

## Inhaltsverzeichnis

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.    | <b>Einleitung</b>  | 1  |
| 1.1   | Vorbemerkungen zur Untersuchung  | 1  |
| 1.2   | Überblick über Thesen zu den Beschäftigungswirkungen neuer Technologien  | 3  |
| 1.3   | Bisherige Forschungsergebnisse für NC- und CNC-Maschinen   | 8  |
| 1.4   | Der Forschungsansatz des IAW   | 13 |
|       | Literaturverzeichnis zu Kapitel 1  | 16 |
| 2.    | <b>Entwicklung der NC-Technik, ihre Diffusion in den Produkten des Werkzeugmaschinenbaus und ihre Auswirkungen auf die Absatzmärkte (Yvonne Jäckle-Sönmez)</b> | 19 |
| 2.1   | Entwicklungsstufen der NC-Technik, Leistungsspektrum und aktuelle Tendenzen  | 19 |
| 2.1.1 | Die Anfänge der NC-Technik   | 19 |
| 2.1.2 | Von der NC- zur CNC-Steuerung  | 22 |
| 2.1.3 | Gründe für eine beschleunigte Diffusion CNC-gesteuerter Werkzeugmaschinen  | 24 |
| 2.1.4 | Auswirkungen der CNC-Technik auf das Erscheinungsbild der Werkzeugmaschinen: Veränderte Maschinenteile, neue Komponenten und Konzepte                          | 30 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.2   | Diffusion der NC-Technik nach Maschinentypen und Anwendungsbereichen   | 39 |
| 2.2.1 | Qualitative Informationen zu Beginn, Verbreitung und Stand der NC-Anwendung in ausgewählten Bereichen des Werkzeugmaschinenbaus      | 39 |
| 2.2.2 | Diffusion der NC-Technik nach Maschinentypen - Hinweise aus der Statistik  | 42 |
| 2.3   | Ein neues Produkt wird anders produziert: Auswirkungen der NC-Technik auf Produkt- und Produktionsstruktur im Werkzeugmaschinenbau   | 46 |
| 2.3.1 | Befragungsergebnisse und zentrale Aspekte im Überblick   | 46 |
| 2.3.2 | Veränderungen und Anpassungen der Beschäftigten nach Funktionsbereichen  | 48 |
| 2.3.3 | Veränderung von Fertigungstiefe und Vorleistungsstruktur durch den Einsatz der NC-Technik in den Produkten des Werkzeugmaschinenbaus | 50 |
| 3.    | <b>Der Markt für NC- und CNC- Werkzeugmaschinen (Yvonne Jäckle-Sönmez)</b>   | 59 |
| 3.1   | Der Werkzeugmaschinenbau als Hersteller von NC-/CNC-Maschinen  | 59 |
| 3.1.1 | Charakterisierung von Branche und Produkt  | 59 |
| 3.1.2 | Segmentation und Struktur des Werkzeugmaschinenmarktes im Verlauf der NC/CNC-Diffusion   | 67 |
| 3.2.  | Nachfrage nach den Produkten des Werkzeugmaschinenbaus   | 82 |
| 3.2.1 | Determinanten der Nachfrage im Überblick   | 82 |
| 3.2.2 | Die Altersstruktur des Maschinenparks als Determinante der Nachfrage nach numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen                    | 88 |
| 3.2.3 | Die Auslandsnachfrage nach Erzeugnissen des deutschen Werkzeugmaschinenbaus  | 92 |
|       | Literaturverzeichnis zu Kapitel 2 und 3  | 98 |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| <b>4.</b> | <b>Direkte und indirekte Beschäftigungseffekte der Werkzeugmaschinen-</b><br><b>nachfrage (Helmut Lindner)</b>  | <b>103</b> |
| 4.1       | Vorbemerkungen  | 103        |
| 4.2       | Input- und Outputstruktur der "H. v. Werkzeugen u. Werkzeug-<br><b>maschinen" 1978 und 1986</b>   | <b>106</b> |
| 4.3       | Direkte und indirekte Beschäftigungseffekte der Endnachfrage<br>nach Werkzeugen und Werkzeugmaschinen   | 117        |
