerke, Flaschenzüge)
- Energieakkumulierung (Sehne der Armbrust, Spannmechanismus der Steinwurfmaschine)
- Energiegewinnung durch Umwandlung vorhandener natürlicher Energiequellen in mechanische Nutzenergie (Windmühlen, Wasserräder)

Vielmals ging es dabei auch um den Ersatz vorhandener natürlicher Gebilde durch gleichwertige oder stärkere Maschinen, angefangen beim Ersatz des speerwerfenden Arms durch den Pfeilbogen und dann durch die Armbrust, bis zum - allerdings viel späteren - Ersatz des Arbeitstiers bzw. des Arbeitssklaven durch eine Kraftmaschine.

Bis zur industriellen Revolution spielte die Maschine allerdings wirtschaftlich keine dominante Rolle, mit Ausnahme allenfalls gewisser werkzeugartiger Objekte und Hilfseinrichtungen in der handwerklichen Produktion. Das Pferd war lange Zeit von grösserer Bedeutung als die Maschine. Eine Sonderstellung nimmt vielleicht die Druckerpresse ein, welche die erste Revolution im Sektor der Kommunikation ermöglichte, allenfalls auch noch die mechanische Uhr, insbesondere in ihrer Bedeutung für die Schiffahrt.

Mit voller Wucht trat jedoch die Maschine mit der industriellen Revolution auf den Plan, mit den Schwerpunkten

- der Energie (Dampfmaschine, Verbrennungsmotor, Dampfturbine, Gasturbine, Kernreaktor)
- der Produktion (Webstuhl, Werkzeugmaschinen, verfahrenstechnische Maschinen usw.)
- der Transporte (Eisenbahn, Dampfschiff, Fahrrad, Automobil, Flugzeug)

Zwischen diesen Sachgebieten und Marksteinen bestehen zahlreiche wichtige Wechselbeziehungen, indem die eine Entwicklung ohne die andere nicht möglich gewesen wäre bzw. indem sich Entwicklungen gegenseitig hochschraubten. Auch mussten viele maschinenbauliche Entwicklungen warten, bis die Zeit reif war, sei es bezüglich der verfügbaren Werkstoffe, sei es wegen gesellschaftlicher Akzeptanzprobleme. Aber auch hier zogen und stiessen sich oft die verschiedenen Fachgebiete abwechslungsweise.

Eine der fundamentalsten Auswirkungen des Maschinenzeitalters war die Steigerung des Wohlstandes und der persönlichen Freiheit, mit all ihren gesellschaftlichen Auswirkungen. So darf man beispielsweise nur schon die Bedeutung einer so simplen Maschine wie das Fahrrad nicht unterschätzen, gab es doch erstmals dem kleinen Mann die Möglichkeit, sich in einem um Grössenordnungen erweiterten Raum relativ rasch und frei zu bewegen, eine Möglichkeit, die vorher praktisch nur einer dünnen privilegierten Schicht offenstand.

Unter dem Titel Maschine und Zivilisation darf die maschinentechnische Entwicklung der Waffen und Kriegsgeräte, die bisher höchstens punktuell gestreift wurde, nicht unterschlagen werden, zumal auch im Maschinenbau der Krieg Vater mancher Dinge war und ist. Es handelt sich bestimmt nicht um ein erfreuliches Kapitel. Die Maschine für die Kriege verantwortlich zu machen wäre jedoch eine Verkennung des Motivs jeder kriegstechnischen Entwicklung; auf die moralischen Aspekte wird im übrigen weiter unten näher eingegangen.

Schon in der Antike wurden maschinenähnliche Waffen eingesetzt, wie etwa Wurfmaschinen und Rammen oder - etwas später - die Armbrust. Auch Kriegswagen und -fahrzeuge spielten von alters her eine wichtige Rolle, und schon die ersten Feuerwaffen wiesen maschinenbauliche Aspekte auf und basierten in zunehmendem Masse auf maschinenbaulichen Produktionsmitteln. Modernere Feuerwaffen sind weitgehend klassischer Maschinenbau. Die Mechanisierung der Kriegsführung schliesslich mit ihrer Motorisierung, mit ihren Panzern, Flugzeugen, Nuklearwaffen und Lenkwaffen ist voll durchdrungen vom Maschinenbau.

