

Peter Haertel

Ein Rückblick auf die Konstruktion mechanischer Rechenmaschinen -

Ausbildung und Arbeit der Konstrukteure

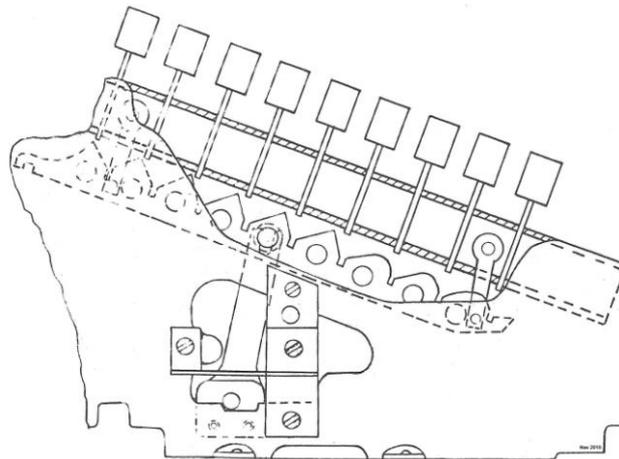
Erstpublikation in:

Historische Bürowelt,

Offizielles Organ des
IFHB - Internationales Forum Historische Bürowelt

Nr. 65, September 2003

Nr. 66, Dezember 2003



Lilienthal
Oktober 2010

Inhaltsverzeichnis:

| | Seite: |
|-----|---|
| 1 | Einführung 3 |
| 2 | Von den frühen Erfindern zu den Konstrukteuren 5 |
| 3 | Die Ausbildung der Konstrukteure 7 |
| 4 | Die Arbeit der Konstrukteure 12 |
| 4.1 | Das Konstruieren 13 |
| 4.2 | Das Maschinendesign 17 |
| 4.3 | Die technischen Berechnungen 19 |
| 4.4 | Das Kostendenken 21 |
| 4.5 | Die Wertanalyse 22 |
| 4.6 | Arbeiten zur Serienreife 24 |
| 4.7 | Das Änderungswesen 24 |
| 5 | Kundenspezifische Sonderlösungen 26 |
| 6 | Personenregister 28 |
| 7 | Abbildungsnachweise 30 |

Überarbeitete Version für das *Rechnerlexikon*

Stand 01.10.2010

© Peter Haertel 2010

1. Einführung

Bei der Entwicklung mechanischer Rechenmaschinen war es niemals so, dass eine Maschine ohne technische Probleme aus exakten Entwürfen und detaillierten Berechnungen hervorging. Die Summe der Fehlermöglichkeiten war bei der Vielzahl unterschiedlicher Einzelteile und den komplizierten Mechanismen einfach zu hoch. Die praktische Erfahrung der Konstrukteure, Arbeitsvorbereiter und Facharbeiter war von außerordentlicher Bedeutung.

Die Anstöße zur Konstruktion einer neuen Rechenmaschine entsprangen sehr oft den Ideen für ein neues Maschinenkonzept. Diese deckten häufig zusätzliche Forderungen der Märkte ab, versprachen eine Senkung der Herstellkosten und man lag mit etwas Glück wieder um eine Nasenlänge vor der Konkurrenz.

Die Konstruktion einer Maschine selbst lief nie nach überschaubaren und planbaren Regeln ab. Ein hoher Detaillierungsgrad des Entwurfes gab noch keine Garantie für eine befriedigende Funktionssicherheit. Kontrollierende Berechnungen waren bei diesen feinmechanischen Konstruktionen nur begrenzt möglich, viele Einzellösungen mussten im praktischen Versuch erst mühsam erarbeitet und erprobt werden.

Die lange Lebensdauer unveränderter Maschinenmodelle bei den großen Herstellern spricht für eine Tendenz, sich bei erfolgreichen Maschinen nur auf die notwendige Produktpflege zu beschränken. Völlige Neukonstruktionen - und hiermit ist z. B. auch eine Änderung des Schaltwerkprinzips gemeint - wurden nicht oft angegangen und waren nicht selten mit einem Wechsel in der Konstruktionsleitung verbunden.

Ein unumgänglicher und oft richtungsweisender Prozess bei Konstruktionsbeginn war das Sammeln und sinnvolle Auswerten der aktuellen Erfahrungen anderer Firmenbereiche. Die Aussagen der Fertigung hatten hierbei stets ein besonderes Gewicht. Als Ergänzung der umfangreichen theoretischen Vorarbeiten der Konstruktion wurden dann vielfältige Produktionserfahrungen über die Arbeitsvorbereitung - Bindeglied zwischen Konstruktion und Fertigung - mit berücksichtigt.

Schon seit Beginn der Industrialisierung spielte der Maschinenbau gegenüber der Feinmechanik eine vorherrschende Rolle. Viele Fertigungs- und Konstruktionsgrundlagen der feinmechanischen Industrie sind in ähnlicher oder auch gleicher Form auf den Maschinenbau zurückzuführen. Bei einem Rückblick auf die Konstruktion feinmechanischer Geräte ist es daher unumgänglich, die zeitgleichen Anfänge des Maschinenbaues zu betrachten.

Grundlegende wissenschaftliche Anregungen zur Rationalisierung und Produktionstechnik kamen in den 1920er Jahren von Georg Schlesinger (1874-1949), der bereits 1897 mit einer Arbeit über den Austauschbau bei Werkzeugmaschinen promovierte und damit einen Grundstein für das heute noch weltweit gültige System der Passungen legte¹. Diese sind Grundvoraussetzung für alle Bereiche der modernen Massenfertigung. Schlesingers Institut an

¹ Schlesinger, Georg: *Die Passungen im Maschinenbau*, Berlin 1917

der TH Berlin-Charlottenburg befasste sich seit 1904 erfolgreich mit den praktischen Belangen einer industriellen Fertigung und lieferte der Industrie wertvolle Vorgaben, z. B. für eine effektive Kostenermittlung in der Produktion². Rückblickend dürfen aber auch die Erfahrungen der Zulieferfirmen wie Modellbauer und Gießereien als wichtiger Beitrag zum Gesamtergebnis nicht unerwähnt bleiben.

Wie die frühen Ingenieurwissenschaften selbst verdienen auch diese Erfahrungen unsere ganze Bewunderung.

Die letzten mechanischen Rechenmaschinen wurden um 1970 konstruiert, neue Generationen von Konstrukteuren sind seitdem herangewachsen. In ihrer heutigen Arbeitswelt ist vieles anders, nur wenig erinnert heute noch an die Konstruktionssäle mit den vielen Zeichenmaschinen (Abb. 1).



Abb. 1: Konstruktionssaal in den 1960er Jahren

Aber auch Denkweisen und Vorgehensweisen haben sich stark geändert. Zeitgemäßes Konstruktionsmanagement und ein engagierter Einsatz der Universitäten bei der Entwicklung methodischer Vorgehensweisen³ führen zu einer Straffung der Konstruktionsabläufe.

Der junge Konstrukteur von heute ist ein Teamarbeiter, er baut auf seine experimentellen Messungen, beweist durch analytische Bemühungen, dass es gar nicht anders sein kann. Wo früher Tabellenbücher, Normblätter oder auch Lieferanteninformationen zu Rate gezogen wurden, helfen heute hochkomplexe, rechnergestützte Entwicklungsprogramme mit umfangreichen

² vgl.: Schlesinger, Georg: *Selbstkostenberechnung im Maschinenbau*, Berlin 1911

³ Beispiel: Universität Stuttgart / Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik

Datenbanken. Als Techniker glaubt der Konstrukteur an vorgegebene Formeln. Sie geben ihm die Sicherheit bei der Vorplanung, beim Entwurf. Mühelos betrachtet er das Innere seiner dreidimensionalen Konstruktion, gleitet in den kleinsten Winkel einer Maschine und simuliert, ob ein Teil ungewollt das andere berühren kann.

Es ist faszinierend sich vorzustellen, dass man heute im Rahmen einer Rechnersimulation durch das Innere einer alten mechanischen Rechenmaschine gleiten könnte.

2. Von den frühen Erfindern zu den Konstrukteuren

Die Entwürfe der ersten mechanischen Rechenmaschinen waren das Ergebnis wohl langer und quälender Denkprozesse, bei dem Bau der Maschinen selbst stieß man in der Regel an die damaligen Grenzen der technischen Machbarkeit. Als schöpferische Leistung jedoch sind sie gleichzusetzen mit den großen naturwissenschaftlichen Entdeckungen des 17. und 18. Jahrhunderts. Ihre Erbauer wie Schickard, Pascal, Leibniz oder Hahn werden heute als die Erfinder der Rechenmaschinen gesehen. Alle Maschinen waren noch Einzelanfertigungen und wurden mühsam mit Hilfe erfahrener Mechaniker oder Uhrmacher hergestellt.

Den ersten Schritt zur vorindustriellen Manufaktur unternahm der Franzose Thomas und baute ab 1820 eine von ihm konstruierte Staffelwalzenmaschine in ständig verbesserten Ausführungen, so dass er ab 1850 mit einer ersten fabrikmäßigen Fertigung in Paris beginnen konnte. Die Epoche der industriellen Fertigung hatte damit begonnen. Für Thomas brachte sie jedoch noch keinen wirtschaftlichen Erfolg.

Diesen Werdegang des Einzelerfinders zum Konstrukteur und Produzenten finden wir in vergleichbarer Form noch häufiger in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Für Erfinder wie Odhner, Baldwin, Felt oder Burroughs gab es keine geschlossene Infrastruktur zur Herstellung und Vermarktung ihrer Maschinen, die Geldgeber verhielten sich abwartend gegenüber den neuen Ideen. So arbeiteten sie als Versuchsmechaniker und Konstrukteur, kümmerten sich um Finanzierungen und Patentanmeldungen, wurden zum Produzenten und organisierten dazu noch den Verkauf der Maschinen. Bei diesen Tätigkeiten - und das gilt besonders für die Konstruktion - hatten sie kaum Möglichkeiten, sich an Vorbildern zu orientieren.