| 4.4       | Komponentenweise Zerlegung der Beschäftigung in Vorleistungs-,<br>Endnachfrage- und Produktivitätseffekte   | 128        |
| 4.5       | Freisetzungs- und Ersparniseffekte durch Produktivitätserhöhungen   | 137        |
|           | Literaturverzeichnis zu Kapitel 4   | 139        |
| <b>5.</b> | <b>Ökonometrische Analyse des Einflusses von numerisch gesteuerten Ma-</b><br><b>schinen auf die Unternehmensentscheidungen, insbesondere auf die Nach-</b><br><b>frage nach beschäftigten Arbeitnehmern (Karsten-Dietmar Freimann)</b> | <b>143</b> |
| 5.1       | Einleitung  | 146        |
| 5.2       | Das ökonometrische Modell   | 150        |
| 5.2.1     | Theoretische Basis des Modells  | 150        |
| 5.2.2     | Verwendete Daten und Methoden   | 152        |
| 5.2.3     | Verwendete Maße zur Beurteilung des Modells   | 154        |
| 5.2.4     | Beschäftigten-Nachfragefunktion   | 158        |
| 5.2.5     | NC- bzw. CNC-Investitionsfunktionen   | 173        |
| 5.2.6     | Rest-Ausrüstungsinvestitionsfunktion  | 182        |
| 5.2.7     | Preisfunktion   | 193        |
| 5.2.8     | Nachfragefunktion nach der sektoralen Bruttowertschöpfung   | 206        |
| 5.2.9     | Identitätsgleichungen   | 217        |
| 5.3       | Ergebnisse zum Nachfrageverhalten der Unternehmer bezüglich der<br>beschäftigten Arbeitnehmer   | 219        |
| 5.3.1     | Allgemeines   | 219        |
| 5.3.2     | Ergebnisse für die Sektoren des Modells   | 223        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 5.3.3     | Ergebnisse für den Werkzeugmaschinenbau   | 230        |
| 5.4       | Sektoraler technischer Fortschritt und NC- bzw. CNC-Maschinen                   | 238        |
| 5.4.1     | Schätzung von Produktivitätsfunktionen  | 238        |
| 5.4.2     | Schätzung des technischen Fortschritts mit Hilfe der Residual-<br>methode       | 244        |
|           | Literaturverzeichnis zu Kapitel 5   | 251        |
| <b>6.</b> | <b>Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse</b>                              | <b>255</b> |
| 6.1       | Methodische Vorbemerkungen  | 255        |
| 6.2       | Zusammenfassung von Kapitel 2   | 257        |
| 6.3       | Zusammenfassung von Kapitel 3   | 259        |
| 6.4       | Zusammenfassung von Kapitel 4   | 263        |
| 6.5       | Zusammenfassung von Kapitel 5   | 265        |
| 6.6       | Schlußfolgerungen   | 268        |
|           | <b>Tabellenanhang zu Kapitel 2 und 3</b>  | <b>1*</b>  |
|           | <b>Anhang zu Kapitel 4</b>  | <b>39*</b> |
| 4.1       | Vorbemerkungen  | 41*        |
| 4.2       | Disaggregation des Produktionsbereichs 21 "H. v. Maschinenbau-<br>erzeugnissen" | 47*        |
| 4.3       | Grundlagen der durchgeführten Input-Output-Analysen                             | 61*        |
| 4.3.1     | Das statische offene Leontief-Modell mit Arbeitsmarkt                           | 61*        |
| 4.3.2     | Direkte und indirekte Beschäftigungs- und Produktions-<br>wirkungen             | 63*        |
| 4.3.3     | Komponentenanalyse des Beschäftigungseffektes in den<br>Produktionsbereichen    | 64*        |
| 4.3.4     | Freisetzungs- und Einsparungseffekte  | 68*        |
|           | <b>Anhang zu Kapitel 5: Liste der Variablen</b>                                 | <b>77*</b> |