Die Wechselwirkungen zwischen ziviler und kriegstechnischer Entwicklung sind so bekannt und offensichtlich, dass sie wohl keiner weiteren Erläuterung bedürfen.

Die grösste zivilisatorische Bedeutung erlangte jedoch die Maschine fraglos durch ihre zentrale Stellung in der Energiebeschaffung, wie schon mehrfach angetönt. Diesem Aspekt seien die nächsten Abschnitte gewidmet.

Maschine und Energie

Die Ausleuchtung der komplexen Beziehungen zwischen Zivilisation, Wohlstand, Kultur, Gesellschaftsform und Gesellschaftsleben würde den Rahmen dieser Abhandlung bei weitem sprengen. Es seien hier aber doch einige bemerkenswerte Relationen mindestens zwischen materiellem Wohlstand und der verfügbaren Energie hergestellt und wiederum deren Beziehungen zur Maschine kurz beleuchtet.

Der Steinzeitmensch verfügte praktisch nur über seine eigene Arbeitskraft, welche auf 24 Stunden verteilt mit ungefähr 0,02 kW Dauerleistung beziffert werden kann. Diesbezüglich änderte sich bis zur Zeit der Römer nichts Entscheidendes, ausser dass vermehrt Trag- und Zugtiere, verbunden mit physischem Einsatz von Menschen, als wichtige zusätzliche Energiequelle genutzt wurden.

Zu Beginn unserer Zeitrechnung standen den rund 20 Mio. Römern rund 130 Mio. Sklaven zur Verfügung. Der Konsum des von diesem Sklavenheer erarbeiteten «Bruttosozialproduktes» ermöglichte dieser relativ kleinen Elite schon damals ein recht komfortables Leben, stand ihnen doch - unter Einrechnung der Arbeitstiere - mindestens das Zehnfache an Arbeitsleistung zur Verfügung als dem Steinzeitmenschen. Was das für den Wohlstand und den Lebensstil bedeutet hat, ist von der Geschichte und den verbliebenen steinernen Zeugen aus dieser Zeit etwa in Rom eindrücklich dokumentiert.

Die menschliche mechanische Arbeitsleistung blieb aber doch ein entscheidender limitierender Faktor. Wenn 130 Mio. Sklaven 20 Mio. Römer bedienten, dann lag darin nur noch ein relativ bescheidenes Steigerungspotential: Das «Bruttosozialprodukt» von 150 Mio. Sklaven wäre nur unbedeutend grösser gewesen als das effektiv verfügbare. (Etwas anders sieht es natürlich aus der Sicht der 20 Mio. Privilegierten aus, unter denen sich der Verteilungskampf abspielte. Wäre es beispielsweise den stärkeren 10 Mio. Römern gelungen, die schwächeren 10 Mio. auch noch zu Sklaven zu machen, dann hätte das zwar am «Bruttosozialprodukt» wenig geändert, aber die Quote der pro Kopf verfügbaren Energie verdoppelt, was dann diesen obersten 10 Mio. durchaus eine neue Dimension eröffnet hätte. Offenbar stellte sich jedoch das Gleichgewicht in diesem Verteilungskampf beim erwähnten Verhältnis 20 zu 130 ein, wohl nicht zuletzt, weil sich dabei ja auch schon ganz ordentlich und standesgemäss leben liess . . .).

