



Title: Gedanken zur Automation und zum Problem der technischen Keimzelle
Author(s): Konrad Zuse
Date: ?
Published by: Konrad Zuse Internet Archive
Source: Document - ZIA ID: 0699

The Konrad Zuse Internet Archive preserves and offers free access to the digitized original documents of Konrad Zuse's private papers and to other related sources.

The Konrad Zuse Internet Archive is a nonprofit service that helps scholars, researchers, students and other interested parties discover, use and build upon a wide range of content in a digital archive. For more information about the Konrad Zuse Internet Archive, please contact zusearchive@zib.de.

Your use of the Konrad Zuse Internet Archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use (<http://zuse.zib.de/tou>) including the following license agreement. If you do not accept the Terms & Conditions of Use you are not permitted to use the material.

This work by Konrad Zuse Internet Archive is licensed under a
Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>).
Based on a work at <http://zuse.zib.de>



Attribution (BY) - You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work). Attribute with "Konrad Zuse Internet Archive (<http://zuse.zib.de>)".

Noncommercial (NC) - You may not use this work for commercial purposes.

Share Alike (SA) - If you alter, transform, or build upon this work, you may distribute the resulting work only under the same or similar license to this one.

The usage of this document requires the consideration of possible third party copyrights, and might necessitate obtaining the consent of the copyright holder. The Konrad Zuse Internet Archive assumes no liability with respect to the rights of third parties. The Konrad Zuse Internet Archive is not responsible for the claims of any third party resulting from any infringement of copyright laws.

Gedanken zur Automation und zum Problem der technischen Keimzelle¹⁾

Von K. Zuse, Bad Hersfeld²⁾

Zusammenfassung: Das Thema Automation wird in großen Zügen diskutiert und die Zukunftsmöglichkeiten gegenüber den bereits verwirklichten bzw. in unmittelbarer Zukunft durchführbaren Maßnahmen besprochen. Während heute die Automation sich hauptsächlich noch auf die Fertigung von Massengütern erstreckt, muß es für die Zukunft mit ein Ziel sein, gerade die Entwicklung und Fertigung individuell verschiedener einzelner Modelle der Automation zugänglich zu machen. Die mathematische Vorbereitung der Probleme erscheint dabei besonders wichtig.

Das Problem der technischen Keimzelle wird in seinen einzelnen möglichen Entwicklungsstufen behandelt. Es ergibt sich aus dem auch an anderer Stelle schon diskutierten Problem, in sich geschlossene Produktionskreisläufe in Werkstätten zusammenzufassen, die in der Lage sind, sich selbst nachzubauen. In Erweiterung dieses Gedankens sind Formen von Werkstätten denkbar, welche verschiedenen Aufbau und verschiedene Größenordnungen haben, so daß sowohl die systematische Verkleinerung als auch die Vergrößerung aus gegebenen, vielleicht mikroskopisch kleinen Anfangsformen heraus möglich ist. In mathematischer Hinsicht werden diese Entwicklungsformen den mathematischen Axiomensystemen gegenübergestellt.

Die Theorie der Keimzelle wird als eine möglicherweise sehr wichtige mathematische und konstruktive Disziplin für die Zukunft erkannt, und es werden Vergleiche mit den biologischen Problemen der Keimzellen getroffen.

Summary: The subject of automation is discussed in its great outlines and the future possibilities in comparison with the measures already realised, respectively to be realised in the near future, are dealt with. Whereas today automation mainly regards the production of mass articles, in future one of the aims should be to apply automation to the development and production of different and individual models. Of particular importance in this connection seems to be the mathematical preparation.

¹⁾ Dipl. Ing. Konrad Zuse gab anläßlich seiner Promotion zum Dr. Ing. Ehren halber an der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg interessante Einblicke – oder Weitblicke – über eine mutmaßliche Fortentwicklung der Automatisierung. Bekanntlich waren schon im Jahre 1936 die Ideen Zuses über das Wesen und den Bau programmgesteuerter Rechenanlagen wegweisend.

²⁾ Dipl. Ing. Dr. Konrad Zuse, Bad Hersfeld,

The problem of the technical germ-cell is dealt with considering its single potential grades of evolution. It results from the problem, already discussed in some other connection, to gather complete and independent production processes in work shops, which are in a position to rebuild themselves. If we continue and enlarge this idea we could think of work shops which are different in their organisations and their sizes, so that a systematic diminution as well as the growth from given initial forms, may be infinitesimally small, is possible. In a mathematical respect these forms of development are opposed to the mathematical axiom systems.

The theory of the germ-cell is recognised as a mathematical and constructive discipline in future, which may be of great importance, and comparisons are made with the problems of the germ-cell.

