

2 Das Projekt Montagestraße SRS 72

Die Zuses Projekt zugrunde liegende Idee war die Schaffung eines voll automatisierten, selbstreproduzierenden Systems. Diese Idee lässt sich in seinen Arbeiten bis in die Zeit zurückverfolgen, als er bereits Erfahrungen im Umgang mit seinen frühen Rechenmaschinen gesammelt hatte.¹¹⁵ Erstmals öffentlich sprach Zuse von seiner Vision einer sich selbst nachbauenden Maschine im Mai 1957, im Jahr des Umzugs der Zuse KG nach Bad Hersfeld. Sein Vortrag anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Technische Universität Berlin wurde wenig später unter dem Titel „Gedanken zur Automation und zum Problem der technischen Keimzelle“ veröffentlicht.¹¹⁶ Zuse betonte hier die Bedeutung der Automatisierung als logischer Fortsetzung der Rationalisierung und stellte fest, dass sich bisher die Automation¹¹⁷ auf die Herstellung von großen Stückzahlen, also auf die Massenfertigung beschränkte. Zuse forderte die Automatisierung der Einzelstückfertigung, das heißt die Erschließung der automatisierten Herstellung verschiedener Gegenstände.¹¹⁸ Dabei sollte „der richtige Einsatz von Rechenmaschinen im Zusammenspiel mit entsprechenden Werkzeugmaschinen ganz neue Möglichkeiten eröffnen“, wenngleich bis zum Erreichen dieses Ziels noch einige Probleme zu lösen seien.¹¹⁹ Würden die Möglichkeiten des richtigen Einsatzes von Rechenmaschinen und entsprechenden Werkzeugmaschinen konsequent weitergedacht, so Zuse, ergäben sich überraschende Perspektiven, zum Beispiel die der Maschine, die sich selbst nachbauen kann, also der Maschine, die sich selbst reproduziert. Genau gesagt sprach Zuse also 1957 davon, eine Werkzeugmaschine zu entwickeln, die durch eine Rechenmaschine, das heißt durch einen Computer, gesteuert wird und die in der Lage ist, eine Kopie zu bauen.

Nachdem Zuse als aktiver Teilhaber 1964 aus seinem Unternehmen ausgeschieden war, schrieb er einige Aufsätze, in denen er den Weg zur Vollautomation und deren Vorteile skizzierte.¹²⁰ Sie sind überschrieben mit Titeln wie „Von der Automation zur Supertechnik“ oder „Mikrotechnik mit Hilfe sich selbst reproduzierender Systeme“. 1967 wurde mit dem Aufsatz „Über sich selbst reproduzierende Systeme“ einmalig seine Vision der technischen

115 Vgl. S. 27 f.

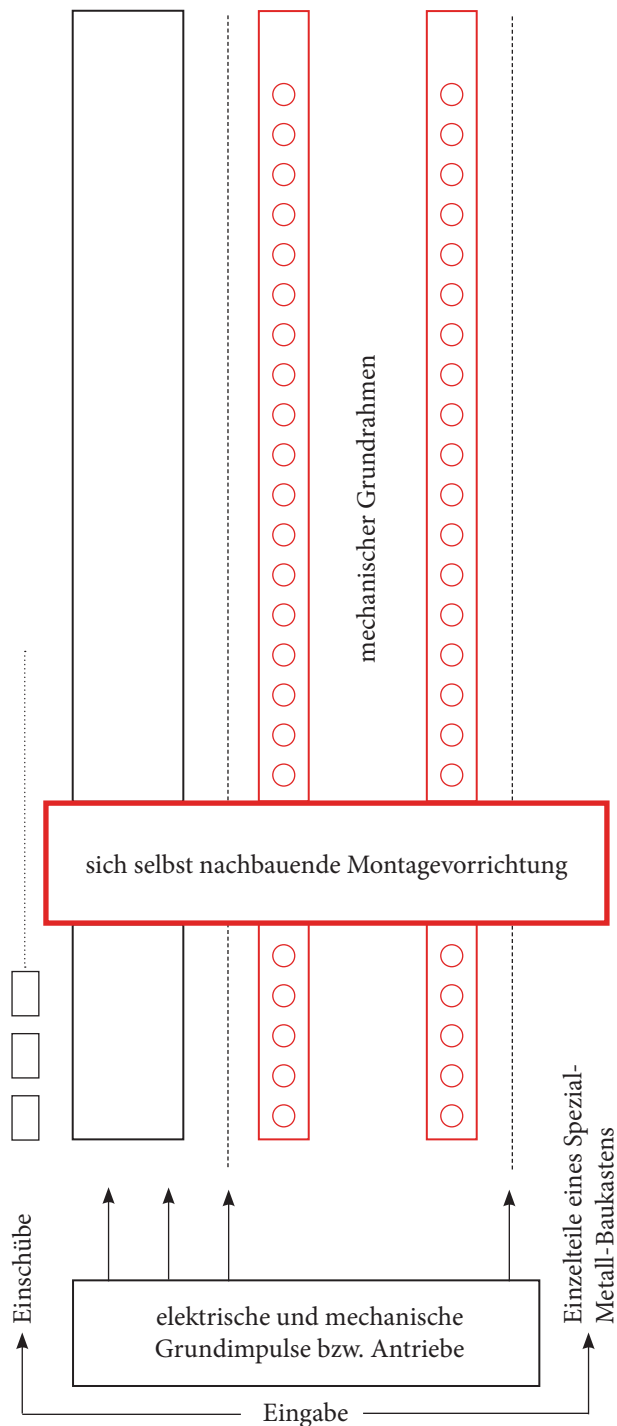
116 Zuse 1956/57. Die Urkunde der Ehrendoktorwürde ist datiert auf den 18. Juli 1956, siehe Füßl 2010, S. 133.

117 Zuse schreibt nie von Automatisierung, sondern immer von Automation. Die Begriffe Automation (Zustand) und Automatisierung (Vorgang) existieren heute nebeneinander, weiter verbreitet ist Automatisierung. Laut DIN ist Automatisierung „[d]as Ausrüsten einer Einrichtung, so daß sie ganz oder teilweise ohne Mitwirkung des Menschen bestimmungsgemäß arbeitet“ (DIN V 19233, Abs. 3.3, Juli 1998, Vornorm).

118 Zuse 1956/57, S. 162.

119 Ebd.

120 Konrad Zuse: Über in sich geschlossene Systeme (Ringe) von Fertigungseinrichtungen. Aufsatz, datiert 21. April 1965. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0288. Konrad Zuse: Mikrotechnik mit Hilfe sich selbst reproduzierender Systeme. Aufsatz, datiert 1. September 1967. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0299. Konrad Zuse: Von der Automation zur Supertechnik. Aufsatz, datiert 27. September 1967. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0301.



Selbstreproduktion¹²¹ veröffentlicht. Darin sind die Inhalte der zuvor verfassten Aufsätze zusammengefasst, und Zuse konkretisierte seine Idee: „Ein materielles System, das sich selbst nachzubauen in der Lage ist, besteht im Wesentlichen aus Fertigungseinrichtungen. Da der Nachbau automatisch (sich selbst reproduzierend) erfolgen soll, basiert das gestellte Problem auch auf der Automation von Fertigungseinrichtungen.“¹²² Für die Schaffung eines sich selbst reproduzierenden Systems müssten also Fertigungseinrichtungen, das heißt Maschinen zur Herstellung verschiedener Produkte, automatisiert werden.

In dem 1967 veröffentlichten Aufsatz ist das Schema eines einfachen, sich nachbauenden Systems abgebildet, „bei dem der Fertigungsprozeß nur aus Montage besteht“ (Abb. 4, siehe linke Seite).¹²³ Diesem System sollten von außen Informationen in Form von Montageanweisungen und Teile eines Metallbaukastens zugeführt werden. Die „Montagevorrichtung erlaubt ihren eigenen Nachbau“.¹²⁴ Das bedeutet, die Montagevorrichtung sollte vorgefertigte Bauteile konstruktiv miteinander verbinden, so dass nach Montage dieser vorgefertigten Teile eine zweite Maschine entstand. In einem nächsten Schritt sollte, so Zuse, der Produktionsprozess, also die automatische Montage der vorgefertigten Teile, den die Maschine ausführt, „auf einfache formgebende Prozesse“¹²⁵ erweitert werden. Dies könne erfolgen, indem „zunächst die spanabhebende Bearbeitung in mehreren Stufen, z. B. Sägen, Bohren, Gewindeschneiden, Drehen usw., eingeführt wird. Das Startsystem ist dann eine Anlage (...) welche die weiteren Anlagen montiert“ (Abb. 4).¹²⁶ „Bei den späteren Systemen wird der Fertigungsprozeß dann komplizierter, jedoch können die zugeführten Materialien einfacher sein, da aus Profilen, Platten usw. die Einzelteile des Materials baukastenmäßig selbst gefertigt werden.“¹²⁷ Zuse sah also vor, die durch Montage vorgefertigter Bauteile entstehenden Maschinen um die Fähigkeit der automatisierten Werkstückbearbeitung zu ergänzen, das heißt, sie mit Werkzeugen auszustatten. In der weiteren Entwicklung würde die Fertigung „dabei immer komplexer und führt von der Montage über spanabhebende Bearbeitung, Werkzeugherstellung, Bau von Steuerungseinrichtungen und Bau von Meßgeräten zu autarken Systemen“.¹²⁸ Wesentlich wären die „radikale Vereinfachung“ und die Normung der einzelnen Bauteile.¹²⁹

Was Zuse hier knapp zusammenfasste, ist Folgendes: Die Montagevorrichtung in Abb. 4 verfügt über mindestens ein Werkzeug, das durch ein Programm gesteuert wird. Mit diesem Werkzeug werden von außen manuell zugeführte Bauteile miteinander verbunden, das heißt die Bauteile werden programmgesteuert verschraubt oder vernietet. Sind mehrere einzel-

121 Zuse unterschied nicht zwischen Replikation (Kopieren) und Selbstreproduktion (durch Mutationen von der Elterngeneration verschiedene Systeme möglich).