Windräder und Wasserräder, die im Verlauf der Jahrhunderte aufkamen, konnten das zur Römerzeit erreichte Niveau wohl punktuell, aber nicht dramatisch verändern. Im gesamten Mittelalter blieb es im wesentlichen bei den aufgeführten Energiequellen, und entsprechend bescheiden blieb auch der Wohlstand der Massen (bzw. es blieb deren Misere). Erst die Dampfmaschine begann Nutzenergie im grossen Stil zu produzieren. Der Zuwachs an verfügbarer Energie wurde praktisch nur noch begrenzt durch die Produktionskapazität für die Herstellung von Dampfmaschinen, und die industrielle Revolution nahm sogleich ihren Anfang. Die Fortsetzung über den Verbrennungsmotor, die Dampfturbine, die Gasturbine bis hin zum Kernreaktor ist bekannt.

Heute steht dem Bewohner der Industrieländer 500- bis 1000mal mehr Energie zur Verfügung als dem Steinzeitmenschen, eine Verhältniszahl, die etwa auch für den materiellen Wohlstand zutreffen dürfte. Man darf zusammenfassend durchaus behaupten, der materielle Wohlstand habe sich weitgehend proportional zur verfügbaren Energie entwickelt und dass die unerlässliche Voraussetzung dafür der permanente Grosseinsatz von Maschinen gewesen sei. Das war gestern so, das ist heute so und wird auf noch unabsehbare Zeit so bleiben. Die Maschine befreite die Massen von Schwerarbeit, und erst durch die Maschine konnte der Wohlstand von der physischen Ausnützung anderer Menschen weitgehend abgekoppelt werden.

Die obigen Überlegungen müssen nicht auf die rein historische Sicht beschränkt werden. Es gibt ja noch heute auf der Erde Zivilisationen, welche mit dem Zustand der Steinzeit, des Altertums, des Mittelalters und der industriellen Revolution vergleichbar sind. Dieses noch heute verfügbare Anschauungsmaterial dürfte die gemachten Überlegungen durchaus stützen.

Ordnungshalber sei noch darauf hingewiesen, dass bei allen diesen Überlegungen in erster Nährung die verschiedenen Energieformen bewusst nicht auseinandergehalten worden sind. So ist klar, dass beim heutigen Pro-Kopf-Energieverbrauch auch Erdöl, Gas und Kohle mitgerechnet sind, deren Energie zu einem erheblichen Teil direkt als Wärme genutzt wird. Wenn man jedoch bedenkt, welche Rolle die Maschine bei der Gewinnung und Verarbeitung dieser Energieträger spielt, dann wurde die Bedeutung der Maschine für die Entwicklung des Wohlstandes, gemessen am Energieverbrauch, auch ohne Differenzierung nach Energieformen sicher nicht überzeichnet.

Die treibenden Kräfte der Maschinenentwicklung

Maschinen befriedigen menschliche Bedürfnisse. Auf dieser lapidaren Feststellung basieren wohl letztlich alle Impulse, welche zur Entwicklung und Vervollkommnung von Maschinen geführt haben und weiterhin führen werden. Im einzelnen kann es sich um die Lösung konkreter Probleme handeln, aber auch um das Streben nach wirtschaftlichem Erfolg oder Macht, etwa in Form von Waffen, oder auch um die Befreiung von mühsamer körperlicher Arbeit. In zielgerichteter Forschung und Entwicklung wird nach Lösungen für diese Probleme gesucht. Nebst diesem systematischen Vorgehen hat aber auch die spontane Kreativität ihren Stellenwert: Im Kopf des Erfinders kann – oft unbewusst – eine Synthese zwischen Wünschen und realen Möglichkeiten oder spontanen Ideen stattfinden, die ebenfalls zu konkreten Produkten führt.

Geht man von den menschlichen Bedürfnissen aus, dann kommen die Anstösse – etwa in dieser Prioritätsreihenfolge – aus dem Bedarf nach Nahrung, nach Schutz vor der Natur (Kleidung, Wohnen, Jagdwaffen), nach sozialer Stellung und Macht (Waffen und Schutz vor Waffen) und – last but not least – aus dem Wunsch nach Vergnügen und Luxus.