Vergleichbar leichter dagegen verlief der Aufbau der ersten Serienproduktion in Deutschland. Im hohen Niveau der sächsischen Uhrmachertechnik sah Curt Dietzschold (1852-1922) die Voraussetzungen zum Aufbau einer Rechenmaschinenindustrie. Als Mitarbeiter der Firma Lange in Glashütte baute er eine eigene Rechenmaschine, scheiterte damit aber an einer negativen Beurteilung des Kaiserlichen Statistischen Amtes in Berlin. Der mit der Weiterführung seiner Idee betraute Arthur Burghardt (1857-1918) verließ bald darauf die Firma Lange, nicht jedoch den erfolgversprechenden Standort Glashütte. 1878 gründete er hier eine eigene Firma und begann die Konstruktion einer neuen Maschine nach dem Vorbild der Thomas-Maschinen. Als Beginn

einer langen und erfolgreichen Rechenmaschinenproduktion in Sachsen konnten bereits 1879 zwei verbesserte Maschinen an das Kaiserliche Statistische Amt geliefert werden

Eine fast zeitgleiche Variante finden wir bei Franz Trinks (1852-1931). Hinter ihm stand bereits die Firma Grimme, Natalis & Co. mit einer erfolgreichen Produktion mechanischer Geräte, als er in die Lizenzfertigung der Odhner-Maschinen einstieg. Aus dieser Situation heraus ging Trinks den umgekehrten Weg des Produzenten zum Erfinder und Konstrukteur und schuf durch stetige Verbesserung der Odhner-Maschinen die eigenständige und sehr erfolgreiche Produktlinie der Brunsviga-Maschinen.

Die Marken der frühen Rechenmaschinen sind eng verbunden mit ihren Konstrukteuren. Bekannte Namen wie Hamann oder Odhner wurden zu einem Synonym für bestimmte Maschinen- bzw. Schaltwerkssysteme.

Im Zusammenhang mit den im 19. Jahrhundert gebauten bzw. zum Patent angemeldeten Rechenmaschinen wird schon der Begriff Konstrukteur gebraucht. Der Maschinenentwurf erfolgte - soweit auf die Feinmechanik übertragbar - bereits weitgehend nach den damaligen Grundsätzen und Richtlinien des Konstruierens mit dem Ziel einer funktions- und fertigungsgerechten Gestaltung. Diese positive Entwicklung ist darin begründet, dass es bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts in Deutschland ein umfangreiches Bildungsangebot für den Fachbereich Maschinenbau gab. Die Konstruktion begann jetzt, sich allmählich von der Fertigung zu trennen. Die Folge davon war, dass nun, vorrangig in den Maschinenfabriken, eine zunehmende Zahl theoretisch ausgebildeter Ingenieure Beschäftigung fand.

Im 20. Jahrhundert tritt dann nach und nach an die Stelle der Einzelkonstrukteure die Konstruktionsgruppe unter der Leitung eines Konstruktionsleiters. Dieser trat selbst nur noch selten als geistiger Vater eines neuen Schaltsystems oder einer neuen Maschinengeneration in den Vordergrund. Heerscharen von Konstrukteuren, Detailkonstrukteuren und Technischen Zeichnern erledigten jetzt die Arbeit. Ein gutes Beispiel für die Notwendigkeit dieser Teamarbeit hat der Rechenmaschinen-Konstrukteur Gustav Schenk gegeben. Über mehrere Jahre arbeitete er allein an dem Prototyp eines schnelldruckenden Rechenautomaten⁴. Die Weiterführung zur Serienreife aber war letztlich nur mit Hilfe einer vielköpfigen Konstruktionsgruppe möglich⁵.

Unzählige der fortschrittlichen und auch patentfähigen Ideen kamen aus solchen Arbeitsgruppen. Die Namen und besonderen Leistungen einzelner Konstrukteure wurden außerhalb der Firmen in der Regel nur noch durch Patentanmeldungen bekannt.

Viele Firmen verzichteten in den letzten Jahren der Maschinenentwicklung aber schon sehr bewußt auf eine solche Anmeldung. Die immer kürzeren Entwicklungsintervalle brachten in schneller Zeitfolge immer bessere Lösungsansätze und nur zu

⁴ Wurde zuerst als ULTRA 804 bei Werkzeugmaschinen-Fabrik Buehrle & Co./ Schweiz, danach als MACH 1.07 bei Monroe / Holland gebaut.

⁵ vgl.: Schenk, Gustav: *Aus meinem Leben, Mechanische Rechenmaschinen*, Gundelfingen 1995, S. 226ff

leicht konnten auch einzelne Patentansprüche von der Konkurrenz durch geschicktes Abwandeln umgangen werden.

3. Die Ausbildung der Konstrukteure

Eine erfolgreiche Symbiose der Technischen Lehranstalten mit dem deutschen Maschinenbau brachte diesem in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts seine Weltgeltung.

Gekoppelt an die rasante ökonomische Entwicklung dieses Industriezweiges lief auch der Aufbau der Lehranstalten, der Fortschritt der Wissenschaften war zu einem Motor für die Wirtschaft geworden.

In dieser Entwicklungsphase wurde vielfach deutlich, dass es zur kontinuierlichen Weiterentwicklung der deutschen Industrie einer grundlegenden Reform der Ingenieurausbildung bedurfte. Vorausschauende Professoren forderten eine mindestens einjährige Werkstattpraxis und eine gründliche und umfassende Ausbildung in den naturwissenschaftlichen und technischen Fächern. Aber auch eine Vermittlung geisteswissenschaftlicher Disziplinen hielten viele für unbedingt erforderlich.

Zeitgleich schlossen sich gleichgesinnte Studierende an den Hochschulen zusammen mit dem Ziel einer Verbesserung ihrer Studienbedingungen. Stellvertretend für viele erfolgreiche Vereinigungen soll hier der *Akademische Verein Hütte* genannt werden. Dieser wurde 1846 als *Verein der Zöglinge des Königlichen Gewerbe-Institutes* in Berlin gegründet und gab sich ein Jahr später den Namen *Akademischer Verein Hütte*. Zu den besonderen Verdiensten dieser Vereinigung gehörte neben der Gründung des VDI⁶ auch die Herausgabe eines umfassenden Nachschlagewerkes für Ingenieure⁷.

Der Fachbereich Maschinenbau wurde in dieser Zeit von drei herausragenden Persönlichkeiten repräsentiert. Dies waren die Professoren Franz Reuleaux in Berlin, Ferdinand Redtenbacher in Karlsruhe und Carl von Bach in Stuttgart. Neben ihrer sehr erfolgreichen Lehrtätigkeit hatten sie auch einen großen Einfluss auf die Gestaltung der Lehre und auf die Wirtschaftspolitik im weitesten Sinne.

Im Bereich der Maschinenbauindustrie und der technischen Lehranstalten kam es schon früh zu einer Erfassung der Messwerte aus Materialversuchen. Aber auch die Sammlungen typischer Konstruktionslösungen mit den zugehörigen Bauelementen fanden in einer Reihe von Publikationen ihren Ausdruck.

⁶ Verein Deutscher Ingenieure, technisch-wissenschaftliche Organisation deutscher Diplomingenieure, gegründet 1856 in Halberstadt

⁷ *Die Hütte, des Ingenieurs Taschenbuch*, 1. Auflage Berlin 1857, 30. Auflage Berlin 1996

Franz Reuleaux (Abb. 2) veröffentlichte 1861 sein populäres *Handbuch zum Gebrauch beim Maschinen-Entwerfen*⁸. Aufgrund der breiten Aufnahme dieses Werkes konnte bereits 1865 eine zweite und 1872 eine erweiterte dritte Auflage erscheinen.

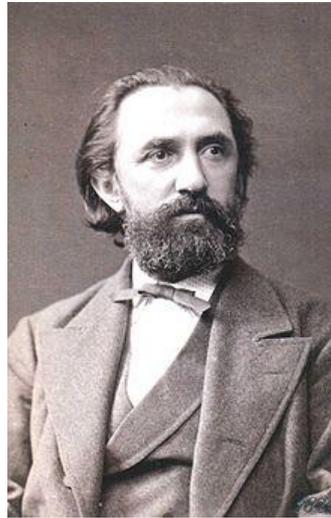


Abb. 2: Franz Reuleaux (1829-1905),
Begründer der wissenschaftlichen Kinematik

Als Mitbegründer des wissenschaftlichen Maschinenbaues ist Ferdinand Jacob Redtenbacher (Abb. 3) zu sehen, der von 1841 bis 1863 als Professor für Maschinenbau an der Technischen Hochschule Karlsruhe wirkte.

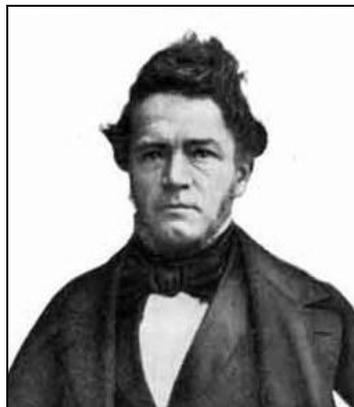


Abb. 3: Ferdinand Redtenbacher (1809-1863),
Mitbegründer des wissenschaftlichen Maschinenbaues

Im Jahre 1881 veröffentlichte Carl von Bach (Abb. 4) eine umfassende und systematisch gegliederte Zusammenstellung der

⁸ Reuleaux, Franz: *Der Constructeur, ein Handbuch zum Gebrauch beim Maschinen-Entwerfen für Maschinen- und Bau-Ingenieure, Fabrikanten und Technische Lehranstalten*, 1. Auflage Braunschweig 1861

Maschinenelemente⁹. Mit Erfolg betrieb von Bach auch den Aufbau der ersten deutschen Materialprüfanstalt im Jahre 1884. Seine Festigkeitswerte waren ein wichtiges Rüstzeug für die Konstrukteure.



Abb. 4: Julius Karl von Bach (1847–1931)
Begründer der statischen Elastizitäts- und Festigkeitslehre

Im Jahre 1914 erschien dann erstmals das noch heute genutzte Taschenbuch¹⁰ von Heinrich Dubbel (1873–1947). Seit vielen Jahrzehnten begleiteten solche Standardwerke die Studenten der technischen Lehranstalten für Maschinenbau und sind als Nachschlagewerke in fast allen Konstruktionsbüros zu finden.