122 Zuse 1967b, S. 57.

123 Ebd., S. 61, Abb. 10.

124 Ebd., S. 61.

125 Ebd.

126 Ebd.

127 Ebd.

128 Ebd.

129 Ebd.

◀ Abb. 4: „Einfaches, sich nachbauendes System, bei dem der Fertigungsprozess aus Montage besteht.“ Auf zwei Schienen des „mechanischen Grundrahmens“ befindet sich eine Montagevorrichtung, die vorgefertigte Teile entsprechend einer Programmsteuerung miteinander verbindet. So sollte sich die Montagevorrichtung selbst nachbauen.

ne Bauteile miteinander verbunden, entsteht eine neue Baugruppe. Diese neue Baugruppe sollte in ihrem Aufbau einem Bestandteil der Montagevorrichtung gleichen; mehrere neue Baugruppen könnten dann zu einer zweiten Montagevorrichtung verknüpft werden. Diese neue, zweite Montagevorrichtung wäre wie die erste Montagevorrichtung aufgebaut, könnte nun von außen neue Elemente erhalten, beispielsweise ein neues Werkzeug, etwa einen Bohrer. Damit wäre diese zweite Montagevorrichtung in der Lage, einzelne Bauteile nicht nur miteinander zu verbinden, sondern auch – in einer spanabhebenden Bearbeitung – Löcher in die Bauteile zu bohren. Auch dies sollte entsprechend einer Programmsteuerung erfolgen. Habe die zweite Montagevorrichtung durch Bohren und Montage der von außen zugeführten Bauteile eine dritte Montagevorrichtung errichtet, könnte diese dritte Montagevorrichtung nun wiederum mit einem zusätzlichen Werkzeug ausgestattet werden, beispielsweise mit einem Fräskopf. Diese dritte Montagevorrichtung könnte also Bohren, Fräsen und Montieren. Von außen zugeführte Bauteile müssten hier weder auf Maß geschnitten sein noch Gewindelöcher oder Nuten besitzen, denn dies würde die dritte Montagevorrichtung programmgesteuert selbst ausführen. Wird dieser Prozess weitergedacht, entsteht nacheinander eine Reihe zunehmend komplexer Montagevorrichtungen, die Schritt für Schritt mit weiteren Werkzeugen ausgestattet werden. Dies sollte schließlich dazu führen, dass von der Umwelt weitgehend unabhängige Systeme entstehen, denen von außen Rohmaterial, beispielsweise in Form von Aluminiumblöcken, zugeführt wird, und die eigenständig dieses Rohmaterial verarbeiten und weitere neue Systeme konstruieren. Sogar der selbstständige Bau von Steuerungseinrichtungen und Messgeräten sollte zu den Fähigkeiten der Systeme gehören.¹³⁰ Wären diese Systeme schließlich realisiert, die allein durch Rohstoffaufnahme und Energiezufuhr und damit weitgehend unabhängig von ihrer Umwelt weitere Systeme erzeugen könnten, sei es möglich, dass sie kleinere oder auch größere Systeme bauten. Durch den Bau von Systemen in größerem Maßstab könnten Großanlagen, zum Beispiel ganze Werkstätten oder gar Fabriken, entstehen. Anzustreben sei letztlich die Realisierung „eines universellen Betriebes, welcher derartig vielseitig eingerichtet ist, daß er Halbfabrikate, Werkzeuge und Ersatzteile selbst herstellen kann. (...) Wenn wir (...) an dem Gedanken des universellen Betriebes festhalten, so ließe sich ein Betrieb vorstellen, der in der Lage ist, seine eigenen Produktionsmittel nachzubauen und zu einer neuen Fabrik bzw. Werkstatt zu montieren“.¹³¹ Unter den „Produktionsmitteln“ verstand Zuse „Hilfsmittel, insbesondere Vorrichtungen zur automatischen oder teilautomatischen Fertigung und Montage von vorwiegend mechanischen oder elektromechanischen Geräten, Vorrichtungen und Maschinen“.¹³² Durch den Bau von Systemen in kleinerem Maßstab könnten Mikrosysteme entstehen; sie wären vergleichbar „mit einer automatischen Fabrik unter dem Mikroskop“.¹³³ Eine „Konsequenz dieser Mikrowerkstatt ist die technische Keimzelle“.¹³⁴

Zuses Vision einer technischen Keimzelle wird in Kapitel 4 erläutert. Um an dieser Stelle die Montagestraße SRS 72 nicht aus den Augen zu verlieren, bleibt die Darstellung im Folgenden weiterhin bei diesem Projekt Zuses.

130 Zuse 1967b, S. 61.

131 Ebd.

132 Konrad Zuse: Elementare modulare eigenbezogene Produktionsmittel. Aufsatz, datiert 3. April 1973. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0691.

133 Zuse 1967b, S. 62.

134 Ebd.

Zeitraum und Finanzierung des Projekts

Im Juli 1969 reichte Zuse bei der Fraunhofer Gesellschaft einen Antrag mit dem Titel „Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme“ ein.¹³⁵ Im Dezember 1970 brachte er einen weiteren Forschungsantrag beim Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft (BMBW) unter dem Titel „Studie über die Durchführbarkeit der Forschungsaufgabe „Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme““ zusammen mit dem Entwurf einer Schraubensetvorrichtung ein, einschließlich des Verweises auf den bei der Fraunhofer Gesellschaft 1969 eingereichten Antrag.¹³⁶ Im Fachbereich „Neue Technologie“¹³⁷ wurde das Projekt unter der Nummer IA7–7291–NT 0148¹³⁸ von Januar 1971 bis Juni 1972 durch die Fraunhofer Gesellschaft und das BMBW gefördert.¹³⁹ Damit begann Zuses Projekt offiziell 1971.

Inhalt und formuliertes Ziel des Projekts

Zuses Ziel war es, das zu realisieren, was er 1957 inhaltlich angesprochen, in den drei genannten Aufsätzen zwischen 1965 und 1967 formuliert und 1967 veröffentlicht hatte.¹⁴⁰ Es ging ihm darum, „[e]in materielles System, das sich selbst nachzubauen in der Lage ist“,¹⁴¹ zu entwickeln. Dieses System sollte im Wesentlichen aus automatisierten Fertigungs- und Montageeinrichtungen bestehen.¹⁴² Seine Vision einer technischen Keimzelle erwähnte Zuse in seinen Anträgen nicht.

In dem 1969 eingereichten Antrag beschrieb Zuse eine „Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme“.¹⁴³ Die Montagestraße sollte aus sechs Arbeitsplätzen bestehen: Einzelteillager, Teilmontage, Zwischenlager, Drehbühne und Groß- beziehungsweise Gesamtmontage (Abb. 5, S. 40).¹⁴⁴ Diese sechs Arbeitsplätze sollten zusammen das „Muttersystem“ darstellen, „auf welchem die Teile für das Tochtersystem montiert wer-

135 Konrad Zuse: Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0683.

136 Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0310 und Gutachten von Wilhelm Simon vom 4. Oktober 1971. Und: Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0914.

137 Konrad Zuse in einem Brief vom 16. Dezember 1971 an Siegfried Meurer, MAN Augsburg. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1614.

138 Gutachten zum Forschungsvorhaben NT 148 II, datiert 16. September 1971. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0914.

139 Weder im Bundesarchiv noch in der Technischen Informationsbibliothek und Universitätsbibliothek Hannover (ITB) oder bei der Fraunhofer Gesellschaft liegen Dokumente vor, die genauere als die hier angegebenen Informationen über dieses Forschungsprojekt unter dem angegebenen Förderkennzeichen liefern können.

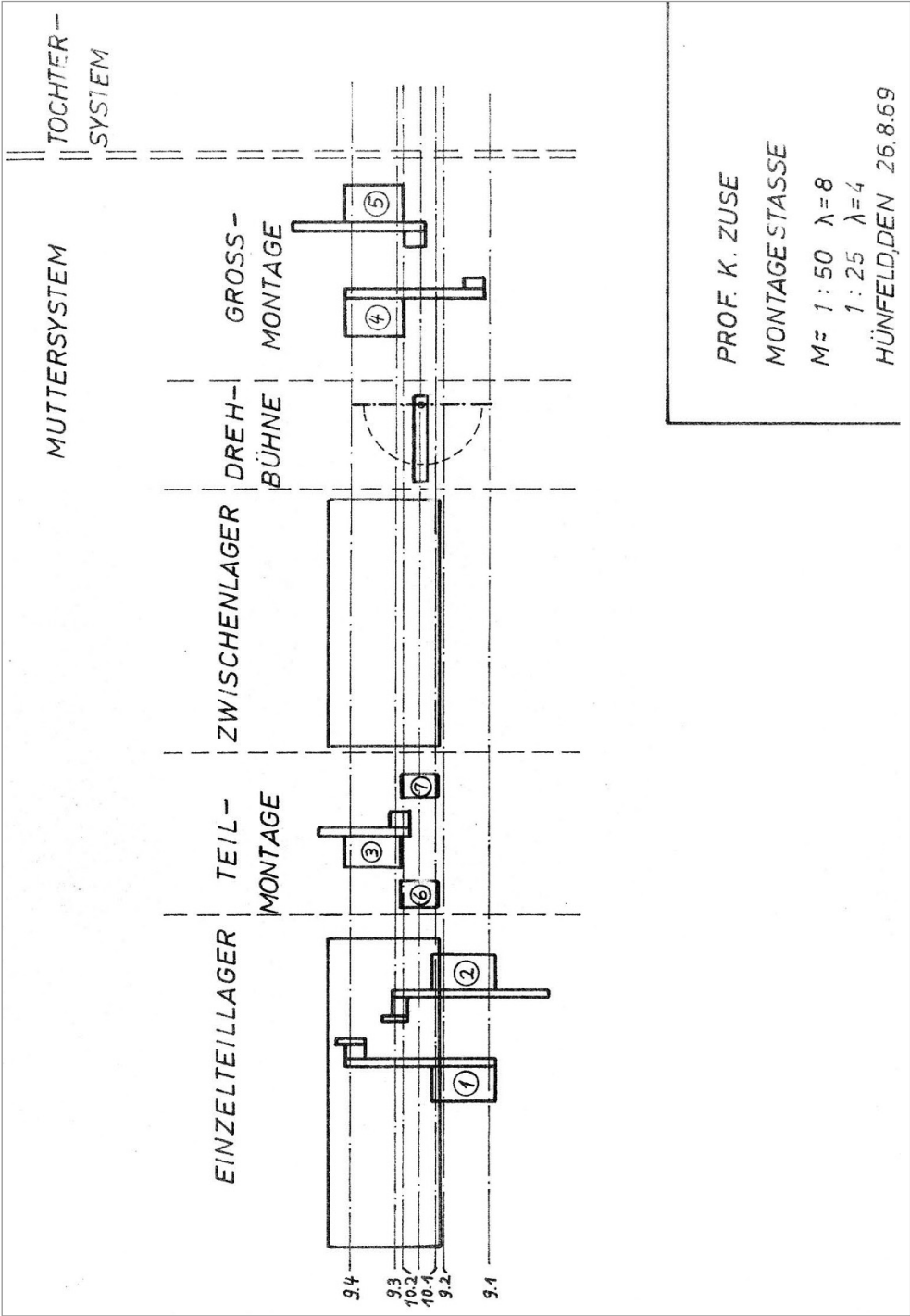
140 Zuse 1956/1957, Zuse 1967b und die drei Aufsätze „Über in sich geschlossene Systeme (Ringe) von Fertigungseinrichtungen“ (1965), „Von der Automation zur Supertechnik“ (1967) und „Mikrotechnik mit Hilfe sich selbst reproduzierender Systeme“ (1967). Vgl. S. 35 Anm. 120.

141 Zuse 1967b, S. 57.

142 Ebd. und Konrad Zuse: Von der Automation zur Supertechnik. Aufsatz, datiert 27. September 1967. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0301.