Die Impulse können auch aus logistischer Sicht gruppiert werden. Dann sind es einerseits die Bedürfnisse, die sich aus der Versorgung ergeben (Nutzung der natürlichen Ressourcen durch Ackerbau, Jagd, Fischerei, Gewinnung von Bodenschätzen, dann die Produktion bzw. Umwandlung der Rohstoffe, dann der Transport von Waren und Personen und schliesslich der Konsum). Umgekehrte Bedürfnisse entstehen aus der Entsorgung (Sammlung, Transport, Verwertung oder Restlagerung von Abfallprodukten).

Nebst diesen primären Antriebskräften verdient vielleicht auch noch eine gewisse Eigengesetzlichkeit Beachtung, indem eine für einen bestimmten Zweck entwickelte Maschine oftmals Anwendungsfelder erschliesst und Impulse gibt, an die der Erbauer nicht oder höchstens am Rande dachte. Zum Beispiel die Dampfmaschine von Denis Papin, deren Entstehung nach der Legende darauf zurückzuführen sein soll, dass die Energie der Wasserräder nicht mehr ausreichte, um all die Wasserspiele in Versailles zu betreiben ... Ausgerechnet die Maschine, welche in der Folge im wesentlichen die industrielle Revolution auslösen half, wäre demzufolge auf einen reinen Luxuswunsch zurückzuführen! Ähnliches erlebte das Automobil in seiner Anfangszeit: Zuerst ausgerichtet auf den Ersatz der Privatkutsche der Privilegierten, wurde es zum Symbol der individuellen Bewegungsfreiheit schlechthin und zu einem Schlüsselelement tiefgreifender Zivilisationsveränderungen.

Die Spanne der Bedürfnisse, welche durch Maschinen befriedigt wurden und weiterhin werden, reicht also von der reinen Spielerei und Unterhaltung über Gewinnstreben und Machtstreben bis zur Befriedigung der grundlegendsten Bedürfnisse des Menschen.

Sinn, Möglichkeiten und Grenzen des Maschineneinsatzes

Wenn wir davon ausgehen, dass die wesentliche Funktion praktisch aller Maschinen darin besteht, Wünsche und Bedürfnisse des Menschen zu befriedigen, dann sind Sinn, Möglichkeiten und Grenzen des Maschineneinsatzes stets am Menschen zu messen. Die Maschine selbst hat keine Moral. Moral ist weitestgehend gefordert vom Nutzer der Maschine, ob er nun diese direkt oder in Form des Konsums ihrer Leistungen bzw. Produkte nutzt.

Im Rahmen der freien Marktwirtschaft ist der Maschinenbauer – mindestens am Reissbrett, im Labor, in der Fabrik und an der Verkaufsfront, aber sogar auch am Direktionspult – schlicht überfordert, wenn er entscheidenden Einfluss nehmen soll darauf, dass in seinem Einflussbereich nur «Sinnvolles» produziert und verkauft wird. Wenn sich schon die Gesellschaft als Ganzes schwertut (oder darum drückt), zu entscheiden, was sinnvoll sei und was nicht, dann darf sie das nicht vom Spezialisten erwarten, dessen primäre Aufgabe es ist, Probleme maschinentechnisch zu lösen, und nicht, diese Probleme einer gesellschaftskritischen Analyse zu unterziehen. Dass jedoch der gleiche Spezialist als Bürger und Konsument eine grosse Mitverantwortung trägt an solchen Entscheiden, ist unbestritten. Er hat auch im Minimum die Pflicht, seinen Auftraggeber auf allfällige Gefahren aufmerksam zu machen, die mit der Erfüllung seiner Forderungen durch den Maschinenbauer verbunden sein können, soweit der Auftraggeber diese nicht selbst erkennen kann. Er muss darüber hinaus höchsten moralischen Ansprüchen genügen, wenn er vor der Öffentlichkeit als Experte auftritt, sei es auf Berufung oder aus eigenem Antrieb.