Résumé: Le thème "automation" est discuté en peu de mots et les possibilités futures sont traitées en comparaison aux mesures déjà réalisées, respectivement aux mesures qui se réaliseront dans la proche future. Tandis qu'aujourd'hui l'automation s'étend principalement à la production d'articles de masse, un des buts futures doit consister en ce que l'automation sera appliquée aussi au développement et la production de modèles différents et individuels. La préparation mathématique des problèmes y semble être de la plus grande importance.

On traite le problème de la spore technique dans ses degrés d'évolution possibles. Il résulte du problème, déjà discuté dans un autre essai, d'unifier des procès de production complets et indépendants dans des ateliers qui sont à mesure de se reconstruire eux-mêmes. En poursuivant cette idée on parvient à imaginer des formes d'ateliers qui sont différentes quant à leur organisation et leur grandeur, de sorte qu'une diminution systématique ainsi qu'agrandissement de formes originales peut-être minimales, est possible. Du point de vue mathématique ces formes d'évolution sont opposées aux systèmes d'axiomes mathématiques.

La théorie de la spore est reconnue comme une discipline mathématique et constructive, peut-être d'une grande importance, et on fait des comparaisons au problème biologique de la spore.

Der Einsatz programmgesteuerter Rechenmaschinen hat in den letzten Jahren weite Gebiete erfaßt. Unter den Schlagworten "Elektronik" und "Automation" hat sich eine Entwicklung angebahnt, die sich in ihren Auswirkungen gerade erst ungefähr abzuzeichnen beginnt.

Betrachten wir einmal das Problem der Automation.

Die Diskussionen über dieses Thema haben in letzter Zeit beinahe lawinenartig zugenommen. Dabei befinden wir uns fast völlig im Fahrwasser ausländischer Entwicklungen. Es wird sehr vieles als völlig neuartig hingestellt, was tatsächlich nur eine logische Fortsetzung dessen ist, was eine Generation vor uns mit "Rationalisie-

rung" bezeichnete. So erstreckt sich die Automation heute noch in erster Linie auf die vollautomatische Fertigung von Massengütern. Die Investitionen, beispielsweise für die Transferstraßen der Autoindustrie sind so ungeheuer, daß sie sich nur bei entsprechend hoher Produktion gleicher Artikel rentieren. Dadurch sind der Automation in heutigen Sinne natürliche Grenzen gegeben.

Meine persönliche Ansicht ist die, daß wir hier noch lange nicht den endgültigen Weg gefunden haben. Wir haben die Möglichkeit der angewandten Logistik im weitesten Sinne auf diesem Gebiet noch keineswegs voll erkannt. Meiner Meinung nach müssen wir dahin kommen, daß nicht nur die Fertigung von Massengütern, sondern gerade die Herstellung individuell stark verschiedener Gegenstände durch die Automation erschlossen werden muß.

Als ein anschauliches Beispiel möge das Bauwesen dienen. Nach dem heutigen Stand der Automationstechnik ist es am günstigsten, möglichst viele Häuser nach dem genau gleichen Schema zu bauen, da sich erst dann der Einsatz der technischen Mittel günstig auswirken kann. Wir sollten aber dahin kommen, daß gerade die individuell verschiedenen Bauwünsche in erhöhtem Maße berücksichtigt werden können. Gerade durch den Einsatz logistischer Rechenmaschinen könnte man die gesamte individuelle Planungsarbeit weitgehend mechanisieren und entsprechende Baumaschinen – dem jeweiligen Zweck angepaßt – steuern. Moderne Rechenmaschinen wären in der Lage, anhand gewisser topologischer Ansätze über die allgemeine Grundrißgestaltung des Hauses, sämtliche technische Details nach vorgegebenen Regeln zu errechnen. Ein anderes Beispiel möchte ich aus dem Maschinenbau bringen. Welch' ungeheure Arbeit und Mühe ist heute erforderlich, um das erste Modell einer neu zu entwickelnden Maschine zu bauen. Gerade hier ist jeder Tag kostbar; denn von der Schnelligkeit, mit der neue Entwicklungen durchgeführt werden können, hängen meistens wichtige Entscheidungen ab. Auch hier sollte uns der richtige Einsatz von Rechenmaschinen im Zusammenspiel mit entsprechenden Werkzeugmaschinen ganz neue Möglichkeiten eröffnen.

