

Innovationsverhalten der Deutschen Wirtschaft

Methodenbericht zur Innovationserhebung 1993

Johannes Felder, Dietmar Harhoff, Georg Licht,
Eric Nerlinger, Harald Stahl

Dokumentation Nr. 94 - 06

C 262160

ZEW

Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung

Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft

Methodenbericht zur Innovationserhebung 1993

von

Johannes Felder, Dietmar Harhoff,
Georg Licht, Eric Nerlinger
Harald Stahl

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)

Dieser Bericht wurde im Rahmen eines Auftrages des Bundesministers für Forschung und Technologie erstellt (BMFT Projektnummer PLI 1603). Die in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse und Interpretationen liegen in der alleinigen Verantwortung der durchführenden Institute. Das BMFT hat auf die Abfassung des Berichts keine Einfluß gehabt.

Projektleiter: Dietmar Harhoff, PhD (ZEW)
 Dr. Georg Licht (ZEW)
 Menno Smid (infas)

Projektmitarbeiter: Janina Beltz (infas)
 Johannes Felder (ZEW)
 Eric Nerlinger (ZEW)
 Harald Stahl (ZEW)

Sekretariat: Heidrun Förster (ZEW)

Weitere Informationen: Dr. Georg Licht
 ZEW
 Kaisering 14-16
 D-68161 Mannheim
 Tel.: +49 621 1235 177
 Fax.: +49 621 1235 224
 Email: gli@zew.zew-mannheim.de

Mitglieder des Wissenschaftlichen Projektbeirats: Prof. Dr. H.-J. Ramser (Universität Konstanz; Vorsitzender); Herr W. Bihler (Statistisches Bundesamt); Prof. H.G. Gemünden (Universität Karlsruhe); Dr. D. Hartenstein (Deutsche Bundesbank); Priv. Doz. F. Meyer-Kramer (Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung); Dr. R. Wiechers (Verband deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e. V.)

Für seine Unterstützung möchten wir uns bei Herrn P. Hassenbach (Bundesministerium für Forschung und Technologie, Referat 125) bedanken. Wir bedanken uns bei den Mitgliedern des wissenschaftlichen Projektbeirates für hilfreiche Hinweise und kritische Kommentare. Vor allem aber möchten wir uns bei allen Unternehmen bedanken, die sich an der Umfrage beteiligt haben und deren umfangreiche Kommentare zu den gestellten Fragen uns eine unentbehrliche Hilfe bei der Bewertung des Datenmaterials waren

Bemerkung

Bei dem vorliegenden Bericht handelt es sich um eine überarbeitete Version des Berichtes an das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT). Veränderungen erfuhren dabei Kapitel 8 "Die Messung von Innovationsaktivitäten anhand von Innovations- und FuE-Intensitäten". Gingen im ursprünglichen Bericht alle Unternehmen in die Hochrechnung ein, so wurden bei der Neuberechnung eine geringe Zahl von Unternehmen mit sehr hohen Gewichten und weit überdurchschnittlichen Intensitäten aus der Hochrechnung ausgeschlossen. Außerdem wurde eine Variante der Verhältnisschätzung mit aufgenommen, deren Verwendung für kleine Stichproben empfohlen wird. Die Ergebnisse der freien Hochrechnung ohne Berücksichtigung der Schichtung werden dafür nicht mehr ausgewiesen. Eine Neubehandlung erfuhren auch die Geschäftsbereiche. Wurden sie ursprünglich zum Gesamtunternehmen aggregiert, so werden sie nun als eigenständige Unternehmen behandelt.

Inhaltsverzeichnis

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	5
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	7
<i>Tabellenverzeichnis</i>	8
<i>I. Einleitung</i>	11
1. <i>Einleitung und Überblick</i>	11
<i>II. Vorbereitung und Verlauf der Haupterhebung</i>	13
2. <i>Die Beschreibung der Grundgesamtheit der Innovationserhebung</i>	13
2.1 <i>Die ausgewählte Grundgesamtheit und ihre Repräsentativität</i>	13
2.2 <i>Der Ausweis der berücksichtigten Wirtschaftszweige nach der neuen europäischen Wirtschaftszweigsystematik</i>	16
3. <i>Konzeption und Realisierung der Bruttostichproben</i>	18
3.1 <i>Aufteilung von Großunternehmen in Geschäftsbereiche</i>	18
3.2 <i>Ziehung der Stichproben</i>	20
4. <i>Verlauf der Erhebung</i>	24
4.1 <i>Gewinnung von Kontaktpersonen in den größeren Unternehmen</i>	24
4.2 <i>Schriftliche Erhebung</i>	24
5. <i>Teilnahmeverhalten der angeschriebenen Unternehmen</i>	27
5.1 <i>Ein zweistufiges Verfahren zur Selektionskorrektur</i>	27
5.2 <i>Bestimmungsgründe des Teilnahmeverhaltens</i>	30
<i>III. Analysemethoden</i>	36
6. <i>Innovationsziele</i>	36
7. <i>Hemmnisse</i>	40
7.1 <i>Interpretation der Koeffizienten</i>	41
8. <i>Die Messung der Innovationsaktivitäten anhand von Innovations- und FuE-Intensitäten</i>	45
8.1 <i>Mittlere FuE-Intensität der Unternehmen einer Branche und FuE-Intensität einer Branche</i>	45
8.2 <i>Hochrechnungsverfahren</i>	48
8.3 <i>Geschichtete Stichproben</i>	50
8.4 <i>Hochrechnung der Intensitäten</i>	52

8.5 Schätzung der Innovationsintensitäten in den alten Bundesländern.....	56
8.6 Schätzung der FuE-Intensitäten in den alten Bundesländern.....	57
8.7 Zusammenfassung.....	57
9. Arbeitsproduktivität	61
10. Kooperationen	64
10.1 Determinanten der Kooperationstätigkeit	64
10.2 Innovationserfolg, FuE-Aufwand und Kooperationsneigung	66
IV. Anhang	71
1. Beispiel eines VVC-Reports.....	71
2. Vergleich des CIS-Fragebogens mit den Fragebögen der deutschen Innovationserhebung.....	72
3. Synopse der Wirtschaftszweige nach Verwendung im Gutachten, NACE - Rev. 1 und WZ 79	74
4. PROBIT-Analyse am Beispiel der FuE-Aktivitäten im Jahre 1992	77
4.1 Das PROBIT-Modell	77
4.2 Interpretierbarkeit der Koeffizienten.....	78
4.3 Schätzergebnisse.....	79
Verzeichnis der zitierten Literatur	83

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abweichungen der Anzahl der Unternehmen zwischen dem VVC und dem Statistischem Bundesamt in	14
Abbildung 2: Abweichungen der Anzahl der Unternehmen zwischen dem VVC und dem Statistischem Bundesamt in	14
Abbildung 3: Rücklauf der Erhebung nach Kalenderwochen	26
Abbildung 4: Auswirkung einer marginalen Erhöhung einer exogenen Variablen auf die Wahrscheinlichkeit, mit der eine bestimmte Beurteilung eines Hemmnisses erfolgt	42
Abbildung 5: Auswirkung einer marginalen Erhöhung einer exogenen Variablen auf die Wahrscheinlichkeit, mit der ein bestimmte Ereignis eintritt	79

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Die größten inländischen Unternehmen der BASF-Gruppe 1991	17
Tabelle 2:	Gliederung der BASF AG in Befragungsebenen	17
Tabelle 3:	Anzahl der Unternehmen und die gewichtete Ziehungswahrscheinlichkeit in der Bruttostichprobe nach Beschäftigtenrößenklassen	20
Tabelle 4:	Befragungseinheiten der schriftlichen Erhebung nach Bundesländern	21
Tabelle 5:	Analyse der Teilnahmewahrscheinlichkeiten	31
Tabelle 6:	Struktur der Innovationsziele	36
Tabelle 7:	Eigenwerte, Anteile und kumulierte Anteile der Faktoren der Innovationsziele	37
Tabelle 8:	Schätzergebnisse des geordneten Probit-Modells für das Hemmnis 'Gesetzgebung, rechtliche Regelungen zu restriktiv'	41
Tabelle 9:	Wahrscheinlichkeiten, mit der eine bestimmte Beurteilung des Hemmnisses 'Gesetzgebung, rechtliche Regelungen zu restriktiv' erfolgt	42
Tabelle 10:	Hypothetisches Beispiel einer Industrie	44
Tabelle 11:	Schätzer und Varianz der freien Hochrechnung und der Verhältnisschätzung	51
Tabelle 12a:	Innovationsintensitäten in Prozent in den alten Bundesländern	56
Tabelle 12b:	Intensitäten der laufenden Innovationsaufwendungen in Prozent in den alten Bundesländern	57
Tabelle 13:	FuE-Intensitäten in Prozent in den alten Bundesländern	58
Tabelle 14:	Arbeitsproduktivität	60
Tabelle 15:	FuE-Kooperation, Unternehmensgröße und Innovationsaktivität	64
Tabelle 16:	Innovationserfolg und FuE-Kooperationen - Tobit-Modelle	67
Tabelle 17:	Beispiel eines VVC-Reports	69
Tabelle 18:	Vergleich des CIS-Fragebogens mit den Fragebögen der deutschen Innovationserhebung	70
Tabelle 19:	Synopse der Wirtschaftszweige nach Verwendung im Gutachten, NACE - Rev. 1 und WZ 79	72
Tabelle 20:	Regressionsergebnisse	78

Tabelle 21:	Marginaler Effekt einer einprozentigen Erhöhung der Mitarbeiterzahl im Maschinenbau in den	78
Tabelle 22:	Wirtschaftszweigeffekte in den alten Bundesländern	79
Tabelle 23:	Vergleich der geschätzten und der tatsächlichen Anteile der Unternehmen, die 1992 in den alten	80

I. EINLEITUNG

1. Einleitung und Überblick

Die Fähigkeit, neue Produkte zu entwickeln und zu vermarkten, oder bereits existierende wesentlich zu verbessern, gewinnt für die Unternehmen in den Industriestaaten immer mehr an Bedeutung. Auch Prozeßverbesserungen und Prozeßinnovationen sind Gegenstand zahlreicher Diskussionen. Während die einen darin vor allem eine Arbeitsplatzgefährdung sehen, fordern andere radikal neue, umweltverträgliche Produktionsprozesse bzw. Logistikkonzepte.

Diese und andere Gründe haben das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) dazu veranlaßt, eine jährlich stattfindende repräsentative Erhebung "Zukunftsperspektiven der deutschen Wirtschaft" in Auftrag zu geben, die das Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft in den alten und neuen Bundesländern erfassen soll.

Die folgenden Aspekte des Innovationsverhaltens stehen in dem Bericht "Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft: Ergebnisse der Innovationserhebung 1993" im Vordergrund:

- Ziele von Innovationsaktivitäten
- Hemmnisse für die Innovationstätigkeit von Unternehmen
- die Messung der Innovationsaktivitäten und des Innovationserfolges sowie
- die Rolle von FuE-Kooperationen und ihre Bedeutung für den Innovationserfolg

Ziel des Methodenbandes soll es sein, die Vorbereitungen und den Verlauf der Haupterhebung sowie die Analysemethoden vorzustellen, die innerhalb dieses Gutachtens verwendet wurden.

Teil II des Methodenbands dokumentiert die Vorbereitungen und den Verlauf der Haupterhebung. Abschnitt 2 beschreibt die Grundgesamtheit der Innovationserhebung, Abschnitt 3 die Konzeption und Realisierung der Bruttostichproben, insbesondere die Behandlung von Großunternehmen, und Abschnitt 4 faßt den Verlauf der Erhebung zusammen. Abschnitt 5 widmet sich der Analyse der Teilnahmebereitschaft der Unternehmen und der möglichen Auswirkung von Antwortverweigerung auf die Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse.

Teil III des Berichts stellt die verwendeten Analysemethoden des Gutachtens vor.

Abschnitt 6 bezieht sich auf Abschnitt 2 des Gutachtens, "Ziele der Innovationsaktivitäten von Unternehmen". Vorgegeben wurde eine Vielzahl möglicher Ziele, deren Bedeutung von den Unternehmen mit Hilfe einer fünfstufigen Likertskala zu beurteilen war. Ausgangspunkt der Analyse war die Hypothese, daß die zur Auswahl stehenden Ziele nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können, sondern ein System von Zielen bilden, und daß sich

dieses System auf eine geringere Zahl alternativ formulierter Ziele reduzieren läßt. Gebildet wurden diese alternativen Ziele mit Hilfe der Faktoranalyse.

Abschnitt 7 beschreibt die Analyse der Innovationshemmnisse. Im Gutachten war dies der Inhalt des Abschnitts 6. Obwohl hier derselbe Typ von Frage verwendet wurde wie bei der Erfassung der Ziele, wurde eine völlig andere Analysemethode verwendet. Ausgangspunkt war die Überlegung, daß sich hinter der Bewertung der Hemmnisse eine latente, stetige Variable verbirgt. Es gibt Schwellenwerte, die mit der Likertskala korrespondieren. Übersteigt die latente Variable beispielsweise den mit 'große Bedeutung' korrespondierenden Schwellenwert, wird auf der Likertskala 'große Bedeutung' angekreuzt. Die latente Variable hängt von wirtschaftszweig- und unternehmensspezifischen Größen ab. Unter diesen Annahmen läßt sich die latente Variable mit Hilfe eines geordneten Wahrscheinlichkeitsmodells analysieren.

Die Abschnitte 8 und 9 beziehen sich auf Abschnitt 4 des Gutachtens "Die Messung der Innovationsaktivitäten und des Innovationserfolges". Der Gegenstand von Abschnitt 8 ist der Innovationsinput. Im Gutachten wurde der Innovationsinput mit Hilfe der Innovations-, der FuE- und der Investitionsintensität beschrieben. Die Intensitäten wurden alleine für die Stichprobe ermittelt, da noch keine Hochrechnungen vorlagen. Um die unterschiedliche Gewichtung der Unternehmen in der Grundgesamtheit wenigstens ansatzweise zu berücksichtigen, wurden zwei Varianten der Intensitätsberechnung verwendet. Diese Varianten werden an einem Beispiel nochmals erläutert. Außerdem werden hier nun Hochrechnungsverfahren und Schätzungen verschiedener Intensitäten getrennt nach Wirtschaftszweigen für die alten Bundesländer vorgestellt. Abschnitt 9 widmet sich der Schätzung der Arbeitsproduktivitäten.

Abschnitt 10 schließlich beschreibt die Vorgehensweise bei der Analyse der Kooperationen. Diese waren Gegenstand des Abschnitts 5 im Gutachten.

II. VORBEREITUNG UND VERLAUF DER HAUPTERHEBUNG

2. Die Beschreibung der Grundgesamtheit der Innovationserhebung

2.1 Die ausgewählte Grundgesamtheit und ihre Repräsentativität

Die Grundlage für die Bildung der interessierenden Grundgesamtheit mit den rechtlich selbständigen Unternehmen als Elementen ist das Anschriftenmaterial des Verbandes der Vereine Creditreform (VVC). Mit einem Bestand von ca. 1,7 Millionen Unternehmen in den alten und ca. 240.000 Unternehmen in den neuen Ländern verfügt der VVC über die umfassendste Unternehmensdatenbank.¹

Die interessierende Erhebungsgesamtheit umfaßt weitgehend das Produzierende Gewerbe sowie ausgewählte Bereiche des Dienstleistungssektors. Da den in der VVC-Datei erfaßten Unternehmen die entsprechende Wirtschaftszweignummer gemäß der "WZ 79" des Statistischen Bundesamtes zugeordnet ist, konnten die Unternehmen der genannten Bereiche ermittelt werden. Diese Unternehmen, ca. 245.000 in Westdeutschland und 28.500 in Ostdeutschland², wurden 50 Wirtschaftszweigen zugeordnet.

In der Vorhabenbeschreibung wurde die Repräsentativität der VVC-Daten anhand der Daten der Arbeitsstättenzählung des Statistischen Bundesamtes von 1987 geprüft. Um die aktuelle Repräsentativität der Datenbasis zu überprüfen, wurden die vom Statistischen Bundesamt für Dezember 1992 veröffentlichten Angaben für Unternehmen mit mindestens 20 Beschäftigten aus dem Bergbau und dem Verarbeitenden Gewerbe herangezogen. Es zeigte sich, daß das Statistische Bundesamt für Ost- bzw. Westdeutschland 5% bzw. 7% weniger Unternehmen mit mindestens 20 Beschäftigten in den verglichenen Wirtschaftszweigen als der VVC auswies. Die Abbildungen 1 und 2 veranschaulichen das Ausmaß der Abweichung auf der Basis von 43 Wirtschaftszweigen³. Abgebildet wird jeweils die Anzahl der Wirtschaftszweige, die in die einzelnen Abweichungsintervalle fallen. Dabei geben negative Werte eine Untererfassung, positive eine Übererfassung an. So zeigt z.B. die Abbildung 1, daß in 15 Wirtschaftszweigen die Angaben des VVC um maximal 10% nach unten bzw. oben von den Angaben des Statistischen Bundesamtes abweichen. Da das Statistische Bundesamt die Daten für Ostdeutschland

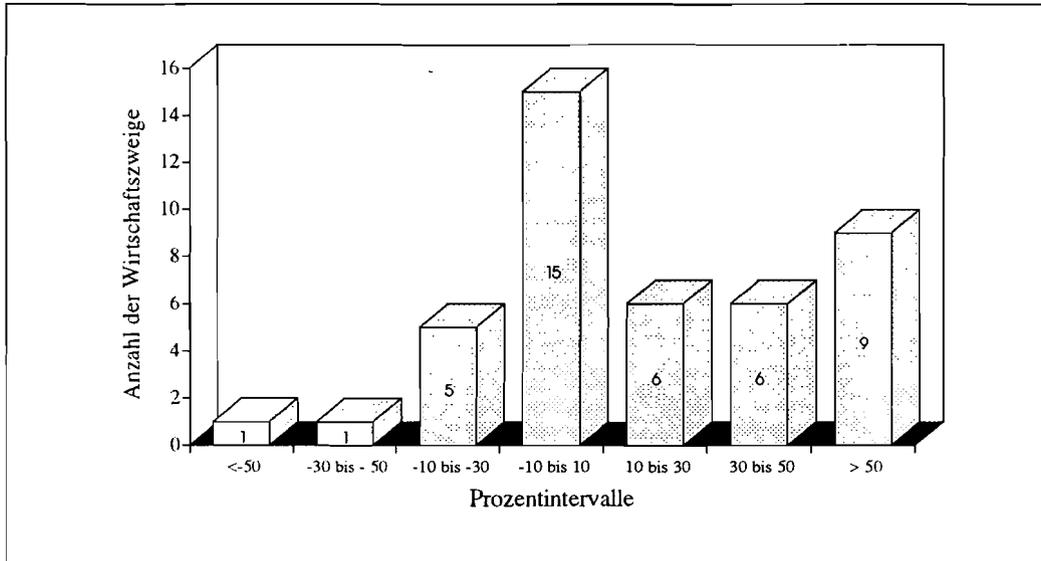
¹ Die Arbeitsstättenzählung des Statistischen Bundesamtes 1987 ermittelte ca. 2 Millionen Unternehmen.

² Unter Westdeutschland werden die alten Bundesländer einschließlich Westberlin, unter Ostdeutschland die neuen Bundesländer und Ostberlin verstanden.

³ Ursprünglich sollten statt 50 nur 43 Wirtschaftszweige gebildet werden. Aufgrund von Überlegungen im Zusammenhang mit der NACE-Rev. 1 - Klassifikation wurden dann 50 Wirtschaftszweige gebildet.

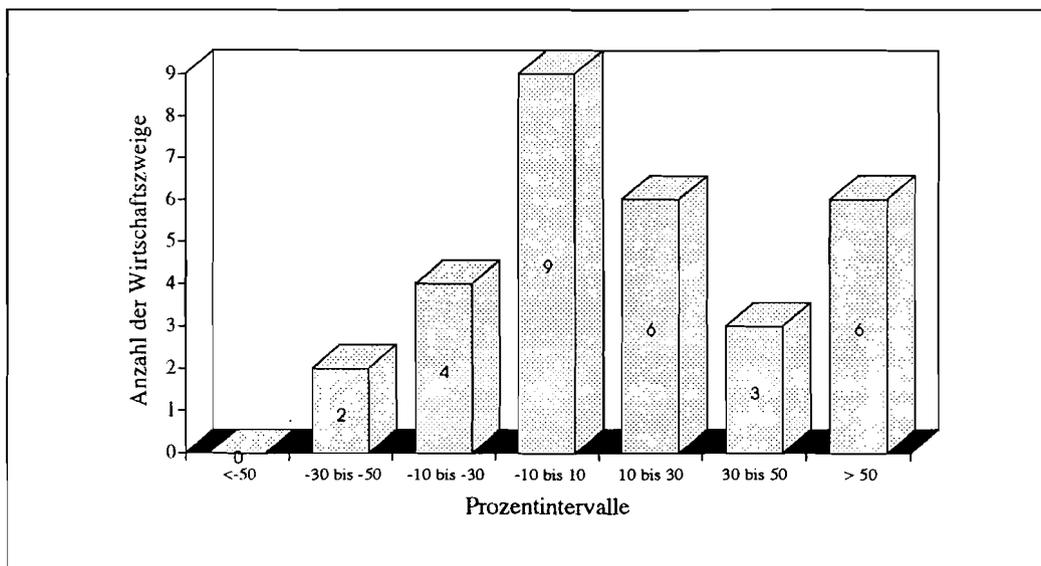
auf einem höher aggregierten Niveau der Wirtschaftszweige ausweist, konnte der Vergleich hier nur für 30 aggregierte Wirtschaftszweige durchgeführt werden.

Abbildung 1: Abweichungen der Anzahl der Unternehmen zwischen dem VVC und dem Statistischem Bundesamt in Prozent auf der Basis von 43 Wirtschaftszweigen in Westdeutschland



Quelle: ZEW (1993)

Abbildung 2: Abweichungen der Anzahl der Unternehmen zwischen dem VVC und dem Statistischem Bundesamt in Prozent auf der Basis von 30 Wirtschaftszweigen in Ostdeutschland



Quelle: ZEW (1993)

In einzelnen Wirtschaftszweigen liegt eine erhebliche "Übererfassung" vor. In der Mehrzahl der Wirtschaftszweige halten sich die Erfassungsfehler des VVC jedoch in Grenzen. Für die Abweichungen lassen sich mehrere plausible Erklärungen angeben. Eine Ursache der "Übererfassung" dürfte darin zu suchen sein, daß der VVC den in den letzten Jahren aufgetretenen Rückgang der Unternehmen insgesamt bzw. der Unternehmen mit mindestens 20 Beschäftigten nur unzureichend erfaßte und die VVC-Daten daher eine Reihe von "Karteileichen" enthalten.⁴ Dies erscheint plausibel, da unter den Wirtschaftszweigen mit den höchsten Abweichungen sich diejenigen befinden, in denen in den letzten Jahren aufgrund von Fusionen, Stillelegungen u.ä. die Unternehmenszahlen relativ am stärksten geschrumpft sind, z.B. Eisen- und Stahlerzeugung, Ziehereien und Kaltwalzwerke, Stahlverformung und Mechanik. Belegen läßt sich diese Aussage durch die Haupterhebung allerdings nicht. Betrachtet man hier wirtschaftszweigspezifisch den Anteil der Unternehmen, die sich in Liquidation befanden, oder die unter der angegebenen Adresse nicht zu erreichen waren, an allen Unternehmen der Stichprobe, dann gehören die letztgenannten Wirtschaftszweige eher zu den unproblematischen Fällen. Die Probleme liegen hier bei den Wirtschaftszweigen "Herstellung von Büromaschinen und Datenverarbeitungsgeräten" (7,8%), "Spezialbau" (7,5%), "Bekleidungs-gewerbe" (7,2%), "Bergbau (7,1%)", "Feinkeramik" (6,5%) und "Datenverarbeitung" (6,3%)⁵. Ein weiterer Grund könnte sein, daß eine Reihe von Unternehmen durch Beschäftigungsabbau unter die untere Grenze von 20 Beschäftigten "gerutscht" sind und dies noch nicht vom VVC erfaßt wurde. Ähnliche Probleme bilden Schwerpunktverlagerungen von Unternehmen, die vom VVC möglicherweise nicht adäquat erfaßt werden. Desweiteren treten Abweichungen auf, weil die korrekte Einordnung der Unternehmen in die Wirtschaftszweigsystematik - insbesondere auf der Ebene der 4-stelligen Wirtschaftszweige - im Maschinenbau und in der Elektrotechnik nicht immer ganz einfach ist. Ein Beleg für das letzte Argument ist, daß auf der Ebene der 4-Steller größere Abweichungen zu verzeichnen sind als auf 2-Steller-Ebene. Schließlich gibt es in den VVC-Datenbeständen Unternehmen, die doppelt erfaßt wurden. Dies kann geschehen, wenn bei einem der Einträge mit einem "falschen" Unternehmensnamen gearbeitet wird, unter diesem "falschen" Namen eine neue Crefo-Nummer vergeben wird und damit ein "neues" Unternehmen entsteht (z.B. Systemtechnik GmbH und Szstemtechnik GmbH), oder wenn während einer Recherche der Bearbeiter in den lokalen VC's wechselt und der neue Bearbeiter einem neuen Unternehmen zum zweiten Mal eine Crefo-Nummer vergibt.⁶ Allerdings wurden in der Haupterhebung nur bei 0,7% der Unternehmen Mehrfachzählungen festgestellt.