143 Konrad Zuse: Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0683.

144 Ebd.



den“.¹⁴⁵ Zuse beschrieb in diesem Antrag den Aufbau der von ihm geplanten Montagestraße wie folgt: Die Montagestraße sollte aus einzelnen Aggregaten zusammengesetzt sein (vier Montagewagen, eine Schraubensetzvorrichtung, zwei Montageböcke, ein Schraubenmagazin, ein Montagegerüst und ein Hauptmontagekanal).¹⁴⁶ „Als Konstruktionselemente dienen verhältnismäßig einfache Teile, z. B. Vierkant- und Rechteckprofile, welche in ihrer Variabilität streng genormt sind. Auch die Getriebeteile werden nach dem Baukastenprinzip auf möglichst wenige Typen beschränkt.“¹⁴⁷ Die für das Projekt notwendigen Arbeitsschritte teilte Zuse in seinem Antrag in drei Phasen ein: In der ersten Phase wollte er unter anderem „Skizzen für genormte Bauelemente“ und einen detaillierten „Entwurf der Schraubensetzvorrichtung“ erstellen.¹⁴⁸ In der zweiten Phase wollte er den Entwurf für die Schraubensetzvorrichtung ausbauen, seine Werkstatt einrichten und mit dem Bau von Einzelteilen beginnen. In der dritten und letzten Phase wollte er die Schraubensetzvorrichtung bauen und „[p]rovisorische Einrichtungen für die Zuführung der Steuerimpulse“ entwickeln. Zuletzt wollte er die „Gesamtanlage“ entwerfen.

Zuse benannte in seinem Antrag wesentliche Baugruppen und deren Aufgaben. Das Ziel, das seinem Projekt zugrunde lag, formulierte er aber nicht eindeutig, es ist daher schwer zu erkennen. Er gab an, ein Gesamtsystem unter dem Namen „Montagestraße“ zu planen und einen Bestandteil davon, nämlich eine Schraubensetzvorrichtung, entwickeln zu wollen. Ein für die Arbeiten vorgesehener Zeitraum lässt sich aus dem im Archiv des Deutschen Museums vorliegenden, an die Fraunhofer Gesellschaft gerichteten Antrag nicht erkennen.

Zuses 1970 beim Bundesministerium eingereichter Antrag für eine Durchführbarkeitsstudie war wesentlich umfangreicher. Hier schrieb Zuse, dass für die Studie über die Durchführbarkeit der Forschungsaufgabe zunächst acht Monate vorgesehen waren, wovon sechs Monate auf das Jahr 1969 fallen sollten.¹⁴⁹ Aufgrund zunächst nicht bereitgestellter Gelder habe sich die Arbeit verzögert.¹⁵⁰

145 Konrad Zuse: Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0683.

146 Ebd.

147 Ebd.

148 Ebd.

149 Konrad Zuse: Studie über die Durchführbarkeit der Forschungsaufgabe „Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme“. Aufsatz, datiert 19. Dezember 1970. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0310.

150 Ebd.

◀ Abb. 5: Schema der „Montagestrasse“ von Konrad Zuse, datiert 1969. Die Montagestraße besteht aus sechs Arbeitsplätzen (Einzelteillager, Teilmontage, Zwischenlager, Drehbühne und Großmontage). Im Einzelteillager befinden sich vorgefertigte Bauteile, die in der Teilmontage zusammengesetzt werden. Die entstandenen Baugruppen werden im Zwischenlager deponiert. Über eine Drehbühne werden die Baugruppen der Großmontage übergeben, wo sie zu einer Kopie der Montagestraße aufgebaut werden, so dass ein Tochtersistem entsteht.

Der beim Bundesministerium eingereichte Antrag umfasste 31 Seiten zuzüglich verschiedener technischer Zeichnungen, die vollständig im Archiv des Deutschen Museums vorliegen.¹⁵¹ Einleitend nannte Zuse seine vier zwischen 1965 und 1967 verfassten Aufsätze, die die Vorarbeiten skizzierten.¹⁵² Dem folgte eine „Zusammenfassende Betrachtung“, in der Zuse folgendes Projektziel formulierte. Der Natur gelang „die Entwicklung von biologischen Systemen in Form von Zellen, die imstande waren, sich selbst zu reproduzieren“. Dies sei nun „die Voraussetzung zur weiteren Entwicklung vollständiger Organismen (...) Die Entwicklung und Konstruktion sich selbst reproduzierender Systeme hat zum Ziel, diese Phase der biologischen Evolution auf die Technik zu übertragen“.¹⁵³ Diese Aufgabe erschien Zuse „mit den heutigen technischen Mitteln lösbar“.¹⁵⁴ Er schrieb weiter, dass ausstehende Arbeiten vor allem dazu dienten, „Informationen über ein noch weitgehend unbekanntes Gebiet zu erlangen“, und riet im darauffolgenden Satz davon ab, „daß zu früh praktische Anwendungsmöglichkeiten gesucht werden“.¹⁵⁵ Ihm schien es hingegen sinnvoll, „die Entwicklung zunächst durch den Bau einer Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme zu beginnen“.¹⁵⁶ Weiter schrieb Zuse, „daß diese Aufgabe durchführbar ist und daß sich keinerlei technische Schwierigkeiten ergeben, die dem Stande der Technik entsprechend nicht gelöst werden können. (...) Sobald die Entwicklung der sich selbst reproduzierenden Systeme in der vorgesehenen Form zu funktionsfähigen Modellen geführt hat, kann der Zusammenhang mit anderen, laufenden Automationsentwicklungen untersucht werden“.¹⁵⁷ Was genau die „sich selbst reproduzierenden Systeme in der vorgesehenen Form“ sein sollten, erklärte Zuse nicht. Weiter schrieb er, sein Ziel, „nämlich eine entscheidende Phase der biologischen Evolution auf die Technik zu übertragen – wird in alle Bereiche der industriellen Fertigung eingreifen. Wesentliche leistungsmäßige und ökonomische Veränderungen sind dabei zu erwarten (...) Die auf uns zu kommenden Aufgaben der Ernährung, der Erziehung, der Umwelterhaltung, des Verkehrs, der Verteidigung usw. erfordern eine ähnliche Ausweitung unserer Fähigkeiten auf dem Gebiet der Herstellungstechnik. Die vorliegende Entwicklung weist einen Weg. Sie ist daher ein wesentlicher Faktor für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung eines Industriestaates“.¹⁵⁸

Diesen einleitenden, sehr allgemein formulierten Aussagen fügte Zuse in dem Antrag eine detaillierte Beschreibung einer Montagestraße an: „Die gesamte Konstruktion wird entsprechend einem einheitlichen orthogonalen Raster aufgebaut. Charakteristisch ist dabei ein Grundmaß λ , welches möglichst eine ganze Binärzahl in Millimetern betragen soll (z. B. $\lambda = 8$, $\lambda = 4$).“¹⁵⁹ Als Konstruktionselemente benannte Zuse „einheitliche Einzeltei-

151 Die 28 Zeichnungen sind zwischen September und November 1970 datiert. Zur Auflistung der Zeichnungen mit jeweiliger Benennung Zuses und Angabe der Signaturen im Archiv des Deutschen Museums siehe Anhang, S. 228.

152 Siehe S. 35, Anm. 120: Über in sich geschlossene Systeme (Ringe) von Fertigungseinrichtungen (1965), Mikrotechnik mit Hilfe sich selbst reproduzierender Systeme (1967), Von der Automation zur Supertechnik (1967) und die Veröffentlichung Über sich selbst reproduzierende Systeme (1967).

153 Konrad Zuse: Studie über die Durchführbarkeit der Forschungsaufgabe „Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme“. Aufsatz, datiert 19. Dezember 1970. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0310.

154 Ebd.

155 Ebd.

156 Ebd.

157 Ebd.

158 Ebd.

159 Ebd.

le (Baukastenprinzip) z. B. Schrauben, Rollen, Zahnräder [und] Teilefamilien, die einer bestimmten Normung entsprechen, im einzelnen aber abwandelbar sind, z. B. Bandprofile, Quader, Platten, Blöcke. Ihre Maße ergeben sich aus dem λ -Raster (...) Sie enthalten einheitliche Bohrungen, Gewindelöcher usw., die ebenfalls dem λ -Raster angepaßt sind“.¹⁶⁰ Die Ansteuerung der einzelnen Aggregate sollte durch Schrittmotoren erfolgen. Weiter beschrieb Zuse hier sehr genau technische Details. Er nahm immer wieder Bezug auf die dem Antrag beiliegenden Zeichnungen, wie beispielsweise unter Punkt 7: „Die Lage des Teiles 3.3 muß relativ zum Wagen 3.4 justiert werden. Dies erfolgt über Justierschrauben 3.8, 3.9 unter Zuhilfenahme einer Justierlehre 3.10 mit zwei Paßlöchern 3.11, 3.12, in welche die Schraubenspindel 3.13 eingeführt wird.“¹⁶¹

Insgesamt beschrieb Zuse in dem Antrag eine Konstruktion technisch bis ins Detail und verwendete dafür viele verschiedene Begrifflichkeiten zur Beschreibung (unter anderem Grundrahmen, Hauptrahmen, Ausleger, Laufrolle, Drehzapfen, Zentrier- und Führungsbolzen, Schraubenspindel, Horizontal- und Vertikalführung), ohne allerdings anzugeben, warum diese Konstruktion gebaut werden sollte und wie die weitere Entwicklung vorgesehen war. Seinen Entwurf von 1969 wandelte er etwas ab. Er sah beispielsweise nicht mehr vier, sondern nur noch zwei Montagewagen vor. Außerdem setzte Zuse sich hier mit dem Steuerungsproblem auseinander, nannte die für eine Werkstatt erforderlichen Maschinen, stellte eine Kostenschätzung auf und formulierte auf Grundlage des Standes seiner Arbeiten eine „Planung der weiteren Arbeiten“.¹⁶² Zunächst sollten die Werkstatt entsprechend der Projektarbeiten eingerichtet und die Schraubensetvorrichtung konstruiert werden. Im Anschluss plante Zuse, sich mit der Steuerung und einzelnen Baugruppen genauer auseinanderzusetzen, sie also zu entwerfen und zu erproben. Daran sollte sich die „Konstruktion der gesamten Montagestraße einschließlich Steuerung“ anschließen.¹⁶³ Nach Entwicklung, Bau und Erprobung der Lochstreifensteuerung würde die „Erprobung der Gesamtmontagestraße“ folgen, der sich zuletzt ein „[d]etaillierter Entwurf für weitere Fortsetzung der Arbeiten“ anschließen sollte.¹⁶⁴

Obwohl Zuses Antrag nicht deutlich formuliert ist und sich gewissermaßen in Details verliert, die für das gesamte Konzept wenig aussagekräftig sind, wurde er genehmigt.

Umsetzung

In dem bei der Fraunhofer Gesellschaft eingereichten Antrag beschrieb Zuse die Bauteile einer Montagestraße und deren Funktion.¹⁶⁵ Er nannte sechs Phasen der Entwicklung eines sich selbst reproduzierenden Systems, gab für diese jedoch keinen zeitlichen Rahmen an.