Die feinmechanische Industrie in Deutschland hat es lange Zeit als einen großen Mangel angesehen, dass bei der Ausbildung von Technikern und Ingenieuren auf die besonderen Bedürfnisse der feinmechanischen Industrie nicht ausreichend Rücksicht genommen wurde. In vielen Bereichen kam es aufgrund einer fehlenden systematischen Erfassung praxiserprobter Lösungsansätze und Bauelemente zu Doppelentwicklungen. Anlässlich der Gründung des Vereins *Fachschule für feinmechanische Technik*¹¹ in Berlin im Jahre 1922 wurde ein Fachausschuss gebildet, der die Erfassung der Konstruktionselemente der Feinmechanik übernahm. Den Studierenden der Schule und auch der Industrie sollte eine praxisgerechte Sammlung in die Hand gegeben werden. Als Ergebnis wurden sechs Jahre später die *Konstruktionselemente der feinmechanischen Technik* vorgelegt¹². Diese Sammlung, bereits im Jahre 1929 vom VDI-Verlag in Buchform

⁹ von Bach, Carl.: *Maschinen-Elemente, ihre Berechnung und Konstruktion mit Rücksicht auf die neueren Versuche*, 1. Auflage Stuttgart 1881

¹⁰ Dubbel, Heinrich (Hg.): *Taschenbuch für den Maschinenbau*, 1. Auflage 1914. Die 19. Auflage wurde 2000 verlegt.

¹¹ Spätere Ingenieurakademie Gauß, wurde 1971 integriert in die Technische Fachhochschule Berlin

¹² Dieser sogenannte FMT-Atlas wurde als Loseblattsammlung DIN A4 (280 Blatt) herausgegeben.

veröffentlicht¹³, wurde für Jahrzehnte gewissermaßen zum Standardwerk der Feinwerktechnik. Viele der hier gesammelten Ausführungsbeispiele kamen aus dem Bereich der Rechen- und Schreibmaschinen (Abb. 5).

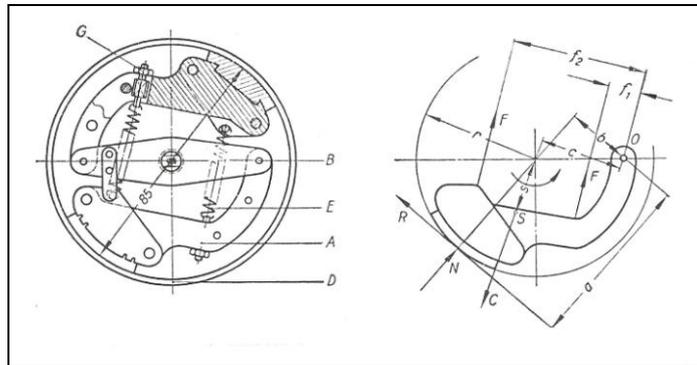


Abb. 5: Ausführungs- und Berechnungsbeispiel eines radial wirkenden Bremsreglers für Rechenmaschinen

Ergänzt durch sinnvolle Berechnungsvorgaben wurden sie zu einer wertvollen Fundgrube für die Konstrukteure.

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts fand in Deutschland ein starker Differenzierungsprozess in den Technikwissenschaften statt. Technische Hochschulen trugen den neuen technischen Anwendungsgebieten Rechnung durch die Einrichtung von Lehrstühlen für Spezialdisziplinen. Zur Einrichtung eines Lehrstuhles für Büromaschinentechnik ist es aber nie gekommen. In nur einem bekannten Fall aus den Jahren 1933-34 gab es entsprechende Bestrebungen an der TU Dresden. Diese scheiterten letztlich am kleinlichen Konkurrenzdenken der Wanderer-Werke in Chemnitz und der AEG in Berlin¹⁴.

Auch die Techniker- und Ingenieurschulen an den Industriestandorten mit Schwerpunkt Feinmechanik orientierten sich mit Teilen ihres Lehrprogramms schon früh am besonderen Bedarf dieses Industriezweigs. Hinzu kamen noch die entsprechenden Fortbildungsmaßnahmen der Firmen selbst, welche hohen Wert auf die Heranbildung eines gut ausgebildeten Mitarbeiterstabes legten.

Aber auch der beste Abschluss einer technischen Lehranstalt mit Schwerpunkt Feinwerkmechanik befähigte den Absolventen allein noch nicht zur Konstruktion von Rechenmaschinen. Jetzt musste er sehr umfangreiches und oft firmenspezifisches Fachwissen erwerben, sich durch riesige Ordnerberge der ihm bis dahin unbekanntem DIN- und Werksnormen arbeiten, tagtäglich bei der praktischen Arbeit seine Kreativität unter Beweis stellen und sich mit neuen Ideen gegenüber den älteren Kollegen durchsetzen. Zu allem kam die enttäuschende und zugleich verblüffende Einsicht, dass eine sehr sorgfältig ausgearbeitete

¹³ Richter, Otto, von Voß, Richard: *Bauelemente der Feinmechanik*, 1. Auflage Berlin 1929

¹⁴ vgl.: Petzold, Hartmut: *Rechnende Maschinen*, Düsseldorf 1985, S. 172ff

Maschinenfunktion aus unerklärlichen Gründen versagen kann, eine flüchtig hingeworfene Idee dagegen ohne große Vorbereitungen selbst im provisorischen Aufbau auf Anhieb funktioniert.

In der Regel wurde für neue Mitarbeiter eine Einarbeitungszeit von mindestens einem Jahr angesetzt, ein für die Firmen teures Vorhaben. So ist es auch zu verstehen, dass nach entsprechender Vorbereitung immer wieder erfahrene und begabte Facharbeiter wie z. B. Werkzeugmacher oder Mechaniker aus der Versuchswerkstatt in den Konstruktionsbereich geholt wurden. Sie verfügten bereits über ein sehr umfangreiches und wertvolles Praxiswissen und es war keine Seltenheit, wenn es diese sogenannten *altgedienten Praktiker* in ihrer Karriere zum Gruppenleiter oder Abteilungsleiter brachten.

Aber es gab auch befähigte Technische Zeichner, die in die Positionen eines Detailkonstruktors und Konstrukteurs hineinwuchsen und sich mit Ideenreichtum, Initiative und Durchsetzungskraft zum Leiter der Abteilung hocharbeiteten.

Ein Beispiel für einen solchen beruflichen Werdeganges ist Alfred Kottmann, der 1912 als Lehrling bei den Rheinmetall-Werken in Sömmerda begann. Nach Abschluss seiner Lehre arbeitete er hier weiter als Schlosser, Dreher, Technischer Zeichner und wurde schon früh selbstständiger Konstrukteur. 1924 ging eine von ihm konstruierte handgetriebene Staffelwalzen-Rechenmaschine in die Serienfertigung und war der Beginn einer sehr erfolgreichen Massenfertigung bei Rheinmetall. Alfred Kottmann wurde bereits im Folgejahr Konstruktionsleiter, trieb die Elektrifizierung der Rechenmaschinen voran und arbeitete noch Jahrzehnte erfolgreich am Ausbau der Produktpalette, zu der auch Additions- und Fakturiermaschinen gehörten¹⁵.

Ganz anders dagegen verlief der berufliche Werdegang bei Gustav Schenk und Helmut Gelling (1911-1998). Vor ihrem Einstieg in die Konstruktion von Rechenmaschinen hatten diese Maschinenbau-Ingenieure keinerlei Kontakte zur Büromaschinenindustrie, ebenso waren ihre Promotionsthemen für den Bereich der Rechenmaschinen vorher und auch in der Folgezeit ohne jede Bedeutung. Schenk hatte sich auf den Automotorenbau spezialisiert, bevor er 1936 seine Laufbahn bei Brunsviga in Braunschweig begann; Gelling arbeitete bei Mauser in Oberndorf im Bereich der Waffentechnik und wechselte hier erst nach Kriegsende in die Entwicklungsabteilung für Rechenmaschinen. Beide gehörten zur letzten Generation der Konstruktionsleiter mechanischer Rechenmaschinen und haben deren Ende noch miterlebt. Die von Schenk¹⁶ und Gelling¹⁷ gewissermaßen als Höhepunkt ihrer konstruktiven Tätigkeit entwickelten druckenden

¹⁵ vgl.: Walze, Alfred: *Die Welt der Rechenmaschinen - Die wechselvolle Geschichte der Rechenmaschinenentwicklung von den Anfängen bis zum Ende in Sömmerda*, Erfurt 1999

¹⁶ Modell ULTRA 804 der Werkzeugmaschinen-Fabrik Oerlikon, Buehrle & Co. in Zürich-Örlikon

¹⁷ Modell 166 der Rechenmaschinenfabrik PRECISA AG in Zürich-Örlikon

Vierspezies-Maschinen (*Printing Calculators*) waren technisch ausgereift und wurden auch wirtschaftlich ein Erfolg. Die Maschinen wurden in Großserien gefertigt und konnten zu den letzten Spitzenentwicklungen in der Entwicklungsgeschichte der mechanischen Rechenmaschinen gezählt werden.

Aber Erfolg und Misserfolg lagen oft sehr dicht zusammen. Wurde Christel Hamann, dem langjähriger Konstruktionsleiter bei DeTeWe¹⁸, in Anerkennung seiner Verdienste 1939 die Ehrendoktorwürde der Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg verliehen, so endete fast dreißig Jahre danach die Karriere seines späteren Nachfolgers Günter Hornauer vor dem Hintergrund der katastrophalen Fehlentwicklung des Modelles HAMANN 600 - ab 1969 umbenannt in Modell 1630 (Abb. 6) - in einer menschlichen Tragödie.

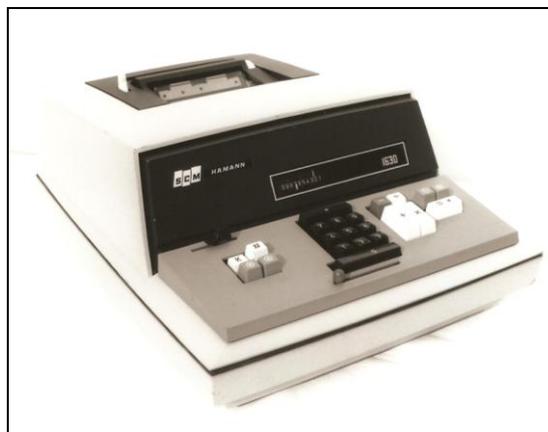


Abb. 6: Fehlkonstruktion bei Hamann / SCM:
Modell 1630 (hier Serien-Nr. 701669)

4. Die Arbeit der Konstrukteure

Blicken wir in ein früheres Konstruktionsbüro, so finden wir oft mehrere lange Reihen dichtgedrängter Zeichenbretter, davor die Konstrukteure in ihren schwarzen Anzügen oder auch weißen Kitteln. Die Arbeitsplätze in der Fensterreihe sind den Konstrukteuren vorbehalten, Detailkonstrukteure und Technische Zeichner arbeiten an der Innenseite des Raumes. Große Arbeitstische für das Ausbreiten der Entwürfe und Zeichnungen, Ablageschränke für Zeichnungsvordrucke und auch Bleistiftspitzmaschinen (Abb. 7) gehören zur Standardeinrichtung. Hohe Rollschränke sind mit vielen Arbeitsordnern gefüllt und die schweren Rollen des transparenten Entwurfspapieres werden senkrecht stehend in einem Spezialschrank gelagert; eine sinnvolle Schneidevorrichtung erleichtert die Papierentnahme.