⁴ Den Angaben des Statistischen Bundesamtes zu Folge ergibt sich ein über 11 % betragender Rückgang der Unternehmen mit mindestens 20 Beschäftigten in diesem Bereich von 1987 bis Dezember 1992.

⁵ Der hohe Wert bei Softwareunternehmen läßt sich dadurch erklären, daß es hier zu häufigen Neugründungen und Schließungen kommt. Ist ein neugegründetes Unternehmen erfolgreich, wird es vermutlich expandieren, was zu einer Verlagerung des Unternehmenssitzes führen kann.

⁶ Bei einem kürzlich durchgeführten Abgleich auf doppelte Einträge wurden für den ostdeutschen Datenbestand von ca. 240.000 Unternehmen etwa 500 doppelte Einträge gefunden.

2.2 Der Ausweis der berücksichtigten Wirtschaftszweige nach der neuen europäischen Wirtschaftszweigsystematik

Um den internationalen Vergleich der Daten zu erleichtern, sollten die Ergebnisse der Haupterhebung für einzelne Wirtschaftszweige auf der Basis der NACE-Rev. 1-Klassifikation dargelegt werden. Deshalb wurden die berücksichtigten Unternehmen den Wirtschaftszweigen in der Abgrenzung dieser Klassifikation vorwiegend auf der Zweistellerebene zugewiesen. Aufgrund der WZ 79-Fünfstellerkennzeichnung der Unternehmen ist dies weitestgehend möglich. Allerdings entstehen Probleme bei einigen fünfstelligen Wirtschaftszweigen, die mehreren verschiedenen Zweistellern der NACE Rev. 1- Klassifikation zugeordnet werden können.⁷ Ohne genaue Information, was die Unternehmen aus diesen Branchen im Einzelfall produzieren, ist hier keine korrekte Zuordnung möglich. Für die Unternehmen aus diesen problematischen Bereichen, die an der Umfrage teilgenommen haben, erfolgte anhand der Information in den VVC-Textfeldern⁸ oder durch die Angaben der Unternehmen über ihre wichtigste Produktgruppe die korrekte Einteilung.

Neunundzwanzig vorwiegend zweistellige Wirtschaftszweige nach der NACE-Rev.1-Klassifikation sind durch die Auswahl der Grundgesamtheit ausreichend abgedeckt: Der Abschnitt "Bergbau und Gewinnung von Steinen" wurde zu einem Wirtschaftszweig zusammengefaßt. Die 22 zweistelligen Wirtschaftszweige des Verarbeitenden Gewerbes werden nahezu vollständig durch die Innovationserhebung erfaßt und jeweils als Wirtschaftszweig ausgewiesen. Nur der Unterabschnitt "Rückgewinnung" und die Gruppe "Verlagsgewerbe" sind nicht enthalten. Der Abschnitt "Energie- und Wasserversorgung" wurde zu einem Wirtschaftszweig zusammengefaßt. Die aus dem Baugewerbe berücksichtigten Unternehmen gehören vorwiegend der Gruppe "Hoch- und Tiefbau" an.

Aus dem Dienstleistungsbereich wurden zum einen Branchen ausgewählt, in denen es empirische Hinweise für hohe Innovationsaktivitäten gibt. Diese Branchen lassen sich drei NACE-Wirtschaftszweigen aus dem Abschnitt K zuordnen. Es handelt sich dabei um die Unterabschnitte "Datenverarbeitung und Datenbanken" und "Forschung und Entwicklung" sowie zusammengefaßt die Gruppen "Architektur- und Ingenieurbüros", "Technische, physikalische und chemische Untersuchung". Zum anderen wurde aus dem Dienstleistungsbereich die Abteilung "Abwasser- und Abfallbeseitigung und sonstige Entsorgung" aus dem Abschnitt O ausgewählt, weil hier vermutlich verstärkt Innovationsanstrengungen unternommen werden.

Nach Abschluß der Befragung erwies sich der Rücklauf als zu gering für eine ausreichende Bestzung der 29 NACE - Wirtschaftszweige. Deshalb wurden die 29 Wirtschaftszweige zu 21

⁷ Als Basis der Zuordnung dienten EUROSTAT (1992a), Statistisches Bundesamt (1992).

⁸ Ein stilisierter Datensatz auf der Basis der VVC-Daten ist im Anhang 1 wiedergegeben.

Wirtschaftszweigen zusammengefaßt. Eine Synopse der Wirtschaftszweige nach den verschiedenen Klassifikationen zeigt Anhang 3.

3. Konzeption und Realisierung der Bruttostichproben

3.1 Aufteilung von Großunternehmen in Geschäftsbereiche

Wie in mehreren Vorgesprächen mit Großunternehmen deutlich wurde, können verschiedene Fragen auf der Gesamtunternehmensebene kaum beantwortet werden. Zudem lassen sich eventuell angegebene Durchschnittswerte nur schwer interpretieren bzw. der Informationsgehalt dieser Durchschnitte ist sehr gering, da die heterogenen Unternehmensaktivitäten mit ihren spezifischen Bedingungen sich in diesen Durchschnittswerten nicht mehr widerspiegeln.

Dies läßt sich am Beispiel des Abschnittes "Innovationshemmnisse" verdeutlichen: Während für einen Geschäftsbereich das wichtigste Innovationshemmnis "zu lange Verwaltungsverfahren" ist (z.B. in Form der Zulassungsgenehmigung für neue Produkte), könnte für einen anderen Bereich dies völlig bedeutungslos sein und dagegen die "mangelnde Innovationsbereitschaft der Kunden" das größte Hemmnis darstellen. Welches Innovationshemmnis dabei für das Unternehmen größere Bedeutung besitzt bzw. wie das einzelne Hemmnis auf der Gesamtunternehmensebene bewertet werden soll, dürfte eine kaum lösbare Aufgabe für den Beantworter sein. Die mögliche Reaktion könnte im günstigsten Fall ein Item-Non-Response sein, da für den Beantworter klar ist, daß ein Durchschnittswert für den außenstehenden Beobachter kaum noch Informationen enthält. Wenn der Beantworter diese Vorbehalte auf die gesamte Untersuchung überträgt, könnte auch eine Total-Non-Response die Folge sein. Andererseits stellt die Angabe von quantitativen Informationen (z.B. Umsätzen, Auslandsumsätzen, Beschäftigte, FuE-Aufwendungen) auf Gesamtunternehmensebene relativ geringe Probleme dar, da diese Informationen sehr häufig im Geschäftsbericht zu finden sind. Auf der Ebene von Geschäftsbereichen sind diese quantitativen Angaben nur z.T. ohne größeren Aufwand verfügbar.

Um zu prüfen, inwieweit es möglich ist bzw. inwieweit eine hinreichende Bereitschaft auf Seiten der Unternehmen besteht, Fragen unterhalb der Gesamtunternehmensebene zu beantworten, wurde eine "Fallstudie" bei der BASF und einem weiteren Großunternehmen durchgeführt. Am Beispiel der BASF läßt sich die Vorgehensweise und die für die Untersuchung gewählte "Disaggregationsebene" verdeutlichen. Gemäß dem Geschäftsbericht 1991 weist die BASF-Gruppe die in der Tabelle 1 abgebildete (inländische) Konzernstruktur auf. Da jedes rechtlich-selbständige Unternehmen eine eigenständige Befragungseinheit darstellt, erhalten neben der BASF AG, der Konzernmuttergesellschaft, auch die in der Tabelle genannten Töchter mindestens einen Fragebogen. Da das rechtlich selbständige Unternehmen die Erfassungseinheit der VVC-Datenbestände ist, sind diese Töchter bereits als eigenständige Befragungseinheiten im Ausgangsmaterial vorhanden.

Tabelle 1: Die größten inländischen Unternehmen der BASF-Gruppe 1991

Unternehmen	Umsatz (Mio. DM)	Beschäftigte
BASF-Gruppe (Welt)	46.626,2	128.105
davon:		
BASF AG, Ludwigshafen	20.403,7	54.351
Wesentliche Inlandsbeteiligungen:		
● Kali und Salz AG, Kassel	1.365,9	7.192
● BASF Lacke + Farben AG, Münster	1.668,5	6.164
● Knoll AG, Ludwigshafen	1.149,0	4.081
● BASF Magnetics GmbH, Ludwigshafen	1.425,4	3.692
● Rhein. Olefinwerke GmbH, Wesseling	2.088,4	2.971
● Wintershall AG, Celle/Kassel,	5.647,3	2.750
● Elastogran GmbH, Lemförde	1.097,3	1.729

Quelle: Geschäftsbericht der BASF

Alle in der obigen Tabelle angeführten Unternehmen der BASF-Gruppe sind auf Grund ihrer Größe auf die Heterogenität ihrer Produktions- und Produktstruktur zu überprüfen. In Tabelle 1 ist die Struktur der Muttergesellschaft BASF AG beispielhaft dargestellt. Eine Aufspaltung nach Produktbereichen oder Produktgruppen würde sicherlich zu den detailliertesten Angaben führen. Wegen des enormen Aufwands für das Unternehmen, (20 Unternehmensbereiche bzw. 120 Produktbereiche bei der BASF) und der Sensibilität solch disaggregierter Daten, sind die Unternehmen nicht bereit, Daten unterhalb der Ebene von breiten Geschäftsfeldern zur Verfügung zu stellen. Die BASF würde man somit in die fünf in Tabelle 2 aufgeführten breit abgegrenzten "Arbeitsgebiete" aufgliedern.

Tabelle 2: Gliederung der BASF AG in Befragungsebenen

Arbeitsgebiete	Produkte für die Landwirtschaft	Kunststoffe und Kunstfasern	Chemikalien	Farbstoffe und Veredlungsstoffe	Verbraucherprodukte
<i>Unternehmensbereiche (20)</i>	Pflanzenschutz Düngemittel	Polyolefine und PVC Technische Kunststoffe Schaumstoffe Polyurethane Verbundwerkstoffe	Chem. Grundstoffe Zwischenprodukte Industriechemikalien Feinchemikalien Faservorprodukte	Produkte für die Textil- und Druckfarben- industrie Spezialchemikalien Dispersionsfarben	Fahrzeuglacke Druckfarben Pharma
<i>Produktbereiche (ca. 120)</i>					
<i>Produkt-hauptgruppen</i>					
<i>Produkt-untergruppen</i>					
<i>Produkte (ca.. 45000)</i>	Nitrophoska Floranid	Novolen Ultrason Palapreg	Polytetrahydrofuran Zinkchlorid	Palanil Paliocrom	Ephedrin

Quelle: ZEW (1993)

Analog zum oben dargelegten Beispiel wurden die Unternehmen der Bruttostichprobe mit mindestens 1000 Beschäftigten einer Prüfung auf Heterogenität ihrer Geschäftsaktivitäten unterzogen. Als Informationsquellen wurden dabei neben den jährlichen Geschäftsberichten der publizitätspflichtigen Gesellschaften die Textergänzungsfelder in den VVC-Daten sowie die "Hoppenstedt" Handbücher der Großunternehmen und der mittelständischen Unternehmen verwendet. Schließlich wurden auch in einzelnen Fällen über Telefongespräche mit den Unternehmen die notwendigen Daten gewonnen. Da für die Großunternehmen aus Ostdeutschland nicht genügend Informationen vorhanden sind, konnte diese Aufspaltung nur für westdeutsche Unternehmen durchgeführt werden. Insgesamt wurden ca. 80 Unternehmen in Geschäftsbereiche aufgespalten. Daraus resultierten dann ca. 370 Geschäftsbereiche. Die maximale Anzahl der Geschäftsbereiche pro Unternehmen beträgt 18, die minimale Anzahl zwei.

Jeder dieser Unternehmensbereiche wird wie eine selbständige Befragungseinheit behandelt. Allerdings können über eine spezielle Kennzeichnung die einzelnen Bereiche jederzeit wieder zum Gesamtunternehmen zusammengefügt werden. Gleichzeitig impliziert dieses Vorgehen auch, daß Großunternehmen durch die Befragung überdurchschnittlich belastet werden. Daher kommt es vor, daß manche Unternehmen nur einen Fragebogen für das gesamte Unternehmen ausgefüllt haben und nicht der von uns vorgesehenen Aufteilung folgten.

Überraschenderweise haben allerdings auch Unternehmen von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, für einen Geschäftsbereich zu antworten, die aufgrund ihrer Größe gar nicht dafür vorgesehen waren. So haben kleine Unternehmen, die ihre Produkte selbst vertreiben, wie es scheint, mitunter nur für den produzierenden Teil des Unternehmens geantwortet. Dies läßt sich deshalb vermuten, da diese Unternehmen angegeben haben, nur für einen Geschäftsbereich zu antworten und gleichzeitig eine geringere Beschäftigtenzahl nennen als der VVC.

3.2 Ziehung der Stichproben

Für Westdeutschland und Ostdeutschland wurden separate Stichproben gezogen. Zur Ermittlung der beiden Bruttostichproben (= die Unternehmen, denen ein oder mehrere Fragebögen zugeschickt werden) wurde eine Einteilung der Unternehmen nach 50 drei- bzw. vierstelligen Wirtschaftszweigen der WZ 79 gewählt. Die NACE-Rev. 1 - Klassifikation war für die Bundesrepublik zum Zeitpunkt der Stichprobenziehung nur in groben Zügen bekannt. Die starke Aufspaltung der Wirtschaftszweige wurde in der Hoffnung vorgenommen, nach Bekanntwerden der NACE-Rev. 1 durch Aggregation der NACE entsprechende Wirtschaftszweige bilden zu können. Wie sich nachträglich herausstellte, war dies nur in geringem Umfang möglich, so daß die meisten Wirtschaftszweige nachträglich wieder aufgespalten werden mußten. Die Unternehmen aus den 50 Wirtschaftszweigen wurden acht Beschäftigtengrößenklassen zugeordnet. Daher konnten auch die Unternehmen, bei denen die Beschäftigten- oder Wirtschaftszweigangaben in den ZEW-Datenbeständen fehlten, bei der Ziehung der Brutto-

stichproben nicht berücksichtigt werden. Unternehmen der kleinsten Größenklasse (weniger als fünf Beschäftigte) wurden nicht berücksichtigt. Die acht Größenklassen wurden deshalb gebildet, da signifikante Unterschiede zwischen großen, mittleren und kleinen Unternehmen vermutet wurden. Es war allerdings nicht von vornherein klar, bei welcher Beschäftigtenzahl die Grenzen zu ziehen sind. Die Ergebnisse des Pretestes standen zu spät zur Verfügung, als daß sie noch hätten berücksichtigt werden können. Außerdem war der Pretest nicht auf die Feststellung der Größenklassenschichtung angelegt, sondern als Test des Erhebungsinstruments.⁹ Damit verblieben aus den VVC-Datenbeständen 106.772 Unternehmen in Westdeutschland und 19.547 Unternehmen in Ostdeutschland.

Für alle Unternehmen der Stichprobe für Westdeutschland lieferte der VVC Ende April 1993 die bis zu diesem Zeitpunkt aktualisierten Datensätze. Eine Überprüfung auf Negativmerkmale¹⁰ und zwischenzeitlich durchgeführte Unternehmensschließungen führte dazu, daß aus der Stichprobe für Westdeutschland 253 Unternehmen herausgenommen werden mußten. Es verblieben damit noch 12579 Unternehmen. Zusammen mit den Aufspaltungen der Großunternehmen ergaben sich daraus 12861 Befragungseinheiten für die schriftliche Erhebung.

In West- bzw. Ostdeutschland entspricht dies 8% bzw. 22% des jeweils berücksichtigten Unternehmensgesamtbestandes. Die Unternehmen aus den einzelnen Zellen wurden disproportional gezogen. Ein Grund dafür war, daß eine Mindestbesetzung der Zellen auch in der realisierten (Netto)stichprobe erreicht werden sollte. Wie der Pretest nachträglich bestätigte, steigt die Teilnahmebereitschaft mit der Unternehmensgröße.¹¹ Somit müssen aus den Zellen der kleineren Beschäftigungsgrößenklassen entsprechend mehr Unternehmen ausgewählt werden. Tabelle 3 weist für die einzelnen Beschäftigungsklassen die durchschnittliche Ziehungswahrscheinlichkeiten in den Zellen aus.¹²

⁹ Ein Vergleich des CIS-Fragebogens mit den Fragebögen der deutschen Innovationserhebung findet sich in Anhang 2.

¹⁰ Durch ein Negativmerkmal wird beispielsweise kenntlich gemacht, ob sich ein Unternehmen in Liquidation oder im Vergleich befindet.

¹¹ Die Rücklaufquote einer in der Schweiz 1990 durchgeführte Innovationserhebung betrug bei Unternehmen mit 1-49 Beschäftigten ca. 21%, 50-199 Beschäftigten ca. 29%, über 200 Beschäftigten ca. 33%. (vgl. Arvanitis u.a. 1992)

¹² Es handelt sich dabei um die mit der Anzahl der Unternehmen gewichteten Durchschnitte.

Tabelle 3: Anzahl der Unternehmen und die gewichtete Ziehungswahrscheinlichkeit in der Bruttostichprobe nach Beschäftigtengrößenklassen

Einteilung der Unternehmen in der Bruttostichprobe in Beschäftigtengrößenklassen: Unternehmen mit:	Anzahl der Unternehmen in Westdeutschland	durchschnittliche Ziehungswahrscheinlichkeit in % in Westdeutschland	Anzahl der Unternehmen in Ostdeutschland	durchschnittliche Ziehungswahrscheinlichkeit in % in Ostdeutschland
1-4 Beschäftigte	-	-	-	-
5-19 Beschäftigte	1616	3,0	795	7,8
20-49 Beschäftigte	1510	5,6	925	21,0
50-99 Beschäftigte	1164	9,8	655	31,1
100-249 Beschäftigte	1354	15,8	941	53,0
249-499 Beschäftigte	1125	37,5	489	87,3
500-999 Beschäftigte	849	61,2	247	100
1000 Beschäftigte und mehr	951	80,1	211	100
Gesamte Bruttostichprobe	8569	8,0	4263	21,8

Quelle: ZEW/infas (Stand Mai 1993): Mannheimer Innovationspanel

Wie die obige Tabelle zeigt, enthält die Nettostichprobe viele Kleinunternehmen. Die Ziehungswahrscheinlichkeit allerdings steigt mit der Unternehmensgröße an. In den beiden höchsten Größenklassen befinden sich in der Stichprobe im Westen ca. die Hälfte bzw. nahezu zwei Drittel aller VVC-erfaßten Unternehmen. Die Stichprobe für Ostdeutschland berücksichtigt - mit Ausnahme des Baugewerbes - alle Unternehmen der obersten Größenklassen. Die höhere Ziehungswahrscheinlichkeit im Osten basiert auf der Überlegung, daß gerade im Bereich der größeren Unternehmen der Umstrukturierungsprozeß noch nicht abgeschlossen und daher mit einer höheren Panelmortalität zu rechnen ist. Die Ziehungswahrscheinlichkeit schwankt zwischen den Wirtschaftszweigen. In Wirtschaftszweigen mit sehr wenigen Großunternehmen (z.B. Kfz-Herstellung) wurden auch im Westen alle Unternehmen in die Stichprobe aufgenommen.

Ein zweiter Grund für die disproportionale Ziehung liegt darin, daß aus Zellen, in denen die Innovationsaktivitäten sehr heterogen sind, überproportional gezogen werden sollte, um trotz der Heterogenität sichere Ergebnisse aus der Haupterhebung gewinnen zu können.¹³ Als Indikator für die Unterschiede in den Innovationsaktivitäten der Unternehmen aus einer Zelle wurde die Standardabweichung in der (Arbeits-)Produktivität auf der Basis aller einer Zelle zugeordneten Unternehmen gewählt. Da sich in dieser Größe primär Prozeßinnovationen niederschlagen dürften, wurden auch die Wirtschaftszweige überproportional besetzt, die dem

¹³ Die Qualität der Hochrechnung für eine Zelle, einen Wirtschaftszweig oder für die Grundgesamtheit hängt vom Stichprobenzufallsfehler ab, der durch den Stichprobenumfang verringert und durch die Streuung der Merkmalswerte in den Zellen, Wirtschaftszweigen oder Grundgesamtheit vergrößert wird.

Bereich der höheren Technik und der Spitzentechnik zuzurechnen sind¹⁴. Die Anzahl der Befragungseinheiten, d.h. die Unternehmen bzw. die Geschäftsbereiche der Großunternehmen, in den einzelnen Wirtschaftszweigen der Innovationserhebung gemäß der NACE-Rev. 1-Systematik kann der Tabelle 20 im Anhang entnommen werden.

Tabelle 4 zeigt eine Aufgliederung der beiden Stichproben nach Bundesländern¹⁵, wobei die Geschäftsbereiche der aufgespaltenen Unternehmen nach dem Land des Unternehmenssitzes zugeordnet sind. Die Gliederung nach Bundesländern entspricht der europäischen Regionalgliederung auf dem NUTS1-Niveau (vgl. EUROSTAT 1992b). In etwa spiegelt diese Verteilung auch den Anteil der Bundesländer am Unternehmensbestand wider. Dies läßt sich auch innerhalb einzelner Wirtschaftszweige belegen. Abweichungen von der vom Statistischen Bundesamt ausgewiesenen Verteilung gehen im wesentlichen auf die unterschiedliche Größenklassenstruktur der einzelnen Bundesländer und auf die Unterschiede in der Industriestruktur zurück, da mit unterschiedlichen Ziehungswahrscheinlichkeiten für die Größenklassen und die Industriezweigen gearbeitet wurde.

Tabelle 4: Befragungseinheiten der schriftlichen Erhebung nach Bundesländern

Bundesländer (West)	Anzahl	Anteil	Bundesländer (Ost)	Anzahl	Anteil
Baden-Württemberg	1756	13,65	Brandenburg	617	4,80
Bayern	1571	12,22	Berlin-Ost	163	1,27
Berlin-West	293	2,28	Mecklenburg-Vorpommern	266	2,07
Bremen	113	0,88	Sachsen	1686	13,11
Hamburg	24	0,19	Sachsen-Anhalt	664	5,16
Hessen	781	6,07	Thüringen	866	6,73
Niedersachsen	758	5,89			
Nordrhein-Westfalen	2587	20,12			
Rheinland-Pfalz	382	2,97			
Saarland	97	0,75			
Schleswig-Holstein	237	1,84			
<i>West</i>	8599	66,86	<i>Ost</i>	4262	33,14
Gesamt				12861	100,00

Quelle: ZEW /infas (Stand Mai 93): Mannheimer Innovationspanel

¹⁴ Als Basis für die Abgrenzung wurde die NIW/ISI-Liste benutzt (vgl. Legler u.a. 1992).

¹⁵ Die Geschäftsbereiche der aufgespaltenen Unternehmen sind nach dem Land des Unternehmenssitzes zugeordnet.