160 Konrad Zuse: Studie über die Durchführbarkeit der Forschungsaufgabe „Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme“. Aufsatz, datiert 19. Dezember 1970. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0310.

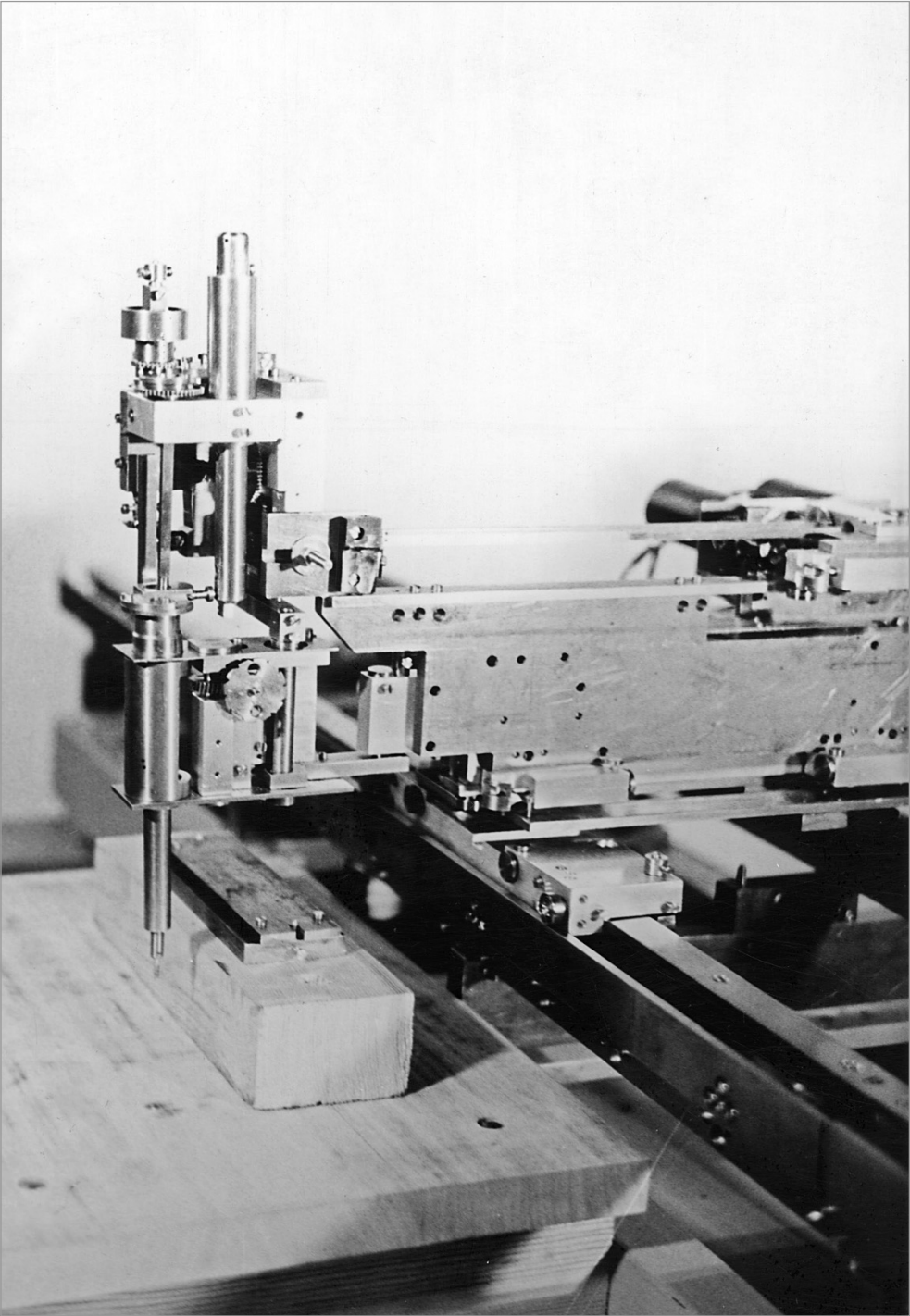
161 Ebd.

162 Ebd.

163 Ebd.

164 Ebd.

165 Konrad Zuse: Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0683.



Sie sollten allgemeine und detaillierte Entwürfe für eine Schraubensetzvorrichtung und Sondervorrichtungen für die Werkstatt sowie die Erprobung des Gesamtsystems einschließlich elektronischer Steuerung umfassen.¹⁶⁶ Nach Genehmigung des Antrags wurden Zuse für die auszuführenden Arbeiten von Seiten der Fraunhofer Gesellschaft verschiedene Maschinen zur Verfügung gestellt.¹⁶⁷ Von 1971 bis Juni 1972 baute er in seinem Atelier in Hünfeld das Modell einer Schraubensetzvorrichtung einschließlich elektronischer Steuerung.¹⁶⁸

Die Schraubensetzvorrichtung

Bei einer Begehung des ehemaligen Ateliers von Zuse in Hünfeld identifizierte die Autorin Bauteile der damals konstruierten Schraubensetzvorrichtung anhand der im Archiv des Deutschen Museums vorliegenden Fotografien (Bsp. in Abb. 6, siehe linke Seite). Diese Bauteile wurden ins Deutsche Museum nach München transportiert. Während der Restaurierung wurde die Konstruktion wieder in ihrem ursprünglichen Zustand aufgebaut, der hier folgend beschrieben ist (Abb. 7, S. 46).

Die Schraubensetzvorrichtung besteht aus zwei im Baukastensystem zusammengesetzten, 90 cm langen Schienen, auf denen über Kugellager beweglich ein Schraubaggregat und ein Schraubenmagazin liegen. Die Schienen bilden einen „Montagekanal“.¹⁶⁹ Das Schraubaggregat hat drei translatorische Freiheitsgrade in x-, y- und z-Richtung sowie einen rotatorischen Freiheitsgrad um die z-Achse. Automatisiert kann das Schraubaggregat dem Magazin Schrauben entnehmen und damit zwei manuell zugeführte Werkstücke verbinden, wenn die eingespannte Schraube um die z-Achse gedreht wird. Zuse beschrieb dies 1970 genauer: „Der Vorgang des Setzens einer einzelnen Schraube zerfällt in folgende Bewegungsphasen (...) 1. Absenken [der Schraubenspindel] auf das Schraubenmagazin 2. Greifen der Schraube 3. Schraubenspindel aus dem Magazin herausheben 4. Ausleger mit Schraubenspindel auf die gewünschte Montageposition senkrecht zur Achse des Montagekanals bringen 5. Wagen und Schraubenspindel auf die gewünschte Position in Richtung des Montagekanals bringen 6. Schraubenspindel senken 7. Schraube eindrehen 8. Schraubenspindel herausziehen 9. Rückbewegung des Wagens 10. Rückbewegung des Auslegers 11. Schraubenspindel

166 Konrad Zuse: Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0683.

167 Konrad Zuse übernahm folgende Maschinen in seine Werkstatt in Hünfeld: Zeichen-, Mehrzweck- und Doppelschleifmaschine, Drehbank, Bandsäge- und Tischbohrmaschine, Werkstatteinrichtung, Gewindeschneidemaschine und Steuerelektronik. Mit Schreiben vom 11. Januar 1983 und vom 21. Januar 1983 (Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 2009) löst die Fraunhofer Gesellschaft den Leihvertrag auf, die Geräte und Maschinen werden Zuse überlassen.

168 Konrad Zuse: Studie IA7–7291–NT 148. Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme. Abschlussbericht, datiert 30. Juni 1972. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0651.

169 Konrad Zuse: Studie über die Durchführbarkeit der Forschungsaufgabe „Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme“. Aufsatz, datiert 19. Dezember 1970. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0310.

durch kurzes Zurückdrehen auf die richtige Winkelstellung bringen.¹⁷⁰ Die Programmsteuerung für die Schraubensetzvorrichtung hat Zuses Sohn Horst Zuse zusammen mit einem Mitarbeiter der Zuse KG, vermutlich Peter Baginski, entworfen und implementiert.¹⁷¹ Die Schrittmotoren stammen von der Firma Kanb Elektronik in München.¹⁷²

Zuse erprobte mit der Schraubensetzvorrichtung grundsätzliche Konstruktionsprinzipien eines durch Schrittmotoren angetriebenen Systems mit mehrdimensionalen Schlittenbewegungen und wollte das System im Rahmen des Forschungsprojekts weiterentwickeln.¹⁷³

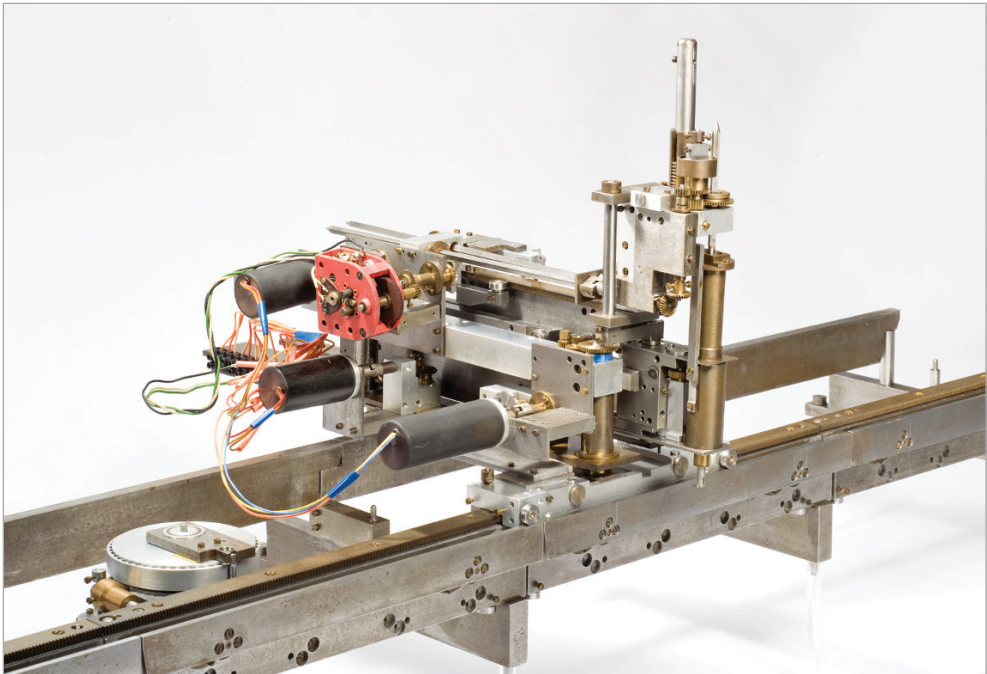
170 Konrad Zuse: Studie über die Durchführbarkeit der Forschungsaufgabe „Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme“. Aufsatz, datiert 19. Dezember 1970. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0310.

171 Konrad Zuse: Studie IA7–7291–NT 148. Montagestrasse im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme. Abschlussbericht, datiert 30. Juni 1972. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0651. Auf Peter Baginski wies Kurt Prechtl, ehemaliger Mitarbeiter der Zuse KG, hin.