¹⁸ Deutsche Telefonwerke und Kabelindustrie AG, Berlin, Hersteller der Hamann-Rechenmaschinen

In einem angrenzenden Raum mit verglasten Innenwänden befindet sich das Büro des Konstruktionsleiters.



Abb. 7: Das Handwerkszeug im Konstruktionsbüro

Die Arbeit der Konstrukteure beschränkte sich nicht allein auf das Konstruieren. Die besondere Bedeutung der Konstruktion im Betriebsgeschehen führten auch zwangsläufig zu einer Vielzahl organisatorischer Schnittstellen. Verstärkt durch eine traditionell gewachsene betriebliche Ordnungsfunktion der Konstruktion brachte dieses eine Häufung lästiger Nebenarbeiten. Für den rein kreativen Teil seiner Arbeit – also dem Konstruieren und Berechnen – waren bei optimistischer Betrachtung im Schnitt nur ca. 35% seiner Arbeitszeit anzusetzen. Von der verbleibenden Restzeit wurden ca. 50% für ursprüngliche Konstruktionsaufgaben gebraucht, der Rest verteilte sich auf Routinearbeiten wie das Beraten, Organisieren, Zeichnen, Ordnen und Verwalten.

4.1 Das Konstruieren

Die frühe Konstruktionsarbeit wurde in hohem Maße von einer reinen Empirie bestimmt; bereits Bekanntes wurde durch Tüftelei in Kombination mit praktischen Versuchen erweitert und verbessert.

Vieles änderte sich mit dem Aufbau der Technischen Hochschulen; neue wissenschaftliche Grundlagen brachten neue Vorgehensweisen mit sich. Für den Rechenmaschinen-Konstrukteur vielfach richtungsweisend war hierbei die noch junge Wissenschaft der Kinematik von Franz Reuleaux¹⁹. Die Ergebnisse der Theoretischen Kinematik konnten in einen direkten Zusammenhang mit seinen Aufgaben gebracht werden und ermöglichten eine wissenschaftlich-präzise Umsetzung neuer Ideen und Verfahren.

Wegen der Rohstoffverknappung in den Jahren ab 1930 bekamen materialsparende Konstruktionsweisen ein stärkeres Gewicht. In den Jahren 1937 bis 1942 entwickelte hierzu der Schweizer Fritz

¹⁹ Reuleaux, Franz: *Theoretische Kinematik, Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens*, Braunschweig 1875, Bd. 1 und 2

Kesselring einen neuen Ansatz zur Rationalisierung des Konstruktionsprozesses durch kostenorientierte Verfahren der Produktionsbewertung. Mit seiner Methode wollte er den bisher noch stark gefühlsmäßigen Konstruktionsablauf einer exakten Berechnung, Steuerung und Kontrolle zugänglich machen. Für die Rechenmaschinenkonstruktion von besonderer Bedeutung waren die zeitgleichen Bemühungen des Österreicherers Hugo Wögerbauer um die Ausarbeitung einer feinwerktechnischen Konstruktionslehre²⁰. Diese umfasste die Konstruktionselemente, die Konstruktionsprinzipien, die Werkstoffe und auch die Produktionsverfahren²¹.

Die Entwicklung einer ganzen Modellreihe begann mit dem Aufbau des einfachen Basismodelles und setzte sich schrittweise mit den komplexeren Modellen fort. Die Markteinführung der Maschinen entsprach in der Regel auch dieser Entwicklungsfolge. Die hohen Investitionskosten der ersten Maschine zwangen zum wirtschaftlichen Handeln, man konnte den Entwicklungsabschluss der ganzen Modellreihe nicht abwarten.

Über die Ausführungsformen aller geplanten Ausbaustufen einer modularen Maschinenreihe gab es bei Beginn der Arbeiten am Basismodell keine detaillierten Vorstellungen. In dieser Entwurfsphase war man deshalb bemüht, sich so gut wie möglich entsprechende Einbauräume für geplante Zusatzfunktionen freizuhalten. Auch beim Werkzeug- und Formenbau musste diese Berücksichtigung finden, um kosten- und zeitintensive Folgeänderungen zu vermeiden. Wichtig war auch, eine variantenunabhängige Endmontage des Grundproduktes zu erreichen. Bei der nachträglichen Montage variantenabhängiger Funktionen sollte nach Möglichkeit keine Demontage bereits eingebauter Teile notwendig werden. Hinzu kam die Forderung, bei dem einfachen Basismodell die unvermeidbaren Mehrkosten einer solchen Modularität in Grenzen zu halten. Hier war nun die ganze Erfahrung der Konstrukteure gefordert.

Durch das schrittweise Hochfahren einer Modellreihe wurden die Anlaufprobleme für Konstruktion und Fertigung in der ohnehin schon hektischen Phase der Markteinführung sinnvoll begrenzt. Der stufenweise Erfahrungsaufbau gab die Möglichkeit, erkannte Schwachstellen beim Konstruktionsdurchlauf des nächsten Modelles zu berücksichtigen.

Aber nicht immer gab es klare Konzepte vom Endausbau einer Modellreihe. Zur Schwierigkeit der Durchführung einer soliden Marktanalyse kam das Problem, die sich abzeichnenden konstruktiven Möglichkeiten einer Variantenbildung technisch und wirtschaftlich richtig zu bewerten. Diesem Problem begegnete Fritz Kesselring bereits 1942 mit seiner technisch-

²⁰ Wögerbauer, Hugo: *Die Technik des Konstruierens*, Berlin 1942

²¹ vgl.: Braun, Hans-Joachim: "Krieg der Ingenieure: Das mechanische Schlachtfeld" in: *Energiewirtschaft, Automatisierung, Information seit 1914*, Berlin 1992, S. 211f

wirtschaftlichen Bewertungsmethode für Konstruktionsvarianten²².

Vorangegangene Fehleinschätzungen des Marktes oder neue und verbesserte Konkurrenzprodukte wurden oft zur Ursache hektischer Konstruktionsaktivitäten. Dann mußten kurzfristig die Weichen gestellt werden für eine Neukonstruktion oder die Modifikation eines vorhandenen Modelles. In vielen Fällen entschied man sich für den zweiten Fall. Entscheidend hierfür war das überschaubare technische Risiko, die Höhe der erforderlichen Investitionen und der Realisierungstermin. Einen vergleichbaren Fall beschrieb Helmut Gelling im Zusammenhang mit der Konstruktion des PRECISA-Modelles 166 (Abb. 8).



Abb. 8: Gelungene Variantenbildung:
PRECISA-Vierspeziesmaschine Modell 166,
(hier Serien-Nr. B 950058)

Diese Maschine sollte aus dem Modell 164 abgeleitet werden und erforderte bei dieser marktüblichen Mechanik den nachträglichen Anbau einer Divisionseinrichtung. Gellings Beschreibung endete mit der zufriedenen Aussage, dass sich die notwendigen Anpassänderungen lediglich auf eine neue Tastatur und ein größeres Gehäuse beschränkten²³.

Im Rahmen von Lizenzfertigungen kam es in der Regel zu unproblematischen Umkonstruktionen, die vom Lizenzgeber oder auch Lizenznehmer selbst vorgenommen wurden. Sie beschränkten sich in den meisten Fällen auf Gehäuseformen und -beschriftungen. Weitergehende Eingriffe in die Mechanik gab es u. a. dann, wenn die teure und / oder schwierige Beschaffung von Original-Bauelementen umgangen werden sollte. So wurde z. B. für die FACIT-Lizenzfertigung bei Hans Sabielny in Dresden der Antrieb des Modelles EK umkonstruiert. Statt der schwedischen ASEA-Motoren Typ LA1 mit aufwendiger elektromechanischer Regelung wurden einfachere, heimische Motoren

²² vgl.: Kesselring, Fritz: *Die „starke“ Konstruktion - Gedanken zu einer Gestaltungslehre*, VDI-Zeitschrift 86. Jahrgang, Berlin 1942, S. 321 bis 330 und 749fff

²³ vgl.: Anthes, Erhard: „Dr.-Ing. Helmut Gelling, Konstrukteur von Rechenmaschinen“, in: *Historische Bürowelt* Nr. 41 (1995), S. 27

eingesetzt. Diese robusten Reihenschlussmotoren kamen mit elektro-mechanischem Regler von AEG oder mechanischem Regler von Siemens-Schuckert (Abb. 9).

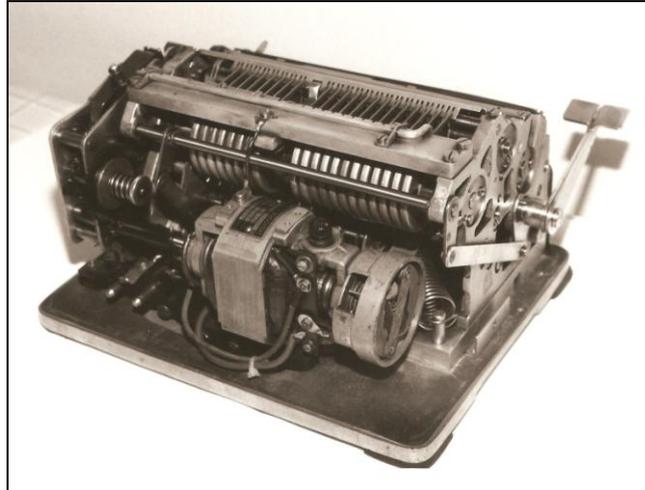


Abb. 9: Sonderantrieb für Facit-Lizenzmodell EK / Sabielny, Werknummer 6977: Siemens-Schuckert-Reihenschlussmotor mit mechanischem Regler

Die zeichnerischen Maschinenentwürfe wurden allgemein im Maßstab 1:1 oder 2:1 mit Vorder-, Seiten- und Draufsicht ausgeführt. Bei schwierigen Einzelheiten verbesserten vergrößerte Schnittzeichnungen die Übersichtlichkeit. Der einzelne Konstrukteur bearbeitete in der Regel eine oder mehrere in sich abgeschlossene Funktionsgruppen. Die Entwürfe selbst wurden oft sehr individuell und mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad ausgeführt. Vielfach wurde auf eine Darstellung nicht konstruktionsrelevanter Details wie z. B. Freistriche an Drehteilen, Gewindebohrungen u. s. w. verzichtet; diese Ausarbeitung war dann Aufgabe der Detailkonstrukteure oder der Technischen Zeichner. Wiederholteile oder -gruppen wurden hochgenau vorgezeichnet, an entsprechender Stelle unter das transparente Entwurfspapier geschoben und durch Nachzeichnen beliebig oft kopiert. Von besonderer Bedeutung war der zusammenfassende Hauptentwurf, mit dessen Hilfe erste Kollisionsuntersuchungen durchgeführt wurden. Hierfür mussten – je nach Komplexität der Maschinen – oft viele Schnittebenen durch die einzelnen Ansichten gelegt werden.