4. Verlauf der Erhebung

4.1 Gewinnung von Kontaktpersonen in den größeren Unternehmen

Die Vorbereitungen für die Feldarbeit wurden Mitte April 1993 abgeschlossen. Am Beginn der Feldphase stand die telefonische Kontaktaufnahme mit den Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten. Im Rahmen dieser computergestützten Telefoninterviews wurden

- geeignete Ansprechpartner in den Unternehmen gesucht,
- die vom ZEW erarbeiteten Vorschläge zur Aufspaltung der Großunternehmen in Geschäftsbereiche im Gespräch mit den Unternehmen überprüft,
- weitere Großunternehmen, die bislang aufgrund fehlender Detailinformationen noch nicht in Geschäftsbereiche zerlegt werden konnten, in Geschäftsbereiche aufgeteilt,
- das vorhandene Adressenmaterial aktualisiert und im Fall von Geschäftsbereichen neu aufgenommen.

Es wurden ca. 4.400 Interviews durchgeführt. In diesen Interviews verweigerten bereits 217 Unternehmen die Teilnahme an der Untersuchung. Einige weitere Unternehmen waren am Telefon nicht zur Weitergabe der Namen von Beschäftigten bereit. In diesen Fällen wurden die Anschreiben an die Geschäftsführung bzw. Bereichsleitung gerichtet.

4.2 Schriftliche Erhebung

Anfang Mai 1993 wurden 12.861 Fragebögen mit einem Anschreiben des BMFT sowie einem Anschreiben der beiden Institute verschickt. Insgesamt zeigte sich ein gleichmäßiger Rücklauf innerhalb der einzelnen Wirtschaftszweige und Größenklassen der Stichprobe, wobei die Gesamtzahl der ausgefüllten Fragebögen weniger befriedigend war. Kleine Unternehmen antworteten erheblich schneller. Erste Kontakte mit den Unternehmen zeigten, daß der Entscheidungsprozeß innerhalb der Großunternehmen, ob sie sich an der Umfrage beteiligen oder nicht, sehr lange dauert. Es wurde daher sehr schnell klar, daß die anvisierte Feldzeit von ca. 10 Wochen nicht ausreicht, da alleine für diesen Entscheidungsprozeß ca. 4 Wochen eingeplant werden müssen.

Auf Basis der von den Unternehmen in der Piloterhebung vorgenommenen Schätzungen über die "Durchlaufzeit"¹⁶ des Fragebogens in den Unternehmen wurde ca. 4 Wochen später ein erstes Erinnerungsschreiben an die Unternehmen versandt. In der letzten Juniwoche wurde das zweite Erinnerungsschreiben an die Befragungseinheiten verschickt. Diesem Schreiben wurde erneut ein Fragebogenexemplar beigelegt. Als Reaktion auf dieses Anschreiben begann sich

¹⁶ An der Beantwortung der Fragebögen sind in der Regel in den Unternehmen mehrere Personen beteiligt. Bei ca. der Hälfte der Fälle dürften - gemäß den Ergebnissen der Piloterhebung - die benötigten Informationen durch 'Umlauf' des Fragebogen im Unternehmen beschafft werden.

eine stärkere Ausdifferenzierung des Antwortverhaltens der Unternehmen nach Größenklassen und Wirtschaftszweigen abzuzeichnen. In dieser Phase antworteten verstärkt größere Unternehmen und Unternehmen aus innovativen Wirtschaftsbereichen.

Von einer großen Zahl von Unternehmen lag bis Ende Juli keine Rückmeldung vor. Daher wurde eine weitere Erinnerungsaktion konzipiert und im Lauf des Monats August durchgeführt. Diese Aktion sollte

- bisher unschlüssige Unternehmen von der Wichtigkeit des Projektes überzeugen und zur Teilnahme bewegen sowie
- Gründe für die Nichtteilnahme an der Untersuchung aufdecken. Insbesondere sollen "harte" Verweigerer von solchen Nichtteilnehmern getrennt werden, die sich aus aktuellen Gegebenheiten heraus nicht an der Untersuchung beteiligen.

Beide Ziele lassen sich am besten im Rahmen von Gesprächen realisieren. In Anbetracht der hohen Anzahl von Unternehmen war dies aber weder finanzierbar noch zeitlich machbar. Da insbesondere der Rücklauf bei den mittleren und größeren Unternehmen hinter den Erwartungen zurückgeblieben ist, erschien ein nach Unternehmensgröße differenziertes Vorgehen am sinnvollsten. Die dritte Erinnerungsaktion enthielt daher die beiden Elemente:

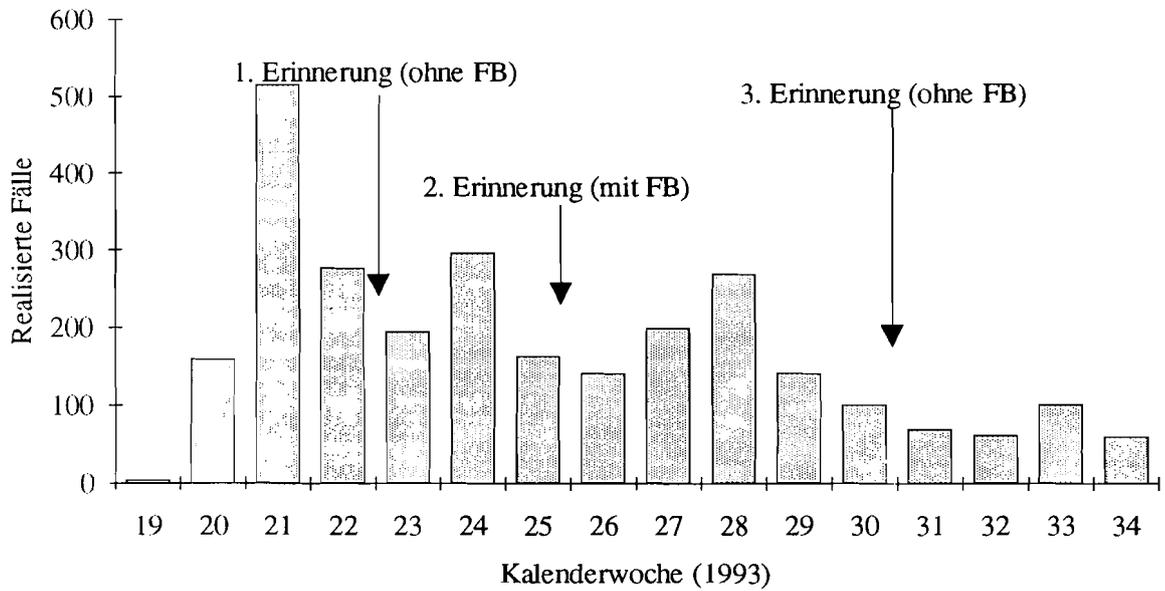
Telefonische Erinnerung: Mit den Ansprechpartnern der Unternehmen der drei größten Beschäftigtengrößenklassen (250 Beschäftigte und mehr) wurde telefonisch Kontakt aufgenommen. Falls der Ansprechpartner nicht zur Teilnahme zu bewegen war, erfolgte der Versuch, über ein strukturiertes Interviews die Gründe für die Nichtteilnahme zu erheben.

Schriftliche Erinnerung: Die restlichen Unternehmen erhielten nochmals eine schriftliche Aufforderung, sich an der Untersuchung zu beteiligen. Ca. 3 Wochen nach Versand dieses ersten Schreibens wurde ein zweites Schreiben verschickt, dem ein einseitiger Fragebogen beilag. Darauf sollten die Unternehmen angeben, ob sie den Fragebogen noch ausfüllen werden und falls nicht, wieso sie eine Teilnahme an der Untersuchung ablehnen. Zudem wurde die Frage gestellt, ob diese Unternehmen über eine FuE-Abteilung verfügen und ob sie Innovationen durchgeführt haben.

Abbildung 3 veranschaulicht den Rücklauf der Erhebung nach Kalenderwochen, angefangen mit dem Beginn des Versands der Fragebögen in der 18. Kalenderwoche 1993.

Da in verschiedenen Zellen bis zur 37. Kalenderwoche keine ausreichende Zellenbesetzung erreicht werden konnte, wurde eine zweite Stichprobe mit 455 Unternehmen aus der Reserve eingesetzt. Diese zweite Stichprobe, die parallel mit der Ziehung der Hauptstichprobe erfolgte, wurde nach den gleichen Kriterien wie die erste Stichprobe erstellt. Die Rücklaufquote dieser zusätzlichen Aktion entsprach derjenigen der Haupterhebung. Ähnlich wie in der ersten Stichprobe wurde auch für die zweite Stichprobe in der 40. Kalenderwoche eine Erinnerungsaktion durchgeführt.

Abbildung 3: Rücklauf der Erhebung nach Kalenderwochen



Quelle: ZEW/infas (1994): Mannheimer Innovationspanel

5. Teilnahmeverhalten der angeschriebenen Unternehmen

An der Umfrage beteiligten sich nach Abzug der neutralen Ausfälle nur 24,2 Prozent der angeschriebenen Unternehmen. Bei einer so geringen Ausschöpfungsquote stellt sich die Frage nach den Gründen der geringen Teilnahmebereitschaft und nach der Übertragbarkeit der aus der Stichprobe abgeleiteten Aussagen auf die Grundgesamtheit. Beispielsweise kann eine überdurchschnittlich hohe Beteiligung innovativer Unternehmen zu einer Überschätzung der Innovationsintensität führen. Es mag zunächst so scheinen, als müßte das sogar so sein, doch ist dies nicht notwendigerweise der Fall. Dasselbe gilt für eine überdurchschnittliche Beteiligung bestimmter Wirtschaftszweige oder Größenklassen.

Traditionell würde man in diesem Falle von einer nichtrepräsentativen Stichprobe sprechen. Dahinter verbirgt sich die Vorstellung einer Abbildung der Grundgesamtheit in miniature durch die Stichprobe. Diese Anforderung an eine Stichprobe ist aber in sich widersprüchlich und erlaubt keine Rückschlüsse auf eine aus der nichtzufälligen Teilnahmeverweigerung resultierende Beeinflussung interessierender Größen (vgl. Pötter und Rendtel 1993). Die Widersprüchlichkeit einer Abbildung der Grundgesamtheit in miniature besteht darin, daß man die Miniatisierung ad Infinitum fortsetzen könnte und aus Kostengründen auch machen sollte, wäre eine 'repräsentative' Stichprobe wirklich ein getreues Abbild der Grundgesamtheit.

Die Beeinflussung der Untersuchungsergebnisse durch Teilnahmeverweigerung hängt von dem *gemeinsamen* Einfluß aller das Antwortverhalten bestimmender Faktoren ab. Sobald mehrere Faktoren über Teilnahme oder Nichtteilnahme entscheiden, kann es zu einer Verstärkung oder zu einer Schwächung - bis zur gegenseitigen Auslöschung - des Einflusses auf eine interessierende Größe kommen. Ob aber eine unterschiedliche Teilnahmebereitschaft überhaupt von Einfluß auf die Untersuchungsergebnisse ist, hängt davon ab, ob eine signifikante Korrelation zwischen der Teilnahmebereitschaft und dem Untersuchungsgegenstand besteht.

5.1 Ein zweistufiges Verfahren zur Selektionskorrektur

Im Falle des linearen Regressionsmodells wird in der Praxis zur Untersuchung, ob ein systematisches, die Untersuchungsergebnisse verzerrendes Teilnahmeverhalten vorliegt, häufig ein zweistufiges Schätzverfahren verwendet (vgl. Heckman 1976). Mit diesem Verfahren kann man gegebenenfalls auch das Ausmaß der Verzerrung quantifizieren. Dazu müssen zwei Gleichungen spezifiziert werden.

Die erste Gleichung beschreibt das Teilnahmeverhalten. Es wird unterstellt, daß eine nur indirekt beobachtbare kontinuierliche Variable 'Teilnahmebereitschaft' z^* existiert, die nur in den Ausprägungen 'Teilnahme' ($z=1$) bzw. 'keine Teilnahme' ($z=0$) beobachtet werden kann. Über-

steigt die Teilnahmebereitschaft einen bestimmten Schwellenwert c , nimmt ein Unternehmen i an der Befragung teil, sonst nicht

$$z_i = 1 \quad \text{falls } z_i^* > c,$$

$$z_i = 0 \quad \text{falls } z_i^* \leq c.$$

Bei diesem Ansatz wird ein gleich hoher Schwellenwert c für alle Unternehmen und Wirtschaftszweige unterstellt. Die Wirtschaftszweige und Unternehmen können sich jedoch hinsichtlich der Teilnahmebereitschaft z^* unterscheiden

$$z_i^* = \gamma' w_i + u_i.$$

In dieser Gleichung ist

w_i ein Vektor, der den Wirtschaftszweig und Unternehmenscharakteristika enthält,

γ der Vektor der zu schätzenden Parameter und

u_i ist eine Zufallsvariable, die nicht beobachtbare Größen enthält.

Das Regressionsmodell ist gegeben durch

$$y_i = \beta' x_i + \varepsilon_i.$$

Hier ist

y_i die interessierende Größe, z.B. die FuE-Intensität

x_i der Vektor exogener Variablen,

β der Vektor der zu schätzenden Parameter und

ε_i eine Zufallsvariable, die nicht beobachtbare Größen enthält.

Der Wert y_i wird nur beobachtet, wenn das Unternehmen i an der Befragung teilnimmt, also wenn $z_i = 1$ ist.

Wären die Zufallsvariablen u_i und ε_i unkorreliert, so hätte das Teilnahmeverhalten keinen Einfluß auf die Schätzergebnisse der Regression. Man könnte uneingeschränkt von den Schätzergebnissen der Stichprobe auf die Grundgesamtheit schließen (Immer unter der Bedingung, daß ausreichend verwertbare Antworten zur Verfügung stehen). Besteht eine Korrelation, dann ist die Regressionsschätzung verzerrt, läßt man den Einfluß der nichtteilnehmenden Unternehmen außer acht.

In dem zweistufigen Schätzverfahren wird unterstellt, daß u_i und ε_i bivariat normalverteilt sind mit den Parametern $[0,0,1,\sigma_\varepsilon,\rho]$. D.h. die u_i sind normalverteilt mit Erwartungswert 0 und Standardabweichung 1, gegeben ε_i , und die ε_i sind ebenfalls normalverteilt, gegeben u_i , mit Erwartungswert 0 und Standardabweichung σ_ε . Die Korrelation von u mit ε beträgt ρ . Die

Standardabweichung von u_i kann auf 1 gesetzt werden, da sie innerhalb des Modells nicht identifizierbar ist.

Nach den oben getroffenen Annahmen für die Wahrscheinlichkeit der Teilnahme bzw. der Nichtteilnahme gilt

$$P(z_i = 1) = \Phi(\gamma' w_i) \text{ bzw.}$$

$$P(z_i = 0) = 1 - \Phi(\gamma' w_i).$$

Für dieses Modell kann somit die Wahrscheinlichkeit angegeben werden, daß ein noch nicht teilnehmendes Unternehmen bei einer marginalen Erhöhung der Teilnahmebereitschaft doch teilnimmt¹⁷

$$\lambda(w' \gamma) = \frac{\varphi(w' \gamma)}{\Phi(w' \gamma)}.$$

Dieses Verhältnis wird auch "inverse Mill's Ratio" genannt. Mit Hilfe dieser Wahrscheinlichkeit läßt sich das Ausmaß der Verzerrung durch die nichtteilnehmenden Unternehmen quantifizieren, denn der bedingte Erwartungswert des Untersuchungsgegenstandes für die teilnehmenden Unternehmen lautet

$$E[y|z = 1] = \beta' x + \rho \sigma_\varepsilon \lambda(\gamma' w).$$

Der bedingte Erwartungswert läßt sich demnach in zwei Teile zerlegen. Der Erste gibt den stichprobenspezifischen, verzerrten, Erwartungswert des Regressionsmodells wieder. Der Zweite fängt die Auswirkung des Teilnahmeverhaltens auf. Unterstellt man eine positive Korrelation zwischen Selektionsmechanismus und Regressionsmodell, dann bedeutet eine Erhöhung der Teilnahmebereitschaft eine Erhöhung des bedingten Erwartungswertes.

Das zweistufige Verfahren besteht nun darin, in der ersten Stufe das Probit-Modell (s. Anhang 4) für das Teilnahmeverhalten zu schätzen. Mit Hilfe der geschätzten Parameter $\hat{\gamma}$ läßt sich dann die inverse Mill's Ratio ermitteln

$$\hat{\lambda} = \frac{\varphi(w' \hat{\gamma})}{\Phi(w' \hat{\gamma})}.$$

In der zweiten Stufe wird das lineare Regressionsmodell geschätzt, das durch

$$y_i = \beta' x_i + \delta \hat{\lambda}_i + \varepsilon_i$$

¹⁷ φ ist die Dichte der Standardnormalverteilung und Φ die Standardnormalverteilung selbst.

gegeben ist. δ stellt das Produkt aus dem Korrelationskoeffizienten ρ und der Standardabweichung des Fehlerterms der Regressionsgleichung σ_e dar. Im Anschluß daran können konsistente Schätzer für ρ und σ_e ermittelt werden.

Wie bereits erwähnt, wird dieses Verfahren in der Praxis häufig verwendet. Aufgrund der Sensitivität des Modells im Hinblick auf die Verletzung der Normalverteilungsannahme und auf die starke Abhängigkeit von der korrekten Spezifikation des Modells¹⁸ ist es aber mit Vorsicht einzusetzen.

Ermittelt werden sollten Determinanten der FuE-Tätigkeit von Unternehmen. Gemäß der Literatur sollte der Umfang der FuE-Intensität, gemessen als FuE-Aufwendungen dividiert durch den Umsatz, abhängig sein von den technologischen Möglichkeiten, den Aneignungsbedingungen für die Erträge der FuE-Tätigkeit, der Marktstrukturen und den Nachfragebedingungen. Dazu wurde ein Regressionsmodell spezifiziert (vgl. Felder u. a., 1994b), das diese Abhängigkeiten abbildet. Darüberhinaus ist die Hypothese zu berücksichtigen, daß FuE-intensive Unternehmen eher zu einer Teilnahme bereit sind, d. h. der Korrelationskoeffizient ρ müßte demnach positiv sein. Es ergab sich aber ein signifikanter negativer Wert für δ . Da die Standardabweichung σ_e immer positiv sein muß, bedeutet dies einen negativen Korrelationskoeffizienten ρ . D. h. die Ausgangshypothese, daß die FuE-intensiven Unternehmen eher zu einer Teilnahme neigen, wird auf den ersten Blick durch das Modell nicht gestützt. Allerdings kann sowohl eine Verletzung der Normalverteilungsannahme als auch ein Spezifikationsfehler für dieses Ergebnis verantwortlich sein. So könnte ein mehrstufiger Entscheidungsprozeß die korrekte Modellierung darstellen. Da nur Innovatoren nach FuE-Aufwendungen gefragt wurden, könnte man sich ein Modell vorstellen, das als erste Stufe die Teilnahmeentscheidung hat, in der zweiten die Entscheidung, innovativ tätig zu sein oder nicht, in der dritten, FuE zu betreiben oder nicht und erst in der vierten Stufe dann, die Höhe der FuE-Aufwendungen, gemessen am Umsatz, festzulegen.

Unabhängig von der Verwerfung des zweistufigen FuE-Modells lassen sich aus der Betrachtung der ersten Stufe des Modells einige Anhaltspunkte über die Teilnahmebereitschaft der Unternehmen ziehen. Dies ist Gegenstand des folgenden Abschnitts.

5.2 Bestimmungsgründe des Teilnahmeverhaltens

Um einen ersten Eindruck über das Teilnahmeverhalten zu gewinnen, bietet sich eine Betrachtung der Teilnahmequoten nach Wirtschaftszweigen und Größenklassen an.

¹⁸ So müssen geeignete Variablen zur Verfügung stehen, welche die Teilnahmebereitschaft hinreichend gut erklären. Darüberhinaus muß auch im Regressionsmodell der Zusammenhang korrekt abgebildet werden.

Die geringste Teilnahmebereitschaft findet man bei Unternehmen des Ernährungsgewerbes mit 19 Prozent, die höchste bei Unternehmen des Sonstigen Fahrzeugbaus mit 32 Prozent, sieht man vom Luft- und Raumfahrzeugbereich ab. In diesem beträgt die Teilnahmequote 63 Prozent. Sie sollte allerdings auf die geringe Zahl von Unternehmen in diesem Bereich zurückgeführt werden. Die Hälfte der Wirtschaftszweige weist eine Teilnahmequote zwischen 23 und 27 Prozent auf. Die Ergebnisse deuten damit zunächst auf eine gleichmäßig hohe Teilnahmequote und auf keine wirtschaftszweigspezifische Verzerrung hin.

Eine ähnliche Schlußfolgerung läßt sich aus der Betrachtung der Größenklassen ableiten. Die geringste Teilnahmebereitschaft verzeichnen hier die Unternehmen mit 20-49 Beschäftigten mit einer Teilnahmequote von 22 Prozent, die höchste die Unternehmen mit mindestens 1000 Beschäftigten mit einer Teilnahmequote von 33 Prozent. Tendenziell ergibt sich bei großen Unternehmen - Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten - eine größere Teilnahmebereitschaft als bei kleineren. Die Unterschiede sind aber nicht gravierend.

Nachdem auf den ersten Blick keine eindeutigen Hinweise auf eine systematische, mit der Innovationstätigkeit verbundene Selbstselektion der Unternehmen in die Stichprobe zu erkennen ist, wurde eine detailliertere Untersuchung durchgeführt. Eine notwendige Bedingung dafür ist, über Angaben sowohl für die Teilnehmer als auch für die Nichtteilnehmer zu verfügen. Diese Angaben können zum einen den Daten des VVC entnommen werden, zum anderen liegen Informationen aus den Kontakttelefonaten vor (s. Abschnitt 4.1). Zur Erklärung des Teilnahmeverhaltens wurden nun Größen herangezogen, die das Unternehmen im Allgemeinen und den Ansprechpartner im Besonderen - soweit vorhanden - beschreiben. Im Einzelnen wurde an VVC-Daten verwendet

- Größenklasse
- Wirtschaftszweig
- Rechtsform
- Gründungsdatum und
- Unternehmenssitz (Bundesland)

des Unternehmens sowie

- die wirtschaftliche Lage des Unternehmens zum Zeitpunkt der Befragung
- die mittelfristige wirtschaftliche Entwicklung des Unternehmens und
- Eintragungen im Textfeld, das eine kurze Charakterisierung der angeschriebenen Unternehmen enthält.¹⁹

¹⁹ Die Datenbank enthält ein Feld, in dem in Fließtext spezielle Informationen wie Exportquote, Produktbeschreibungen, Sitz von Niederlassungen etc. angegeben sind. Das Textfeld wurde nach Begriffen durchsucht, welche als Bestandteile "lizenz", "patent", "schutzrecht", "gebrauchsmuster", "forschung", "entwicklung", "innovation" u.ä. enthalten.

Aus den Telefoninterviews ist bekannt,

- ob ein namentlich bekannter Ansprechpartner angeschrieben wurde und
- die Funktion des Ansprechpartners im Unternehmen.

Mangelnde Zeit und zu hohe Kosten werden von vielen Unternehmen als Gründe für eine Nichtteilnahme an Befragungen genannt. Diese Gründe sollen in der Untersuchung durch die wirtschaftliche Lage eines Unternehmens zum Zeitpunkt der Befragung und die mittelfristige wirtschaftliche Entwicklung eines Unternehmens erfaßt werden. Befindet sich ein Unternehmen in akuten, kurzfristigen Schwierigkeiten, wird es seine ganzen Kräfte auf die Beseitigung dieser Schwierigkeiten verwenden und keine Zeit für die Beantwortung eines Fragebogens aufbringen. Ein Unternehmen dagegen, das mittel- oder gar langfristig mit einer nicht befriedigenden Entwicklung zu rechnen hat, wird versuchen, systematisch Kosten zu reduzieren und deshalb grundsätzlich die Beantwortung von Fragebögen ablehnen, auch wenn das Unternehmen kurzfristig über freie Kapazitäten verfügen mag.