172 Ebd.

173 Konrad Zuse: Elementare modulare eigenbezogene Produktionsmittel. Aufsatz, datiert 3. April 1973. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0691.

▼ Abb. 7: Schraubensetzvorrichtung, gebaut von Zuse 1971 bis 1972. Nach der Restaurierung im Jahr 2012. Auf zwei parallelen Schienen liegt das Schraubensetzmodul. Die drei Schrittmotoren (Bildmitte) initiieren die Horizontalbewegung des Moduls auf den Schienen, die Auf- und Abbewegung des Schraubkopfs (Bildmitte vorn rechts) und das Drehen des Schraubkopfs. Dieser Schraubkopf entnimmt dem Magazin (links unten im Bild) automatisiert eine Schraube und kann damit zwei manuell vor den Schienen positionierte Werkstücke verbinden (vgl. Abb. 6).



Im Archiv des Deutschen Museums liegen zwei durch das BMW in Auftrag gegebene Gutachten von September und Oktober 1971 über die Möglichkeit einer weiteren Förderung vor. Einer der Gutachter war Wilhelm Simon von der Technischen Universität Berlin, Fachbereich Kybernetik, Lehrgebiet Automatisierung.¹⁷⁴ Der andere Gutachter war H. Stabe.¹⁷⁵ Beide befürworteten eine weitere Förderung. Das elektromechanische Modell der Schraubensetzvorrichtung sei bislang nur ein spezieller Baustein eines umfassenden, komplizierten Systems.¹⁷⁶ Von wirtschaftlicher Verwendung werde zunächst abgesehen; es handle sich um theoretische Untersuchungen zur Systemtechnik.¹⁷⁷ Die Gutachter erwarteten Ergebnisse für automatengerechte Konstruktion und das in Anfängen erkennbare CAE (Computer Aided Engineering). Besonders interessant bei der Schraubensetzvorrichtung sei die enge Verflechtung von Computertechnologie und mechanischer Technologie. Die Gutachter kritisierten, dass aus dem Antrag nicht hinreichend zu erkennen sei, wie ein selbstreproduzierendes System zu entwickeln wäre. Sowohl Zuse als auch die Gutachter vermerkten, dass eine solche Entwicklung mehrere Jahre in Anspruch nehmen würde.

Nach 1972 wurde das Projekt vermutlich nicht weiter finanziert.¹⁷⁸ 1973 und 1974 schrieb Zuse, die Montagestraße, deren Bau er im Anschluss durchführte, sei aus eigenen Mitteln finanziert worden.¹⁷⁹ Eindeutig belegt werden kann dies allerdings nicht, denn in einem auf 1972 datierten Aktenvermerk aus dem Archiv des Deutschen Museums ist zu lesen, dass der Entwicklungsauftrag „verlängert und neu bevorzuschußt“ worden sei.¹⁸⁰ 1972 gründete die deutsche Regierung das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) und übertrug ihm einen Teil der Zuständigkeiten des BMW, womit personelle Umstrukturierungen verbunden waren. Im Zuge dessen hat sich möglicherweise auch die Zuständigkeit für Zuses Projekt nachteilig verändert. Zuse stand weiter mit dem BMW und bis mindestens Mai 1974 mit der Fraunhofer Gesellschaft in Kontakt und hoffte „auf eine positive Lösung“.¹⁸¹

174 Wilhelm Simon: Gutachten über das Projekt K. Zuse: „Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme“, datiert 04. Oktober 1971. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0914. Simon und Zuse waren in den 1970er Jahren einander bekannt. Nach: Peter Brödnert in einer E-Mail vom 24. September 2012 an die Autorin und Günter Spur am 29. August 2012 in Berlin in einem Gespräch mit der Autorin. Es scheint möglich, dass Wilhelm Simon derjenige war, der besonderes Interesse an dem Projekt von Zuse hatte und dem eine Förderung als aussichtsreich erschien.

175 „Gutachten zum Forschungsvorhaben NT 148 II“, Unterschrift H. Stabe, datiert 16. September 1971. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0914. Und Gerhard Overhoff in einem Brief vom 7. Oktober 1971 an Zuse. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1556.

176 Wilhelm Simon: Gutachten über das Projekt K. Zuse: „Montagestraße im Rahmen sich selbst reproduzierender Systeme“, datiert 4. Oktober 1971. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0914.

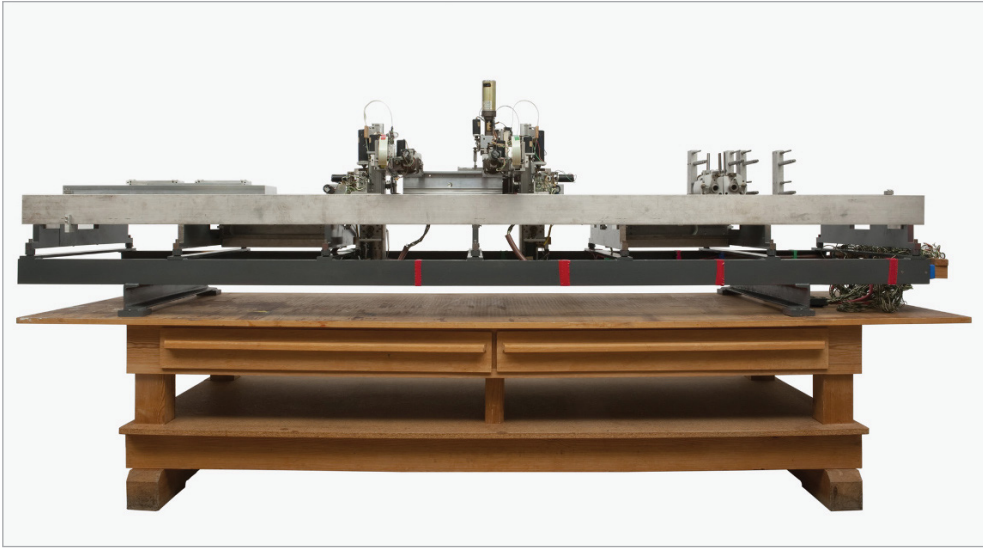
177 Ebd.

178 Konrad Zuse in einem Brief vom 19. Dezember 1972 an Gerhard Overhoff. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1555. Und: Konrad Zuse in einem Brief vom 31. Mai 1974 an S. Balke. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0033.

179 Konrad Zuse: Elementare modulare eigenbezogene Produktionsmittel. Aufsatz, datiert 3. April 1973. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0691. Konrad Zuse: Montagestraße. Beschreibung des 1973/74 gebauten Modells. Aufsatz, datiert 28. September 1974. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0547.

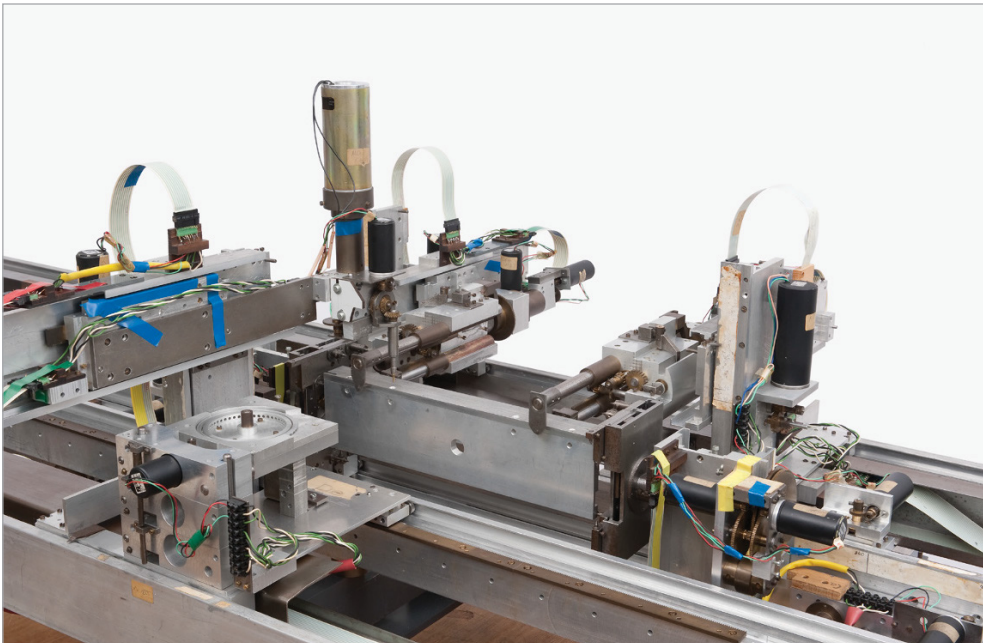
180 Overhoff: Aktenvermerk, Besprechung mit Herrn Prof. Zuse in München am 1.12.1972: „Sich selbst reproduzierende Systeme. Dieser vom Bundeswissenschaftsministerium, H. Dr. Menden, über die Fraunhofer-Gesellschaft, H. Löser, geförderte Entwicklungsauftrag wurde verlängert und neu bevorzuschußt.“ Datiert 4. Dezember 1972, Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1556.

181 Konrad Zuse in einem Brief vom 19. Dezember 1972 an Gerhard Overhoff. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1555.



▲ Abb. 8a: Montagestraße SRS 72, gebaut von Zuse 1972 bis 1974. Nach der Restaurierung im Jahr 2012. Breite 3 m, Höhe ca. 1,50 m.

▼ Abb. 8b: Detail der Montagestraße SRS 72. Nach der Restaurierung im Jahr 2012. Auf vier parallelen Schienen liegen fünf Module, die durch automatisiertes Zusammenwirken vorgefertigte Bauteile transportieren, positionieren (Bildmitte) und verschrauben. Das Magazin für die Schrauben befindet sich links unten im Bild.



Die Montagestraße SRS 72

Die Schraubensetzzvorrichtung ist Zuses Vorstudie zum Modell der Montagestraße SRS 72 (Abb. 8a, 8b, siehe linke Seite).¹⁸² Aus dieser Maschine sollte das sich tatsächlich selbst reproduzierende System hervorgehen, worauf auch die Bezeichnung SRS 72 hinweist.