## Verzeichnis der Abbildungen

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| Abbildung 2.1.1: | Verschiebung der Entwicklungskostenanteile beim Übergang von der NC- zur CNC-Steuerung  | 23 |
| Abbildung 2.1.2: | Funktionsumfang numerischer Steuerungen   | 25 |
| Abbildung 2.1.3: | Einfluß des Teilespektrums auf den Einsatz von NC- und CNC-Werkzeugmaschinen  | 27 |
| Abbildung 2.1.4: | Einsatzbereiche verschiedener Fertigungssysteme und -konzepte   | 35 |
| Abbildung 2.1.5: | Rechnerunterstützung in den Funktionsbereichen eines Betriebs   | 37 |
| Abbildung 2.3.1: | Wert der Steuerung und Produktionswert numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen  | 53 |
| Abbildung 3.1.1: | Entwicklung der Beschäftigtenzahl in den Fachzweigen Herstellung von Werkzeugmaschinen sowie Präzisionswerkzeugen im Zeitraum 1970 bis 1988       | 65 |
| Abbildung 3.1.2: | Ausfuhr und Einfuhr von spanenden und umformenden Werkzeugmaschinen in ausgewählten Jahren  | 81 |
| Abbildung 3.2.1: | Veränderungsrate des Nettoproduktionsindex für den Werkzeugmaschinenbau, den Maschinenbau und das Verarbeitende Gewerbe im Zeitraum 1977 bis 1987 | 83 |
| Abbildung 3.2.2: | Umsatzentwicklung in wichtigen Abnehmerbranchen numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen im Zeitraum 1970 bis 1989                                 | 85 |
| Abbildung 3.2.3: | Beschäftigungsentwicklung in wichtigen Abnehmerbranchen numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen im Zeitraum 1970 bis 1989                         | 86 |
| Abbildung 3.2.4: | Entwicklung der Zahl der Beschäftigten im Werkzeugmaschinenbau und im Maschinenbau im Zeitraum 1970 bis 1988                                      | 87 |

|                  |  |     |
|------------------|--|-----|
| Abbildung 3.2.5: | Anteil der Werkzeugmaschinenausfuhr im Zeitraum 1970 bis 1987  | 93  |
| Abbildung 3.2.6: | Entwicklung der Anteile ausgewählter Länder am Weltexport von Metallbearbeitungsmaschinen im Zeitraum 1971 bis 1986                          | 94  |
| Abbildung 4.2.1: | Inputstruktur des Produktionsbereichs "H. v. Werkzeugen u. Werkzeugmaschinen" für ausgewählte Gruppen  | 111 |
| Abbildung 4.3.1: | Direkte und indirekte Beschäftigungseffekte der Endnachfrage bei ausgewählten Produktionsbereichen   | 126 |
| Abbildung 4.4.1: | Komponenten der Beschäftigungsveränderung 1978 bis 1986 des Produktionsbereichs "H. v. Werkzeugen und Werkzeugmaschinen" nach vier Varianten | 131 |
| Abbildung 5.1:   | Dynamische Ex-post-Prognose der Zahl der beschäftigten Arbeitnehmer im Maschinen- einschl. Büromaschinenbau                                  | 164 |
| Abbildung 5.2:   | Dynamische Ex-post-Prognose der Zahl der beschäftigten Arbeitnehmer im Straßenfahrzeugbau  | 167 |
| Abbildung 5.3:   | Dynamische Ex-post-Prognose der Zahl der beschäftigten Arbeitnehmer im Sektor Elektrotechnik   | 169 |
| Abbildung 5.4:   | Dynamische Ex-post-Prognose der Zahl der beschäftigten Arbeitnehmer im Restsektor  | 171 |
| Abbildung 5.5:   | Dynamische Ex-post-Prognose der Nachfrage nach im Inland hergestellten NC- bzw. CNC-Maschinen im Maschinen einschl. Büromaschinenbau         | 177 |
| Abbildung 5.6:   | Dynamische Ex-post-Prognose der Nachfrage nach im Inland hergestellten NC- bzw. CNC-Maschinen im Straßenfahrzeugbau                          | 179 |
| Abbildung 5.7:   | Dynamische Ex-post-Prognose der Nachfrage nach im Inland hergestellten NC- bzw. CNC-Maschinen im Sektor Elektrotechnik                       | 181 |
| Abbildung 5.8:   | Dynamische Ex-post-Prognose der Nachfrage nach Nicht-NC- bzw -CNC-Maschinen im Maschinen- einschl. Büromaschinenbau                          | 184 |