Das Vorhandensein eines Begriffes wie "Patent" im Textfeld der Datenbank kann als Indikator für Innovationen bzw. für FuE-Aktivitäten gelten. Von den 945 Unternehmen, die laut Erhebung keine regelmäßige FuE-Aktivitäten durchführen, wurden rund 85 Prozent richtig erfaßt. Allerdings traf dies bei den 1390 Unternehmen, die laut Erhebung regelmäßige FuE-Aktivitäten durchführen, nur auf rund 30 Prozent zu. Die FuE-Aktivitäten werden demnach durch die VVC-Beschreibung untererfaßt. Das gleiche Bild bietet sich, betrachtet man anstelle der FuE-Aktivitäten die Einstufung eines Unternehmens als Innovator auf Basis der Erhebung. Die Untererfassung kann auf zwei Arten interpretiert werden. Zum einen kann man sie als - zufälligen - Meßfehler in der Variablen ansehen, zum anderen kann man vermuten, daß nur zu besonders innovativen Unternehmen Angaben vorliegen. Dann würde man eine weitere Variable benötigen, welche die zwar innovativen, aber im Vergleich weniger innovativen Unternehmen, erfaßt. Beide Interpretationen führen zu derselben Konsequenz: die geschätzten Koeffizienten sind nicht mehr verlässlich. Im vorliegenden Fall scheinen die Koeffizienten zwar die Richtung des Einflusses einer Variablen auf das Teilnahmeverhalten korrekt wiederzugeben, das Ausmaß aber zu unterschätzen. D. h. besitzt ein Unternehmen ein Merkmal, von dem man a priori einen die Teilnahme fördernden Einfluß erwarten könnte, so zeigt auch der geschätzte Koeffizient einen positiven Einfluß. Ein vermutlich negatives Merkmal, wie kurzfristige wirtschaftliche Schwierigkeiten, erweist sich auch in der Schätzung als teilnahmehemmend. Im Einzelnen ergaben sich die folgenden Ergebnisse:

Unternehmen, die aufgrund des Textfeldeintrages a priori als innovativ zu gelten haben, antworteten häufiger als die Unternehmen, die a priori als nicht oder weniger innovativ zu gelten haben. Ebenso ist die Teilnahmebereitschaft bei größeren Unternehmen tendenziell höher als bei kleineren. Eine überdurchschnittliche Teilnahmebereitschaft zeigen auch AGs und Unternehmen, die nach 1978 gegründet wurden.

Verfügt ein Unternehmen über eine Abteilung für Öffentlichkeitsarbeit bzw. Marketing und wurde diese angeschrieben, so erhöht sich ebenfalls die Teilnahmebereitschaft. Als Vergleich

wurden hier die Unternehmen gewählt, für die keine Information hinsichtlich der Funktion des Ansprechpartners vorliegen.

Die wirtschaftliche Situation des Unternehmens hat ebenfalls einen Einfluß auf die Teilnahmebereitschaft. Kurzfristige wirtschaftliche Schwierigkeiten senken die Teilnahmebereitschaft, eine positive mittelfristige Gesamtentwicklung eines Unternehmens erhöht die Teilnahmebereitschaft. Überdurchschnittlich oft antworteten auch Unternehmen aus den neuen Ländern.

Daneben kann die Teilnahmebereitschaft aber auch aktiv von Seiten der Befrager gesteigert werden, indem das Anschreiben an eine namentlich genannte Person adressiert wird, sofern diese Information vorhanden ist.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die unternehmensspezifischen Gründe einer Teilnahme einen größeren Einfluß ausüben als die erhebungsbedingten. Damit sind Rückwirkungen der Teilnahmeverweigerung auf bestimmte Fragestellungen denkbar. Die Gesamterklärungskraft der Untersuchung des Teilnahmeverhaltens deutet darauf hin, daß die Teilnahme an der Befragung wesentlich von Faktoren beeinflusst wird, die dem unternehmensexternen Beobachter verschlossen bleiben. Ob und in welche Richtung der Gesamteffekt des Teilnahmeverhaltens bei bestimmten Fragestellungen geht, kann damit nicht a priori entschieden werden. Dieses muß für jede Fragestellung einzeln untersucht werden, wobei das oben dargestellte statistische Verfahren eine Möglichkeit darstellt. Die exakte Quantifizierung einer Über- oder Unterschätzung mit Hilfe geeigneter statistischer Methoden wird aber durch die geringe Gesamterklärungskraft des Teilnahmeverhaltens erschwert.

Weiteren Aufschluß über das Teilnahmeverhalten und seine Folgen werden von einer kürzlich genehmigten und zur Zeit laufenden Nonresponse-Analyse erwartet. Rund 10 Prozent der angeschriebenen Unternehmen, die nicht geantwortet hatten, werden dabei telefonisch von infas befragt, ob sie in den Jahren 1990-1993 Produkt- oder Prozeßinnovationen durchgeführt haben und ob sie über eine eigene FuE-Abteilung verfügen.

Tabelle 5: Analyse der Teilnahmewahrscheinlichkeiten

Model Statistiken		
Anzahl der Beobachtungen:		11048
Likelihood-Ratio-Test: $\chi^2(52)$		240,18
kritischer Wert: $\chi^2(52, .99)$		78,60
McFaddens Pseudo R^2		0,0193
Variable	Koeffizient	t-Wert¹
Konstante	-0,7044	-8,41
Beschäftigtengrößenklassen		
5-19	Basis	
20-49	-0,0638	-1,33
50-99	-0,0465	-0,87
100-249	-0,0314	-0,57
250-499	-0,0943	-1,31
500-999	-0,1764	-2,26
1000 u. mehr	-0,0208	-0,25

Fortsetzung Tabelle 5:

Variable	Koeffizient	t-Wert
a priori Information zur Innovation		
Nichtinnovator	Basis	
Innovator	0,0928	0,87
Interaktion von a priori Info. mit Größenklassen		
20-49	0,1394	1,00
50-99	0,0297	0,20
100-249	-0,0839	-0,63
250-499	-0,1004	-0,71
500-999	0,2102	1,41
1000 u. mehr	-0,0514	-0,37
Wirtschaftszweige ²		
Bergbau, Gewinnung von Steinen, Energie	0,1474	1,65
Ernährung, Tabak	-0,3462	-4,41
Textil, Bekleidung, Leder	-0,2599	-3,45
Holz, Papier, Druck	-0,2351	-3,22
Chemie, Mineralöl	-0,1265	-1,86
Gummi, Kunststoff	-0,1908	-2,70
Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen	-0,2852	-3,40
Metallerzeugung und -bearbeitung	-0,0912	-1,11
Stahl-, Leichtmetallbau	-0,1604	-2,41
Werkzeug-, Metallbearbeitungsmaschinen	-0,0357	-0,40
Maschinenbau	-0,1064	-1,55
Sonstiger Maschinenbau	-0,0830	-1,23
Büromaschinen	-0,1044	-1,14
Geräte der Elektrizitätserzeugung	-0,2001	-2,60
Medizin-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik	-0,1589	-2,26
KFZ	-0,2074	-2,20
Sonstiger Fahrzeugbau	0,0292	0,26
Möbel, Schmuck, Sportwaren, Spielwaren	-0,1611	-1,71
Baugewerbe	-0,2107	-2,73
Dienstleistungen	Basis	
Jahr der Gründung		
1978 und früher	Basis	
nach 1978	0,0919	2,72
Liquidität ³		
unbekannt	-0,2554	-3,13
Stufe 1	Basis	
Stufe 2	-0,0721	-2,12
Stufe 3	-0,1131	-1,82
Stufe 4	-0,2580	-2,08
Stufe 5	-0,6924	-2,82
Stufe 6	-0,7747	-2,54
Funktion des Ansprechpartners		
nicht bekannt	Basis	
Geschäftsführung	0,1928	2,38
FuE	0,2523	4,08
Technik	0,2842	3,77
Marketing	0,5589	2,19
Sonstiges	0,2562	1,43
Unternehmenssitz		
alte Länder	Basis	
neue Länder	0,2138	4,99
Persönliches Anschreiben	0,0874	2,45

Fortsetzung Tabelle 5:

Variable	Koeffizient	t-Wert
Rechtsform		
GmbH	0,0094	
AG	0,1209	0,20
Einzelfirma, -person	-0,0627	1,57
Sonstige oder unbekannt	Basis	-0,77
Anzahl der Auskünfte ⁴	0,0355	1,98

Quelle: ZEW (1994): Mannheimer Innovations Panel

- Bemerkung: ¹ Die kritischen Werte des t-Tests betragen für 52 Freiheitsgrade zum 0.99-Niveau 2.650 und zum 0.95-Niveau 2.000
- ² Die Unternehmen der Luft- und Raumfahrt werden hier nicht berücksichtigt, da sie sich unserer Ansicht nach zu sehr von den anderen Unternehmen unterscheiden.
- ³ Stufen der Liquidität in absteigender Reihenfolge
- ⁴ Die Anzahl der Auskünfte wurde transformiert durch $\ln((\text{Anzahl der Auskünfte} + 1) / 100)$

III. ANALYSEMETHODEN

6. Innovationsziele

Im Rahmen der Befragung werden die Unternehmen um eine subjektive Bewertung einer großen Zahl konkret benannter Innovationsziele gebeten. Die Bewertung erfolgt anhand einer 5-er Skala, wobei 'Sehr große Bedeutung' mit '1' codiert ist und 'Keine Bedeutung' mit '5'. Die zur Auswahl gestellten Ziele reichen von 'Schaffung von Nachfolgeprodukten', 'Schaffung neuer Absatzmärkte in ...', 'Verringerung des Lohnkostenanteils' bis zu 'Reduzierung der Umweltbelastung'. Einzelne Ziele können zu Oberbegriffen zusammengefaßt werden, manche Ziele auch mehreren Oberbegriffen gleichzeitig zugeordnet werden. So könnte man sich beispielsweise anstelle der sieben geographischen Einheiten, die als Konkretisierung zu 'Schaffung neuer Absatzmärkte in ...' aufgelistet sind, die beiden Oberbegriffe 'Schaffung neuer lokaler Absatzmärkte' und 'Schaffung neuer globaler Absatzmärkte' denken. Allerdings ist eine a priori Klassifizierung aller sieben angegebenen geographischen Märkte als lokal oder global nicht möglich. Es interessiert gerade zu erfahren, inwieweit die Unternehmen beispielsweise die EG oder Osteuropa als Teil des lokalen bzw. des globalen Markts ansehen.

Die zur Auswahl stehenden Ziele können demnach nicht unabhängig voneinander betrachtet werden, sie bilden vielmehr ein System von Zielen und müssen in ihrer Gesamtheit gesehen werden. Es läßt sich jedoch vermuten, daß hinter den angegebenen Zielen eine verborgene Struktur steht und sich alternative Ziele formulieren lassen, die unabhängig voneinander interpretiert werden können und zusammen ein System bilden, das dem der offenbarten Ziele gleichwertig ist, aber eine geringere Zahl von Zielen umfaßt.

Diese verborgenen Ziele aufzudecken und den Zusammenhang zwischen verborgenen und offenbarten Zielen aufzuzeigen, ist das Anliegen der Faktoranalyse. Im Kern besteht sie darin, die Gesamtvarianz einer Variablen mit Hilfe einer Hauptachsentransformation auf einzelne 'Faktoren' aufzuteilen. Die Faktoren sind zunächst ein mathematisches Konstrukt und müssen erst sinnvoll interpretiert werden. Im vorliegenden Fall sind die Variablen die offenbarten Ziele und die Faktoren die verborgenen. Die Interpretation zweier Faktoren wurde bereits erwähnt, es handelt sich dabei um den Faktor Schaffung neuer lokaler Absatzmärkte und den Faktor Schaffung neuer globaler Absatzmärkte.

Verschiedene Fragestellungen und Vorgehensweisen sind in der Faktoranalyse möglich. So ist zu unterscheiden, ob die Anzahl der Faktoren als bekannt vorausgesetzt wird oder nicht, und ob man davon ausgeht, daß die gesamte Varianz jeder Variable durch die ausgewählten Faktoren vollständig erklärt werden kann oder nicht. Eine nur teilweise Erklärung der Gesamtvarianz einer Variable durch die Faktoren kann mehrere Gründe haben: die Messung der

Variablen kann fehlerhaft erfolgt sein, die Anzahl der ausgewählten Faktoren kann zu gering sein und eine Variable kann eine spezifische Komponente besitzen, d. h. einen Varianzanteil, der allein durch die Variable selbst erklärt werden kann.

Im vorliegenden Fall wird unterstellt, daß fünf Faktoren die Gesamtvarianz jeder Variable vollständig erklären, nämlich die Faktoren: Prozeßinnovation, globale Markterweiterung, lokale Markterweiterung, umweltgerechte Produktion und Produktinnovation. Mit diesen Annahmen wird viel a priori Wissen unterstellt, man erhält aber sinnvolle Ergebnisse. Deren Qualität soll im folgenden beurteilt werden.

Zunächst werden die Faktorladungen und die Kommunalitäten in Tabelle 6 betrachtet. Die Faktorladungen sind die Korrelationen zwischen den offenbarten und den verborgenen Zielen. Die Kommunalitäten geben den Umfang der Varianzerklärung an, den die Faktoren gemeinsam für eine Ausgangsvariable liefern. Sie sollten nach Annahme 1 betragen, auf jeden Fall sollten sie aber größer als 0,4 sein. Die Schraffur soll die Zuordnung von offenbarten zu verborgenen Zielen kenntlich machen. Die höchste Korrelation ergibt sich zwischen Schaffung neuer Absatzmärkte in Nordamerika und Schaffung neuer globaler Absatzmärkte mit 0,89. Dieses offenbarte Ziel ist mit den anderen verborgenen Zielen nahezu unkorreliert. Die Kommunalität beträgt 0,80. Zum Vergleich: die Korrelation zwischen dem offenbarten Ziel Schaffung neuer Absatzmärkte in der EG und dem verborgenen Ziel Schaffung neuer globaler Absatzmärkte lautet nur noch 0,60. Gleichzeitig korreliert dieses offenbarte Ziel in etwa im selben Ausmaß mit dem verborgenen Ziel Schaffung neuer lokaler Absatzmärkte (0,52). Die EG wird also beinahe im selben Umfang als lokaler wie als globaler Absatzmarkt gesehen, wobei die Sicht als globaler Absatzmarkt sogar noch zu überwiegen scheint. Die Kommunalität beträgt hier aber nur noch 0,66. Streng genommen widerspricht das der zugrundeliegenden Annahme. Führt man Faktoranalysen mit weniger restriktiven Annahmen durch, erhält man aber keine qualitativ anderen Ergebnisse. Deshalb wurde diese Modellspezifikation als bestmögliche beibehalten.

Betrachtet man die Eigenwerte, die Anteile und die kumulierten Anteile der Faktoren in Tabelle 7, so zeigt sich kein scharfer Übergang zwischen den fünf ausgewählten Faktoren und den nachfolgenden. Man kann das dahingehend interpretieren, daß die Ungenauigkeiten nicht auf einen fehlenden Faktor zurückzuführen sind, sondern in Meßfehlern und spezifischen Komponenten der Variablen zu suchen sind.

Tabelle 6: Struktur der Innovationsziele

	Prozess- innovation	globale Markter- weiterung	lokale Markter- weiterung	Umwelt- ger. Pro- duktion	Produkt- innovation	Kommu- nalitäten
Schaffung von Nachfolgeprodukten	0,15	0,31	0,05	0,02	0,59	0,47
Steigerung oder Erhalt des Marktanteils	0,06	0,07	0,21	-0,10	0,61	0,45
Erweiterung der Produktpalette innerhalb der Erzeugnisschwerpunkte	0,04	0,07	0,18	-0,11	0,62	0,43
Erweiterung der Produktpalette außerhalb der Erzeugnisschwerpunkte	0,12	0,09	0,05	-0,01	0,55	0,29
Schaffung neuer Absatzmärkte in den alten Bundesländern	0,09	0,11	0,75	-0,03	0,18	0,63
Schaffung neuer Absatzmärkte in den neuen Bundesländern	0,08	-0,05	0,83	-0,14	0,03	0,73
Schaffung neuer Absatzmärkte in Osteuropa	0,05	0,43	0,57	-0,09	0,05	0,52
Schaffung neuer Absatzmärkte in der EG	0,10	0,60	0,52	0,03	0,17	0,66
Schaffung neuer Absatzmärkte in Japan	0,02	0,84	-0,04	-0,12	0,04	0,72
Schaffung neuer Absatzmärkte in Nordamerika	0,04	0,89	-0,04	-0,01	0,06	0,80
Schaffung neuer Absatzmärkte in anderen Ländern	0,06	0,83	0,18	-0,04	0,03	0,62
Verbesserung der Produktqualität	0,21	-0,02	0,15	-0,46	0,34	0,39
Entwicklung umweltfreundlicher Produkte	-0,05	0,14	0,13	-0,72	0,20	0,61
Erhöhung der Produktionsflexibilität	0,41	-0,02	0,21	-0,36	0,30	0,45
Verringerung des Lohnkostenanteil	0,77	0,04	0,03	0,06	0,08	0,61
Senkung des Materialverbrauchs	0,72	0,10	0,09	-0,14	0,04	0,64
Senkung des Energieverbrauchs	0,58	-0,03	0,13	-0,48	-0,11	0,60
Verminderung der Produktionsvorbereitungskosten	0,70	0,09	0,09	-0,24	0,12	0,58
Verminderung des Ausschusses	0,58	0,10	0,05	-0,39	0,12	0,53
Verbesserung der Arbeitsbedingungen	0,34	-0,01	0,10	-0,67	0,01	0,58
Reduzierung der Umweltbelastungen in der Herstellung	0,17	0,08	0,01	-0,80	-0,06	0,68

Quelle: ZEW (1994): Mannheimer Innovationspanel

Tabelle 7: Eigenwerte, Anteile und kumulierte Anteile der Faktoren der Innovationsziele

Faktor	Eigenwert	Anteil	Kumulierter Anteil
1	5,15	0,25	0,25
2	2,76	0,13	0,38
3	1,63	0,08	0,45
4	1,28	0,06	0,51
5	1,18	0,06	0,57
6	0,98	0,05	0,62
7	0,89	0,04	0,66
8	0,78	0,04	0,70

Quelle: ZEW (1994): Mannheimer Innovationspanel

7. Hemmnisse

Ein Teil der Studie ist die Untersuchung, welche Faktoren nach Einschätzung der Unternehmen die erfolgreiche Durchführung von Innovationsprojekten behindern. Als Hemmnisse gelten beispielsweise *Zu hohes Innovationsrisiko*, *Mangel an geeignetem Fachpersonal* oder auch *Gesetzgebung, rechtliche Regelungen zu restriktiv*. Die Einschätzung erfolgt anhand einer fünfteiligen Skala, die von 'Sehr große Bedeutung' (=5) bis 'Keine Bedeutung' (=1) reicht.²⁰

Drei Annahmen rechtfertigen die Auswertung dieser Daten mit Hilfe eines geordneten Wahrscheinlichkeitsmodells:

- Unternehmenscharakteristiken wie Branchenzugehörigkeit und Beschäftigtenzahl beeinflussen unmittelbar die Einschätzung der Hemmnisse.
- Die Unternehmen verfügen über eine eventuell unbewußte, kontinuierliche Vorstellung von der Durchführbarkeit von Innovationsprojekten. Hier kann man an den Einsatz von qualifiziertem Personal gerechnet in Mannstunden denken oder an Kapitaleinsatz gemessen in DM.
- Es existieren Schwellenwerte, deren Überschreitung zu einer Höherstufung in der Bewertung der Hemmnisse auf der 5-er Skala führt.

Die ersten beiden Annahmen erlauben die Formulierung eines Regressionsmodells mit einer latenten Variablen:

$$y^* = X\beta + \varepsilon,$$

wobei

y^* die nicht beobachtete kontinuierliche Vorstellung der Durchführbarkeit bezeichnet,

X die exogenen Variablen wie Branchenzugehörigkeit und Größenklasse,

β den zu schätzenden Koeffizientenvektor und

ε einen normalverteilten Fehlerterm mit Erwartungswert 0 und Varianz σ^2 .

Die dritte Annahme spezifiziert den Zusammenhang zwischen latenter Variable und beobachtbarer Bewertung. Bezeichnet

y die beobachtete Bewertung auf der 5-er Skala und

μ_1, μ_2, μ_3 und μ_4 die unbekanntenen Schwellenwerte,

²⁰ Im Fragebogen steht '1' für 'Sehr große Bedeutung' und '5' für 'Keine Bedeutung'. Die Schätzergebnisse lassen sich aber einfacher interpretieren, wenn man die Reihenfolge der Kodierung ändert.

dann lautet die Zuordnung von der nicht beobachteten kontinuierlichen Variablen zu der beobachteten Bewertung:

$$\begin{aligned} y &= 1, & \text{falls } y^* \leq \mu_1 \\ &= 2, & \text{falls } \mu_1 < y^* \leq \mu_2 \\ &= 3, & \text{falls } \mu_2 < y^* \leq \mu_3 \\ &= 4, & \text{falls } \mu_3 < y^* \leq \mu_4 \\ &= 5, & \text{falls } \mu_4 < y^*. \end{aligned}$$

Wie im binomialen Probit-Modell sind im geordneten Probit-Modell nicht alle Parameter identifiziert. Man normiert deshalb $\alpha = 0$ und $\sigma = 1$. Die Wahrscheinlichkeiten lauten dann:

$$\begin{aligned} P(y = 1) &= \Phi(\mu_1 - X\beta), \\ P(y = 2) &= \Phi(\mu_2 - X\beta) - \Phi(\mu_1 - X\beta), \\ P(y = 3) &= \Phi(\mu_3 - X\beta) - \Phi(\mu_2 - X\beta), \\ P(y = 4) &= \Phi(\mu_4 - X\beta) - \Phi(\mu_3 - X\beta) \text{ und} \\ P(y = 5) &= 1 - \Phi(\mu_4 - X\beta). \end{aligned}$$

Es muß zudem die Bedingung gelten $-\infty < \mu_1 < \mu_2 < \mu_3 < \mu_4 < +\infty$. Zu schätzen sind der Parametervektor β und die Schwellenwerte μ_i .