Der Konstrukteur berücksichtigte bei seinen Überlegungen weitgehend die Fertigungseinrichtungen seiner Firma, setzte vorzugsweise die hier bereits eingeführten Halbzeuge ein und kaufte, wo immer auch möglich, aus Kostengründen standardisierte Bauelemente. Bei den Rechenmaschinen der 1950er und 1960er Jahre lag der Anteil dieser Normteile pro Maschine schon deutlich über dem der Zeichnungsteile. Die immer komplexer werdenden Neuentwicklungen und die kürzeren Entwicklungszeiten ließen keinen anderen Weg zu.

Vor dem Hintergrund einer permanenten Überlappung zwischen Konstruktionsende und Fertigungsstart wurde fast immer unter

hohem Zeitdruck gearbeitet. Die Folge waren nicht selten fehlerhafte Entwürfe und eine unzureichende praktische Erprobungen, häufigste Ursachen technischer Probleme. Die dem Konstrukteur abverlangte Leistung ließ sich nur begrenzt durch eine Beschleunigung seiner Arbeitsabläufe erreichen. Seine kreative Arbeit erforderte eine ausreichende Grundruhe.

Aber auch ein Mangel an praktischer Konstruktionserfahrung war Ursache der Konstruktionsfehler oder -schwächen. Oft waren technisch-physikalische Grundlagen unbeachtet geblieben, waren Normen falsch ausgelegt oder nicht beachtet worden, gab es Fehler bei den technischen Berechnungen oder man hatte nicht werkstoffgerecht konstruiert.

4.2 Das Maschinendesign

Die frühen Konstruktionen liefern oft Beispiele dafür, dass hierbei nicht nur an Funktionen und Kosten gedacht wurde; auch im Büromaschinenbau finden wir bei den frühen Ausführungen der Schreib- und Rechenmaschinen nicht selten schmückende Elemente. In seinem Handbuch für die Konstrukteure im Maschinenbau beschreibt Reuleaux 1872 noch die Stilformen für Säulenkapitälé und bemerkt abschließend:

Die gegebenen wenigen Beispiele mögen genügen, auf dem anziehenden und soviel Mannigfaltigkeit gewährenden Gebiete der Formgebung der Säulen wenigstens einen Anhalt für diejenigen zu geben, welche Werth auf die Schönheit der Maschinenbauten legen²⁴.

Beeinflusst durch den aktuellen Zeitgeschmack und durch konsequentes Kostendenken finden die Konstrukteure der Rechenmaschinen sehr schnell zu immer neuen Zweckformen, bei der Ergonomie und Design jedoch noch eine untergeordnete Rolle spielen. Viele dieser oft großvolumigen und schweren Maschinen erhielten ihr markantes Aussehen in der Regel erst durch den nachträglichen Anbau eines Elektroantriebes und anderer Zusatzaggregate, welche bei Bedarf einfach außerhalb des Gehäuses angeordnet wurden.

E. Anthes gebrauchte in einem Beitrag über das Industriedesign bei Rechenmaschinen für besonders auffällige Konstruktionen den Begriff der Anti-Design-Maschine²⁵.

Aus heutiger Sicht ist ein Außenstehender leicht geneigt, angesichts dieser Konstruktionen am Ideenreichtum der beteiligten Konstrukteure zu zweifeln. Redet man dann aber über Begriffe wie Werkzeugkosten und Marktdruck, unterstellt eine unzureichende Zeit für eine solche Umkonstruktion und analysiert das Erreichte streng wertanalytisch, so erscheint jeder Lösungsansatz schon in einem ganz anderen Licht.

²⁴ Reuleaux, Franz: Der Constructeur, ein Handbuch zum Gebrauch beim Maschinen-Entwerfen, 3. Auflage, Braunschweig 1872, S. 342

²⁵ Anthes, Erhard: „Industriedesign bei Rechenmaschinen“, in: *Historische Bürowelt* Nr. 40 (1994), S. 20

Das Erkennen des Marktwertes von Design und Ergonomie bei Rechenmaschinen bedeutete für den Konstrukteur, sich auch mit dem eigentlichen Nutzer seiner Konstruktionsergebnisse zu befassen. Hinzu kann eine nicht immer geliebte Zusammenarbeit mit den Designern. Diese Zurückhaltung kann einmal Ausdruck einer mangelnden Kompromissbereitschaft sein. Sie muss aber auch als Folge einer historischen Entwicklung gesehen werden, bei der der Designer dem Konstrukteur im Realisierungsprozess nachgeschaltet war.

Die Designer hatten oft ganz andere Vorstellungen vom Aussehen und der Bedienung einer neuen Maschine und stellten - so die immer wieder geäußerte Meinung der Konstrukteure - Design und Ergonomie zu sehr vor wirtschaftliche Machbarkeit und Betriebssicherheit.

Die Modernisierung einer laufenden Maschinenserie war in der Regel einfach und mit geringen technischen Risiken verbunden. Man entfernte Zierstreifen, änderte die Außenlackierung und passte die Tasten farblich an.

Schwieriger wurde es schon bei Neukonstruktionen. Hier hieß es Abschied nehmen von lieb gewonnenen Maschinenformen. Dann wurde heiß diskutiert um Schrägen und Außenradien des Gehäuses oder um die Lage der Bedienelemente. Das Ergebnis waren in der Regel gemeinsam akzeptierte Kompromisse.

In vielen Maschinengehäusen spiegelt sich so der Zeitgeschmack der jeweiligen Entwicklungsjahre. Ein gutes Beispiel hierfür finden wir bei der NFI-Rechenmaschine (Abb. 10).



Abb. 10: Stromlinienformen im Rechenmaschinenbau:
NFI-Modell 3A (hier Serien-Nr. 38233)

Zu Beginn der 1950er Jahre präsentierte das Nürnberg-Fürther-Industriewerk sein Modell 3A in einem stromlinienförmigen Kunststoffgehäuse. Das sogenannte *Streamline*-Design war in diesen Jahren zu einem Inbegriff für Dynamik und Fortschritt geworden und wurde auch dort eingesetzt, wo die Aerodynamik absolut keine Rolle spielte.

Eine herausragende Rolle bei der Formgebung von Rechenmaschinen spielte die Firma OLIVETTI. Mit ihren eigenständigen Gestaltungsformen setzte sie weltweit Maßstäbe für eine

optimale Verknüpfung von Funktionalität und ästhetischer Gehäusegestaltung.

4.3 Die technischen Berechnungen

Die bereits im 19. Jahrhundert von Franz Reuleaux entwickelte wissenschaftliche Kinematik beschreibt die Lehre von der Bewegung ohne Berücksichtigung der auftretenden Kräfte. Dieses Teilgebiet der Mechanik gewann schnell an Bedeutung, ließen sich doch die besonders für Rechenmaschinen sehr wichtigen Bewegungsabläufe einzelner Maschinenteile exakt berechnen und aufeinander abstimmen.

Wenn dagegen die Kinetik - also die Bewegungslehre unter Berücksichtigung der Kräfte - als weniger relevant eingestuft wird, so liegt dieses ganz allgemein an dem Stellenwert der Festigkeitsberechnungen bei feinmechanischen Konstruktionen. Die Berechnung kleiner Bauelemente ist allgemein schon schwierig wegen der geringen auftretenden Kräfte während des Betriebes.

Wesentlich höhere Materialbelastungen dagegen treten während des Herstellungsprozesses selbst, bei Transport oder auch unsachgemäßer Bedienung auf. Diese sind aber zahlenmäßig schwer zu erfassen. In kritischen Fällen ersetzte dann der praktische Versuch die Berechnung.

Die Praxis sah in der Regel so aus, dass einzelne Bauelemente zwecks leichterer Herstellung und besserer Handhabung ganz pragmatisch stabiler ausgelegt wurden, als es eine Berechnung gefordert hätte. Diese Überdimensionierung führte zwangsläufig zu sehr robusten Konstruktionen und wirkte sich positiv auf Handhabung und Lebensdauer aus.

Gefördert durch erste positive Bewertungen²⁶ der neuen mechanischen Rechenmaschinen hielten diese auch früh ihren Einzug in den Konstruktionsbüros. Hier ist es jedoch nicht einmal annähernd zu einer Einsatzhäufigkeit gekommen wie für kaufmännische oder betriebliche Verwaltungsaufgaben. Dieses lag an der Struktur technischer Berechnungen, die sich mit Hilfe der Logarithmen vielfach doch schneller lösen ließen. So ist es schon bezeichnend, dass in einer Beschreibung zur Markteinführung des FRIDEN-Wurzelautomaten SRW im Jahre 1952 (Abb. 11) die Rechenbeispiele aus dem Bereich der Konstruktion gewählt wurden. Für den Konstrukteur bedeutete diese neue Maschine eine deutliche Arbeitserleichterung. Die Zeitaufwände speziell für Quadratwurzel-Berechnungen ließen sich maschinell um 90% reduzieren²⁷.

²⁶ Reuleaux, Franz: *Die Thomas'sche Rechenmaschine: Für Mathematiker, Astronomen, Ingenieure, Finanzbeamte, Versicherungsgesellschaften und Zahlenrechner überhaupt*, Freiberg 1862

²⁷ vgl.: Boje, Axel: *Moderne Büro-Organisation, das Buch zur Kostensenkung*, München 1957, S. 145



Abb. 11: Arbeitserleichterung für die Konstruktion:
FRIDEN-Wurzelautomat SRW von 1952

Etwas geringer dagegen war die Zeiteinsparung, wenn eine handgetriebene Sprossenradmaschine als Ersatz für die logarithmische Rechnung gewählt wurde (Abb. 12). Nur ein sehr geübter Maschinenrechner konnte es bei der Berechnung einfacher Ausdrücke mit z. B. 7-stelliger Genauigkeit auf eine mittlere Zeitersparnis von ca. 72% bringen²⁸.