Allerdings sind bis zur Erreichung dieses Zieles noch viele Probleme zu lösen. Grundsätzlich möchte ich dabei insbesondere den Herren der Industrie ans Herz legen, die mathematische Seite des Fragenkomplexes nicht zu vernachlässigen. Die soeben angedeuteten Ideen lassen sich nicht allein mit konstruktiven Mitteln verwirklichen. Eine intensive mathematische Vorbereitung ist erforderlich. Da es sich bei den Investitionen, welche die Industrie im Rahmen der Automation durchzuführen hat, um Milliarden-Werte handelt, sollte man auch bereit sein, einige Millionen allein für die gründliche mathematische Vorbereitung des Problems bereitzustellen. Durchdenkt man

diese Möglichkeiten konsequent weiter, so ergeben sich weitere überraschende Perspektiven. Erstreckt man die automatische Fertigung auf eine geschlossene Gruppe von Einzelteilen und deren Montage, so daß die Fabrikationsmittel selbst wiederum automatisch gefertigt werden können, so kommt man zum Problem der Maschine, welche sich selbst nachbauen kann. Auch diese Frage ist in letzter Zeit bereits theoretisch untersucht worden und man hat versucht, zunächst wohl nur auf dem Papier, Modelle für derartige Geräte zu entwerfen (*John von Neumann*).

Nun darf man das Problem wohl nicht so eng fassen, daß man eine einzige Maschine bauen müßte, die sich selbst nachbaut, sondern man wird dabei von einer ganzen Werkstatt bzw. Fabrik ausgehen müssen, da nur diese die nötige Mannigfaltigkeit der verschiedenen Einzelteile und Fertigungsprozesse aufweisen kann.

Die Perspektiven, die sich daraus ergeben, sind heute kaum abzusehen. Erreicht man erst einmal diese Stufe, so ist das Wachstum einer Industrie nur noch eine Frage des Materials und es treten völlig neue soziale Gesichtspunkte auf, da der Arbeiter in solchen Industriezweigen völlig verschwindet.

Der Gedanke läßt sich noch weiter verfolgen. Bei der sich selbst nachbauenden Werkstatt haben wir es mit einer homogenen Reihe zu tun, wobei in zyklischer Folge stets die gleiche Form hergestellt wird. Wenn man diese Stufe der Technik erst einmal erreicht hat, kann man wohl leicht die Programmläufe dieser Fertigungsprozesse so beeinflussen, daß eine von Stufe zu Stufe komplizierter werdende Reihe von Produktionsstätten entsteht. Man kommt dann zu dem Problem der technischen Keimzelle. Die Frage, welche dann von größtem Interesse ist, ist folgende: Welche einfachste Form einer Anfangswerkstatt ist erforderlich, um aus ihr ein vollständiges Industrierwerk auskristallisieren zu lassen?

Hiermit steht ein weiterer Gedanke im Zusammenhang: Die einzelnen Stufen einer Reihe von Produktionswerkstätten könnte man auch in ihrem Maßstab variieren. Gelingt es, eine Werkstatt zu bauen, die sich selbst im halben Maßstab nachzubauen in der Lage ist, so erhielte man eine Reihe solcher Werkstätten, die in ihrem Umfang immer mehr einschrumpfen, bis sie so klein sind, daß man die ganze Fabrik nur noch unter dem Mikroskop beobachten kann. Allerdings wird dieser Prozeß natürliche Grenzen haben. Vor allem wird zu beachten sein, daß der Stil der anzuwendenden Technik hierbei von Stufe zu Stufe wechseln muß. Man muß im kleinen andere Fertigungsverfahren anwenden als im großen. Ein Problem, das in Zukunft größte Bedeutung erlangen wird.

Mit dieser Reihe der in ihrem Maßstab wechselnden Produktionswerkstätten wäre das Problem der technischen Keimzelle noch wesentlich interessanter. Denn nun gilt es nicht nur, die konstruktiv und logisch einfachste Form zu finden, sondern auch die räumlich kleinste. Erst damit wäre die echte Keimzelle geschaffen, von der aus dann in umgekehrter Reihenfolge die größeren Werkstätten aufzubauen wären.

Ich bin mir durchaus im klaren, daß bis zur Erreichung dieses Zieles die Arbeit mindestens einer Generation von Ingenieuren und Wissenschaftlern erforderlich sein wird; aber es liegt kein Grund vor, daran zu zweifeln, daß wir uns in dieser Richtung bewegen. Das Bild der Technik hat sich in den letzten 100 Jahren von Generation zu Generation so entscheidend gewandelt, daß wir uns auf weitere kühne Perspektiven gefaßt machen müssen. So werden vielleicht die Ingenieure der Zukunft ein Hydrierwerk, ein Flugzeugwerk oder eine chemische Fabrik nicht bauen, sondern pflanzen. Die gesamte Logik eines solchen Werkes wird in einer kleinen Keimzelle als Programm konzentriert sein, und das Wachsen des Werkes nur von der Zuführung des Rohmaterials und der Energie abhängen.