7.1 Interpretation der Koeffizienten

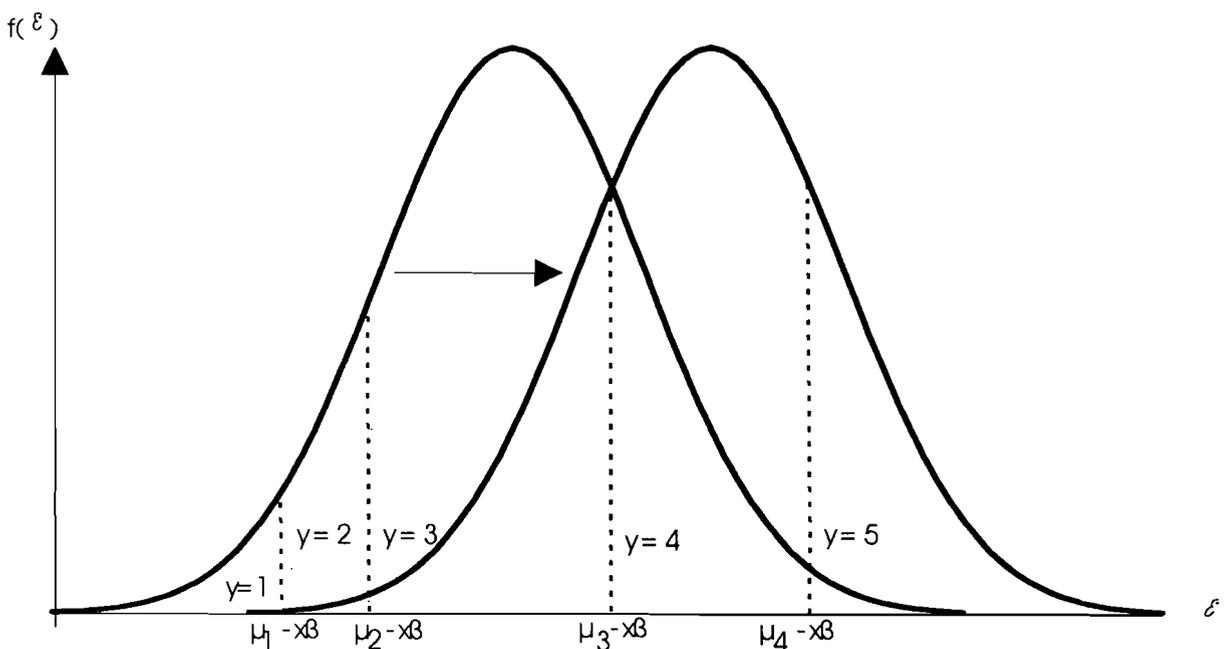
Im geordneten Probit-Modell kann noch weniger den Koeffizienten unmittelbar entnommen werden als im Standard Probit-Modell. Der marginale Effekt einer Änderung von x_k ist gegeben durch

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial P(y = 1)}{\partial x_k} \right|_{x_k} &= \varphi(\mu_1 - X\beta)\beta_k, \\ \left. \frac{\partial P(y = 2)}{\partial x_k} \right|_{x_k} &= -\varphi(\mu_2 - X\beta)\beta_k + \varphi(\mu_1 - X\beta)\beta_k, \\ \left. \frac{\partial P(y = 3)}{\partial x_k} \right|_{x_k} &= -\varphi(\mu_3 - X\beta)\beta_k + \varphi(\mu_2 - X\beta)\beta_k, \\ \left. \frac{\partial P(y = 4)}{\partial x_k} \right|_{x_k} &= -\varphi(\mu_4 - X\beta)\beta_k + \varphi(\mu_3 - X\beta)\beta_k, \\ \left. \frac{\partial P(y = 5)}{\partial x_k} \right|_{x_k} &= \varphi(\mu_4 - X\beta)\beta_k. \end{aligned}$$

Unterstellt man konstante Schwellenwerte und Koeffizienten sowie ein positives β_k , dann bewirkt eine Erhöhung von x_k eine Rechtsverschiebung der Dichte (s. Abb. 4). Die Fläche unter der Dichte wird in der äußeren linken Zelle kleiner und in der äußeren rechten Zelle

größer. Da die Fläche unter der Dichte in der linken äußeren Zelle gleich der Wahrscheinlichkeit ist, daß $y = 1$ (Hemmnis hat keine Bedeutung), und die Fläche unter der Dichte der äußeren rechten Zelle gleich der Wahrscheinlichkeit, daß $y = 5$ (Hemmnis hat sehr große Bedeutung), verringert sich bei positivem β_k die Wahrscheinlichkeit, daß das Hemmnis keine Bedeutung hat und es erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, daß das Hemmnis eine sehr große Bedeutung hat. Ob für dazwischenliegende Zellen die Änderung der Wahrscheinlichkeit positiv oder negativ ist, kann nicht aus den Koeffizienten abgelesen werden, sondern muß eigens errechnet werden.

Abbildung 4: Auswirkung einer marginalen Erhöhung einer exogenen Variablen auf die Wahrscheinlichkeit, mit der eine bestimmte Beurteilung eines Hemmnisses erfolgt



Anmerkung: Die Fläche, die durch die Dichte, die gestrichelten Linien und die Abszisse gebildet wird, gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der eine bestimmte Beurteilung eines Hemmnisses erfolgt.

Für die Auswertung der Hemmnisse werden als Faktoren, welche die Bewertung beeinflussen,

- Innovationsintensität,
- Größenklassen,
- Wirtschaftszweige und
- Ost-West-Zugehörigkeit

verwendet.

Diese Variablen liegen alle als Dummy-Variablen vor. Sie sind in Tabelle 8 im einzelnen aufgeführt. In dieser Tabelle sind die Schätzergebnisse des geordneten Probit-Modells für das Hemmnis *Gesetzgebung, rechtliche Regelungen zu restriktiv* wiedergegeben. Da in diese

Tabelle 8: Schätzergebnisse des geordneten Probit-Modells für das Hemmnis "Gesetzgebung, rechtliche Regelungen zu restriktiv"

Modell-Statistiken:		
Anzahl der Beobachtungen:		1764
Likelihood-Ratio-Test: $\chi^2(20)$		75,69
Kritischer Wert: $\chi^2(20,99)$		8,250
Variable	Koeffizient	t-Wert
Innovationsintensität		
keine Innovationen	Basisgruppe	
0-2%	0,07	0,73
2-5%	0,09	1,01
5-8%	0,18	1,96
> 8%	0,27	3,25
Größenklassen		
5-49	Basisgruppe	
50-249	-0,14	-2,07
250-999	-0,12	-1,63
> 1000	-0,09	-1,03
Wirtschaftszweige		
Bergbau, Energie, Steine & Erden	-0,20	-0,73
Chemie, Mineralöl	0,21	0,76
Kunststoff-, Gummiverarbeitung	-0,09	-0,31
Feinkeramik, Glass	-0,11	-0,34
Hochofenstahl, NE-Metalle, Giess., Ziehereien, Mechanik	-0,26	-0,94
Maschinenbau	-0,41	-1,51
EDV-Bürom., Elektrotech., Feinmech., Luft- u. Raumf.	-0,43	-1,59
Kfz	-0,25	-0,82
Schiffbau, Stahl-, Leichtmetallbau, EBM-Waren	-0,30	-1,06
MSSS, Leder, Bekleid., Papier, Druck., Textil, Ernährung	-0,43	-1,56
Bau	0,02	0,08
Dienstleistungen	-0,32	-1,14
Ost-West		
alte Länder	Basisgruppe	
neue Länder	-0,21	-3,52
Schwellenwerte		
μ_1	-0,94	-3,40
μ_2	-0,49	-1,79
μ_3	0,02	0,06
μ_4	0,60	2,18

Quelle: ZEW (1994): Mannheimer Innovationspanel

Schätzung alle Branchen aufgenommen sind, wird keine Konstante verwendet. Die geschätzten Schwellenwerte erfüllen die notwendige Bedingung $-\infty < \mu_1 < \mu_2 < \mu_3 < \mu_4 < +\infty$. Das Modell kann zumindest unter diesem Gesichtspunkt nicht verworfen werden.

Mit Hilfe dieser Koeffizienten können die Wahrscheinlichkeiten $P(y = i), i = 1, 2, 3, 4, 5$ beispielsweise für die Dienstleistungsunternehmen mit 5-49 Beschäftigten in den alten Ländern errechnet werden, differenziert nach der Innovationsintensität dieser Unternehmen (s. Tabelle 9). Die Basisgruppe auf Seiten der Innovationsintensität ist *keine Innovationen*. Der Koeffizient für *Innovationsintensität von 0-2%* ist positiv (0.07, s. Tabelle 8). Masse wird aus der äußeren linken Zelle $\Delta P(y = 1) = 0.245 - 0.267 = -0.022$ nach rechts verschoben.²¹ Die rechte äußere Zelle nimmt Masse auf $\Delta P(y = 5) = 0.198 - 0.180 = 0.018$. Vergleicht man *Innovationsintensität von 0-2%* und *Innovationsintensität von >8%* zu *keine Innovationsintensität*, so erkennt man, daß im ersten Fall die ersten beiden Zellen Masse abgeben und die letzten drei Zellen Masse aufnehmen, während im zweiten Fall die ersten drei Zellen Masse abgeben und die beiden letzten Zellen Masse aufnehmen, jeweils in unterschiedlichem Umfang.

Tabelle 9: Wahrscheinlichkeiten, mit der eine bestimmte Beurteilung des Hemmnisses "Gesetzgebung, rechtliche Regelungen zu restriktiv" erfolgt, in Abhängigkeit der Innovationsintensität

Innovationsintensität	$P(y = 1)$	$P(y = 2)$	$P(y = 3)$	$P(y = 4)$	$P(y = 5)$	$P(y = 4) + P(y = 5)$
keine Innovationen	0,267	0,162	0,200	0,190	0,180	0,370
0-2%	0,245	0,158	0,201	0,198	0,198	0,396
2-5%	0,238	0,156	0,201	0,200	0,205	0,405
5-8%	0,211	0,149	0,200	0,209	0,231	0,440
> 8%	0,187	0,141	0,197	0,216	0,259	0,475

Quelle: ZEW (1994): Mannheimer Innovationspanel

²¹ Anstelle von Wahrscheinlichkeit redet man oft von "Masse". Daß Masse verschoben wird, bedeutet, daß sich die Wahrscheinlichkeit ändert.

8. Die Messung der Innovationsaktivitäten anhand von Innovations- und FuE-Intensitäten

Gegenstand des Gutachtens war es, das Innovationsverhalten der Unternehmen zu erfassen. Abschnitt 4 des Gutachtens widmet sich insbesondere der Messung des Innovationsinputs und des Innovationsoutputs. Als quantitative Indikatoren für den Innovationsinput werden die Innovations-, die FuE- und die Investitionsaufwendungen verwendet. Quantitative Indikatoren des Innovationsoutputs sind der Anteil neuer und verbesserter Produkte am Umsatz und die Arbeitsproduktivität der Unternehmen. In diesem Teil des Methodenbands soll die Berechnung der Inputindikatoren dargestellt werden.

Entsprechend einer üblichen Vorgehensweise werden die FuE-, Innovations- und Investitionsaufwendungen relativ zu den Unternehmensumsätzen betrachtet. Damit wird der Einfluß von Größenunterschieden von Unternehmen bzw. Branchen eliminiert und die Vergleichbarkeit von Branchen und Unternehmen ermöglicht. Bei der Berechnung der so gebildeten Intensitäten werden nur die teilnehmenden innovativen Unternehmen berücksichtigt.

Im Methodenband werden für jeden Wirtschaftszweig die Innovations- und FuE-Intensitäten der Grundgesamtheit geschätzt. Im Gutachten lagen diese Hochrechnungen noch nicht vor. Deshalb wurden dort die *mittlere (FuE-) Intensität der Unternehmen einer Branche* und die *(FuE-) Intensität der Branche*. Auf diese soll hier nochmals eingegangen werden. Anschließend werden dann Hochrechnungsverfahren und die konkreten Hochrechnungen vorgestellt.

8.1 Mittlere FuE-Intensität der Unternehmen einer Branche und FuE-Intensität einer Branche

Bei der Berechnung der *mittleren FuE-Intensität der Unternehmen der Branche* wird für jedes Unternehmen zuerst die FuE-Intensität gebildet und dann der Branchenmittelwert gebildet. Die *FuE-Intensität der Branche* kommt zustande, indem die kumulierten FuE-Aufwendungen der Branche durch die kumulierten Umsätze der Branche dividiert werden. An einer hypothetischen Industrie soll der Unterschied verdeutlicht werden.

Die hypothetische Industrie - dargestellt in Tabelle 10 - besteht aus fünf Unternehmen mit unterschiedlich hohen Umsätzen. Eine ebenfalls hypothetische Struktur der FuE-Aufwendung ist in der dritten Spalte der Tabelle (FuE-Aufwendungen - Annahme 1) beschrieben. Eine alternative Annahme (FuE-Aufwendungen - Annahme 2) ist in der vierten Spalte zusammengefaßt.

Tabelle 10: Hypothetisches Beispiel einer Industrie

Unternehmen Nr.	Umsatz	FuE-Aufwendungen - Annahme 1	FuE-Aufwendungen - Annahme 2	FuE-Intensität Annahme 1	FuE-Intensität Annahme 2
1	400	40	20	10,0%	5,0%
2	300	30	15	10,0%	5,0%
3	150	7,5	15	5,0%	10,0%
4	100	5	20	5,0%	20,0%
5	50	2,5	15	5,0%	30,0%
Durchschnitt	200	17	17	7,0%	14,0%
Summe	1000	85	85	-	-

Quelle: ZEW (1994): Mannheimer Innovationspanel

Unter beiden Annahmen bezüglich der FuE-Aufwendungen hat die hier dargestellte Branche eine *Branchen-FuE-Intensität* von 8,5%. Diese Intensität ergibt sich aus der Division der Summe der FuE-Aufwendungen durch die Summe der Umsätze. Offensichtlich ist die Verteilung der FuE-Intensitäten der Unternehmen in Bezug auf die Unternehmensgröße jedoch sehr unterschiedlich. Unter Annahme 1 nimmt die FuE-Intensität der Unternehmen mit der durch den Umsatz definierten Unternehmensgröße zu. Im Fall der Annahme 2 ist der Zusammenhang gerade umgekehrt - die FuE-Intensität der kleinen Unternehmen ist höher als die der "Großunternehmen." Die *mittlere FuE-Intensität der Unternehmen der Branche* - definiert als der ungewichtete Mittelwert der FuE-Intensitäten der einzelnen Unternehmen sind plausiblerweise nicht identisch unter den beiden Annahmen. Im Fall der forschungsintensiven Großunternehmen liegt die mittlere FuE-Intensität unterhalb der *Branchen-FuE-Intensität*, da den Großunternehmen bei der Berechnung der mittleren Intensität dasselbe Gewicht gegeben wird wie den kleineren Unternehmen. Im Gegensatz dazu liegt die *mittlere FuE-Intensität* unter der zweiten Annahme (forschungsintensive Kleinunternehmen) oberhalb der *Branchen-FuE-Intensität*.

Dieser Zusammenhang kann unter plausiblen Annahmen verallgemeinert und mit den folgenden zwei "Regeln" beschrieben werden:

1. Wenn die mittlere FuE-Intensität der Unternehmen der Branche oberhalb der Branchen-FuE-Intensität liegt, dann muß eine Gruppe von besonders forschungsintensiven Kleinunternehmen existieren.
2. Wenn die mittlere FuE-Intensität der Unternehmen der Branche unterhalb der Branchen-FuE-Intensität liegt, dann sind Kleinunternehmen tendenziell weniger forschungsintensiv als Großunternehmen.

Diese beiden "Regeln" können auf andere Intensitätsgrößen angewendet werden. Insbesondere in Tabelle 8 im Text des Berichts, in der FuE-, Innovations- und Investitionsintensitäten nach

Branche aufgelistet werden, können somit durch einfachen Vergleich der mittleren Intensität der Unternehmen mit der Branchenintensität direkte Schlußfolgerungen gezogen werden.

Im folgenden werden diese Zusammenhänge mithilfe der formalen Definitionen der einander gegenüber gestellten Kenngrößen noch einmal deutlich gemacht. Die *FuE-Intensität einer Branche* wird häufig charakterisiert als

$$\begin{aligned} \text{FuE-Intensität} &= \frac{\text{Summe der FuE-Aufwendungen}}{\text{Summe der Umsätze}} = \\ \text{der Branche} &= \frac{\sum_{i=1}^N \text{FuE-Aufwendungen}_i}{\sum_{i=1}^N \text{Umsatz}_i} \end{aligned}$$

Die Summe der von den Unternehmen angegebenen FuE-Aufwendungen bezogen auf die Summe aller (erfaßten) Umsätze ergibt die gewünschte Kenngröße. Die *durchschnittliche FuE-Intensität der Unternehmen einer Branche* ist definiert als

$$\text{durchschnittliche FuE-Intensität} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\text{FuE-Aufwendungen}}{\text{Umsatz}} \right)_i$$

der Unternehmen der Branche

Die erste Kenngröße kann in etwas modifizierter Form als ein gewichteter Mittelwert geschrieben werden, um die Beziehung zur zweiten zu verdeutlichen:

$$\text{FuE-Intensität} = \sum_{i=1}^N \frac{\text{Umsatz}_i}{\left(\sum_{j=1}^N \text{Umsatz}_j \right)} \left(\frac{\text{FuE-Aufwendungen}_i}{\text{Umsatz}_i} \right)$$

der Branche

Bei der Ermittlung der *durchschnittlichen FuE-Intensität der Unternehmen* erhalten alle individuellen FuE-Intensitäten das Gewicht $1/N$, wobei N die Zahl der erfaßten Unternehmen ist. Die *FuE-Intensität der Branche* kann wie gerade dargestellt ebenfalls als ein Mittelwert der individuellen FuE-Intensitäten geschrieben werden, allerdings erhält jede Intensität einen Gewichtungsfaktor, der dem Umsatzanteil des Unternehmens in der Branche entspricht.

Im Methodenbericht werden nun wirtschaftszweigspezifisch die Innovations- und FuE-Intensitäten der Grundgesamtheit geschätzt, wiederum eingeschränkt auf die innovativen Unternehmen. Verwendet werden die freie Hochrechnung und der Verhältnisschätzer. Beide Verfahren sollen im folgenden vorgestellt werden.²²

²² Dieser Abschnitt orientiert sich stark an Thomsen (1988)

8.2 Hochrechnungsverfahren

In der Stichprobentheorie gibt es zwei unterschiedliche Ansätze: den designorientierten und den modellorientierten Ansatz. Beide gehen von einer endlichen Grundgesamtheit aus und versuchen, einen unverzerrten Schätzer mit minimaler Varianz zu finden. Der designorientierte Ansatz betrachtet Schätzer, die im Mittel aller möglichen Stichproben unverzerrt sind. Der modellorientierte Ansatz betrachtet dagegen Schätzer, die für eine realisierte Stichprobe und ein zugrundegelegtes Modell unverzerrt sind.

Hier soll eine Grundgesamtheit mit N Unternehmen $U = \{1, 2, \dots, N\}$ betrachtet werden. Zur Vereinfachung wird zunächst auf eine Unterscheidung nach Wirtschaftszweigen und Größenklassen verzichtet. Zu jedem Unternehmen gehört eine Innovationsintensität y_i und eine Beschäftigtenzahl x_i , wobei die Beschäftigtenzahl für alle Unternehmen der Grundgesamtheit zunächst als bekannt vorausgesetzt wird. Wie sich zeigen wird, genügt es, die durchschnittliche Beschäftigtenzahl zu kennen. Gesucht ist ein Schätzer für die durchschnittliche Innovationsintensität der Grundgesamtheit

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_k.$$

Die durchschnittliche Innovationsintensität der Grundgesamtheit wird mit Hilfe einer Stichprobe s vom Umfang n geschätzt. Ein Stichprobendesign ordnet jeder Stichprobe s aus der Menge aller möglichen Stichproben S eine Wahrscheinlichkeit $p(s)$ zu²³.

Das Augenmerk gilt im folgenden Schätzern der Form $\hat{Y} = \sum_{k \in s} a_k(s) y_k$.

Die $a_k(s)$ sind Konstanten, die von s und x_k abhängen, aber nicht von y_k .

Innerhalb des designorientierten Ansatzes interessiert man sich für designunverzerrte Schätzer, d.h. Schätzer, für die gilt

$$E(\hat{Y} - \bar{Y}) = \sum_{s \in S} p(s) (\hat{Y} - \bar{Y}) = 0.$$

Ein solcher Schätzer ist der Schätzer der freien Hochrechnung²⁴ $\sum_{k \in s} \frac{1}{n} y_k$.

Während der designorientierte Ansatz eine nichtstochastische Grundgesamtheit unterstellt, geht der modellorientierte Ansatz davon aus, daß es sich bei den Unternehmen der Grund-

²³ Wird z.B. eine einfache Zufallsstichprobe mit Zurücklegen gezogen, so besitzt die Menge S $\binom{N}{n}$ Elemente.

²⁴ Ein Beweis der Unverzerrtheit ist bei Cochran (1972) S. 37 zu finden.

gesamtheit um Realisationen einer sogenannten "Superpopulation" von Unternehmen handelt. Dieser Ansatz erfordert die Festlegung eines stochastischen Modells bzw. einer Verteilungsannahme. Hier soll unterstellt werden, daß die Innovationsintensität linear von der Beschäftigtenzahl abhängt

$$Y_k = \beta x_k + e_k.$$

Y_k ist eine Zufallsvariable, deren Realisation y_k ist. β ist ein unbekannter Parameter und die e_k sind unabhängig verteilte Zufallsvariablen mit $E(e_k) = 0$ und $E(e_k^2) = \sigma_e^2$.

Für eine gegebene Stichprobe s heißt der Schätzer \hat{Y} modellunverzerrt, wenn

$$E_\xi(\hat{Y} - \bar{Y}) = 0,$$

wobei E_ξ der Erwartungswertoperator in Bezug auf das oben angegebene Modell ist.

Für die freie Hochrechnung gilt

$$\begin{aligned} & E_\xi(\hat{Y} - \bar{Y}) \\ &= E_\xi\left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_k - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Y_k\right) \\ &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \beta x_k - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \beta x_k \\ &= \beta(\bar{x}_s - \bar{x}). \end{aligned}$$

\bar{x}_s bezeichnet die durchschnittliche Beschäftigtenzahl in der Stichprobe und \bar{x} die durchschnittliche Beschäftigtenzahl in der Grundgesamtheit. Befindet sich in der gegebenen Stichprobe eine überdurchschnittliche Anzahl großer Unternehmen, dann überschätzt die einfache Hochrechnung die durchschnittliche Innovationsintensität.

Für das obengenannte Modell kann ein Schätzer angegeben werden, der modellunverzerrt ist. Dabei handelt es sich um den Verhältnisschätzer

$$\hat{R} \frac{\sum_{k=1}^N x_k}{N}, \text{ wobei } \hat{R} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_k \Big/ \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k.$$

Der Verhältnisschätzer läßt sich schreiben als Schätzer der freien Hochrechnung multipliziert mit einem Faktor

$$\frac{\sum_{k=1}^N x_k}{N} \Big/ \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k.$$

Dieser Faktor führt für das oben angegebene Modell zu einer "Korrektur" des Schätzers der freien Hochrechnung bei einer überdurchschnittlichen Zahl kleiner bzw. großer Unternehmen. Kann man jedoch a priori nicht von einem proportionalen Zusammenhang zwischen Innovationsintensität und Beschäftigtenzahl ausgehen, so führt der Verhältnisschätzer zu verzerrten Ergebnissen.

8.3 Geschichtete Stichproben

Ist die Grundgesamtheit heterogen bezüglich des Untersuchungsmerkmals, kann man durch Schichtung die Varianz der Schätzwerte verringern. Sind die Schichten homogen, d.h. unterscheiden sich in der Grundgesamtheit die Ausprägungen des Untersuchungsmerkmals nur wenig, können Mittelwert und Varianz mit einer vergleichsweise geringen Anzahl von Unternehmen genau geschätzt werden. Interessieren die Schätzergebnisse beispielsweise für einzelne Wirtschaftszweige mit einer bestimmten Genauigkeit, ist es sinnvoll, jeden Wirtschaftszweig als eigene "Grundgesamtheit" zu betrachten.

Sind mehrere Untersuchungsmerkmale zugleich Ziel der Untersuchung, können oft keine Schichten gebildet werden, die homogen hinsichtlich jedes einzelnen Merkmals sind. Dann muß bei gegebenem Stichprobenumfang ein Genauigkeitsverlust akzeptiert werden.

Wie bereits in Abschnitt 3 beschrieben, wurde im vorliegenden Fall nach Wirtschaftszweigen, Beschäftigtengrößenklassen und Ost-West-Zugehörigkeit geschichtet. Die Hochrechnung der Intensitäten erfolgt getrennt nach Wirtschaftszweigen. Da die Anzahl verwertbarer Angaben sehr gering ist, insbesondere für die Innovationsintensitäten, werden die Hochrechnungen nur für die alten Bundesländer ausgewiesen. Um die entsprechenden Intensitäten für die neuen Länder hochzurechnen, sind detailliertere Untersuchungen notwendig, insbesondere in Bezug auf die Verlässlichkeit der Ergebnisse. Es besteht auch Hoffnung, in der neuen Welle mehr verwertbare Angaben zu erhalten. Dies wird am Ende von 8.4 näher begründet.

Innerhalb der Wirtschaftszweige bilden dann für die alten Länder die Größenklassen das eigentliche Schichtungsmerkmal.²⁵ Bezeichnet man die Anzahl der Größenklassen mit L und eine einzelne Größenklasse mit j , dann lautet der Mittelwert der Grundgesamtheit

$$\bar{y}_{st} = \frac{\sum_{j=1}^L N_j \bar{y}_j}{N}.$$

st steht hier für geschichtet (stratified). Der Schätzwert \bar{y}_{st} ist im allgemeinen ungleich dem Stichprobenmittel

²⁵ Durch die Schichtenbildung konnte damit auch der unterschiedlichen Teilnahmebereitschaft von Großunternehmen und KMUs Rechnung getragen werden.

$$\bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^L n_j \bar{y}_j}{n}.$$

Der Unterschied besteht darin, daß bei der Berechnung von \bar{y}_{st} die Zellenmittelwerte mit dem Anteil der Anzahl der Unternehmen in der Grundgesamtheit gewichtet werden, während bei der Berechnung des Stichprobenmittels nur der Anteil der Unternehmen in der Stichprobe verwendet wird. Die beiden Mittelwerte stimmen nur überein, wenn auch die Anteile übereinstimmen. Man spricht dann von einer proportionalen Schichtung. Bei der hier zugrundeliegenden Stichprobe nehmen allerdings die Anteile der gezogenen Unternehmen mit zunehmender Beschäftigtengrößenklasse zu.