Ende 1972 begann Zuse mit dem Bau der Montagestraße SRS 72.¹⁸³ Spätestens im April 1973 stellte er den mechanischen Teil fertig und begann mit der Arbeit an der elektronischen Steuerung.¹⁸⁴ Dafür „wurden die beim BMBW beantragten Mittel aufgrund der Etat-Kürzungen des Bundes nicht bewilligt. Es wurde daher ein etwas eingeschränktes Programm mit privaten Mitteln finanziert“.¹⁸⁵ Die Montagestraße SRS 72 ist ähnlich aufgebaut wie die Schraubensetzzvorrichtung, jedoch wesentlich komplexer. Die Maschine setzt sich zusammen aus vier drei Meter langen, parallelen Schienen und fünf darauf liegenden Aggregaten mit jeweils mehreren Freiheitsgraden zur automatisierten Werkstückmontage (Abb. 8b). Die genaue Beschreibung des Aufbaus der von Zuse konstruierten Montagestraße war erst aufgrund der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Restaurierung der Maschine möglich und ist in Kapitel 3 wiedergegeben (S. 69 ff.). Zuse fertigte die einfachen Teile für die Montagestraße SRS 72 in seiner Werkstatt in Hünfeld. Bei der Herstellung mechanischer Bauteile unterstützten ihn Mitarbeiter einer kleinen Werkstatt in Kassel, und der Entwurf, der Bau und die Erprobung der elektronischen Steuerung erfolgte unter Mitarbeit des Sohnes Horst Zuse.¹⁸⁶ Die Schrittmotoren und deren Ansteuerung lieferte die Münchner Firma Kinex.¹⁸⁷

1974 beendete Zuse die Weiterentwicklung der Montagestraße.¹⁸⁸ Im selben Jahr schrieb er: „Das Modell stellt eine Versuchsanlage dar, die in dieser Form noch nicht praktisch einsetzbar ist. Es bietet jedoch die Basis für weitere anwendungsbezogene Entwicklungen.“¹⁸⁹ Im Anschluss an den Bau der Montagestraße sah Zuse vor, „ein praktisch einsetzfähiges System [zu entwickeln], das entsprechend vorliegender Aufgaben für konkrete Anwendungen eingesetzt wird (z. B. Montageeinrichtungen für bestimmte Geräte)“.¹⁹⁰ Darauf aufbauend wollte er seinem Ziel näherkommen, ein sich tatsächlich automatisiert nachbauendes System zu verwirklichen, indem er sich unter anderem mit „Normung aufeinander abgestimmter Konstruktionsreihen verschiedener Größenordnung [...] Einführung besonderer Bewegungsarten gegenüber orthogonalen Schlittenführungen [...] Technologische[n] Erweiterungen [...] Erhöhung des Automationsgrades [...] Erhöhung der Präzision ...“¹⁹¹ beschäftigte. Zuse schien es sinnvoll,

182 Die Schraubensetzzvorrichtung ist ein Modul der Montagestraße und entspricht im Wesentlichen der Vorstudie von 1969, ist aber um einen Freiheitsgrad erweitert.

183 Konrad Zuse: Elementare modulare eigenbezogene Produktionsmittel. Aufsatz, datiert 3. April 1973. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0691. In der zweiten Auflage seiner Autobiografie schrieb Zuse, er habe die Montagestraße 1966 gebaut (Zuse 2007, S. 142). Dies stimmt mit den Inhalten der Archivalien nicht überein.

184 Konrad Zuse: Elementare modulare eigenbezogene Produktionsmittel. Aufsatz, datiert 3. April 1973. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0691.

185 Ebd.

186 Konrad Zuse: Montagestraße. Beschreibung des 1973/74 gebauten Modells. Aufsatz, datiert 28. September 1974. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0547.

187 Ebd.

188 Ebd.

189 Ebd.

190 Konrad Zuse: Elementare modulare eigenbezogene Produktionsmittel. Aufsatz, datiert 3. April 1973. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0691.

191 Ebd.

„die weiteren Arbeiten auf Ziele abzustellen, die einen baldigen praktischen Einsatz ermöglichen. Dabei tritt der Gesichtspunkt der Selbstreproduktion in den Hintergrund“.¹⁹²

Eine erneute finanzielle Förderung des Vorhabens Zuses wollte das BMFT nur unter der Bedingung der Beteiligung einer Industriefirma gewähren.¹⁹³

Kontaktaufnahme zur Industrie

Zuse sollte seine Belange an die Industrie anpassen. Für seine Idee, ein sich selbst reproduzierendes System zu konstruieren, wie er es in seinen ersten Anträgen 1969 und 1970 formuliert hatte, verwendete er nun den Begriff der Eigenbezogenheit.¹⁹⁴ Er ersetzte gewissermaßen den Begriff der Selbstreproduktion durch den Begriff der Eigenbezogenheit, um weniger futurologisch bewertet zu werden,¹⁹⁵ und betonte nun mehrfach die wirtschaftlichen Vorteile, die durch die Entwicklung eigenbezogener Systeme entstehen würden.¹⁹⁶

Mitte 1974 wendete sich Zuse an Joachim Siegfried Meurer,¹⁹⁷ MAN Augsburg, mit dem Vorschlag, auf dem Gebiet der Handhabungstechnik zusammenzuarbeiten, wobei Zuse nicht die Automatisierungsmöglichkeiten eines einzelnen Arbeitsplatzes, sondern einer gesamten Fertigungsstraße untersuchen wollte.¹⁹⁸ Zuse schlug vor, bei einem zu 100 % durch das BMFT¹⁹⁹ geförderten Projekt mitzuwirken. Die Arbeiten könnten mithilfe klei-

192 Konrad Zuse: Elementare modulare eigenbezogene Produktionsmittel. Aufsatz, datiert 3. April 1973. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0691.

193 Konrad Zuse: Forschungs- und Entwicklungsvorhaben: Wandel der Arbeitsbedingungen in der Fertigung durch Einführung verketteter Fertigungssysteme mit modularem Aufbau. Aufsatz, datiert 17. Januar 1978. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0695.

194 Spätestens 1975 ersetzte Zuse den Begriff „Selbstreproduktion“ durch „eigenbezogene Systeme“. In: Konrad Zuse: Planung von Produktionsüberwachungssystemen. Vortrag auf der International Conference on Computer Aided Manufacture in Berlin vom 6. bis 9. März 1975. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0371. „Eigenbezogenheit“ definierte er bereits 1973: „Zur Menge der durch diese Produktionsmittel herstellbaren Gegenstände gehören diese Produktionsmittel selbst. Im Extremfall fällt darunter die Fähigkeit zur Selbstreproduktion. Eine aus diesen Produktionsmitteln aufgebaute Werkstatt liefert unter anderem solche Produkte, aus der eine gleiche oder ähnliche Werkstatt aufgebaut werden kann.“ Die Produktionsmittel sind „Hilfsmittel, insbesondere Vorrichtungen zur automatischen oder teilautomatischen Fertigung und Montage von vorwiegend mechanischen oder elektromechanischen Geräten, Vorrichtungen und Maschinen“. In: Konrad Zuse: Elementare modulare eigenbezogene Produktionsmittel. Aufsatz, datiert 3. April 1973. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0691.

195 Konrad Zuse in einem Brief vom 26. November 1975 an Günther Leue, Kalifornien. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1907.

196 Konrad Zuse: Anlage zu: Integriertes Modellsystem einer computergestützten Konstruktion und Fertigung, datiert 12. Oktober 1974. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0693.

197 Konrad Zuse in einem Brief vom 17. Mai 1974 an Siegfried Meurer, MAN Augsburg. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1927. Konrad Zuse und Joachim Siegfried Meurer trafen sich 1971 auf einer Werkführung bei MAN in Augsburg. Zuse übersandte im Anschluss Informationsmaterial zu seiner Idee sich selbst reproduzierender Systeme. In: Briefwechsel zwischen Konrad Zuse und Siegfried Meurer im Dezember 1971. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1608 und Signatur 1614.

198 Siegfried Meurer in einem Brief vom 4. Juni 1974 an Konrad Zuse, Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1927.

199 Mitarbeiter des 1972 neu gegründeten BMFT hatten Eike Jessen gebeten, mit Konrad Zuse einen bewilligungsfähigen Antrag zu einem Projekt über selbstreproduzierende Maschinen zu erarbeiten: „Ich versuchte das anhand von Sprache zu machen, in denen man einen Interpreter für diese Sprache schreiben kann. Zuse war aber nicht zufrieden.“ Eike Jessen in einer E-Mail an die Autorin am 29. Juli 2010.

nerer Zuliefererfirmen in seinem Atelier in Hünfeld durchgeführt werden, eine entsprechende Versuchsanlage, die Montagestraße SRS 72, sei bereits entwickelt und vorführbereit.²⁰⁰ Meurer antwortete, dass das von Zuse verfolgte Forschungsprojekt einer bereits existierenden Arbeitsgemeinschaft, bestehend aus der Fraunhofer Gesellschaft, den Firmen Bosch, Pfaff, Kuka, Daimler Benz, MAN sowie einem Ingenieurbüro, sehr ähnlich sei, und schlug in seinem Schreiben vor, einen Kontakt zwischen Zuse und dieser Arbeitsgemeinschaft herzustellen.²⁰¹ Zuse antwortete ihm, dass er über diese Arbeitsgemeinschaft bereits unterrichtet sei und dass ihm Herr Lenz von der Fraunhofer Gesellschaft von einer Kontaktaufnahme abgeraten habe.²⁰² Darüber hinaus wendete sich Zuse an das Europäische Zentrum für Angewandte Wirtschaftsforschung in Basel²⁰³ und an Hans Jürgen Warnecke vom Institut für Produktionstechnik und Automatisierung der Universität Stuttgart.²⁰⁴ Aussichtsreich schien Zuse eine Zusammenarbeit mit Wolfgang Händler. Er leitete am Institut für Mathematische Maschinen an der Universität Erlangen das zu Beginn der 1970er Jahre durchgeführte Projekt DORA (Datenverarbeitung in Organismen und Rechenautomaten).²⁰⁵ Der Referent Dr. Menden veranlasste die Förderung des Projekts, das später in Eigenregie überging.²⁰⁶ An diesem Projekt war unter anderen Roland Vollmar beteiligt, der um 1974 als Ordinarius nach Braunschweig wechselte.²⁰⁷ Eine Zusammenarbeit mit Zuse sollte auf den Ergebnissen dieses Projekts aufbauen. Inhalt wäre die Gegenüberstellung von Rechenautomat und Gehirn gewesen, also ein Vergleich zwischen Datenverarbeitung beim Menschen und bei der Maschine.²⁰⁸ Zuse verwies auf die Arbeit mit Zellularautomaten in Erlangen und notierte, dass nach dem Vorbild zellularer Automaten mithilfe integrierter Schaltkreise Parallelrechner gebaut werden könnten. So ließen sich assoziativ arbeitende Rechenmaschinen konstruieren, deren Arbeitsprinzip dem assoziativ organisierten Gehirn gleiche.²⁰⁹ Die Theorie der Arbeitsweise des menschlichen Gehirns sollte Anregungen geben für neue technische Entwicklungen. Zuse stellte sich zudem vor, innerhalb der angestrebten Zusammenarbeit durch die Anwendung zellularer Automaten mit der Theorie sich selbst organisierender und sich selbst reproduzierender Systeme neue Methoden für die Datenverarbeitung zu entwickeln. Zuse schrieb: „Es wäre hier [in der Zusammenarbeit mit Händler im Rahmen des Projekts DORA] eine Gelegenheit gegeben, Theorie und Praxis in idealer Weise zu vereinigen. Die neuen Möglichkeiten der integrier-

200 Konrad Zuse in einem Brief vom 17. Mai 1974 an Siegfried Meurer. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1927.

201 Siegfried Meurer in einem Brief vom 4. Juni 1974 an Konrad Zuse. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1927.

202 Konrad Zuse in einem Brief vom 6. Juni 1974 an Siegfried Meurer. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1927.