Für den unvoreingenommenen Betrachter sind bei der Beurteilung gewisser negativer Auswirkungen des Ma-

schineneinsatzes deutliche Grenzen der Marktwirtschaft ersichtlich. Ohne lenkende Eingriffe der Gesellschaft kann die Marktwirtschaft mindestens so lange diverse Fehlentwicklungen nicht verhindern, als die negativen Auswirkungen z.B. eines bestimmten Maschineneinsatzes nicht die gleichen Personen treffen, die den Nutzen davon haben. (Das gilt für den Einsatz von Technik ganz allgemein.) Es wäre aber ein verhängnisvoller Irrtum, hier primär bei der Maschine bzw. bei der Technik einsetzen zu wollen, nur weil diese ein fast beliebig steuerbares Element in dieser Kette darstellt - zum Guten wie zum Schlechten. Erst wenn der Nutzer auch für die vollen Negativwirkungen einzustehen hat, kann der Regelkreis funktionieren. Das bedingt jedoch Eingriffe, welche die Marktwirtschaft nicht aus sich heraus herbeiführt. Die Selbststeuerung der Marktwirtschaft ist in diesen Belangen weitgehend zu träge, hat zu lange Reaktionszeiten und zu hohe Ansprechschwellen. Ausreichende Steuerkorrekturen würden von ihr allein oft erst nach einer kleinen bis mittleren Katastrophe ausgelöst. Welcher Grad von Katastrophe jedoch gesellschaftlich als akzeptierbar beurteilt wird, ist mit den Massstäben der Marktwirtschaft ganz einfach nicht zu erfassen. Als mildes Beispiel sei hierzu etwa das Problem Smog/Motorfahrzeugverkehr angesprochen, welches bezüglich des Begriffs der Katastrophe bestenfalls den Charakter eines Wetterleuchtens hat ...

Technisch ist heute annähernd alles machbar, was der Mensch zur Befriedigung seiner täglichen Lebensbedürfnisse und sogar - in vernünftigem Rahmen - seiner Unterhaltungsbedürfnisse benötigt. Die entsprechenden Technologien sind vorhanden. Die Begrenzung liegt mehr und mehr in der Verfügbarkeit entsprechender Rohstoffe in ausreichender Menge, in der Verfügbarkeit des Kapitals und in der Umweltbelastung, die mit diesem ganzen Verfahren verbunden ist. Die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes der Technik und damit auch der Maschine im heutigen Zeitalter wird somit zu einem erheblichen Teil durch Aspekte bestimmt, die ausserhalb des Maschinenbaus liegen.

Ein Wort noch zum Thema Grosstechnologie/Alternativtechnologien: Ob letztlich zum Segen oder zum Verhängnis der Menschheit, Grosstechnologie - fast immer gekoppelt mit einem Grosseinsatz von Maschinen - war und ist noch immer unverzichtbare Voraussetzung für verbreiteten Wohlstand. Wird nicht dieser selbst in Frage gestellt, dann ist Grosstechnologie auch sinnvoll, weil unabänderliche physikalische und technische Gesetzmässigkeiten dazu führen, dass grosstechnologische Anlagen bessere Wirkungsgrade haben als kleinere, dass ihre Umweltbelastung pro erzeugte Energieeinheit (bei gleicher Technik) erstens am besten unter Kontrolle gehalten und zweitens am besten minimiert werden kann. Wenn Umweltbelastung in Form von verbrauchten Werkstoffen und von Emissionen pro erzeugte Energieeinheit gemessen werden, dann schneidet die Grosstechnologie in neun von zehn Fällen besser ab als jede Alternative. Der Übergang zu «sanften» Technologien bedeutet demzufolge fast immer mehr Umweltbelastung pro erzeugte Energieeinheit. Somit kann alternative Technologie («small is beautiful» usw.) im Normalfall nur dann unter dem Strich einen Fortschritt bringen, wenn sie mit einem entsprechenden Verzicht an Konsum verbunden wird.