Für die Varianz einer geschichteten Stichprobe gilt

$$V(\bar{y}_{st}) = \frac{\sum_{j=1}^L N_j^2 V(\bar{y}_j)}{N^2}.$$

Tabelle 11 gibt die Formeln für die verschiedenen Schätzer an. Als ein weiterer Schätzer ist dort der kombinierte Verhältnisschätzer aufgeführt. Bei diesem Schätzer handelt es sich um eine Version des Verhältnisschätzers, der weniger stark auf sehr große bzw. sehr kleine Werte reagiert. Ihn sollte man deshalb bei kleinen Stichprobenumfängen vorziehen.

Tabelle 11 gibt die Formeln für die verschiedenen Schätzer an. Auf die Kennzeichnung eines Schätzers für eine geschichtete Stichprobe durch den Index st wird aus Gründen der Lesbarkeit verzichtet. Die Variablen erhalten nun aber einen Index i , um nochmals zu betonen, daß die Hochrechnung getrennt nach Wirtschaftszweigen erfolgte. In dieser Tabelle beziehen sich Großbuchstaben auf die Grundgesamtheit und kleine Buchstaben auf die Stichprobe. Einzige Ausnahme bilden die Bezeichnungen für die Wirtschaftszweige und Größenklassen.

Wie schon im vorigen Abschnitt bezeichnet

n die Zellenbesetzung

y den Merkmalswert und

x die Beschäftigtenzahl

Weiter ist

$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n_{ij}} \sum_{u=1}^{n_{ij}} y_{iju}$ der durchschnittliche Merkmalswert der Stichprobenelemente in Wirtschaftszweig i und Größenklasse j .

$s_{y_{ij}}^2 = \frac{1}{n_{ij}-1} \sum_{u=1}^{n_{ij}} (y_{iju} - \bar{y}_{ij})^2$ die Varianz der Merkmalswerte der Stichprobenelemente in Wirtschaftszweig i und Größenklasse j

$R_{S_{ij}} = \frac{\bar{Y}_{ij}}{\bar{X}_{ij}}$ die "Ratio" des Verhältnisschätzers bei geschichteten Stichproben

$$R_{C_i} = \frac{\sum_{j=1}^L N_{ij} \bar{Y}_{ij}}{\sum_{j=1}^L N_{ij} \bar{X}_{ij}}$$

die "Ratio" des kombinierten Verhältnisschätzers bei geschichteten Stichproben

ρ_{ij}

Korrelationskoeffizient der Merkmalswerte mit der Beschäftigtenzahl

Geschätzte Größen werden durch $\hat{}$ gekennzeichnet. So ist

$\hat{\rho}_{ij}$

Korrelationskoeffizient der Merkmalswerte mit der Beschäftigtenzahl

$$\hat{R}_{S_{ij}} = \frac{\bar{y}_{ij}}{\bar{x}_{ij}}$$

geschätzte "Ratio" des Verhältnisschätzers bei geschichteten Stichproben

$$\hat{R}_{C_i} = \frac{\sum_{j=1}^L N_{ij} \bar{y}_{ij}}{\sum_{j=1}^L N_{ij} \bar{x}_{ij}}$$

geschätzte "Ratio" des kombinierten Verhältnisschätzers bei geschichteten Stichproben

8.4 Hochrechnung der Intensitäten

Die Hochrechnung ist durch eine Reihe von Schwierigkeiten gekennzeichnet:

1. Die Beschäftigtenangaben mancher Unternehmen im Fragebogen würde zu einer anderen Größenklassenzuordnung führen als die Angaben des VVC.
2. Die Geschäftsbereiche mußten wieder zu Unternehmen aggregiert werden.
3. Es gibt nur eine relativ geringe Anzahl verwertbarer Angaben.²⁶
4. Die Unternehmen hatten vermutlich Schwierigkeiten mit dem Innovationsbegriff.
5. Der Anteil der Innovatoren kann nicht genau angegeben werden, da nicht ausgeschlossen werden kann, daß Innovatoren in der Stichprobe überrepräsentiert sind.

zu 1: In einigen Fällen weichen die Beschäftigtenangaben der Unternehmen stark von den Angaben des VVC ab. Unternehmen müßten danach einer anderen Größenklasse zugeordnet werden. Teilweise machten zu einer Unternehmensgruppe gehörende Unternehmen nur Angaben zu der gesamten Gruppe und müßten dann einer höheren Klasse zugeordnet werden. Es gibt aber auch den Fall, daß Unternehmen einer kleineren Klasse zugeordnet werden müßten, da nicht in Geschäftsbereiche aufgespaltene Unternehmen nur für einen Teil des Unternehmens antworteten und diesen Unternehmensteil selbst als Geschäftsbereich definierten. Auch können die Angaben des VVC fehlerhaft sein. So ist bekannt, daß der VVC bei manchen zu einer Unternehmensgruppe gehörenden Unternehmen die Beschäftigten der gesamten Gruppe angibt.

²⁶ Wie bereits im Gutachten gelten Innovationsintensitäten als verwertbar, wenn sie im Intervall [0;0,8] liegen. Die entsprechenden Intervalle für die FuE-Intensitäten lauten [0;0,6] und für die Investitionsquoten [0;3].

Prinzipiell gibt es drei Möglichkeiten, dieses Problem anzugehen:

- man legt die Beschäftigtenangaben des VVC zugrunde und rechnet auf die Grundgesamtheit des VVC hoch,
- man legt die Beschäftigtenangaben der Unternehmen zugrunde und rechnet ebenfalls auf die Grundgesamtheit des VVC hoch oder
- man legt die Beschäftigtenangaben der Unternehmen zugrunde und rechnet auf die Grundgesamtheit der Arbeitsstättenzählung hoch. Dazu müssen aktualisierte Werte zur Arbeitsstättenzählung angegeben werden.

Die erste Vorgehensweise wäre dann gerechtfertigt, wenn die Unternehmen falsche Beschäftigtenangaben gemacht hätten aber ansonsten konsistent geantwortet hätten. Die zweite Vorgehensweise unterstellt, daß die Unternehmensangaben die Veränderungen widerspiegeln, die sich bei den Unternehmen in der Zeit von der Erfassung durch den VVC bis zur Beantwortung durch die Unternehmen ergeben haben. Es wird weiterhin unterstellt, daß diese Änderungen in der Stichprobe repräsentativ für die Grundgesamtheit sind. Die dritte Vorgehensweise setzt voraus, daß sich die Angaben der Arbeitsstättenzählung aktualisieren lassen und im wesentlichen mit der Grundgesamtheit des VVC übereinstimmen. Die Aktualisierung könnte beispielsweise mit Hilfe der Angaben des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) zu den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten erfolgen. Die dritte Vorgehensweise ist auf die alten Bundesländer beschränkt.

Für die Hochrechnung wurde die zweite Vorgehensweise verwendet. Die erste Vorgehensweise wurde verworfen, weil die hierfür notwendigen Annahmen zu unrealistisch sind²⁷. Die dritte Vorgehensweise konnte bislang nur ansatzweise durchgeführt werden. Die Wirtschaftszweige der Beschäftigtenstatistik müssen dazu zuerst auf die Arbeitsstättenzählung umgeschlüsselt werden und diese für die Hochrechnung dann auf die NACE-Rev 1. Letzteres ist bisher noch nicht erfolgt. Erste Hochrechnungen von Umsätzen für die Chemie und den gesamten Maschinenbau liegen aber in der Größenordnung, wie sie das Statistische Bundesamt für 1992 ausweist.

zu 2: Die Aggregation der einzelnen Geschäftsbereiche eines Unternehmens zum Gesamtunternehmen erfolgte, indem die Innovationsaufwendungen bzw. FuE-Ausgaben der einzelnen Geschäftsbereiche aufsummiert und durch den kumulierten Gesamtumsatz dividiert wurden. Hat nur ein Teil der angeschriebenen Geschäftsbereiche geantwortet, wurde alleine auf diese Geschäftsbereiche zurückgegriffen. Das kann im Extremfall dazu führen, daß die errechneten Intensitäten des Gesamtunternehmens nur auf einem kleinen Unternehmensteil beruhen.

²⁷ Dennoch wurden die Hochrechnungen auch unter diesen Annahmen durchgeführt. Es ergaben sich in den Ergebnissen aber keine signifikanten Unterschiede zur zweiten Vorgehensweise.

zu 3: Aussagen über die Auswirkung der Antwortverweigerung können bisher noch nicht gemacht werden (vgl. Abschnitt 5). Deshalb wurde zunächst unterstellt, daß die Ergebnisse durch die Antwortverweigerung nicht beeinflußt werden. Außerdem wurden die Unternehmen zu 21 Wirtschaftszweigen und 4 Größenklassen aggregiert.²⁸ Nach Cochran²⁹ sollte die Mindestbesetzung je Zelle 30 Unternehmen betragen, um einigermaßen gesicherte Aussagen treffen zu können. Aufgrund unserer Erfahrungen ist diese Besetzung aber kaum zu erreichen, insbesondere nicht bei den oberen Größenklassen. Eine nochmalige Verminderung der Anzahl der Zellen erscheint auch nicht sinnvoll, da die Unterschiede zwischen den Wirtschaftszweigen weiter verwischt würden.

Insbesondere für die Varianzberechnung sind solche Zellen problematisch, die mit nur einem Unternehmen besetzt sind. Für diese Zellen ist die Varianz nicht definiert. Weisen alle Unternehmen die selbe Intensität auf, wird die Varianz null: es kommt zu einer Unterschätzung der Varianz. Besitzen alle Unternehmen einer Zelle die selbe Intensität oder Beschäftigtenzahl, dann kann keine Korrelation dieser beiden Größen errechnet werden und somit auch nicht die Varianz des Verhältnisschätzers. In den Tabellen sind diese Problemfälle kenntlich gemacht.

zu 4: Bei der Datenaufbereitung hatte sich gezeigt, daß zahlreiche Unternehmen mit der Abfrage der Innovationsaufwendungen nicht zurecht kamen. Von den Unternehmen war gefordert, in Frage 18 die laufenden Innovationsaufwendungen anzugeben und in Frage 20 die Investitionen im Zusammenhang mit Innovationen. In Frage 21 sollten sie dann die Aufwendungen für externe Dienstleistungen mit direktem Bezug zu Innovationsaktivitäten angeben. Wie es scheint, haben mehrere Unternehmen bei Frage 18 gleich die gesamten Innovationsaufwendungen aufgeführt, in Frage 20 dann die Investitionen im Zusammenhang mit Innovationen und in Frage 21 wußten sie nicht mehr weiter und gaben gar nichts an. Auch andere Varianten des Mißverständnisses kamen vor. So konnten einige Angaben gar nicht verwendet werden, andere dürften mit erheblichen Meßfehlern behaftet sein.

Aus diesem Grund wurde in der zweiten Welle in Frage 22 zuerst nach den gesamten Innovationsaufwendungen gefragt und dann nach der Aufteilung in laufende Aufwendungen für Innovationsprojekte einerseits und Investitionen für Innovationsprojekte andererseits. Ebenso wird in Frage 29 zunächst nach den gesamten FuE-Aufwendungen gefragt und erst dann nach der Aufteilung in interne und externe Aufwendungen.

zu 5: Die Teilnahmequote ist mit 25 Prozent relativ gering. Es kann deshalb nicht ausgeschlossen werden, daß manche Unternehmen überrepräsentiert sind. Möglicherweise haben sich innovative Unternehmen durch die Befragung eher angesprochen gefühlt als nicht innovative: der Innovatorenanteil würde dann überschätzt.

²⁸ Die Größenklassen lauten: 5-49, 50-249, 250-999, 1000 und mehr

²⁹ vgl. Cochran (1972), S. 189 bzw. 201

Die Hochrechnung der Intensitäten wurde deshalb nicht für die gesamte Grundgesamtheit durchgeführt, sondern nur für die innovativen Unternehmen.

8.5 Schätzung der Innovationsintensitäten in den alten Bundesländern

Betrachtet man die Schätzungen der Innovationsintensitäten der freien Hochrechnung für die alten Bundesländer in Tabelle 12a, dann fallen zunächst einige unerwartet hohe Werte auf. So beträgt die Innovationsintensität in der Kunststoff- und Gummiverarbeitung 15,4 Prozent bei einer Varianz von 13,06, in der Metallverarbeitung 10,5 Prozent (Varianz: 10,98) und für Holz, Papier, Pappe 10,1 Prozent (Varianz: 16,60). Vergleicht man damit die beiden Verhältnisschätzer, dann sind die geschätzten Innovationsintensitäten zwar geringer, die Varianzen aber noch größer. Ein Blick auf die Anzahl verwertbarer Angaben zeigt, daß für die Kunststoff- und Gummiverarbeitung immerhin 67 Angaben vorliegen, für die Metallverarbeitung aber nur 45 und für Holz, Papier, Pappe nur 43. Schaut man sich die individuellen Innovationsintensitäten und die Gewichte näher an, so erweist sich vor allem die kleinste Größenklasse (5 bis unter 50 Beschäftigte) als sehr heterogen (insbesondere die Unternehmen mit 5 bis unter 20 Beschäftigten). Hier gibt es Unternehmen mit sehr hohen Innovationsintensitäten, die zusätzlich mit einem hohen Gewicht in die Hochrechnung eingehen³⁰.

Die hier nicht ausgewiesenen Investitionsquoten deuten zudem darauf hin, daß die Heterogenität in den Innovationsintensitäten durch die Investitionsquoten zustandekommt. Das spricht dafür, die Innovationsintensitäten nicht auf die gesamten Innovationsaufwendungen zu basieren, sondern auf die laufenden Innovationen. Man könnte auch langfristige und kurzfristige Innovationsintensitäten bilden und in die langfristigen die über mehrere Jahre gemittelten Investitionen für Innovationen miteinbeziehen.

Während langfristige Innovationsintensitäten mit nur einer Welle nicht zu ermitteln sind, lassen sich die nur auf den laufenden Innovationsaufwendungen beruhenden Innovationsintensitäten bereits ausweisen. Wie Tabelle 12b zeigt, sind diese Innovationsintensitäten erheblich stabiler als die zuvor errechneten. Da die Unternehmen bei der Angabe der laufenden Innovationsaufwendungen scheinbar weniger Schwierigkeiten hatten als bei den gesamten Innovationsaufwendungen, liegen hierfür auch um rund ein Drittel mehr Angaben vor. Die in Tabelle 12b ausgewiesenen Intensitäten, insbesondere im Vergleich der Wirtschaftszweige untereinander, erscheinen auch plausibler als die Intensitäten in Tabelle 12a. Sehr heterogen sind aber nach wie vor Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, das Baugewerbe, der Werkzeugmaschinenbau sowie Holz, Papier, Pappe.

Der Vergleich der drei Schätzer untereinander zeigt sowohl bei der Berechnung der Innovationsintensitäten in Tabelle 12a als auch der Innovationsintensitäten auf Grundlage der laufenden Innovationsaufwendungen kein einheitliches Bild. Unseres Erachtens nach sollte der

³⁰ Dadurch, daß ursprünglich nach 50 Wirtschaftszweigen und 7 Größenklassen geschichtet gezogen wurde, die Unternehmen dann aber zu 21 Wirtschaftszweigen und 4 Größenklassen zusammengefaßt wurden, können Unternehmen in ein- und derselben Zelle sehr unterschiedliche Gewichte aufweisen.

freien Hochrechnung der Vorzug gegeben werden. Die Verhältnisse ("Ratios") in den einzelnen Zellen sind zu unterschiedlich, als daß sie verläßliche Ergebnisse erhoffen lassen. Häufig wechselt das Vorzeichen der Verhältnisse in inhaltlich nicht nachvollziehbarer Weise, so daß davon auszugehen ist, daß zum einen die Beschäftigtenzahl keine sinnvolle Bezugsgröße darstellt und zum anderen die Zellenbesetzung für eine Verhältnisschätzung zu gering ist.

8.6 Schätzung der FuE-Intensitäten in den alten Bundesländern

Im Vergleich zu den Innovationsintensitäten sind die FuE-Intensitäten wesentlich stabiler (s. Tabelle 13). Hier sind auch die Zellenbesetzungen um 20-30 Prozent höher. Auffällig ist hier zunächst nur die Verhältnisschätzung für die Herstellung von Büro- u. ADV-Geräten. Betrachtet man aber die Schätzungen der freien Hochrechnung, so ergeben sich durchaus plausible Werte. Bei den Dienstleistungen ist darauf zu achten, daß hier die Softwarefirmen die Schätzung dominieren. Aber auch die übrigen Dienstleistungsunternehmen weisen eine weit überdurchschnittliche FuE-Intensität auf.

8.7 Zusammenfassung

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß trotz zahlreicher Probleme Hochrechnungen möglich sind. Um deren Güte abschätzen zu können, sind noch weitere Auswertungen erforderlich. Insbesondere wäre ein mikroökonomisches Modell zur Schätzung der verschiedenen Intensitäten wünschenswert, um Imputationen durchführen zu können. Die Verhältnisschätzung scheint verzerrt zu sein und weist im Vergleich zur freien Hochrechnung in der Regel keine geringere Varianz auf.

Tabelle 12a: Innovationsintensitäten in Prozent in den alten Bundesländern

Branche	Kurzbez.	freie Hochrechnung		Verhältnisschätzung				Anzahl verwertbarer Angaben
		Mittelwert	Varianz	getrennte		kombinierte		
				Mittelwert	Varianz	Mittelwert	Varianz	
Bergbau und Energie	BBE	3,8	6,85	9,9	0,09	9,1	0,10	25
Ernährung	ERN	9,0	6,92	4,5	2,77	6,9	2,78	26
Textilgewerbe	TXT	4,1	1,43	2,8	1,78	3,2	1,79	39
Holz, Papier, Pappe	HPP	10,1	16,60	5,3	11,11	7,8	11,13	41
Chemie	CHM	9,7	4,51	6,2	8,17	3,0	8,24	85
Kunststoff- u. Gummiverarb.	KST	15,4	13,06	7,2	34,89	12,1	35,13	68
Glas und Keramik	GLK	7,5	4,37	5,9	10,70	6,1	10,73	29
Metallverarbeitung	MET	10,5	10,88	4,2	11,66	6,2	11,77	47
Stahl- und Leichtbau	STB	5,6	3,05	5,7	3,14	6,9	3,15	79
Werkzeugmaschinenbau	WMB	9,8	25,93	36,9	292,66	10,4	292,99	36
Allg. Maschinenbau	AMB	5,9	1,70	4,9	1,54	6,3	1,56	89
Sonstiger Maschinenbau	SMB	5,5	1,97	5,0	1,04	6,0	1,06	103
Büro- u. ADV-Geräte	ADV	14,9	12,59	5,0	77,66	4,8	78,84	26
Geräte der Elektrotechnik	ELE	9,7	9,11	6,3	8,31	11,3	8,36	58
Medizin-, Regeltechnik	MED	14,5	8,01	8,8	8,72	6,7	8,77	83
Kraftfahrzeugbau	KFZ	6,5	0,90	4,0	3,07	4,6	3,12	27
Sonstiger Fahrzeugbau	FZB	6,4	5,67	2,9	1,05	6,5	1,09	19
Möbel, Schmuck, Musikinstr.	MSM	5,1	274,0	19,2	148,74	16,1	148,99	20
Baugewerbe	BAU	5,3	55,16	2,35	5,03	3,6	5,04	35
Dienstleistungen	DL	19,1	11,89	4,88	30,06	9,0	30,22	88
Luft- und Raumfahrt	LRF	10,9	0,59	11,14	5,86	13,1	8,66	9

Quelle: ZEW (1994): Mannheimer Innovationspanel

Anmerkungen: 1) Fünf Unternehmen wurden nicht berücksichtigt, da sie sowohl sehr hohe Intensitäten als auch sehr hohe Gewichte aufweisen. Dabei handelt es sich um die laufenden Nummern 11301 (STB), 10575 (STB), 9798 (MSM), 11635 (MSM) und 7963 (BAU).

Tabelle 12b: Intensitäten der laufenden Innovationsaufwendungen in Prozent in den alten Bundesländern

Branche	Kurzbez.	freie Hochrechnung		Verhältnisschätzung				Anzahl verwertbarer Angaben
				getrennte		kombinierte		
		Mittelwert	Varianz	Mittelwert	Varianz	Mittelwert	Varianz	
Bergbau und Energie	BBE	1,8	2,39	2,3	4,18	1,6	4,19	28
Ernährung	ERN	1,4	0,29	0,8	0,31	1,2	0,31	31
Textilgewerbe	TXT	2,0	0,33	1,7	0,56	1,8	0,56	47
Holz, Papier, Pappe	HPP	2,4	9,73	2,3	3,55	3,0	3,55	43
Chemie	CHM	3,6	0,59	3,1	0,78	1,6	0,79	118
Kunststoff- u. Gummiverarb.	KST	4,7	4,16	3,9	4,75	5,0	4,78	74
Glas und Keramik	GLK	2,8	0,72	3,7	1,66	3,2	1,67	34
Metallverarbeitung	MET	3,4	0,48	1,4	0,18	1,2	0,18	62
Stahl- und Leichtbau	STB	4,5	0,73	2,2	0,35	2,7	0,35	97
Werkzeugmaschinenbau	WMB	6,7	33,34	5,5	32,31	4,5	32,40	50
Allg. Maschinenbau	AMB	3,3	0,63	2,5	0,34	3,1	0,35	119
Sonstiger Maschinenbau	SMB	3,4	0,39	3,1	0,22	3,3	0,22	131
Büro- u. ADV-Geräte	ADV	8,8	2,80	5,1	3,51	1,7	3,59	42
Geräte der Elektrotechnik	ELE	5,6	2,05	3,3	1,29	6,9	1,30	70
Medizin-, Regeltechnik	MED	8,7	5,31	4,2	2,40	3,8	2,42	111
Kraftfahrzeugbau	KFZ	3,6	0,83	2,3	1,03	1,9	1,04	36
Sonstiger Fahrzeugbau	FZB	2,5	0,70	0,8	0,11	1,1	0,12	19
Möbel, Schmuck, Musikinstr.	MSM	2,7	88,32	10,3	55,40	7,9	55,53	28
Baugewerbe	BAU	2,5	31,59	3,1	7,90	4,4	7,91	37
Dienstleistungen	DL	14,0	9,51	7,8	6,74	6,1	6,78	113
Luft- und Raumfahrt	LRF	8,4	1,74	5,7	4,65	4,0	7,37	10

Quelle: ZEW (1994): Mannheimer Innovationspanel

Anmerkungen: 1) Drei Unternehmen wurden nicht berücksichtigt, da sie sowohl sehr hohe Intensitäten als auch sehr hohe Gewichte aufweisen. Dabei handelt es sich um die laufenden Nummern 9798 (MSM), 10277 (HPP) und 11596 (KST).

