

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
1 Einführung	7
1.1 Ziel der Arbeit.....	10
1.2 Forschungsstand.....	13
1.3 Quellen.....	21
1.3.1 Gedruckte Quellen	22
1.3.2 Öffentliche Archive	24
1.3.3 Firmenarchive	27
1.3.4 Verbands- und Vereinsarchive	31
1.3.5 Gewerkschaftsarchive.....	33
1.3.6 Oral History	33
1.3.7 Zusammenfassung	39
2 Wichtige elektrotechnische Voraussetzungen für die NC-Technik	43
2.1 Elektrische Antriebstechnik der Werkzeugmaschinen.....	43
2.2 Weitere elektrotechnische Entwicklungen zur Automatisierung der Werkzeugmaschinen	48
2.2.1 Elektrische Schaltgeräte	48
2.2.2 Halbleitertechnik.....	52
2.2.3 Rechnertechnik	54
2.2.4 Lochkarte und Lochstreifen.....	55
2.2.5 Positionsmessung.....	56
2.2.6 Servotechnik bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs.....	58
2.3 Zusammenfassung	60
3 Die Entwicklung der NC-Technik in den USA.....	61
3.1 Erfindung der NC-Maschine durch John T. Parsons	61
3.2 Kurzer Abriss der NC-Entwicklung in den USA bis Mitte der 1950er Jahre..	66
3.3 Beschleunigung der NC-Maschinenentwicklung durch die US Air Force.....	69
3.4 Die Programmierung der NC-Steuerungen	72
3.5 Durchbruch der NC-Technik ab Anfang der 1960er Jahre in den USA	73

3.6	Zusammenfassung	76
4	Einführung der NC-Technik in Westdeutschland	79
4.1	Politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen nach dem Zweiten Weltkrieg.....	79
4.2	Die westdeutsche Werkzeugmaschinenindustrie nach dem Zweiten Weltkrieg.....	81
4.3	Tendenzen in der Produktionstechnik nach dem Zweiten Weltkrieg	89
4.4	Das produktionstechnische Innovationssystem nach dem Zweiten Weltkrieg.....	95
4.5	Erste Forschungen und Entwicklungen zur NC-Technik in den 1950er Jahren in der BRD.....	106
4.6	Beginn der westdeutschen NC-Maschinenproduktion	110
4.7	Vertrieb der ersten NC-Maschinen	117
4.8	Studien zu westdeutschen NC-Maschinen.....	121
4.9	NC-Forschung an den Hochschulen	124
4.9.1	Das Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen.....	124
4.9.2	Das Institut für Spanende Technologie der Werkzeugmaschinen (ITW) der TH Darmstadt	128
4.9.3	Das Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) und Institut für Produktionstechnische Automatisierung der TU Berlin.	129
4.9.4	Das Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen der TH Stuttgart.....	132
4.9.5	Zusammenarbeit der Hochschulinstitute	136
4.9.6	Institutsleiter als Herausgeber von Zeitschriften.....	143
4.10	Der Einfluss von VDW und VDI auf die Einführung der NC-Maschinen....	145
4.11	Westdeutsche Hersteller von NC-Steuerungen.....	151
4.11.1	Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG)	152
4.11.2	Brown, Boveri & Cie. (BBC)	160
4.11.3	Grundig AG	163
4.11.4	Dr. Johannes Heidenhain GmbH	167
4.11.5	Dr. Masing & Co. KG/ Robert Bosch GmbH.....	169
4.11.6	Standard Elektrik Lorenz AG (SEL)	173
4.11.7	Siemens AG	175
4.11.8	Eigenbau von NC-Steuerungen durch Werkzeugmaschinenhersteller	183