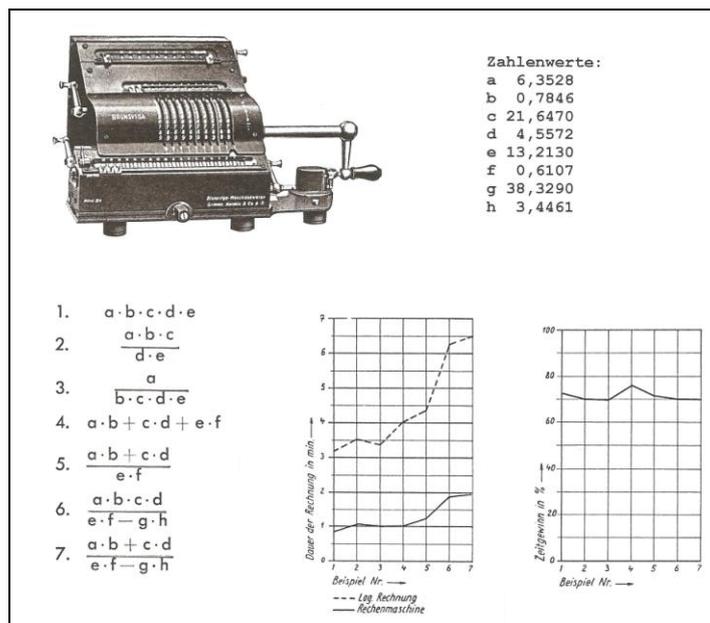


Abb. 12: Maschinenrechnen in der Konstruktion:
Sprossenradmaschine ersetzt 7-stellige Logarithmentabelle

Hauptrechenhilfen der Konstrukteure bis in die 1960er Jahre aber blieben Rechenschieber und Tabellenbücher.

²⁸ Teilergebnis einer Studie von H. Haupt / Staatliche Maschinenbauschule Dortmund, um 1958, Beispiele gerechnet mit BRUNSVIGA-Modell NOVA IVa / Kapazität 10x10x18 (9+9)

4.4 Das Kostendenken

Viele Anregungen zur Senkung der Herstellkosten wurden an die Konstrukteure herangetragen. Diese Impulse kamen u. a. von der Materialforschung, dem Werkzeugmaschinenbau oder auch von der renommierten Fachzeitschrift *FEINWERKTECHNIK*²⁹. Hier erschienen immer wieder vielbeachtete Aufsätze zum aktuellen Stand der Technik aus den verschiedenen Bereichen der Feinwerktechnik. Die Konstrukteure waren um eine schnelle Amortisation der anfallenden Entwicklungs- und Werkzeugkosten bemüht und konzentrierten sich dann vorrangig auf Maschinenteile mit entsprechender Wiederholhäufigkeit. Ein typisches und auch dankbares Beispiel hierfür waren z. B. die Eingabetasten der Maschinen. Bei den frühen Serienmaschinen bestanden sie noch aus einer auf den Tastenschaft genieteten runden Grundplatte, einem beschrifteten Einlegeplättchen, einer Glasplatte und einem Tastenring, der alles zusammenhielt. Mit Erfindung des Kunstharzes *BAKELIT*³⁰ konnten ganz neue Wege beschritten werden. Die Tasten wurden jetzt in unterschiedlichen Farben in einem Stück gepresst und auch das Einbringen der farbig abgesetzten Zahlen oder Symbole war maschinell möglich.

Wirtschaftlich arbeitende Firmen fingen schon früh an, eigene Zeichnungsteile mit hoher Wiederholhäufigkeit in Werknormen zu erfassen. Viele Konstrukteure, in der Regel aus den Großfirmen, arbeiteten in den entsprechenden Arbeitskreisen der DIN-Fachausschüsse. Ein Teil solcher Werknormen ist dadurch ab 1920 in DIN-Normen aufgegangen.

Mit einer besonderen Form des Kostendenkens wurden die Konstrukteure schon einige Jahre vor dem zweiten Weltkrieg konfrontiert. Wegen einer allgemeinen und später dann kriegsbedingten Rohstoffverknappung mussten viele Bauelemente von den sehr teuren und schwer beschaffbaren Schwermetallen wie Bronze oder Messing auf z. B. billigere Aluminiumsorten oder Stahl umgestellt werden. Hiermit kam es bei den betroffenen Produkten zu unvermeidbaren Qualitätseinbußen. Speziell die Umstellung der Sprossenradkörper auf Aluminium-Druckguss bereitete den Kunden wie auch den Reparaturwerkstätten viele Probleme. Die Firma Robert Kling griff diese Schwachstelle vieler ihrer Konkurrenten auf und warb 1954 mit der hochwertigeren Bronze-Qualität der eigenen Produkte (Abb. 13).

²⁹ Erscheint seit 1896, Organ der VDI-Fachgruppe Feinwerktechnik

³⁰ Handelsname eines Kunstharzes auf Phenolharz-Grundlage. Erfinder war Leo Hendrik Baekeland, * 14. November 1863 in Gent, † 23. Februar 1944 in Florida

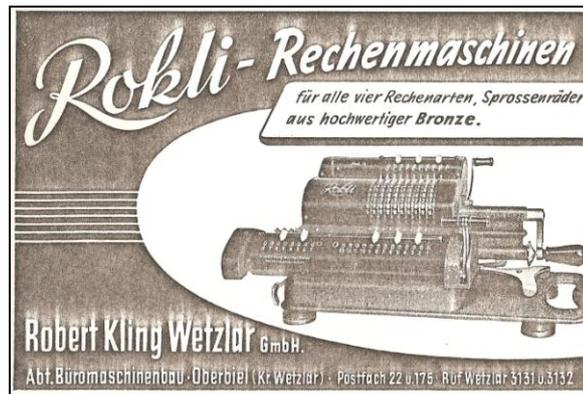


Abb. 13: Maschinenqualität in der Werbung:
Sprossenradkörper aus hochwertiger Bronze

Der Trend zu Billigmaterialien hat sich noch weit über die Nachkriegsjahre fortgesetzt. So brachte z. B. der schwedische Hersteller ODHNER 1951 mit Modell 139 (Abb. 14) oder ADDO 1954 mit Modell 113 weiterhin entsprechende Sprossenrad-Maschinen in Druckguss-Ausführung auf den Markt.

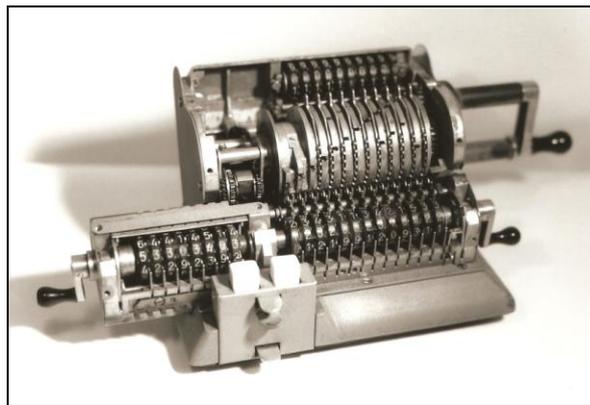


Abb. 14: Einfluss von Rohstoffverknappung:
Sprossenradkonstruktion aus Aluminium-Druckguss,
ODHNER-Modell 139 (hier Serien-Nr. 753207)

In der Konstruktionspraxis sah es so aus, dass der Konstrukteur für eine technische Problemstellung oft mehrere realisierbare Lösungen fand. Nicht selten kamen dann persönliche Neigungen ins Spiel, eine Entscheidung nach ästhetischen Gesichtspunkten zu fällen. Diese Gefahren mussten vom Vorgesetzten erkannt werden. Entscheidend war letztlich nur das Ergebnis einer konsequent durchgeführten Wirtschaftlichkeitsrechnung.

4.5 Die Wertanalyse

Vor dem Hintergrund eines gewaltigen Kostendruckes begann man um 1960 in deutschen Betrieben konsequent mit der Einführung der Wertanalyse³¹. Bei einer ersten Überarbeitung laufender

³¹ Wurde 1947 von dem Amerikaner Lawrence D. Miles bei der General Electric Company entwickelt.

Serienprodukte wurden Kostensenkungen bis zu 30% erreicht. Auch in den moderneren Maschinenausführungen der Nachkriegsjahre wurden immer noch attraktive Einsparungspotentiale gesehen. Diese Meinung teilte auch der Rechenmaschinenkonstrukteur Gustav Schenk. Er schrieb 1962 am Ende eines Aufsatzes über die von ihm entwickelte Rechenmaschine ULTRA 804:

Der Verfasser ist der Überzeugung, daß die rein mechanischen Konstruktionslösungen auf vielen Gebieten der Technik, so auch im Rechenmaschinenbau, noch nicht erschöpft sind. Es wird z. B. möglich sein, solche Maschinen auch zu Organisationsmaschinen auszubauen, ohne daß hierbei der Aufwand für elektronische Maschinen oder Rechenaggregate auch nur annähernd erreicht würde³².

Bei der Wertanalyse wurden - im Gegensatz zu den herkömmlichen Kostensenkungsverfahren - grundsätzlich nur die Funktionen der zu untersuchenden Maschine in den Vordergrund gestellt. Die Konstruktionsbereiche - und diese wurden als Hauptverursacher der vermeidbaren Kosten gesehen - wurden hierbei massiv eingebunden. Für alle Arbeitsabläufe im Entwicklungsprozess wurden systematische Vorgehensweisen vorgegeben. Das von den Gegnern moderner Konstruktionsmethoden gerne zitierte Argument „Auf den Erfolg kommt es an, nicht auf die Methode“ fand keine Akzeptanz mehr. Besonders bei der konstruktiven Lösungsfindung wurden die Konstrukteure zu ganz neuen und ungewohnten Denkweisen angeregt, was nicht selten zu unkonventionellen Lösungsansätzen führte.

Ein wohl einmaliges Beispiel wertanalytischer Durchdringung aus der Zeit um 1970 finden wir bei der OLYMPIA-Saldiermaschine Modell AM 209 (Abb. 15).