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
| Abbildung 5.9:  | Dynamische Ex-post-Prognose der Nachfrage nach Nicht-NC- bzw. -CNC-Maschinen im Straßenfahrzeugbau                             | 187 |
| Abbildung 5.10: | Dynamische Ex-post-Prognose der Nachfrage nach Nicht-NC- bzw. -CNC-Maschinen im Sektor Elektrotechnik                          | 189 |
| Abbildung 5.11: | Dynamische Ex-post-Prognose der Nachfrage nach Nicht-NC- bzw. -CNC-Maschinen im Restsektor                                     | 192 |
| Abbildung 5.12: | Dynamische Ex-post-Prognose des Absatz-Preisindex im Maschinen- einschl. Büromaschinenbau                                      | 197 |
| Abbildung 5.13: | Dynamische Ex-post-Prognose des Preisindex für NC- bzw. CNC-Bohr-, -Fräs-, -Dreh-, -Bohr-Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren | 199 |
| Abbildung 5.14: | Dynamische Ex-post-Prognose des Absatz-Preisindex im Straßenfahrzeugbau  | 201 |
| Abbildung 5.15: | Dynamische Ex-post-Prognose des Absatz-Preisindex im Sektor Elektrotechnik   | 203 |
| Abbildung 5.16: | Dynamische Ex-post-Prognose des Absatz-Preisindex im Restsektor  | 205 |
| Abbildung 5.17: | Dynamische Ex-post-Prognose der realen Bruttowertschöpfung im Maschinen- einschl. Büromaschinenbau                             | 209 |
| Abbildung 5.18: | Dynamische Ex-post-Prognose der realen Bruttowertschöpfung im Straßenfahrzeugbau   | 211 |
| Abbildung 5.19: | Dynamische Ex-post-Prognose der realen Bruttowertschöpfung im Sektor Elektrotechnik  | 213 |
| Abbildung 5.20: | Dynamische Ex-post-Prognose der realen Bruttowertschöpfung im Restsektor   | 215 |

## Verzeichnis der Tabellen

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| Tabelle 2.2.1: | NC-Anteile des Werkzeugmaschinenproduktionswertes nach Maschinengruppen für die Jahre 1978 bis 1988  | 43  |
| Tabelle 2.3.1: | Anteil der Steuerungen am Wert ausgewählter Werkzeugmaschinengruppen für ausgewählte Jahre   | 54  |
| Tabelle 2.3.2: | Aufteilung der NC-Steuerungen nach Herstellern im Zeitraum 1985 bis 1988   | 56  |
| Tabelle 3.1.1: | Vergleich des Wirtschaftszeiges "H. v. Metallbearbeitungsmaschinen u. a." und des Produktionsbereichs "H. v. Werkzeugmaschinen" anhand ausgewählter Kenngrößen in den achtziger Jahren | 66  |
| Tabelle 3.1.2: | Produktion, Ein- und Ausfuhr von Werkzeugmaschinen nach Maschinenarten in ausgewählten Jahren  | 70  |
| Tabelle 3.2.1: | Empfängerstruktur numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen im Inland nach Wirtschaftsbereichen in den Jahren 1980 bis 1988  | 84  |
| Tabelle 3.2.2: | Altersstruktur des industriellen Werkzeugmaschinenparks im Maschinenbau  | 89  |
| Tabelle 3.2.3: | Exportquoten konventioneller und CNC-gesteuerter Werkzeugmaschinen nach Maschinenarten im Zeitraum 1984 bis 1988   | 96  |
| Tabelle 4.2.1: | Vorleistungen, Bruttowertschöpfung und Bruttoproduktion des Maschinenbaus nach der Kostenstrukturerhebung  | 108 |
| Tabelle 4.2.2: | Vorleistungen, Bruttowertschöpfung und Bruttoproduktion des Maschinenbaus nach der Input-Output-Rechnung   | 109 |
| Tabelle 4.2.3: | Vorleistungsbezüge der "H. v. Werkzeugen und Werkzeugmaschinen" und der "H. v. Maschinenbauerzeugnissen" nach ausgewählten Gütergruppen  | 110 |