4.11.9	Kleine NC-Steuerungshersteller am Beispiel der Firma Weinlich...	191
4.11.10	Zusammenfassung	193
4.12	Normung der NC-Technik	196
4.13	NC-Programmierung	200
4.14	Zusammenfassung	211
5	Einführung der NC-Technik bei ausgewählten baden-württembergischen Werkzeugmaschinenherstellern	217
5.1	Gebr. Boehringer GmbH in Göppingen.....	221
5.2	Burkhardt+Weber Fertigungssysteme GmbH in Reutlingen.....	230
5.3	Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH in Nürtingen	233
5.4	Ludwigsburger Maschinenbau GmbH (Burr) in Ludwigsburg	242
5.5	Trumpf GmbH + Co. KG in Ditzingen.....	246
5.6	Zusammenfassung	254
6	Einführung der NC-Technik bei großen Fertigungsbetrieben	259
6.1	NC-Einführung bei der Daimler-Benz AG	260
6.2	NC-Einführung bei der Heidelberger Druckmaschinen AG.....	267
6.3	NC-Einführung bei der Gutehoffnungshütte Aktienverein bzw. deren Tochter M.A.N.	283
6.4	Zusammenfassung	297
7	Zubehör für NC-Maschinen	303
7.1	Mechanische Komponenten.....	304
7.2	Werkzeuge für NC-Maschinen	306
7.3	Werkzeugvoreinstellgeräte.....	308
7.4	Elektrische Komponenten.....	310
7.4.1	Anpasssteuerung	310
7.4.2	Antriebstechnik.....	315
7.4.3	Lagemesssysteme für NC-Maschinen	324
7.5	Werkzeugüberwachung.....	329
7.6	Programmiersysteme	332
7.7	Fertigungssteuerung.....	337
7.7.1	Direct Numeric Control (DNC).....	338
7.7.2	Flexible Fertigungssysteme	340
7.8	Zusammenfassung	345

8	Auswirkungen der NC-Technologie auf Ausbildung, Gewerkschaften und Verbände	347
8.1	Aus- und Weiterbildung	347
8.1.1	NC-Weiterbildung für Ingenieure und Führungskräfte	347
8.1.2	NC-Ausbildung an Universitäten und Fachhochschulen	351
8.1.3	Gewerbliche Ausbildung	353
8.1.4	NC-Weiterbildung der gewerblichen Mitarbeiter	355
8.2	Die Industriegewerkschaft Metall und die NC-Technik	359
8.2.1	Automation und NC-Technik	359
8.2.2	Auswirkungen der NC-Technik auf die Lohnpolitik der IG Metall	368
8.3	Metall-Arbeitgeberverbände	370
8.4	NC-Gesellschaft	372
8.5	Zusammenfassung	373
9	Einfluss der NC-Technologie auf die Betriebe	375
9.1	Maschinenbeschaffung	377
9.2	Auswirkungen auf die Berufsbilder	378
9.3	Organisatorische Maßnahmen	382
9.3.1	Schulungsmaßnahmen	384
9.3.2	Programmierung der NC-Maschinen	385
9.3.3	Materialfluss, Logistik und Vorrichtungen	386
9.3.4	Werkzeugorganisation	387
9.3.5	Fertigungsorganisation	389
9.3.6	Instandhaltung und Service	390
9.4	Zusammenfassung	392
10	Wirtschaftlichkeit der NC-Technik	393
10.1	Wirtschaftliche Aspekte der NC-Einführung bei den Endanwendern	394
10.2	Wirtschaftlichkeit der NC-Maschinen aus Sicht der Werkzeugmaschinenhersteller	398
10.3	Entlohnung an NC-Maschinen	408
10.4	Zusammenfassung	412
11	Migration der NC-Technik in andere Technologien	413
11.1	Positionierungstechnik im Maschinenbau	413
11.2	Industrieroboter	415

11.3	Elektronische Getriebe.....	417
11.4	Leiterplattenbestückung.....	419
11.5	Sonstige Anwendungen	420
11.6	Zusammenfassung	420
12	Weiterentwicklungen nach dem Untersuchungszeitraum	421
12.1	Wichtige Weiterentwicklungen bis etwa 2010	421
12.2	Aktuelle Entwicklungstendenzen	425
12.3	Die „Digitalisierung der Werkzeugmaschine“ mit „Industrie 4.0“	427
13	Fazit.....	431
	Anhang.....	447
	Abkürzungsverzeichnis.....	447
	Abbildungsverzeichnis.....	452
	Tabellenverzeichnis.....	455
	Quellen- und Literaturverzeichnis	457
	Nicht publizierte Quellen.....	457
	Archive	457
	Interviews.....	472
	Publizierte Quellen.....	474
	Gedruckte Quellen	474
	Handelsregister	498
	Internetquellen	498
	Normen, Richtlinien	503
	Patente	504
	Literatur.....	504
	Kurzbiografien der Interviewpartner.....	533
	Personenregister.....	541