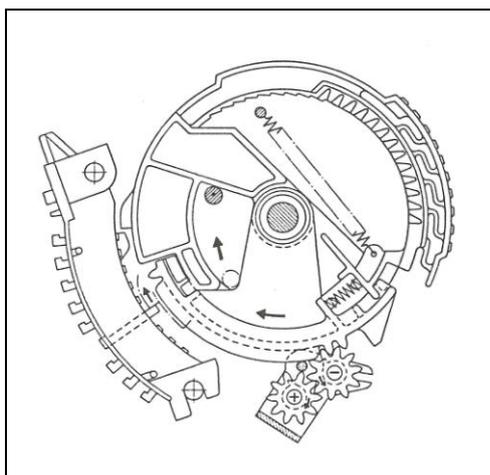


Abb. 15: Erfolg wertanalytischer Bemühungen:
Olympia Modell AM 209, Funktionskörper

³² Schenk, Gustav: „Die Entwicklung auf dem Gebiet der mechanischen Rechenmaschinen“ in: FEINWERKTECHNIK, Heft 1 / 1962, Seite 22

Hier sind die Konstrukteure mit diversen progressiven Einzellösungen bis an die Grenzen der Funktionssicherheit gegangen.

Ein Blick in den Ersatzteilkatalog dieser Maschine offenbart uns notwendig gewordene Modifikationen. Das wertanalytische Optimum wurde hier nicht erreicht.

Alternativ zur Wertanalyse gab es die Möglichkeit, notwendige Kostensenkungen durch eine sinnvolle Verlängerung der Konstruktionszeit zu erreichen. Dieser Weg wurde dann gegangen, wenn die Durchführungskosten einer Wertanalyse im ungünstigen Verhältnis zum geschätzten Einsparungspotential standen.

4.6 Arbeiten zur Serienreife

Noch vor Abschluss der Entwurfsarbeiten begann die mühsame Erstellung der Fertigungsunterlagen. Bis ca. 1915 wurde noch auf speziellem Leinen mit überwiegend schwarzer Tusche gezeichnet. Zur besseren Darstellung wurden Schnittflächen oder unterschiedliche Betriebszustände oft farbig schraffiert dargestellt. Danach setzte sich das billigere und auch gut kopierbare Transparentpapier durch, farbige Details gehörten bei technischen Zeichnungen des Maschinenbaues der Vergangenheit an.

Nicht selten mussten bis zu tausend Einzelteil- und mehrere hundert Gruppenzeichnungen für eine neue Maschine erstellt und in eine firmenspezifische Dokumentationssystematik eingeordnet werden.

In der Regel wurden alle Zeichnungen von anderen Fachabteilungen wie Werkzeugbau, Arbeitsvorbereitung - hier erfolgte die Umsetzung in Arbeitsanweisungen - oder Kalkulation geprüft und gemeinsam vereinbarte Änderungen von der Konstruktion eingearbeitet. Nur zu oft zeigte sich schon in dieser Detaillierungsphase, dass der Teufel im Detail steckt und erste Entwurfsänderungen waren die Folge.

Weitere umfangreichere Änderungswellen folgten dann nach Bau und Prüfung der Prototypen und Abschluss der sogenannten Null-Serie.

Mit Zunahme der technischen Reife des Produktes erhöhte sich auch die Anzahl der Unterschriften auf den Zeichnungen; die letzte Unterschrift zur Serienfreigabe leistete der Konstruktionsleiter. Bei vielen Firmen durchliefen die Zeichnungen abschließend eine Normenkontrolle. Hier achtete man auf ein gleichmäßiges Erscheinungsbild aller Firmenunterlagen, kontrollierte die normgerechte Darstellung und Bemaßung und nicht selten gab es Ermahnungen zur Einhaltung der Normschrift. Danach folgte eine offizielle Verteilung der angefertigten Lichtpausen im Werk und Ablage der Zeichnungsortiginale im Archiv.

4.7 Das Änderungswesen

In der Regel setzte das Änderungswesen schon bei der Fertigung von Maschinen nach nicht fertigungsreifen Unterlagen (Beispiel: Vorserie) ein. In einem vereinfachten Schnellverfahren durften

hierbei die überarbeiteten Zeichnungen im Fertigungsbereich ausgetauscht werden. Erklärtes Ziel war es, alle erkannten Fehler kurzfristig zu erfassen und die eingebrachten Verbesserungen so schnell wie möglich zu erproben.

Die im Archiv lagernden Serienunterlagen durften in der Regel nur noch mit Zustimmung des Änderungswesens der Firma entnommen und geändert werden. Nach einer Überarbeitung erhielt jede Unterlage einen neuen Ausgabevermerk und wurde üblicherweise mit einer zusätzlichen Änderungsmitteilung nach genau festgelegtem Verteiler neu verteilt. In diesen Mitteilungen - sie wurden durch einfache Kopierverfahren wie z. B. ORMIG-Umdrucker hergestellt - wurde jede Zeichnungsänderung und -ergänzung detailliert geschrieben und auch eine Aussage darüber gemacht, ob bereits gefertigte Teile nachgearbeitet oder aber verschrottet werden sollten.

Schwierig wurden Änderungen immer dann, wenn die modifizierten Teile oder Gruppen trotz aller Bemühungen zu einer eingeschränkte Austauschbarkeit oder auch Nichtaustauschbarkeit führten. Dann mussten umfangreichere Austauschätze zusammengestellt und die Ersatzteilkataloge entsprechend korrigiert werden. Mit Unterstützung der Konstruktion unterhielten viele Hersteller einen zusätzlichen Technischen Dienst zu den Händlern und informierten diese so über den aktuellen Stand wichtiger Änderungen. Diese Informationsblätter enthielten dann genaue Montage- und Justieranweisungen und machten Aussagen darüber, ab welcher Maschinenummer eine Änderung wirksam wurde. (Abb. 16).

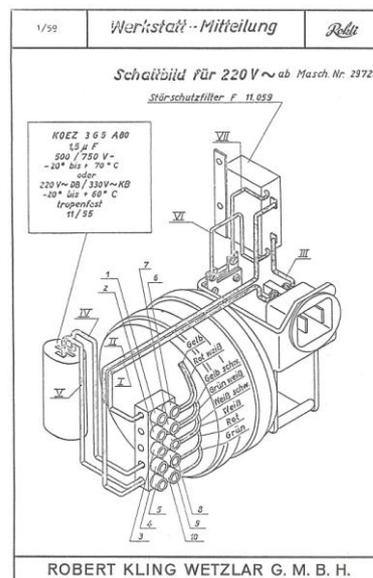


Abb. 16: Beispiel einer Werkstatt-Mitteilung für den Büromaschinenmechaniker

Änderungen mit Einfluss auf Zulieferteile erforderten dabei stets zusätzliche Aktivitäten. Es zeigte sich immer wieder, dass zeichnungs- und änderungsbezogene Begriffe und ihre Bedeutung teilweise sehr stark firmen- und organisationsabhängig waren. Diesem allgemeinen Problem wurde

schon frühzeitig durch Erstellung einer DIN-Norm³³ entgegengewirkt.

Durch hohe Änderungsaufwände bei Serienanläufen wurden oft große Teile der Produktionskapazität gebunden. Mit zunehmenden Produktionszahlen ging die Summe der Änderungsvorgänge stark zurück, setzte aber nie ganz aus. Das Ändern der Zeichnungsunterlagen gehörte immer zum Alltag der Konstrukteure.

5. Kundenspezifische Sonderausführungen

Die Maschinenhersteller waren stets bemüht, wirtschaftliche Produktionszahlen zu erreichen und beschränkten sich auf eine sinnvoll begrenzte Variantenzahl. Jedem individuellen Kundenwunsch nachzugeben hätte ein unkontrolliertes Wachsen der Produktpalette zur Folge gehabt. Dieses bedeutete zusätzliche ungeplante Konstruktionsarbeit und unwirtschaftliche Produktionsanläufe.

Spezielle Kundenwünsche - und hierzu gehörten auch Sonderlackierungen - wurden in der Regel nur Großkunden wie z. B. den Bundesbehörden für Post, Bahn und Finanzverwaltung oder der Bundeswehr erfüllt. Hier boten attraktive Auftragszahlen eine Möglichkeit zum Erreichen der Gewinnschwelle. Aufgrund langfristiger Lieferverpflichtungen bei solchen Sondermodellen konnte es jedoch dazu kommen, dass bei deren Auslieferung die Ausgangsmodelle bereits nicht mehr am Markt waren. Die Bundeswehr kaufte z. B. noch 1975 mechanische OLYMPIA-Saldiermaschinen³⁴, u. a. wohl wegen der Umstellmöglichkeit auf Handbetrieb.

Hinter vielen Wünschen zur Maschinenverbesserung aber standen keine großen Stückzahlen. So ist es nur verständlich, dass auch externe Firmen wie z. B. Büromaschinenhändler spezielle Kundenanforderungen aufgriffen und hierfür sinnvolle Zusatzaggregate in die Rechenmaschinen implementierten.

Ein Beispiel hierfür lieferte die der Büromaschinenhändler Ernst Kaiser in Bremen. Er entwickelte und lieferte in den 1950er Jahren eine Zusatzmechanik für MARCHANT-Rechenautomaten ohne Speicherfunktion und mit teilbarem Resultatwerk³⁵, um bei bestimmten Rechnungsarten eine zeitaufwendige Doppeleingabe - Anlass vieler Tastfehler - zu vermeiden.

Die Entwicklung erstreckte sich hierbei über mehrere Monate. Hauptproblem war der geringe Einbauraum und die ehrgeizige Vorgabe, möglichst wenig an der Maschine zu verändern. Nach einfachen Skizzen wurden nacheinander mehrere unterschiedliche Versuchsmuster gebaut und erprobt. Die Abnahme der exakten

³³ Normenausschuß Zeichnungswesen (NZ) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: *Begriffe im Zeichnungs- und Stücklistenwesen / Terminologie associated with technical drawings and parts lists; technical drawings*, DIN 199 Oktober 1923

³⁴ Beispiel: Modell 132.090 (ADE A01) mit Umschaltung auf Handbetrieb, Werk-Nr. 379291, Auslieferung 1975

³⁵ Beispiel: Modell 10 ADX

Funktionsmaße und das Einfügen der Einzelteile in die vorhandene Mechanik erfolgte hierbei ganz pragmatisch direkt an der Maschine, die Ergebnisse wurden jeweils auf Skizzen übertragen. Als Arbeitsvoraussetzung einer rein konstruktiven Lösungsfindung wären Fertigungs- oder Entwurfsunterlagen des Herstellers erforderlich gewesen. Diese waren nicht beschaffbar.