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| Tabelle 4.2.4:  | Vorleistungsbezüge der "Herstellung von Metallbearbeitungsmaschinen u. ä." und des Maschinenbaus nach ausgewählten Wirtschaftsbereichen | 112 |
| Tabelle 4.2.5:  | Absatz an Werkzeugmaschinen und Präzisionswerkzeugen nach Verwendungskomponenten der Input-Output-Rechnung                              | 114 |
| Tabelle 4.2.6:  | Verwendung von CNC-Werkzeugmaschinen nach Wirtschaftsbereichen  | 115 |
| Tabelle 4.2.7:  | Alters- und Mengenstruktur des industriellen Werkzeugmaschinenparks   | 116 |
| Tabelle 4.2.8a: | Absatz an Werkzeugen und Werkzeugmaschinen nach ausgewählten Produktionsbereichen (Input-Output-Rechnung)                               | 118 |
| Tabelle 4.2.8b: | Absatz an Werkzeugen und Werkzeugmaschinen nach ausgewählten Produktionsbereichen (Input-Output-Rechnung)                               | 119 |
| Tabelle 4.3.1:  | Zahl der Erwerbstätigen im Maschinenbau und in der "Herstellung von Metallbearbeitungsmaschinen u. ä." nach verschiedenen Statistiken   | 120 |
| Tabelle 4.3.2:  | Durch die Endnachfrage nach Werkzeugen und Werkzeugmaschinen induzierte Beschäftigung in ausgewählten Produktionsbereichen              | 123 |
| Tabelle 4.3.3:  | Zusammensetzung der Beschäftigung der "H. v. Werkzeugen und Werkzeugmaschinen" aus direkten und indirekten Endnachfrageeffekten         | 124 |
| Tabelle 4.3.4:  | Zusammensetzung der Beschäftigung in ausgewählten Produktionsbereichen nach direkten und indirekten Endnachfrageeffekten                | 127 |
| Tabelle 4.4.1:  | Komponentenweise Zerlegung des Beschäftigungseffektes des Produktionsbereichs "H. v. Maschinenbauerzeugnissen" im Zeitraum 1978 - 1986  | 130 |
| Tabelle 4.4.2:  | Komponentenweise Zerlegung des Beschäftigungseffektes der Gesamtwirtschaft im Zeitraum 1978 - 1986                                      | 132 |

|                |   |     |
|----------------|---|-----|
| Tabelle 4.4.3: | Komponentenweise Zerlegung des Beschäftigungseffektes des Produktionsbereichs "H. v. Maschinenbauerzeugnissen" im Zeitraum 1978 - 1986 für eine hypothetische IO-Tabelle 1986   | 135 |
| Tabelle 4.4.4: | Komponentenweise Zerlegung des Beschäftigungseffektes der Gesamtwirtschaft im Zeitraum 1978 - 1986 für eine hypothetische IO-Tabelle  | 136 |
| Tabelle 4.5.1: | Freisetzungs- und Einsparungseffekte im Produktionsbereich "H. v. Werkzeugen und Werkzeugmaschinen" und "H. v. sonstigen Maschinenbauerzeugnissen" sowie in der Gesamtwirtschaft im Zeitraum 1978 bis 1986  | 138 |
| Tabelle 5.3.1: | Geschätzte Regressionskoeffizienten (Elastizitäten), Differenzen der logarithmierten erklärenden Variablen und deren Wirkungsanteile für den Zeitraum 1965 - 1986 sowie Grenzbeiträge zum Bestimmtheitsmaß der Nachfragefunktion nach abhängig Beschäftigten im Maschinen-<br>einschl. Büromaschinenbau | 225 |
| Tabelle 5.3.2: | Geschätzte Regressionskoeffizienten (Elastizitäten), Differenzen der logarithmierten erklärenden Variablen und deren Wirkungsanteile für den Zeitraum von 1965 bis 1986 sowie Grenzbeiträge zum Bestimmtheitsmaß der Nachfragefunktion nach beschäftigten Arbeitnehmern im<br>Straßenfahrzeugbau        | 227 |
| Tabelle 5.3.3: | Geschätzte Regressionskoeffizienten (Elastizitäten), Differenzen der logarithmierten erklärenden Variablen und deren Wirkungsanteile für den Zeitraum von 1965 bis 1986 sowie Grenzbeiträge zum Bestimmtheitsmaß der Nachfragefunktion nach beschäftigten Arbeitnehmern im<br>Sektor Elektrotechnik     | 229 |

**Tabelle 5.3.4:**      **Geschätzte Regressionkoeffizienten (Elastizitäten), Differenzen der logarithmierten erklärenden Variablen und deren Wirkungsanteile für den Zeitraum von 1978 bis 1986, Grenzbeiträge zum Bestimmtheitsmaß der Beschäftigten-Nachfragefunktion im Werkzeugmaschinenbau**

**Verzeichnis der Übersichten**

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| Übersicht 2.1.1: | Qualifikationsanforderungen beim Einsatz CNC-gesteuerter Maschinen                              | 29 |
| Übersicht 3.1.1: | Zahl der Teilmärkte/Marktsegmente und Anbieter innerhalb der einzelnen Werkzeugmaschinengruppen | 71 |