203 Dies geht hervor aus einem Brief von Dr. Peter G. Rogge, Europäisches Zentrum für angewandte Wirtschaftsforschung, vom 29. Oktober 1973 an Konrad Zuse. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1921.

204 Hans Jürgen Warnecke in einem Brief vom 30. Juni 1975 an Konrad Zuse. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0039.

205 Konrad Zuse: Notizen zum Projekt Dora. Anlass: Besprechung bei Herrn Professor Händler in Erlangen am 28.8.1974, datiert 3. September 1974. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1927.

206 Wolfgang Händler in einem Brief vom 4. September 1974 an Fritz Rudolf Güntsch, Ministerialdirektor des BMFT. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1927.

207 Ebd.

208 Konrad Zuse: Notizen zum Projekt Dora. Anlass: Besprechung bei Herrn Professor Händler in Erlangen am 28.8.1974, datiert 3. September 1974. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1927.

209 Ebd.

ten Schaltkreistechnik erfordern neue Wege im Computerbau. Die hier vorgeschlagenen Arbeiten können dabei richtungsweisend werden.“²¹⁰ Wie alle anderen genannten Versuche einer Zusammenarbeit kam auch dieser nicht zur Umsetzung.

Schließlich beteiligte sich Zuse an einem Projekt der Zahnradfabrik Friedrichshafen AG. Dort wurden damals verschiedene Formen von Schaltgetrieben für Nutzfahrzeuge hergestellt.²¹¹ Zahlreiche Einzelteile wurden in Kleinserie gefertigt, und durch die gezielte Weiterentwicklung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen ließ sich die Wirtschaftlichkeit steigern. Im Vordergrund stand die Automatisierung der Kleinserienfertigung,²¹² denn „[m]ehr als 75% aller Einzelteile werden auch künftig in Kleinserien gefertigt. Da nur ein Bruchteil der Herstellungszeit auf maschinelle Bearbeitung entfällt, bleiben noch erhebliche Möglichkeiten, Produktivität und Wirkungsgrad der Teilefertigung zu verbessern“²¹³ (Tabelle 1).

In der Zahnradfabrik Friedrichshafen begannen 1977 Voruntersuchungen für die Entwicklung eines flexiblen verketteten Fertigungssystems mit automatisiertem Materialfluss.²¹⁴ Die Pilotanlage sollte auf den allgemeinen Maschinenbau übertragbar sein.²¹⁵ Das BMFT förderte das Verbundprojekt zur Entwicklung eines flexiblen Fertigungssystems mit aufwendiger Handhabungstechnik zur Zahnradbearbeitung bis 1983²¹⁶ unter dem Titel „Wandel der Arbeitsbedingungen durch verkettetes Fertigungssystem mit modulare Aufbau“.²¹⁷ Zunächst lief das Projekt unter dem Träger „Humanisierung des Arbeitslebens“, später unter dem Projektträger „Fertigungstechnik“.²¹⁸ Innerhalb des Förderprogramms Fertigungstechnik war Projektträger das Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Förderkennzeichen O2 CV 425; FN-ZFF/24.²¹⁹

Geplant und gebaut wurde in der Zahnradfabrik Friedrichshafen ein „flexibel verkettetes Fertigungssystem für die spanende Fertigung von Rotationsteilen“²²⁰ (Abb. 9, S. 54). Dieses setzte sich zusammen aus sieben Arbeitsbereichen²²¹ mit 14 Fertigungszellen für die Bearbeitung von Rotationsteilen sowie einem übergeordneten Steuerungssystem. Die einzelnen Fertigungszellen waren eigenständig, beliebig aufstellbar und variabel erweiterbar angelegt. Sie bestanden jeweils aus einer Werkzeugmaschine, einem Handhabungsgerät und Positioniereinrichtungen.²²² Jede Zelle wurde durch eine eigene Steuerung betrieben, und die gesamte Anlage wurde durch einen zentralen Computer gesteuert.²²³ Alle Fertigungszellen waren durch ein Transportsystem miteinander verbunden, über das die Werkstücke weitergeleitet

210 Konrad Zuse: Notizen zum Projekt Dora. Anlass: Besprechung bei Herrn Professor Händler in Erlangen am 28.8.1974, datiert 3. September 1974. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1927.

211 Looman 1983.

212 „Fertigungstechnologien in den achtziger Jahren“. In: Umschau in Wissenschaft und Technik, Nr. 6, 1973, S. 188.

213 Ebd.

214 Anlage zu einem Brief vom 2. August 2010 von Johannes Looman an die Autorin. Und: Looman 1983.

215 Johannes Looman in einem Brief vom 2. August 2010 an die Autorin.

216 Looman 1983.

217 Anlage zu einem Brief vom 2. August 2010 von Johannes Looman an die Autorin.

218 Johannes Looman in einem Brief vom 2. August 2010 an die Autorin.

219 Anlage zu einem Brief vom 2. August 2010 von Johannes Looman an die Autorin.

220 Ebd.

221 Be- und Entladen, Drehen und Räumen, Wälzfräsen, Bearbeitung Verzahnung, Bearbeitung Zahnkanten, Schmierlöcher bohren, Schichtführung des FFS. In: Looman 1983.

222 Looman 1983.

223 Ebd.

	Massenfertigung (ab 2000 Stück)	Serienfertigung (150 bis 2000 Stück)	Kleinserien, Ein- zelteile (bis 150 Stück)
Werkzeugmaschine	Automaten, Trans- ferstraßen, Sonder- maschinen	Halbautomaten, Magazinmaschinen	universelle Werk- zeugmaschinen, NC-Maschinen
Handhabung	starre Verkettung- en, automatische Übergabe	manuell	manuell
Materialfluss	automatisch	manuell, halbauto- matisch	manuell

Tabelle 1: Die Serienfertigung um 1980 konnte durch Einsatz von Handhabungsgeräten und flexiblen Fertigungssystemen rationalisiert werden. Nach: Looman 1983.

und positioniert wurden.²²⁴ Die Anlage wurde im Frühjahr 1983 durch die Zahnradfabrik in Betrieb genommen.²²⁵ Die Bedienmannschaft arbeitete im Zweischichtbetrieb und bestand aus zweimal sieben Personen; zuvor waren für diese Arbeit 22 Personen im Einsatz.²²⁶

Im Rahmen dieses Projekts war Zuse vermutlich ab 1977 in beratender Funktion tätig.²²⁷ Nach eigenen Angaben war er im Wesentlichen mit den Aufgaben der Steuerung betraut²²⁸ und beriet in den Bereichen Abgrenzung Mensch – Maschine, Sicherheitsüberwachung, Organisation der Steuerungsaufgaben durch Computer, Simulationsrechnungen der technischen Abläufe und Programmiersprachen.²²⁹ Zuse setzte sich in dieser Zeit in enger Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung und dem Informatiker Carl Adam Petri mit dem Einsatz von Petri-Netzen im Rahmen der Steuerungsaufgaben für verkettete Fertigungssysteme auseinander.²³⁰ Seine Arbeit „Petri-Netze aus der Sicht des Ingenieurs“ wurde 1980 veröffentlicht.²³¹ Ursprünglich hatte Zuse die Idee, „die einzelnen Fertigungsvorgänge in ihre kleinsten Schritte/Elemente zu zerlegen und dann – tausend-

²²⁴ Looman 1983.

²²⁵ Ebd.

²²⁶ Anlage zu einem Brief vom 2. August 2010 von Johannes Looman an die Autorin.

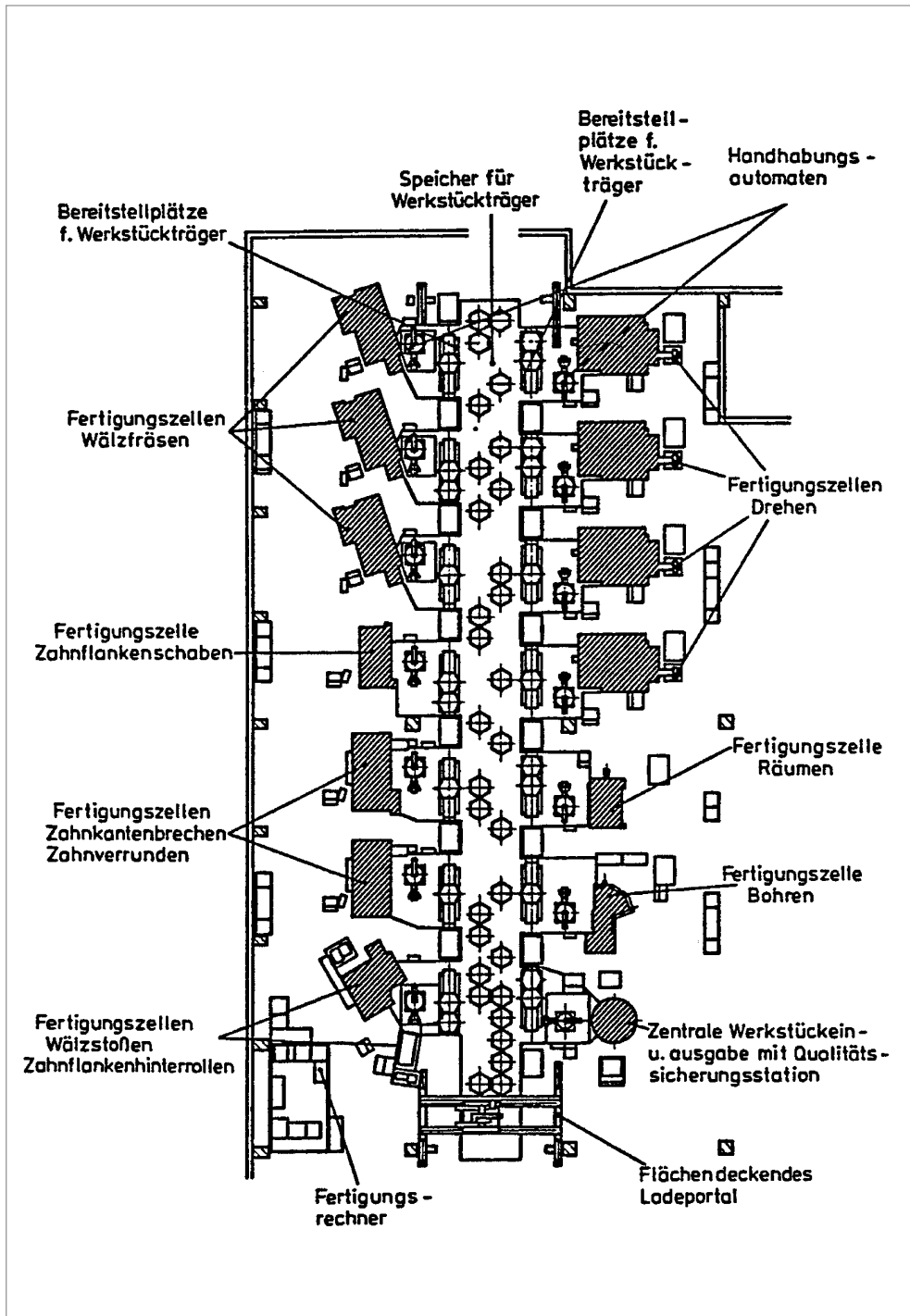
²²⁷ Konrad Zuse: Forschungs- und Entwicklungsvorhaben: Wandel der Arbeitsbedingungen in der Fertigung durch Einführung verketteter Fertigungssysteme mit modularem Aufbau. Aufsatz, datiert 17. Januar 1978. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0695. Das Forschungsvorhaben wurde in zwei Abschnitten gefördert: Mai 1977 bis Juni 1979 und Juli 1979 bis Dezember 1983. In: ITB Hannover, Förderportal, Förderkennzeichen 01VV067/ und 02VV067/1. Förderkennzeichen 01VV107/ und 02VV107/0. Förderkennzeichen 01VV077/ und 02VV077/0. Förderkennzeichen 01VV089/ und 01VV089/8. Förderkennzeichen 01VC425/ und 01VC425/0.