Die Maschine und die grossen Probleme unserer Zeit

Nachdem die Maschine einen integrierenden Bestandteil unserer Zivilisation bildet, ist sie schicksalhaft verbunden mit den grossen Problemen unserer Zeit, wie sie der Club of Rome im Jahre 1972 erstmals in ihrer vollen Dimension aufgezeigt hat und die sich in knappster Form vielleicht wie folgt zusammenfassen lassen:

Die endlichen Ressourcen unseres Planeten einschliesslich der Ökologie lassen es nicht zu, dass eine weiterhin wachsende Erdbevölkerung je das heutige Wohlstandsniveau der westlichen Industrienationen erreicht, geschweige denn mehr. Bereits der heutige Konsum an Ressourcen und insbesondere an Umwelt wird über kurz oder lang auf unüberwindliche Hindernisse stossen und zu mindestens regionalen Katastrophen führen. Ob die Zementierung des Status quo unter Beibehaltung (oder gar unter einer weiteren Verschärfung) der heute bestehenden weltweiten Unterschiede/Ungerechtigkeiten eine theoretisch denkbare Lösung wäre, hat noch niemand gewagt, zu Ende zu denken und das Ergebnis zu präsentieren, aus offensichtlichen Gründen ...

Trotz diverser Wenn und Aber bezüglich der «Stellen hinter dem Komma» stehen die grundsätzlichen Feststellungen des Club of Rome im wesentlichen weiterhin unwidersprochen im Raum.

In diesem Zusammenhang wird der Technik und der Maschine gelegentlich vorgeworfen, sie hätten überhaupt erst die Bevölkerungsexplosion ermöglicht. Daran ist zweifellos Wahres. Sie hat jedoch mindestens in den heutigen Industrienationen zugleich einen entscheidenden Beitrag geleistet, dass trotz dieser Bevölkerungsexplosion der Wohlstand nicht sank, sondern sogar in atemberaubendem Ausmass stieg. Und die Relation zwischen Bevölkerungswachstum und Wohlstand verläuft ja nicht monoton: Nach anfänglichem Gleichlauf sinkt die Geburtenrate praktisch weltweit in jedem Lande, sobald ein gewisser Wohlstand (und damit Bildungsstand) erreicht ist, und die Wohlstandsgesellschaften zeigen heute die grösste Bereitschaft zur Geburtenregelung, weil diese je länger, je mehr Voraussetzung für das Aufrechterhalten des durchaus geschätzten Wohlstandes bildet. Dies erlaubt vielleicht sogar die (sehr) langfristige Vision einer nicht mehr allzu zahlreichen Menschheit, die in angemessenem Wohlstand lebt, für welchen die Ressourcen durchaus ausreichen würden. Der Weg zu diesem Zustand steht allerdings noch in den Sternen, solange Milliarden mangels Wohlstand noch nicht zur Einsicht (zum Egoismus?) der «Wohlständischen» gekommen sind. Diesen Teufelskreis können aber weder die Technik, noch die Maschine aufschneiden:

Sämtliche Massnahmen zur Beeinflussung des weiteren Schicksals der Menschheit bedürfen primär eines entsprechenden Willens. Die Technik und mit ihr die Maschine sind lediglich Instrumente, welche in den Dienst solcher Massnahmen gestellt werden können. Im Rahmen gegebener Ziele und gegebener Randbedingungen verschaffen Technik/Maschine jedoch einen Handlungsspielraum, dessen Nutzung den Menschen überlassen bleibt, welche über den Einsatz solcher Mittel zu entscheiden haben. Es steht ausser Zweifel, dass die Maschine insbesondere in den Schwerpunktbereichen Energieversorgung, Rohstoffgewinnung und Recycling noch Beiträge von ganz anderer Grössenordnung als heute leisten kann, wenn ein entsprechender Wille dahintersteht. Technik/Maschinen zählen zu den wenigen Mitteln, die relativ rasch und stark wirken und dank deren Einsatz Zeit gewonnen werden kann, um die Probleme unserer Zeit von der Ursachenseite her anzugehen. Im Minimum kann durch sie der Zeitpunkt denkbarer Katastrophen erheblich hinausgeschoben werden.