Tabelle 13: FuE-Intensitäten in Prozent in den alten Bundesländern

Branche	Kurzbez	freie Hochrechnung		Verhältnisschätzung				Anzahl verwertbarer Angaben
				getrennte		kombinierte		
		Mittelwert	Varianz	Mittelwert	Varianz	Mittelwert	Varianz	
Bergbau und Energie	BBE	0,3	0,11	0,4	0,01	0,2	0,01	34
Ernährung	ERN	0,3	0,03	0,1	0,01	0,1	.	39
Textilgewerbe	TXT	0,8	0,10	0,5	0,19	0,6	0,19	49
Holz, Papier, Pappe	HPP	0,2	0,14	1,3	4,20	1,8	4,20	54
Chemie	CHM	2,6	0,41	1,7	0,49	1,0	0,49	130
Kunststoff- u. Gummiverarb.	KST	1,6	0,16	1,0	0,24	1,4	0,24	90
Glas und Keramik	GLK	0,6	1,42	1,0	0,47	0,9	0,47	40
Metallverarbeitung	MET	1,1	1,39	1,0	0,33	0,9	0,33	63
Stahl- und Leichtbau	STB	1,1	0,22	1,1	0,08	1,2	0,08	109
Werkzeugmaschinenbau	WMB	1,7	0,49	1,3	0,82	0,9	0,82	57
Allg. Maschinenbau	AMB	2,2	0,40	1,6	0,33	2,1	0,33	122
Sonstiger Maschinenbau	SMB	2,9	1,27	1,9	0,72	2,3	0,72	131
Büro- u. ADV-Geräte	ADV	7,8	2,60	2,2	15,54	7,5	15,54	45
Geräte der Elektrotechnik	ELE	5,5	1,56	3,0	1,10	3,1	1,10	78
Medizin-, Regeltechnik	MED	6,8	5,58	5,0	3,90	2,1	3,90	111
Kraftfahrzeugbau	KFZ	3,4	1,96	2,2	4,40	2,4	4,40	41
Sonstiger Fahrzeugbau	FZB	0,4	0,09	0,3	0,01	0,4	0,01	23
Möbel, Schmuck, Musikinstr.	MSM	0,5	0,29	1,9	1,53	1,6	1,53	30
Baugewerbe	BAU	0,2	0,28	0,1	0,01	0,1		44
Dienstleistungen	DL	6,9	4,28	2,0	3,65	1,9	3,65	115
Luft- und Raumfahrt	LRF	5,4	1,76	6,1	4,81	6,3	4,81	10

Quelle: ZEW (1994): Mannheimer Innovationspanel

- Anmerkungen: 1) In den Wirtschaftszweigen Ernährung und Baugewerbe gibt es Zellen, die konstante FuE-Aufwendungen für alle Unternehmen aufweisen. Für diese kann keine Korrelation zwischen FuE-Intensitäten und Beschäftigten ausgewiesen werden, die wiederum für die Berechnung der Varianz benötigt wird. Deshalb wird in der Tabelle für diese Wirtschaftszweige keine Varianz des Verhältnisschätzers ausgewiesen.
- 2) Zwei Unternehmen wurden nicht berücksichtigt, da sie sowohl sehr hohe Intensitäten als auch sehr hohe Gewichte aufweisen. Dabei handelt es sich um die laufenden Nummern 10277 (HPP) und 9618 (MSM).

9. Arbeitsproduktivität

Im Gutachten wurde unter dem Abschnitt 4.6 auf die Bedeutung des Zusammenhanges von Arbeitsproduktivität und Innovationsaufwendungen eingegangen. Die theoretische und empirische Vorgehensweise dieser Analyse soll im folgenden kurz beschrieben und am Beispiel der FuE-Aufwendungen erläutert werden.

Den Ausgangspunkt der Überlegungen bildet eine Produktionsfunktion vom Cobb-Douglas-Typ mit der die Zusammenhänge zwischen den Inputfaktoren technisches Wissen, Arbeits-einsatz, Vorleistungen und Sachkapital abgebildet werden. Die allgemeine Form der Cobb-Douglas-Produktionsfunktion lautet

$$y = c \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i}$$

wobei y für den Output, c für eine Konstante, x_i für die 'Inputmenge' des i -ten Produktionsfaktors und α_i für die entsprechende Produktionselastizität steht. Die Produktionselastizität gibt an, um wieviel Prozent sich der Output bei einer einprozentigen Erhöhung des jeweiligen Inputfaktors erhöht. Ist die Summe der Produktionselastizitäten größer (kleiner) als eins, so weist die Funktion steigende (sinkende) Skalenerträge auf. Zur Abschätzung der Produktionselastizitäten wurden in der empirischen Wirtschaftsforschung mehrere Ansätze ermittelt, die ausführlich z.B. von Morrison (1992) beschrieben werden. Ein einfacher Ansatz, der häufig auch bei Vorliegen von Individualdaten verwendet wird, ist die Schätzung in Form einer Arbeitsproduktivitätsgleichung in logarithmierter Form. Die für die Schätzung verwendete Form lautet:

$$\ln \frac{y}{x_1} = \ln c + \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i - 1 \right) \ln x_1 + \sum_{i=2}^n \alpha_i \ln \frac{x_i}{x_1}$$

Dabei bezeichnet x_1 den Arbeitsinput, x_i/x_1 die Intensitäten der anderen Inputfaktoren. Der Regressionskoeffizient von $\ln(x_1)$ erlaubt in einfacher Weise eine Test auf die Existenz von steigenden Skalenerträgen. Dazu muß dieser Koeffizient signifikant größer als 0 sein.

Eine Anwendung des produktionstheoretischen Rahmenwerkes auf die vorliegenden Daten erfordert jedoch noch einige weitere Annahmen bzw. Überlegungen. So müssen für den Outputfaktor und die verschiedenen Inputfaktoren geeignete Variablen gefunden werden bzw. bestmögliche Näherungswerte aufbereitet werden. Als Maß für die Arbeitsproduktivität wird der Quotient aus Umsatz und der Anzahl Beschäftigten verwendet, wobei Teilzeitbeschäftigte und Auszubildende jeweils anteilig berücksichtigt werden.

Üblicherweise werden bei Vorliegen von Zeitreihendaten der Kapitalstock und ein sogenannter FuE-Kapitalstock als geeignete Indikatoren für die Menge der für den Produktionsprozess zur Verfügung gestellten Kapitaleleistungen bzw. das technische Know-how verwendet. Diese Angaben liegen in der erste Welle der Erhebung noch nicht vor. Daher wurden auf der Basis der folgenden Überlegungen die aktuellen FuE-Aufwendungen des Jahres 1992 bzw. die Investitionen des Jahres 1992 als Proxyvariable für den FuE-Kapitalstock bzw. den Stock an physischem Kapital verwendet. Im Querschnitt betrachtet weisen die FuE-Aufwendungen der Unternehmen eine hohe intertemporale Korrelation auf. Die Rangfolge der Unternehmen nach der Höhe der FuE-Aufwendungen sollte sich daher in der Zeit nicht erheblich verschieben. Daher dürfte im Querschnitt eine hohe Korrelation zwischen dem FuE-Kapitalstock und den aktuellen FuE-Investitionen bestehen. Ähnlich läßt sich auch im Hinblick auf die Investitionshöhe argumentieren. Da das Modell mit Querschnittsdaten geschätzt wird, erscheint der Ansatz über diese Proxyvariablen vertretbar. Um darüberhinaus noch für wirtschaftszweigspezifische Unterschiede zu kontrollieren, werden in das Modell noch Dummyvariable für 21 Wirtschaftszweige aufgenommen. Die Schätzergebnisse sind in Tabelle 14 getrennt für die alten und neuen Bundesländer zusammengefaßt.

Tabelle 14: Arbeitsproduktivität

	ABL	NBL
Anzahl der Beobachtungen	779	242
Korr R ²	0,5843	0,5566
	Koeffizient (t-Statistik)	Koeffizient (t-Statistik)
FuE-Kapital gemessen als (log (FuE-Aufwand / Beschäftigte))	0,04787 (4,87)	-0,0087 (-0,49)
Kapitalintensität gemessen als (log (Investitionen / Beschäftigte))	0,1148 (5,72)	0,1024 (4,49)
Materialintensität gemessen als (log (Materialaufwand / Beschäftigte))	0,3079 (8,75)	0,4030 (4,371)
Beschäftigte (log (Beschäftigte))	-0,0017 (-0,19)	-0,0064 (-0,22)

- Anmerkungen: 1) Heteroskedastie-robuste t-Werte in Klammern
 2) Die Modelle enthalten daneben noch Kontrollvariablen für 21 Wirtschaftszweigdummys.
 3) Die Anzahl der Unternehmen reduzierte sich aufgrund der Frage nach den Materialaufwendungen, die lediglich bei den Unternehmen mit mehr als 50 Beschäftigten aus dem Produzierenden Gewerbe gestellt wurde.

Die geschätzten Produktionselastizitäten weisen in etwa die zu erwartenden Werte auf. Den Schätzergebnissen zufolge lassen sich für das Produzierende Gewerbe keine steigenden

Skalenerträge auf Unternehmensbasis nachweisen. Interessant ist daneben der Wert der Produktionselastizität des FuE-Aufwandes. Dieser bewegt sich in einer Größenordnung wie er in der einschlägigen Literatur auch für andere Länder ausgewiesen wird (vgl. z.B. Hall und Mairesse 1993 für Frankreich und die USA). Für die Unternehmen der neuen Länder läßt sich kein Zusammenhang zwischen den aktuellen FuE-Aufwendungen und der aktuellen Arbeitsproduktivität nachweisen. Dies könnte darauf zurückgeführt werden, daß die aktuellen FuE-Aufwendungen keine Informationen über die vergangenen FuE-Aufwendungen enthalten, oder daß FuE für Produkte und Prozesse durchgeführt wird, mit denen z. Zt noch geringe Umsätze erwirtschaftet werden.

Aufgrund der starken Annahmen, die für die Ableitung dieser Ergebnisse notwendig waren, sollten diese Zusammenhänge allerdings nicht kausal interpretiert werden. Hierauf wurde bereits ausführlich in Felder et al. (1994) im Zusammenhang mit der Innovationsintensität eingegangen. Die dort gemachten Vorbehalte gelten hier ebenso.

10. Kooperationen

Die empirische Analyse der FuE-Kooperationen wurde bereits in der Dokumentation³¹ vorgenommen, ohne daß die Regressionsergebnisse ausgewiesen wurden. In diesem Abschnitt werden nun vor allem die diesen Analysen zugrundeliegenden ökonomischen Modelle und deren Ergebnisse ausgewiesen. Eine Interpretation erfolgt lediglich am Rande, da die Hauptaussagen in der oben erwähnten Dokumentation zu finden sind.

In einem ersten Schritt wird nach den Determinanten von FuE-Kooperationen gefragt, wobei unterstellt wird, daß die Höhe des FuE-Einsatzes vor der Entscheidung über FuE-Kooperationen festgelegt wird³². Im zweiten Schritt wird abschließend analysiert, ob ein Zusammenhang von FuE-Kooperationstätigkeit und Innovationserfolg besteht.

10.1 Determinanten der Kooperationstätigkeit

Auf der Basis des MIP werden zwei Indikatoren für die Kooperationsaktivität von Unternehmen gebildet. Der erste Indikator beruht auf den Antworten zur Frage, ob die Unternehmen FuE-Kooperationen aufweisen, während der zweite Indikator aus der Frage nach der geographischen Herkunft verschiedener Typen von Kooperationspartnern gebildet wird. Insgesamt können aufgrund der geographischen Differenzierung verschiedenener Kooperationspartner 63 unterschiedliche Kombinationsmöglichkeiten aus Kooperationspartnertyp und Region erfaßt werden (im folgenden Kooperationsvielfalt). Herausgestellt werden muß dabei aber, daß es sich hierbei nicht um die Anzahl der Kooperationen eines Unternehmens handelt.³³

Spillovereffekte treten vor allem dann auf, wenn das technische Know-how nicht ausreichend über Patente, Gebrauchsmuster u.a. geschützt werden kann. Der Fragenkatalog des MIP erlaubt eine direkte Messung der Spillovereffekte, indem auf die Bedeutung verschiedener Mechanismen, wie z.B. die Geheimhaltung von Forschungsergebnissen, die langfristige Bindung des FuE-Personals an das Unternehmen etc. abgestellt wird. Mit Hilfe einer Faktorenanalyse lassen sich aus den zwölf Einzelfragen zwei Gruppen bilden, wobei allerdings im folgenden nur unter einem Faktor Spillovereffekte zusammengefaßt werden: Potentielle Spillovereffekte treten nach unserer Interpretation vor allem dann auf, wenn Unternehmen in hohem Maß auf die Geheimhaltung, auf die Schnelligkeit in der Umsetzung, auf die komplexe Gestaltung der Produkte und auf die Kontinuität des FuE-Personals vertrauen müssen.

³¹ vgl. Felder, J. u. a., 1994a, S. 62 ff.

³² König, H. u. a., (1994) untersuchen darüber hinaus die simultanen Zusammenhänge zwischen Spillovereffekten, F&E-Kooperationen und F&E-Aufwendungen mit Hilfe der Daten des MIP.

³³ Wie der Pretest der Innovationserhebung aufgezeigt hat, dürfte es insbesondere den größeren Unternehmen außerordentlich schwer fallen, die genaue Anzahl aller F&E-Kooperationen des Unternehmens zu ermitteln, so daß eine entsprechende Frage sich durch hohe systematische Antwortausfälle auszeichnen würde.

Die Schätzergebnisse sind in Tabelle 15 zusammengefaßt, wobei nur Unternehmen berücksichtigt werden, die im Jahre 1992 FuE-Aktivitäten durchführten. In der ersten Spalte wird lediglich die Information, ob eine FuE-Kooperation unterhalten wird oder nicht, mit Hilfe eines Probit-Modells analysiert. Die zweite Spalte beziehen sich auf den oben definierten Indikator zur Kooperationsvielfalt. Bedingt durch die Art der Fragestellung im Fragebogen kann dieser Indikator lediglich ganzzahlige Werte zwischen 0 und 63 annehmen. In der Regel ist dieser Indikator kleiner als 13, wobei der Maximalwert 36 beträgt. Daher enthält die zweite Spalte ein Regressionsmodell, bei dem Angaben kleiner 1 und größer 12 als zensiert betrachtet wurden.

Die Ergebnisse in Tabelle 15 deuten auf eine höhere Kooperationsneigung großer Unternehmen im Vergleich zu kleinen Unternehmen und darauf, daß bei kleinen Unternehmen die Befürchtung überwiegt, daß FuE-Kooperationen den Wissensabfluß eher beschleunigt ohne gleichzeitig eine adäquate Kostenbeteiligung der Kooperationspartner zu gewährleisten. Die Wahrscheinlichkeit für FuE-Kooperationen steigt, falls öffentliche und/oder private Forschungsinstitutionen, z.B. Institute der industriellen Gemeinschaftsforschung, wichtige Informationsquellen für Innovationsprojekte sind.³⁴ Sind hingegen andere Unternehmen bedeutende Informationsquellen für die Innovationsaktivitäten, so ergibt sich daraus weder eine höhere Kooperationswahrscheinlichkeit noch eine höhere Kooperationsvielfalt.

Die nächste Gruppe von Variablen wird zur Abbildung der technologischen und marktmäßigen Innovationsmöglichkeiten benutzt. Die Ergebnisse zeigen, daß auf die geographische Ausweitung des Absatzmarktes abzielende Innovationsaktivitäten durch FuE-Kooperationen erleichtert werden. Unternehmen, die dem Ziel einer Marktausweitung in den USA, Japan oder anderen Ländern eine überdurchschnittlich hohe Priorität zu billigen, weisen im Gegensatz zu stärker lokal orientierten Unternehmen eine höhere Vielfalt von Kooperationspartnern auf. Dieses Ergebnis erscheint plausibel, da Kooperationspartner aus dem Ausland über regionspezifisches Know-how hinsichtlich des Marktzugangs, Produktgestaltung u.ä. verfügen und daher Kooperationen Marktanpassungs- und Markteinführungskosten für neue Produkte spürbar senken können.

³⁴ Die beiden Variablen für die Informationsquellen wurden mit Hilfe einer Faktoranalyse generiert. Der Faktorwert für 'öffentlichen Institutionen' wird dabei wesentlich geprägt von der Einschätzung der Bedeutung von Hochschulen, Fachhochschulen, öffentlichen und privaten Forschungseinrichtungen sowie der Fachliteratur für die Generierung neuer Ideen im Innovationsprozeß. Unter die 'privatwirtschaftlichen Quellen' werden Konkurrenten, Zulieferer, Wettbewerber sowie Messen und Ausstellung subsumiert. Detailergebnisse sind auf Anfrage erhältlich.

10.2 Innovationserfolg, FuE-Aufwand und Kooperationsneigung

Für die ökonomische Beurteilung von FuE-Kooperationen ist von zentraler Bedeutung, ob sich ein positiver Effekt auf den ökonomischen Innovationserfolg nachweisen läßt. Einen zentralen Input für den Innovationsprozeß stellt das akkumulierte Know-how der Unternehmen dar. Dieser Bestand läßt sich allerdings nur schwer messen. Da das technische Wissen eines Unternehmens primär in den 'Köpfen' der Beschäftigten enthalten ist, stellt die relative Anzahl

Tabelle 15: FuE-Kooperation, Unternehmensgröße und Innovationsaktivität

	Probit Modell	Tobit-Modell
Anzahl der Beobachtungen	1090	1090
Likelihood-Ratio Test (28 FG)	-	319,1
Log Likelihood	-649,3	-1847,7
Pseudo R ²	0,141	0,080
	Koeffizient (t-Statistik)¹	Koeffizient (t-Statistik)
Unternehmen mit (Basis: 1000 und mehr Beschäftigte)		
weniger als 50 Beschäftigte	-1,0227 (-4,60)	-4,2289 (-4,99)
50-249 Beschäftigte	-0,8658 (-7,11)	-3,9325 (-8,80)
250-999 Beschäftigte	-0,5612 (-4,91)	-2,5833 (-6,41)
Größenspezifische FuE-Spillovers		
Spillovers bei weniger als 50 Beschäftigte	-0,5231 (-1,98)	-1,7013 (-1,55)
Spillovers bei 50-249 Beschäftigte	0,0401 (0,48)	0,1256 (0,38)
Spillovers bei 250-999 Beschäftigte	0,0626 (0,74)	0,6552 (2,03)
Spillovers bei mehr als 1000 Beschäftigte	0,2819 (2,26)	1,2431 (2,96)
Informationsquellen für technisches Wissen		
öffentliche Forschungsinstitutionen	0,4268 (7,96)	1,8591 (9,27)
privatwirtschaftliche Quellen (Kunden, Zulieferer, Wettbewerber, Messen, u.a.)	-0,0128 (-0,21)	0,1677 (0,74)
Ziele der Innovationsaktivität		
globale Markterweiterung	0,0572 (1,17)	0,4344 (2,38)
lokale Markterweiterung	0,0054 (0,09)	-0,1891 (-0,89)
Kostenreduktion	-0,0664 (-1,21)	-0,3487 (-1,71)
FuE-Intensität (log (FuE-Personal / Beschäftigte))	-0,0252 (-1,37)	0,0329 (0,51)
Unternehmen aus den neuen Ländern	0,2367 (2,21)	0,1455 (0,36)

Anmerkungen: 1) Heteroskedastie-robuste t-Werte in Klammern

2) Die Modell enthalten daneben noch Kontrollvariablen für die Fragebogenversion, die Rechtsform der Unternehmen, Geschäftsbereich (ja/nein), ausländische Mutter (ja/nein) und 12 Wirtschaftszweigdummy's. Mit der Ausnahme der Wirtschaftszweigdummy's erwiesen sich die Kontrollvariablen i.d.R. als nicht signifikant.

3) Angegeben wird jeweils e^{β} .

der FuE-Mitarbeiter eine geeignete Proxyvariable für die Wissensbasis dar. FuE-Kooperationen vergrößern die Wissensbasis der Unternehmen, weil durch sie ein Zugriff auf die Wissensbasis anderer Firmen möglich wird.

Da im Hinblick auf die Erneuerung der Produktpalette erhebliche Unterschiede zwischen den Unternehmen aus Ost- und Westdeutschland und zwischen den einzelnen Branchen bestehen, werden entsprechende Dummyvariablen spezifiziert.

Drei unterschiedliche Indikatoren des ökonomischen Innovationserfolges werden verwendet:

1. der mit neuen Produkten, die in den letzten drei Jahren auf den Markt gebracht wurden, im Jahre 1992 erzielte Anteil am Gesamtumsatz (in %);
2. der Umsatzanteil des Jahres 1992, der mit seit 1990 verbesserten und neuen Produkten erzielt wurden (in %);
3. der Umsatzanteil von Produkten, die seit 1990 neu eingeführt wurden und bei ihrer Einführung neu für die gesamte Branche waren (in %).

Die Schätzergebnisse finden sich in der Tabelle 16.³⁵ Da die endogenen Variablen jeweils nur Werte zwischen Null und Hundert annehmen können, stellen Tobit-Modelle eine mögliche ökonometrische Spezifikation dar. Da die endogenen Variablen allerdings keineswegs normalverteilt sind, werden die Prozentanteile logarithmiert.³⁶ Der Anteil der zensierten Fälle liegt in den einzelnen Spezifikationen zwischen ca. 4 und ca. 50 Prozent. Insgesamt gesehen ist die Erklärungskraft der gewählten Modellspezifikationen eher als mäßig anzusehen, obwohl die Likelihood-Ratio-Teststatistik bei allen drei Modellmodifikationen hochsignifikant ist.

Die Ergebnisse können kurz wie folgt zusammengefaßt werden:

- Unternehmen mit höherem FuE-Einsatz weisen eine erheblich jüngere Produktpalette auf. In allen Spezifikationen ist dieser Zusammenhang hochsignifikant, wobei sich der engste Zusammenhang bei den Brancheninnovationen zeigt. Große Anstrengungen im FuE-Bereich scheinen sich daher stärker in die Entwicklung neuer Produkte als in fortlaufenden Produktverbesserungen niederzuschlagen.
- Je höher die Vielfalt der FuE-Kooperationsaktivität ist, desto höher sind die Umsatzanteile, die mit Brancheninnovationen erzielt werden. Im Hinblick auf eine kausale Interpretation dieses Zusammenhang ist allerdings noch Vorsicht geboten. Die hier aufgedeckte positive Korrelation könnte nämlich auch darauf zurückgeführt werden, daß besonders erfolgreiche Unternehmen die gesuchtesten Kooperationspartner sind und aus diesem Grunde mit besonders vielen unterschiedlichen Typen von Kooperationspartnern zusammenarbeiten können. Daher ist

³⁵ Das in Felder et al (1994a) zugrundeliegende ökonometrische Modell über den Innovationserfolg und FuE-Kooperationen wurde geringfügig erweitert.

³⁶ Der Wert 0 wird dabei durch den Wert 0,0001 approximiert.

ein eindeutige kausale Interpretation der Korrelation von FuE-Kooperationsaktivitäten und Innovationserfolg vorläufig noch mit Zurückhaltung zu betrachten.³⁷

– Je günstiger sich die Nachfrage in den letzten drei Jahren entwickelt hat, desto höher sind auch die einzelnen Umsatzanteile mit innovativen Produkten. Allerdings ist dieser Effekt nur schwach signifikant. Hohe Umsatzanteile mit Brancheninnovationen werden insbesondere von den Unternehmen erzielt, die ihre Innovationsaktivitäten auf die Weltmärkte ausgerichtet haben. Dagegen geht das Innovationsziel Kostensenkung und lokale Markterweiterung mit einem vergleichsweise höheren Erfolg von Imitationsanstrengungen einher.

– Im Hinblick auf den Neuheitsgrad des Produktspektrums zeigen sich zwischen den Unternehmen aus den alten und den neuen Ländern erhebliche Unterschiede. Die Unternehmen aus neuen Ländern weisen erheblich höhere Umsatzanteile mit neuen und verbesserten Produkten auf, was zum einen auf den bereits vollzogenen Wandel im Produktspektrum zurückgeführt werden kann. Zum anderen spielt dabei auch eine Rolle, daß mit den 'alten' Produkten kaum noch Umsätze erzielt werden und daher der Umsatzanteil der Neuerungen notgedrungen sehr hoch liegt. Der Aufholbedarf wird in der dritten Spalte der Tabelle 16 deutlich. Ostdeutsche Unternehmen befinden sich bei den Brancheninnovationen noch erheblich im Nachteil. Der bisherige Anpassungsprozeß war vornehmlich imitativer Natur.

Eine Interpretation der Branchendummies erscheint wenig sinnvoll. Daher wurden diese Kontrollvariablen nicht in der Tabelle abgebildet. In den Branchendummies schlagen sich nämlich eine Reihe z.T. gegenläufiger wirtschaftszweigspezifischer Effekte nieder.³⁸

³⁷ Gemünden, Heydebreck und Herden differenzieren zwischen ökonomischen und technischem Innovationserfolg. Basierend auf dem Urteil der befragten Unternehmensexperten kommen sie in einem log-linearen Modell zu der Schlußfolgerung, daß FuE-Kooperationen sowohl den technischen als auch den ökonomischen Erfolg von Innovationsaktivitäten positiv beeinflussen.

