

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>1</b>
<b>1      Einführung .....</b>	<b>7</b>
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
<b>2      Wichtige elektrotechnische Voraussetzungen für die NC-Technik .....</b>	<b>43</b>
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
<b>3      Die Entwicklung der NC-Technik in den USA.....</b>	<b>61</b>
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
<b>4</b>	<b>Einführung der NC-Technik in Westdeutschland .....</b>	<b>79</b>
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 Elektricitäts-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
<b>5</b>	<b>Einführung der NC-Technik bei ausgewählten baden-württembergischen Werkzeugmaschinenherstellern .....</b>	<b>217</b>
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
<b>6</b>	<b>Einführung der NC-Technik bei großen Fertigungsbetrieben .....</b>	<b>259</b>
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
<b>7</b>	<b>Zubehör für NC-Maschinen .....</b>	<b>303</b>
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

<b>8</b>	<b>Auswirkungen der NC-Technologie auf Ausbildung, Gewerkschaften und Verbände .....</b>	<b>347</b>
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
<b>9</b>	<b>Einfluss der NC-Technologie auf die Betriebe .....</b>	<b>375</b>
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
<b>10</b>	<b>Wirtschaftlichkeit der NC-Technik.....</b>	<b>393</b>
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
<b>11</b>	<b>Migration der NC-Technik in andere Technologien .....</b>	<b>413</b>
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
<b>12</b>	<b>Weiterentwicklungen nach dem Untersuchungszeitraum .....</b>	<b>421</b>
12.1	Wichtige Weiterentwicklungen bis etwa 2010 .....	421
12.2	Aktuelle Entwicklungstendenzen .....	425
12.3	Die „Digitalisierung der Werkzeugmaschine“ mit „Industrie 4.0“ .....	427
<b>13</b>	<b>Fazit.....</b>	<b>431</b>
<b>Anhang</b>	<b>.....</b>	<b>447</b>
Abkürzungsverzeichnis.....	447	
Abbildungsverzeichnis.....	452	
Tabellenverzeichnis.....	455	
<b>Quellen- und Literaturverzeichnis</b>	<b>.....</b>	<b>457</b>
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	
<b>Kurzbiografien der Interviewpartner.....</b>	<b>533</b>	
<b>Personenregister.....</b>	<b>541</b>	