²²⁸ Konrad Zuse: Betr.: Beratungsvertrag für das Forschungsvorhaben „Wandel der Arbeitsbedingungen durch verkettete Fertigungssysteme mit modularem Aufbau“. Abschlussbericht, datiert 20. Januar 1981. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0548.

²²⁹ Johannes Looman in einem Brief vom 2. August 2010 an die Autorin.

²³⁰ Konrad Zuse: Anlage 1 zum Abschlussbericht vom 20. Januar 1981, datiert 20. Januar 1981. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0548.

²³¹ Zuse 1980.



oder millionenfach angewendet und vernetzt – zu einem ganzen automatischen Fertigungssystem zu erweitern; ähnlich wie bei seinen Computern, wo aus dem elementaren Befehl EIN/AUS oder 1/0 – vielfach vernetzt angewendet – seine Rechenmaschinen und schließlich die ganze Computertechnik entstanden ist. So hatte er die Vorstellung und Vision, „sich selbst reproduzierende Fertigungssysteme“ zu bauen.“²³² Dem damaligen Projektmanager Peter Brödner begegnete in diesem Zusammenhang Zuses 1967 veröffentlichter Aufsatz „Über sich selbst reproduzierende Systeme“.²³³ Brödner erinnert sich, dass zu diesem Thema im Rahmen des Projekts der Zahnradfabrik Friedrichshafen ein technischer Workshop stattfand; weitere Aktivitäten sind daraus aber nicht hervorgegangen.²³⁴ Zuse sah seine Aufgabe später darin, zwischen den am Projekt beteiligten Ingenieuren, Arbeitgebern, Forschungsstellen und Theoretikern zu vermitteln. Seine Vorarbeiten zu den sich selbst reproduzierenden Systemen wurden dabei nicht weiter verfolgt.²³⁵

Angesichts einer auf 1978 datierten, schriftlichen Notiz von Zuse, dass nämlich Projekte wie die technische Realisierung der Selbstreproduktion „jedoch in ihrer letzten Konsequenz heute noch in das Reich der Utopie verwiesen werden“²³⁶ müssen, lässt sich vermuten, dass er die Arbeit an den selbstreproduzierenden Systemen aufgeben wollte. Dann allerdings erschien 1980 in der von Zuse häufig gelesenen Zeitschrift „Umschau in Wissenschaft und Technik“ ein Artikel, der das NASA-Projekt beschrieb, unser Planetensystem mit selbstständigen Sonden und Labors zu erforschen und dafür eine solche Maschine zu entwickeln:²³⁷ „Fernziel der NASA wäre eine automatische Fabrik auf dem Mond, die Mondmaterial verarbeitet und deren Steuerung so weit entwickelt ist, daß sie sogar sich selbst reproduzieren kann.“²³⁸ (Ausführlicher dazu S. 167 f.) Hierdurch animiert, sprach Zuse im selben Jahr, 1980, in einem Vortrag wiederholt seinen Wunsch an, sein Forschungsvorhaben weiterzuführen: „Ich freue mich selbstverständlich sehr über die verschiedenen Ehrungen, die mir im Laufe meines Lebens zuteil geworden sind. Die größte

232 Johannes Looman in einem Brief vom 2. August 2010 an die Autorin.

233 Peter Brödner in einer E-Mail vom 24. September 2012 an die Autorin.

234 Ebd.

235 Johannes Looman in einem Brief vom 2. August 2010 an die Autorin.

236 Konrad Zuse: Evolutionssprung in der Fertigungstechnik? Aufsatz, datiert 1978. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0319.

237 Automaten statt Astronauten. In: Umschau in Wissenschaft und Technik, Nr. 22, 1980. Zuse verwies auf diesen Artikel in: Konrad Zuse: Betr.: Beratungsvertrag für das Forschungsvorhaben „Wandel der Arbeitsbedingungen durch verkettete Fertigungssysteme mit modularem Aufbau“. Abschlussbericht, datiert 20. Januar 1981. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0548. Und: Zuse in einem Schreiben vom 29. Dezember 1980 an Warnecke. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1982. Und: Zuse 2007, S. 207.

238 Automaten statt Astronauten. In: Umschau in Wissenschaft und Technik, Nr. 22, 1980.

◀ Abb. 9: Layout des flexiblen Fertigungssystems der Zahnradfabrik Friedrichshafen AG. Dieses flexible Fertigungssystem zur spanenden Fertigung von Rotationsteilen setzt sich aus 14 Fertigungszellen zusammen. Jede einzelne Fertigungszelle enthält eine Werkzeugmaschine, ein Handhabungsgerät und eine Positioniereinheit für die Werkstückmagazine mit einer gemeinsamen Steuerung. Das gesamte System wird durch einen Computer gesteuert („Fertigungsrechner“). (Vgl. Brödner 1985, S. 160.)

Ehre würde ich jedoch darin sehen, mich auch weiterhin als Forscher ernst zu nehmen und mir Gelegenheit zu geben, aktiv an der Entwicklung teilzunehmen. [...] Ich habe nicht mehr den Ehrgeiz, meine Ideen in aufwendigen Forschungsvorhaben zu verwirklichen; jedoch habe ich das Bedürfnis, das, was heute noch in den Windungen meines Gehirns an brauchbaren Ideen gespeichert ist, zu retten, solange es noch nicht zu spät ist.“²³⁹

Um erneut eine industrieunabhängige Förderung zu erhalten und die Arbeit an der Maschine wieder aufnehmen zu können, verwies Zuse im Abschlussbericht seines Beratervertrags im Januar 1981 wiederholt auf seine Entwicklung der Montagestraße.²⁴⁰ Er schrieb, dass durch die Entwicklung des verketteten Fertigungssystems bei der Zahnradfabrik Friedrichshafen die Voraussetzungen gegeben seien, „um eigenbezogene Systeme oder Teilsysteme zu entwickeln und zu bauen“.²⁴¹ Dabei seien die Handhabungsgeräte von besonderer Bedeutung, und Zuse empfahl in seinem Bericht, diese Handhabungsgeräte zunächst zu einer Montagestraße zusammenzustellen, so dass sie automatisiert montiert werden könnten.²⁴² Für die Durchführung eines solchen Vorhabens schlug Zuse sechs Arbeitsphasen vor. Die Phasen eins bis drei beinhalteten die Voruntersuchungen, also den Entwurf von Hardware und Software. In Phase vier sollte ein Handhabungsgerät beispielhaft gebaut, in Phase fünf ein aus mehreren Handhabungsgeräten bestehendes, verkettetes System entwickelt werden, und zuletzt sollte die Erprobung des Gesamtsystems erfolgen.²⁴³ Zur Umsetzung dieses Vorhabens, ein eigenbezogenes System zu entwickeln, kam es nicht.

Zuse stellte sich vor, eine vollautomatisierte Fabrik zu realisieren. Es ist nicht bekannt, wie weit er die Entwicklungen verfolgte, die damals in den USA und in Japan begonnen hatten und heute so weit fortgeschritten sind, dass die Realisierung einer vollautomatisierten Fabrik möglich erscheint (S. 172 f.). Zuse betrachtete die vollautomatisierte Fabrik als *die* technische Entwicklungsstufe, die zur Realisierung eines sich selbst reproduzierenden Systems führen würde. Er forderte, nicht nur einzelne Aufgabenstellungen zu automatisieren, wie dies unter anderem bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, Handhabungsgeräten und Transportanlagen seinerzeit bereits erfolgte, sondern die einzelnen Geräte zu einem geschlossenen Fertigungssystem zu verketteten.²⁴⁴ Zuse bekam jedoch keine Gelegenheit, seine Vorstellungen umzusetzen. Er versuchte, seine Idee der sich selbst reproduzierenden Systeme an auf breiter Basis geförderte Forschungsvorhaben anzupassen, zum Beispiel Handhabungstechnik, computergestütztes Konstruieren und Humanisierung des Arbeitslebens. Obwohl er „bei den Anträgen z.T. von [ihm] gut gesonnenen und sehr verständigen Leuten unterstützt wurde, war es nicht möglich, [s]einen Fall in das vorgeformte Korsett der staatlichen Förderungsprogramme einzuordnen“.²⁴⁵

239 Konrad Zuse: Der Computer. Rückblick und Ausblick. Vortrag anlässlich einer Festveranstaltung der GMD von Konrad Zuse 1980. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 2690.

240 Konrad Zuse: Betr.: Beratungsvertrag für das Forschungsvorhaben „Wandel der Arbeitsbedingungen durch verkettete Fertigungssysteme mit modularem Aufbau“. Abschlussbericht, datiert 20. Januar 1981, Anlage 3. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 0548.

241 Ebd.

242 Ebd.

243 Ebd.

244 Ebd.

245 Konrad Zuse in einem Brief vom 10. Dezember 1974 an Johann Gerhard Helmcke. Deutsches Museum, Archiv, NL 207 Signatur 1587.

Wie sich durch die Restaurierung der Montagestraße SRS 72 erschließen ließ (Kapitel 3), ist diese Maschine nie zu einem funktionsfähigen System ausgearbeitet worden. Damit ist Zuses Projekt, ein sich selbst nachbauendes System zu entwickeln, gescheitert. Die Montagestraße SRS 72 blieb in Zuses Atelier, wo er sie zu Beginn der 1970er Jahre gebaut hatte, und wurde von ihm in der Folgezeit als Ablage für Farben, Pinsel und neue Konstruktionen genutzt (Abb. 10).

▼ Abb. 10: Blick in das Atelier von Konrad Zuse im Familienhaus in Hünfeld, um 1985. Im Vordergrund diverse Bauteile und Baugruppen für den Nachbau der Z1 für das Deutsche Technikmuseum in Berlin. Dahinter die Montagestraße SRS 72. Darauf technische Zeichnungen, Kisten und kleinere Konstruktionen. Im Hintergrund Ölbilder.



Selbstreproduzierende Maschinen

Konrad Zuses Montagestraße SRS 72 und ihr Kontext

Eibisch, N.

2016, XIX, 252 S. 78 Abb., 56 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-658-12941-5