So gibt es ein Modell, nach welchem das Rohstoffproblem auf praktisch unbeschränkte Zeit gelöst werden kann, wenn der Einsatz von Brutreaktoren im notwendigen Umfang zugelassen wird. (Die Problematik der Nuklearenergie sei hier mangels Raums ausgeklammert; sie dürfte sich auch wesentlich anders präsentieren, wenn der Menschheit einmal bezüglich der Rohstoffe das

Wasser wirklich am Hals steht ...) Die Rechnung mit der praktisch unbeschränkten Verfügbarkeit der Rohstoffe geht natürlich nur auf, wenn diese Rohstoffe dann auch noch sinnvoll eingesetzt werden, aber das gehört nicht mehr zur Aufgabe, welche der Technik in diesem Modell gestellt wurde. Es will ja auch nur aufzeigen, dass die Möglichkeiten der Technik auch in so zentralen Problemen wie der Rohstoffversorgung noch keineswegs ausgeschöpft sind; man darf von der Technik nicht die Lösung eines Gesamtproblems erwarten, das Dimensionen hat, die weit über ihren Wirkungsbereich hinausgehen.

Maschinen können also bei der Lösung vieler existenzbedrohender Probleme der Menschheit massgebliche Beiträge leisten. Dem kritischen Beobachter wird allerdings nicht entgehen, dass es sich dabei zu einem erheblichen Teil um Probleme handelt, die es - auf den ersten Blick gesehen - ohne das Vorhandensein von Maschinen gar nicht gäbe. Können nicht all die überflüssigen Güter unserer westlichen Zivilisation überhaupt nur produziert werden dank dem Grosseinsatz von Maschinen? Also: Zur Hölle mit den Maschinen, zurück aufs Land? Dieser Trugschluss geht an der weiter oben festgehaltenen Tatsache vorbei, dass jede Maschine das Produkt menschlicher Wünsche war und nur existiert, weil Menschen diese Wünsche in die Tat umsetzten und dazu durch die verschiedensten Antriebskräfte motiviert waren. Die Maschine ist der willige Arbeitssklave der heutigen Gesellschaft. Sie kann ihn einsetzen, um ihre Äcker zu bestellen und um die Rohstoffe in einem ökonomischen und ökologischen Kreislauf zu nutzen, ebenso wie dafür, der gleichen Menschheit das Grab zu schaufeln. Die Maschine ist für die Gesellschaft eines ihrer wirksamsten Instrumente, um ihre äusseren Lebensumstände nach ihren Wünschen zu gestalten. Dass dies vermehrt in massvoller und sinnvoller Weise geschehe, das wünscht sich jeder verantwortungsbewusste Maschinenbauer.

Adresse des Verfassers: *A. Jacob*, Dr. sc. techn., Dipl. Masch.-Ing. ETH, Direktor bei Georg Fischer +GF+, 8200 Schaffhausen.

Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen

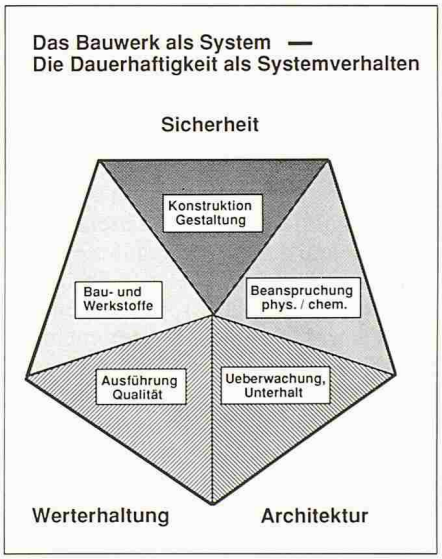
VON HANS BÖHNI, ZÜRICH

Die im März 1989 mit der Tagung «Anker und Spannkabel» abgeschlossene Tagungsreihe «Korrosion und Korrosionsschutz» wurde vom SIA in Zusammenarbeit mit dem Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion an der ETHZ, der EMPA, der SIA-Fachgruppe für industrielles Bauen und der Korrosionskommission durchgeführt. Die vier Tagungen stiessen auf reges Interesse. Dies zeigt deutlich, dass nicht nur ein aktuelles, sondern ein im Hinblick auf die Sicherheit und Dauerhaftigkeit von Bauwerken auch ausserordentlich wichtiges Thema behandelt wurde. Die insgesamt 1700 Teilnehmer dieser Studientagungen - vorwiegend Bauingenieure aus Projektierungsbüros, Verwaltungen und Unternehmungen - bekundeten mit ihrer Anwesenheit zudem ein grosses Bedürfnis nach Fort- und Weiterbildung in diesem Fachgebiet. Das Ziel aller vier Veranstaltungen war es denn auch, neben neuen Forschungsergebnissen vor allem Grundlagen und Zusammenhänge der Korrosion und des Korrosionsschutzes zu vermitteln sowie Möglichkeiten und Grenzen moderner Untersuchungsmethoden und Technologien aufzuzeigen.

Welche wesentlichen Merkmale prägen die Korrosion und den Korrosionsschutz bei Bauwerken? Rückblickend auf die Studientagungen sind für das Bauwesen, im Vergleich zu anderen technisch wichtigen Bereichen, folgende Aspekte besonders hervorzuheben:

□ Die lange Lebensdauer von fünfzig und mehr Jahren, wie sie von Bauwerken üblicherweise erwartet wird, erfordert auch den Einbezug langsamer, anderweitig oft vernachlässigbarer Korrosionsprozesse in die Beständigkeitsbetrachtungen. Sie erschwert ausserdem meist die Beurteilung der komplexen Umgebungseinflüsse, denen Bauwerke bzw. Bauteile während ihrer Nutzungsdauer ausgesetzt sind, ganz erheblich. So können sich anfänglich harmlose Umgebungsbedingungen infolge der Aufkonzentration von aggressiven Stoffen während des Betriebes kontinuierlich verschlechtern, bis schliesslich die Beständigkeit der eingesetzten Werkstoffe nicht mehr gewährleistet ist. Eine einwandfreie Ermittlung des physikalisch-chemischen Beanspruchungsprofils am Bauwerk selbst ist deshalb in Zukunft unbedingt erforderlich.

□ Viele Bauteile und Komponenten sind nach der Fertigstellung eines Bauwerkes einer visuellen Kontrolle nicht mehr oder nur noch schwer zugänglich. Bauwerke und Bauteile sind deshalb in Zukunft so zu gestalten, dass sie auf messtechnisch einfache Art wenn immer möglich flächendeckend überwacht bzw. kontrolliert werden können. Sicherheitstechnisch wichtige Komponenten sollten grundsätzlich auswechselbar sein. Die heute zur Verfügung stehenden Verfahren zur zerstörungsfreien Erfassung des Bauwerkzustandes sind zweifellos zu ergänzen und weiterzuentwickeln. Nur aufgrund einwandfreier Zustandsanalysen können zweckmässige Schutz- und Erneuerungsmassnahmen richtig geplant und auch rechtzeitig ausgeführt werden.



□ Der Schutz unserer Bauwerke erfordert nicht nur eine korrosionsschutzgerechte und unterhaltsfreundliche konstruktive Gestaltung sowie den Einsatz moderner, hochbeständiger Werkstoffe - die ausführungstechnischen Qualitätsanforderungen sind für die Dauerhaftigkeit von ebenso grosser Bedeutung. Da die Anwendung neuer Schutzmethoden wie auch neuer Werkstoffe