Fast zeitgleich liefen einige Tests mit zukünftigen Bedienern der Maschinen. Nach positivem Erprobungsabschluss der Prototypen gab es einen weiteren Durchlauf zur Vereinfachung der Einzelteile. Danach wurden Fertigungsunterlagen erstellt (Abb. 17).

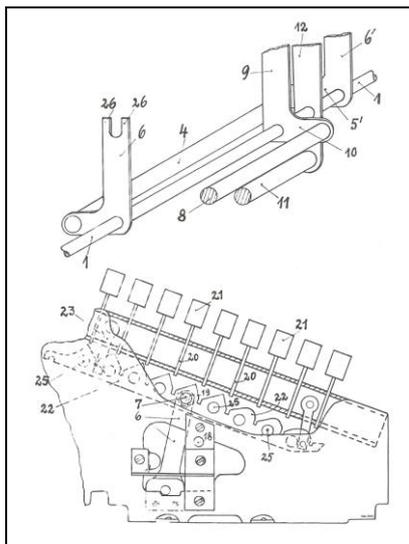


Abb. 17: Teilansicht eines Zusatzaggregates für MARCHANT-Rechenautomaten

Diese tragen die typischen Merkmale einer Kleinserienfertigung und waren auch Grundlage bei der Beantragung deutscher Schutzrechte³⁶. Zusätzlich gebaute Fertigungsvorrichtungen waren sehr einfach ausgelegt.

Nach Erteilung eines Hilfsgebrauchsmusterschutzes im Jahre 1955 – ein Bundespatent wurde nicht erteilt – erfolgte die Auslieferung erster Maschinen im norddeutschen Raum. Äußerlich war diese Modifikation der Maschinen nur an einem unauffälligen Schalthebel an der linken Seite der Volltastatur erkennbar. Im praktischen Einsatz gab es keine technischen Probleme.

Derartige Aktivitäten wurden von den Maschinenherstellern mit Argwohn verfolgt. Im vorliegenden Fall passten sie mit Sicherheit auch nicht in die MARCHANT-Vertriebsstrategie. Für Berechnungen mit notwendiger Doppeleingabe wurde der Kauf eines teureren Speicherautomaten empfohlen, was hier mit geringem Aufwand umgangen wurde.

Der Firma MARCHANT wurde angeboten, Nachbaurechte käuflich zu erwerben. Dieses Angebot wurde dankend abgelehnt.

³⁶ Schreiben des Bremer Patent- und Zivilingenieurs Ulrich Winter vom 24. Sept. 1954 zur Patent- und Hilfsgebrauchsmusteranmeldung

6. Personenregister

von Bach, Carl, Professor Dr. Ing., gilt als Begründer der statischen Elastizitäts- und Festigkeitslehre, * 08. März 1848 in Stollberg, † 10. Oktober 1931 in Stuttgart

Baldwin, Frank Stephen, Konstrukteur des Baldwin-Calculators, einer Sprossenrad-Maschine, konstruierte noch weitere Rechenmaschinen, darunter die Monroe-Maschine, * 10. April 1838 in New Hartford / USA, † 1925

Burghardt, Arthur, Maschinenbau-Ingenieur, konstruierte die Staffelwalzen-Rechenmaschine ARITHMOMETER nach dem Vorbild der Thomas-Maschine, Begründer der deutschen Rechenmaschinen-Industrie, * 1857, † 1919

Burroughs, Willian Seward, Bankangestellter, Erfinder/Konstrukteur der gleichnamigen Volltastatur-Additionsmaschine, * 28. Januar 1857 in Rochester / USA, † 14. September 1898

Dietzschold, Curt, Maschinenbau-Ingenieur, 1876 Konstruktion einer Rechenmaschine, scheiterte an technischen Problemen, erste Versuch einer industriellen Rechenmaschinen-Fertigung im Rahmen der sächsischen Gewerbeförderung, * 1852, † 1922

Dubbel, Heinrich, Professor für Maschinenbau, Herausgeber des *Taschenbuch für den Maschinenbau* (1. Auflage im Juni 1914), * 8. April 1873 in Aachen, † 24. Mai 1947 in Berlin.

Felt, Dorr E., amerikanischer Mechaniker, entwickelte 1885 in Chicago die tastengetriebene, schnell arbeitende Addiermaschine COMPTOMETER, * 18. März 1862 in Rock County, Wisconsin, † 7. August 1930.

Gelling, Helmut, Dr.-Ing. (Promotion mit einem Beitrag zur Klärung der Gummidämpfung / TH Dresden), Rechenmaschinen-Konstrukteur, arbeitete bei Mauser, Walther und Precisa, Konstruktionsleiter, * 18. März 1911 in Döbeln / Sachsen, † 10. November 1998 in der Schweiz.

Hahn, Philipp Matthäus, Magister und Pfarrer, baute eine elfstellige, dosenförmige Rechenmaschine, * 25. November 1739 in Scharnhausen bei Stuttgart, † 2. Mai 1790 in Echterdingen

Hamann, Christel, Bernhard, Julius, ab 1939 Dr.-Ing. E. h. der Technischen Hochschule Berlin, Rechenmaschinenkonstrukteur, Konstruktionsleiter, * 27. Februar 1870 in Hammelwarden, † 09. Juni 1948 in Berlin

Hornauer, Günter, Konstruktionsleiter, danach Geschäftsführer der Smith-Corona-Marchant Deutschland GmbH (früher: DeTeWe / Deutsche Telefonwerke und Kabelindustrie AG, Berlin) entwickelte Modell HAMANN 600 (1630), † 1968

Kesselring, Fritz, Dr.-Ing, Dr.-Ing. E. h. der TU Berlin, Professor für Konstruktionswissenschaften, entwickelte eine

Gestaltungslehre / Methodik des Konstruierens mit technisch-wirtschaftlicher Ausrichtung, * 1897, † 1975

Kottmann, Alfred, Konstruktionsleiter für Rechen- und Fakturiermaschinen der Rheinmetall-Werke in Sömmerda, * 05. Oktober 1896 in Vehra / Thüringen, † 05. Mai 1975 in Sömmerda.

Leibniz, Gottfried Wilhelm, Freiherr von, Mathematiker, Philosoph, Rechtsgelehrter und Historiker, baute mehrere Rechenmaschinen nach dem Staffelwalzen-Prinzip, * 1. Juli 1646 in Leipzig, † 14. November 1716 in Hannover

Odhner, Willgodt Theophil, schwedischer Ingenieur, Erfinder und Produzent der Original-Odhner-Sprossenradmaschine, * 1845 in Westby Bruk, Värmland, † 15. September 1905 in St. Petersburg

Pascal, Blaise, französischer Mathematiker, Physiker, Literat und Philosoph, erfand 1642 in Rouen eine Rechenmaschine (*Pascaline*) zur Durchführung von Additionen, * 19. Juni 1623 in Clermont-Ferrand, † 13. August 1662 in Paris.

Redtenbacher, Jakob Ferdinand, Maschinenbau-Ingenieur, Professor für angewandte Mechanik, Mitbegründer des wissenschaftlichen Maschinenbaues; * 25. Juli 1809 in Steyr, † 16. April 1863 in Karlsruhe

Reuleaux, Franz, Ingenieur, Professor, Geheimer Regierungsrath, Direktor der Königlichen Gewerbe-Akademie in Berlin, Begründer der wissenschaftlichen Kinematik, Grundlagen des Maschinenbaues; * 30. September 1829 in Eschweiler-Pumpe, † 20. August 1905 in Berlin-Charlottenburg

Sabiely, Hans, Kaufmann und Erfinder, Firmengründung 1905, ab 1922 Rechenmaschinen-Fabrikant in Dresden (Lizenzfertigung von Facit-Maschinen), * 7. April 1882 in Oldenburg, † 7. April 1965

Schenk, Gustav, Dr.-Ing. (Promotion mit einer Arbeit über das Metallspritzverfahren nach Schoop / TH Berlin), Konstrukteur des druckenden Vierspezies-Automaten Ultra 804 (später Mach 1.07), Konstruktionsleiter, * 10. Dezember 1898 in Frankfurt / Main, † 13. April 1985 in Freiburg / Breisgau

Schickard, Wilhelm, Professor für biblische Sprachen, Mathematik, Geodäsie und Astronomie in Tübingen, baute 1623 die erste Rechenmaschine mit Zehnerübertragung, * 22. April 1592 in Herrenberg, † 23. Oktober 1635 in Tübingen

Schlesinger, Georg, Dr.-Ing./ Maschinenbau, Konstruktionsleiter der Werkzeugmaschinenfabrik Loewe in Berlin, ab 1904 Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen, Fabrikanlagen und Fabrikbetriebe an der TH Berlin, grundlegende Arbeiten zur Rationalisierung und Produktionstechnik, gilt als Begründer der deutschen Betriebswissenschaft, 1934 Emigration in die Schweiz, * 1874 in Berlin, † 1949 in Wembley / London

Thomas Charles Xavier, Versicherungsdirektor, Rechenmaschinen-Fabrikant, * 5. Mai 1785 in Colmar, † 12. März 1870 in Paris.

Trinks, Franz, Ingenieur, Dr.-Ing. E. h. der TH Braunschweig, Konstrukteur der Brunsviga-Rechenmaschinen / System Trinks, ab 1883 Betriebsdirektor und Gesellschafter bei Grimme, Natalis & Co. in Braunschweig, * 09. Juni 1852 in Helmstedt, † 2. Oktober 1931 in Braunschweig.

Wögerbauer, Hugo, Professor für Konstruktionswissenschaften, Ausarbeitung einer feinwerktechnischen Konstruktionslehre unter Berücksichtigung auch psychologischer und psychotechnischer Ansätze, * 1904, † 1976

7. Abbildungsnachweise:

| | |
|----------------------------|------------------------------|
| Abb. 1, 6, 7, 8, 9, 10, 14 | Peter Haertel |
| Abb. 2, 3, 4 | gemeinfreie Bild-Dateien |
| Abb. 11 | Prospekt Fa. Friden |
| Abb. 12 | Brunsviga-Werke, Braunschw. |
| Abb. 13, 16 | Fa. Robert Kling, Wetzlar |
| Abb. 15 | Olympia-Werke, Wilhelmshaven |
| Abb. 17 | Fa. Ernst Kaiser, Bremen |

File: Aufsatz Konstruktion_06.doc
Stand 01.10.2010

PDF-Kopie für Veröffentlichung im Internet-*Rechnerlexikon*
an Friedrich Diestelkamp
am 01.10.2010