Auf diesem Wege nähern wir uns um einige Schritte der Natur, die nach diesen Methoden ja schon seit einigen Hundertmillionen Jahren arbeitet. Die Biologen werden bei der Erforschung des Wachstumsprozesses eines Organismus aus der Keimzelle heraus Parallelen zu den technischen Keimzellen finden. So darf man heute wohl schon sagen, daß es sich bei dem Chromosomensatz einer Eizelle um eine vercodete Form des daraus zu entwickelnden Lebewesens handelt, dessen Aufbau sich daraus nach einem Rechenprogramm ergibt.

Rein mathematisch gesehen wird das Keimzellen-Problem im Rahmen unserer abendländischen Mathematik, wie ich glaube, ebenfalls die größte Bedeutung bekommen. Wir sehen in dem euklidischen Axiomensystem mit Recht eine Krönung der mathematischen Wissenschaft des antiken Kulturkreises. Unsere heutige Faustische Mathematik hat das Prinzip des Axiomensystems in der ihr eigenen Art weiterentwickelt. Wir bauen gewissermaßen im ideenlosen Raum abstrakte Axiomensysteme auf, die zunächst nur rein formale Struktur haben und dann auf beliebige Modelle angewandt werden können, während *Euklid* stets nur das konkrete geometrische Axiomensystem im Auge hatte. Ich glaube aber nicht, daß die Dynamik unseres Kulturkreises in diesen Axiomensystemen schon voll zum Ausdruck kommt. Schließlich haben sie alle das eine gemeinsam, daß man ein mathematisches Gebäude auf diese Axiome zurückführen kann. Es fehlt uns aber noch die Theorie der automatischen Entfaltung eines ganzen mathemati-

sch
gel
mens
zu
ma
am
keh
Gebä
gerä
den
Vari
Sch
nig
ab
ma
ver
Wirk
stoß
etw
chen
hen
sol
nön
da
wähl

den Produktions-
zelle noch we-
die konstruktiv
ch die räumlich
chaffen, von der
rkstätten aufzu-

reichung dieses
Ingenieuren und
kein Grund vor,
wegen. Das Bild
eneration zu Ge-
weitere kühne
elleicht die In-
werk oder eine
gesamte Logik
als Programm
der Zuführung

der Natur, die
illionen Jahren
Wachstumspro-
allelen zu den
schon sagen,
um eine verco-
andelt, dessen

problem im Rah-
me, ebenfalls
dischen Axio-
Wissenschaft
Mathematik hat
Art weiterent-
um abstrakte
struktur haben
nen, während
stem im Auge
Kul kreises
umt. Schließ-
mathematisches
uns aber noch
n mathemati-

schen Gebäudes, beispielsweise der Vektorrechnung, aus einer ge-
gebenen mathematischen Keimzelle heraus. So kommen wir von Axio-
mensystemen, auf die ein vorhandenes System zurückgeführt wird,
zu solchen, aus denen sich nach vorgegebenem Schlüssel ein mathe-
matisches Lehrgebäude entfaltet.

Zum Schluß möchte ich einen etwas scherzhaft klingenden Gedan-
ken erwähnen: Wenn es gelingt, aus Keimzellen heraus technische
Gebilde selbsttätig aufzubauen, so kann man natürlich auch Rechen-
geräte auf diese Weise schaffen. Durch systematisches Spielen an
den "Chromosomensätzen" ließen sich dann die verschiedensten
Varianten logistischer Geräte und künstlicher Gehirne entwickeln.
Schließlich müßte man auch in der Lage sein, die Keimzelle desje-
nigen künstlichen Gehirns zu finden, das von einer gewissen Stufe
ab in der Lage ist, all die hier angedeuteten Erfindungen und mathe-
matischen Entwicklungen besser durchzuführen als der Mensch. Damit
verlassen wir jedoch langsam den Boden der heute überblickbaren
Wirklichkeit und ich möchte daher nicht weiter in dieser Richtung vor-
stoßen. Verzeihen Sie mir bitte, wenn ich heute einmal die Phantasie
etwas weiter habe spielen lassen, als es sonst auf wissenschaftli-
chen Tagungen üblich ist. Sie werden es jetzt aber vielleicht verste-
hen, wenn ich, wie vorhin bereits erwähnt, vor 15 Jahren angesichts
solcher Erkenntnisse diese Dinge sehr ernst nahm und ich danke Ih-
nen, daß Sie mir erlaubt haben, diese Gedanken vor einem so auser-
wählten Forum vorzutragen.