³⁸ Vgl. König et al (1994).

Tabelle 16: Innovationserfolg und FuE-Kooperationen - Tobit-Modelle

	Endogene Variable		
	Umsatzanteil neuer Produkte	Umsatzanteil neuer und verbesserter Produkte	Umsatzanteil von Branchen-innovationen
Anzahl der Beobachtungen	929	929	550
Likelihood-Ratio-Statistik ¹	96,8 (25)	113,9 (25)	76,7 (25)
Log Likelihood	-1591,9	-1332,9	-7584,8
Pseudo R ²	0,030	0,041	0,048
Anzahl der links-zensierten Fälle	149	37	256
Variable ²	Koeffizient (t-Wert)	Koeffizient (t-Wert)	Koeffizient (t-Wert)
Anzahl der Beschäftigte (logarithmiert)	-0,0259 (-0,62)	-0,0290 (-1,04)	-0,1638 (-2,37)
FuE-Intensität (log. (FuE-Personal / Beschäftigte))	0,0859 (3,66)	0,0421 (2,71)	0,1043 (2,59)
FuE-Kooperationen (Basis: keine)			
1 - 2 Typen von Partnern	0,2373 (1,66)	0,0506 (0,53)	0,2976 (1,23)
3-5 Typen von Partnern	0,1234 (0,90)	0,0957 (1,05)	0,3427 (1,50)
6-10 Typen von Partnern	0,1633 (0,89)	0,2590 (2,11)	0,6907 (2,21)
mehr als 10 Typen von Partnern	0,5250 (1,78)	0,5074 (2,57)	1,6050 (3,50)
Nachfrageentwicklung 1990-92 (Basis: unverändert)			
stark sinkende Nachfrage	-0,1607 (-0,84)	0,0057 (0,04)	-0,3705 (-1,11)
sinkende Nachfrage	-0,1170 (-0,62)	-0,0960 (-0,76)	-0,0538 (-0,17)
steigende Nachfrage	0,1428 (0,92)	0,1222 (1,17)	0,4463 (1,61)
stark steigende Nachfrage	0,3411 (1,90)	0,2329 (1,94)	0,2270 (0,72)
Innovationsziele			
Kostenreduktion	0,1458 (2,32)	0,0761 (1,81)	0,0592 (0,56)
globale Markterweiterung	0,1015 (1,71)	0,0805 (2,02)	0,2350 (2,37)
lokale Markterweiterung	0,1369 (1,99)	0,1017 (2,21)	0,0290 (0,23)
Unternehmen aus den neuen Ländern	0,5186 (3,75)	0,4454 (4,81)	-0,4887 (-2,17)
Konstante	2,0608 (6,93)	3,4834 (17,54)	0,8435 (1,71)

1 Freiheitsgrade in Klammern

2 Die Schätzwerte für die 12 Branchendummies sind aus Platzgründen nicht in der Tabelle wiedergegeben.

IV. ANHANG

1. Beispiel eines VVC-Reports

Tabelle 17: Beispiel eines VVC-Reports

CREFO: 123456789	WELLE: 7	RECHERCHEDATUM: 31.05.1993
ADRESSE:		
GRÜNDUNG	12.12.1975, als GmbH (10)	
BRANCHE	21000 Herstellung von Kunststoff und Gummiwaren	
ALLGEMEINES	konstante Unternehmensentwicklung zufriedenstellende Auftragslage	
MITARBEITER	78 Beschäftigte	
JAHRESUMSATZ	1989	9.100.000 DM
	1990	10.250.000 DM
	1991	11.000.000 DM
HANDELSREGISTER	14.09.1976 in xxxx Musterhausen als Nr. 7654 registriert	
KAPITALDATEN	Stammkapital: 500.000 DM	
BILANZ	Datum: xx.xx.19xx	
	Posten	Betrag
	Betriebs- und Geschäftseinrichtung	800.000 DM
	Warenlager	1.200.000 DM
	Forderungen	750.000 DM
IMMOBILIEN	Betriebsanwesen Größe: 13.400 qm, Verkehrswert: 2.000.000 DM	
TEXTERGÄNZUNG	Herstellung und Vertrieb von Schallschutzelementen, vor allem Rolläden, Fenster, Türen aus Kunststoff und verwandten Erzeugnissen unter dem Namen "ROLLO": Es bestehen zahlreiche Interessenfirmen im In- und Ausland. Auf Herrn Mustermann sind ca. 100 Patente, Patentanmeldungen und Schutzrechte im nationalen und internationalen Bereich eingetragen.	
BETEILIGTE:		
Crefo: 234567891	Betrag	500.000 DM
Crefo: 345678912	Betrag	0 DM
Crefo: 456789123	Betrag	0 DM
	Eigenschaft:	1
	Eigenschaft:	9
	Eigenschaft:	9

2. Vergleich des CIS-Fragebogens mit den Fragebögen der deutschen Innovationserhebung

Tabelle 18: Vergleich des CIS-Fragebogens mit den Fragebögen der deutschen Innovationserhebung

CIS-Fragebogen	Deutsche Fragebögen ¹⁾	Wesentliche Unterschiede
Introduction	Erläuterungen (Seite 3)	Zusätzliche Hinweise: auch Nichtinnovatoren können/sollen an der Umfrage teilnehmen; Angaben sollen sich auf das ganze Unternehmen beziehen, es sei denn, im Anschreiben ist ein Geschäftsbereich genannt Definition von FuE an dieser Stelle
I. General Information:	I. Unternehmensprofil (Seite 4-6):	
Enterprise Structure	Frage 1-4 (1; 1-4)	Keine Frage nach strukturellen Änderungen
Economic Activities	Frage 6-7 (2; 5)	Keine Frage zum Wirtschaftszweig und NACE-Code des Unternehmens; Umsatzangaben nur für 1992;
-	Frage 5 (2, 5)	Frage nach den wichtigsten Produktgruppen bzw. Produkten
-	Frage 8, 9 (5-6, 7-8)	Beurteilung der vergangenen und zukünftigen Umsatz-, Beschäftigung-, Nachfrageentwicklung sowie der Wettbewerbsintensität
-	Frage 10 (-; -)	Andere Platzierung der Frage nach dem Umsatzanteilen der Produkte eingeteilt in die einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus.
-	Frage 11 (7; -)	Durchschnittliche Dauer des Produktlebenszyklus
General Information about Innovation Activities		
Questions 1-3	Frage 12a, 12b (8a-8b; 9a-9b)	Weitergehende Aufgliederung der Antworten
II. Sources of Information for Innovation:	VII. Informationsquellen von Innovationen (Seite 14)	
Question 4	Frage 39 (30; 32)	Weitergehende Aufgliederung der Antworten
III. Objectives	VI. Innovationsziele (Seite 13)	
Question 5	Frage 38 (29; 31)	Innovationsziel "Senkung der Produktdesignkosten" ist nicht angegeben; Zusätzliche Länderkategorie "Osteuropa" bei Innovationsziel "Schaffung neuer Absatzmärkte"
IV. Acquisition/ Transfer of Technology	IV. Erwerb und Weitergabe von technischem Wissen (Seite 9-10)	
Questions 6 and 7	Frage 22-23 (15-16; 16-17)	Zusätzliche Antwortmöglichkeit: "Gründung oder Beitritt zu einem Joint Venture"
Question 8	Frage 24 (-; 18)	
-	Frage 25 (-; 19)	Zusätzliche Frage, inwieweit man bei der Produkt- und Prozeßentwicklung von verbundenen Unternehmen abhängig ist
Questions 9a, 9b	Frage 26-27 (17; 20)	Zusätzliche Antwortmöglichkeit "Langfristige Bindung qualifizierten Personals an das Unternehmen"
V. R&D Activity	V. Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (Seite 11-12)	
Question 10a- 10e	Frage 28 (19; 21) Frage 32 (23; 25) Fragen 33-35 (24-26; 26-28)	Keine Frage nach "Aufwendungen für extern erbrachte FuE-Leistungen"
-	Frage 29 (20; 22)	Frage nach Anzahl der Beschäftigten, die mit FuE-Aufgaben betraut sind
-	Fragen 30-31 (21-22; 22-23)	Zusätzliche Fragen, ob eine spezielle FuE-Abteilung vorhanden ist und wieviel Beschäftigte diese Abteilung hat
Question 11	Fragen 36-37 (27-28; 29-30)	Die Antwortkategorie "Joint Venture" bei Kooperationspartner fehlt, weil in den Fragen 22 und 23 danach gefragt wurde.

Fortsetzung =>

Fortsetzung Tabelle 18

CIS-Fragebogen	Fragebogen	Wesentliche Unterschiede
VI. Factors Hampering Innovation	VIII Innovationshemmnisse (Seite 15)	
Question 12	Frage 40 (31; 33),	Geringe Unterschiede bei Aufgliederung und Bezeichnung der Antwortmöglichkeiten
VII. Costs of Innovation	III. Innovationsaufwendungen (Seite 8)	
Question 13	Frage 18 (12; 12) Frage 19 (-; 13) Fragen 20-21 (13-14; 14-15)	Geringe Unterschiede bei der Aufgliederung
VIII. Impact of Innovation Activities	II. Wirtschaftliche Effekte von Innovationen (Seite 7)	
Question 14	Frage 10 (-; -)	
Question 15a, 15b	Frage 13 (9; 10)	
Question 16	Frage 15 (-; 11)	
-	Frage 16-17 (11-12; -)	Anmeldungen von Patenten und Gebrauchsmuster 1992
	IX. Kostenstruktur (Seite 16)	
-	Frage 41-42 (32-33; 34-35) Frage 43 (-; -)	Höhe des Personalaufwandes, der Investitionen und des Materialaufwandes
-	Frage 44 (-; -)	Produktionsstätten in mehreren Bundesländern ; Regionale Verteilung von FuE

¹ Die angegebenen Nummern beziehen sich auf die Fragennummer im Standardfragebogen für mittlere und große Unternehmen des Produzierenden Gewerbes. In Klammern werden die entsprechenden Nummern im Fragebogen für kleine Unternehmen des Produzierenden Gewerbes (erste Zahl in der Klammer) bzw. die Nummern für den Dienstleistungsfragebogen (zweite Zahl in der Klammer) angegeben. Ein Strich '-' bedeutet, daß die Frage in der jeweiligen Version nicht gestellt wird.

3. Synopse der Wirtschaftszweige nach Verwendung im Gutachten, NACE - Rev. 1 und WZ 79

Tabelle 19: Synopse der Wirtschaftszweige nach Verwendung im Gutachten, NACE - Rev. 1 und WZ 79

Wirtschaftszweige	Nace-Nr.	WZ-Nr	WZ 79-Bezeichnung
Bergbau u. Gewinnung von Steinen u.Erden; Energie u. Wasserversorgung	10- 14; 40-41	11(ohne 110 15 u. 111 00); 221; 10	Bergbau (ohne Kokerei),Gewinnung von Steinen u. Erden Elektrizitäts-, Gas-, Fernwärme- u. Wasserversorgung
Ernährungsgewerbe;Tabakverarbeitung	15; 16	281-297; 299	Ernährungsgewerbe; Tabakverarbeitung
Textilgewerbe; Bekleidungsgewerbe; Leder- gewerbe	17; 18; 19	275 (ohne 275 84); 27681-27695; 276 (ohne 27681-27695); 271 07; 270; 271 (ohne 271 07); 272, 26144	Textilgewebe (ohne H. von Bodenbelägen auf textiler Grundlage; H. von Haus-,Bett-,u.Tischwäsche,Bettwaren...; Bekleidungsgewerbe (ohne H. von Haus-,Bett-,u.Tischwäsche,Bettwaren); H. von Bekleidungszubehör a.n.g.; Ledererzeugung; Lederverarbeitung(ohne H. von Bekleidungszubehör a.n.g.); H. von Schuhen
Holzgewerbe, Papiergewerbe, Druckgewerbe und Vervielfältigung von bespielten Trägern	20; 21; 22.2; 22.3	260; 261(ohne 2613; 261 44; 2615; 2617) 30055; 30056 264; 265 (ohne 265 60) 268; 256 88; 26560; 250 75; 257 71	Holzbearbeitung, Holzverarbeitung (ohne H. von Holzmöbeln; H. von Schuhen, ohne H. von Matratzen; ohne H. von Pinseln, Besen, Bürsten...) H. von Fertigbauteilen aus Holz im Hochbau, Montage von Fertigbauteilen aus Holz im Hochbau Zellstoff-,Holzschliff-,Papier-, Papperzeugung; Papier- u. Pappeverarbeitung (ohne Druckweiterverarbeitung); Druckerei u. Vervielfältigung; Sonstiges Druckgewerbe; Druckweiterverarbeitung; Vervielfältigung von bespielten Tonträgern; Kopieranstalten von Kinofilmen
Chemische Industrie; Kokerei , Mineralölverar- beitung, Herstellung. u. Verarbeitung von Brut- u. Spaltprodukten	24; 23	200; 110 15, 111 00 ; 205; 201	Chemische Industrie, Kokerei, Mineralölverarbeitung; H. u.Verarbeitung von Spalt- u.Brutstoffen
Herstellung von Gummi- u. Kunststoffwaren	25	210; 213; 216	H. von Kunststoffwaren; H. von Gummiwaren; Runderneuerungen u. Reparatur v. Bereifungen
Glasgewerbe, Keramik,Verarbeitung von Steinen u.Erden	26	222; 223; 226; 224; 227; 300 51	Verarbeitung von Steinen u. Erden; Grobkeramik; H. von Schleifmitteln; Feinkeramik; H. u. Verarbeitung von Glas, H. von Fertigteilbau im Hochbau ohne Montage

Wirtschaftszweige	Nace-Nr.	WZ-Nr	WZ 79-Bezeichnung
Metallerzeugung u.-bearbeitung	27	230; 231; 233; 234; 236; 237	Hochhofen-,Stahl und Warmwalzwerke; Herstellung von Stahlrohren; NE-Metallerzeugung,NE-Metallhalbwerkzeuge; Eisen, Stahl- und Tempergießerei; NE-Metallgießerei Ziehereien,Kaltwalzwerke
Herstellung von Metallerzeugnissen	28	238; 232; 239 (ohne 239 5) 240 1; 238; 232; 240 1; 240 3; 240 5; 241; 256 (ohne 256 25 u. 256 84; ohne 256 3; 256 71 ohne 256 74; ohne 25688)	Stahlverformung,Oberflächenveredlung,Härtung; Schmiede-,Preß- u.Hammerwerke; Mechanik, a.n.g.(ohne Reparatur von Landmaschinen); Hoch-,Brücken-u. Wasserbau aus Stahl u.Leichtmetall; H. von Bauelementen aus Stahl-u. Leichtmetallprofilen,a.n.g.; H. von Grubenausbaukonstruktionen Kessel-u.Behälterbau; H. von Eisen-,Blech- u. Metallwaren; (ohne H. von Tafelgeräten u. Bestecken aus Edelmetallen...; ohne H. von Handelswaffen u. deren Munition; ohne H. von Möbeln aus Metallblechen; ohne H. von Möbeln aus Metallrohren u. -profilen; ohne sonstiges Druckgewerbe
Maschinenbau; aufgespaltet in:	29		
		242 1; 242 8	H. von Metallbearbeitungsmaschinen , Maschinen- und -Präzisionswerkzeugen; H. von Zahnrädern, Getrieben , Lagern, Antriebselementen
		242 21; 242 25; 242 3; 242 4; 242 6; 242 7; 239 50; 250 5; 256 3	H. von Hütten- u. Walzwerkseinrichtungen; Bergwerks- u. Gießereimaschinen, Hebezeugen Fördermitteln; H. von Bau-, Baustoff- u. ä. Maschinen; H. von landwirtschaftlichen Maschinen u. Ackerschleppern; H. von Maschinen für die Nahrungs- u. Genussmittelindustrie, chemische und verwandte Industrien; H. von Textil- und Nähmaschinen; H. von Maschinen für weitere bestimmte Wirtschaftszweige; Reparatur von Landmaschinen; H. von Elektrohaushaltsgeräten; Herstellung von Handelswaffen u. deren Munition
		242 9	Sonstiger Maschinenbau
H. von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten u. -einrichtungen; Rundfunk-, Fernseh- u. Nachrichtentechnik	30; 32	243; 250 65; 2507 (ohne 250 75)	H. von Büromaschinen ,Datenverarbeitungsgeräten u. -einrichtungen; H. von Kondensatoren, Widerständen, gedruckten Schaltungen...; H von Rundfunk- Fernseh- u. phonotechnischen Geräten (ohne Vervielfältigung von bespielten Tonträgern)

Wirtschaftszweige	Nace-Nr.	WZ-Nr	WZ 79-Bezeichnung
H. von Geräten der Elektrizitätserzeugung , Elektrizitätsverteilung u.ä.	31	250 1; 250 3; 250 4	H. von Batterien, Akkumulatoren; H. von Geräten und Einrichtungen für die Elektrizitäts- erzeugung und -umwandlung u. -verteilung; H. von elektrischen Leuchten
H. von Medizin-, Mess-, Steuer- u.Regelungstechnik u. Optik	33	252; 254; 250 6 (ohne 250 65);	Feinmechanik u. Optik; H. von Uhren; H. von Zählern ,.... u. elektromedizinischen Geräten (ohne H. von Kondensatoren, Widerständen, gedruckten Schaltungen...)
Herstellung von KRAFTWAGEN u. deren Teilen	34	244	Herstellung von Kraftwagen u. deren Teilen
sonstiger Fahrzeugbau (ohne Luft- u. Raumfahrzeugbau)	35 (ohne 35.3)	245 (ohne 245 54) 246; 247; 240 7	Straßenfahrzeugbau (ohne Kraftwagenherstellung ; ohne H. von Kinderwagen) Schiffbau; Schienenfahrzeugbau; Weichenbau
Luft- u. Raumfahrzeugbau	35.3	248	Luft- u. Raumfahrzeugbau
H. von Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren u. sonst. Erzeugnissen	36	256 25 u. 256 84; 256 71; 256 74; 257 1; 257 3; 257 5; 258; 261 3; 261 5; 261 7; 245 54; 275 84	H. von Tafelgeräten u. Bestecken aus Edelmetallen...; H. von Möbeln aus Metallblechen; H. von Möbeln aus Metallröhren u. -profilen; H. von Füllhaltern, Kugelschreibern u. ä. H. von Stempeln, Flexklischees, Siegeln; Verarbeitung von natürlichen Schnitz- u. Formstoffen; H. von Musikinstrumenten, Spielwaren, Sportgeräten, Schmuck u.ä; H. von Holzmöbeln; H. von Matrazen; H. von Pinseln, Besen, Bürsten, Bearbeitung von Naturschwämmen; H. von Kinderwägen; H. von Bodenbelägen auf textiler Grundlage
Hoch- u.Tiefbau	45.2	300 (ohne 300 55; 300 56 ohne 300 71; 300 85) 302 (ohne 302 05; ohne 302 09)	Hoch- u. Tiefbau (ohne H. von Fertighäusern aus Holz; H. von sonstigen Fertigteilbauten aus Holz im Hochbau; ohne Landeskulturbau u. Renaturierung von Gewässern; ohne Fassadenreinigung Spezialbau (ohne Dämmung gegen Kälte, Wärme, Schall u. Erschütterung; ohne Abbruch-, Spreng- u. Entrümmungsgewerbe)
Ausgewählte Wirtschaftszweige aus dem unternehmensnahen Dienstleistungsbereich:			
Datenverarbeitung u. Datenbanken	72	789 2	Datenverarbeitung, Soft- u. Hardwareberatung u.ä.
Forschung u. Entwicklung	73	751 3; 751 4	Forschung und Entwicklung; Selbständige in Forschung u. Entwicklung
Architektur- u. Ingenieurbüros; Technische, physikalische, u. chemische Untersuchung	74.2; 74.3	784	Technische Beratung u. Planung
Abwasser- u. Abfallbeseitigung u. sonstige Entsorgung	90	745	Abfall- u. Abwasserbeseitigung u. sonstige hygienische Einrichtungen

4. PROBIT-Analyse am Beispiel der FuE-Aktivitäten im Jahre 1992

In Unternehmensbefragungen steht man oft vor der Aufgabe, Entscheidungen zu modellieren, ohne den Entscheidungsprozeß direkt zu beobachten. Bei diesen Entscheidungen handelt es sich häufig um Entscheidungen, die in Ja/Nein - Form vorliegen und bei denen man sich vorstellen kann, daß eine kontinuierliche Variable als Entscheidungsgrundlage diene. Eine Entscheidung wird positiv (negativ) getroffen, wenn diese Variable einen bestimmten Schwellenwert übersteigt, sonst negativ (positiv). Ein Beispiel dafür ist die Frage, ob ein Unternehmen 1992 FuE-Aktivitäten durchgeführt hat oder nicht. Die zugrundeliegende kontinuierliche Variable kann man hier mit *Interesse an FuE-Aktivitäten* bezeichnen.

Eine solche Fragestellung kann mit Hilfe eines binomialen PROBIT-Modells untersucht werden. Das Ziel der Probit-Analyse ist es, in Abhängigkeit von mehreren Variablen die Wahrscheinlichkeit dafür anzugeben, daß eine Entscheidung mit "Ja" bzw. "Nein" getroffen wird. Man möchte zudem die Auswirkungen von Änderungen in den erklärenden Variablen auf diese Wahrscheinlichkeiten beurteilen können. Hierbei ist es unter anderem von Interesse, ob die Auswirkungen vom Niveau der erklärenden Variablen abhängen oder konstant sind. Der Schwellenwert ist dabei für alle Unternehmen derselbe.

4.1 Das PROBIT-Modell

Das Interesse an FuE-Aktivitäten y^* soll zur Vereinfachung linear von einer Konstanten und einer einzigen Unternehmenscharakteristik x abhängen: $y^* = \alpha + x\beta + \varepsilon$. Die Parameter des Modells sind α und β . Der Fehlerterm ε sei normalverteilt mit Erwartungswert 0 und Varianz σ^2 . FuE-Aktivitäten werden tatsächlich durchgeführt, wenn die latente Variable y^* einen Schwellenwert c übersteigt (s. Abbildung 4):

$$y = 1, \quad \text{falls } y^* > c \quad (\text{FuE - Aktivität wird durchgeführt}) \\ = 0, \quad \text{sonst} \quad (\text{keine FuE - Aktivität}).$$

In diesem Modell können nicht alle Parameter identifiziert werden. Für die Wahrscheinlichkeit, daß FuE-Aktivitäten durchgeführt werden, d. h. das Interesse an FuE-Aktivitäten den Schwellenwert übersteigt, gilt

$$P(y^* > c) = P(\varepsilon > (c - \alpha) - x\beta).$$

Es läßt sich demnach nur die Differenz aus Schwellenwert und Konstante $(c - \alpha)$ schätzen, aber nicht jeder Parameter für sich. Da anders als im linearen Regressionsmodell den Koeffizienten im Probit-Modell keine unmittelbare inhaltliche Bedeutung zukommt, kann man $c = 0$ setzen. Es gilt dann:

$$P(y = 1) = \Phi\left(\frac{\alpha}{\sigma} + \frac{x\beta}{\sigma}\right).$$

Damit können nur die Quotienten α/σ und β/σ ermittelt werden. Mit der Normierung $\sigma = 1$ erhält man das binomiale Probit-Modell:

$$P(y = 1) = \Phi(\alpha + x\beta).$$

Läßt man mehrere Einflußgrößen zu, dann lautet das Modell:

$$P(y = 1) = \Phi(\mathbf{X}\beta).$$

\mathbf{X} ist dabei die Matrix der erklärenden Variablen und β der Vektor der unbekannt Parameter.

4.2 Interpretierbarkeit der Koeffizienten

Anders als im linearen Regressionsmodell lassen sich im binomialen Probit-Modell die Koeffizienten nicht mehr unmittelbar interpretieren. Im linearen Regressionsmodell sind alle Koeffizienten identifiziert und stimmen für kontinuierliche Variablen mit den marginalen Effekten einer Änderung der erklärenden Variablen bzw. im Falle logarithmierter kontinuierlicher Variablen mit Elastizitäten überein. Im binomialen Probit-Modell können nur noch die Vorzeichen der Koeffizienten interpretiert werden, wie im folgenden anhand der marginalen Effekte dargestellt werden soll.

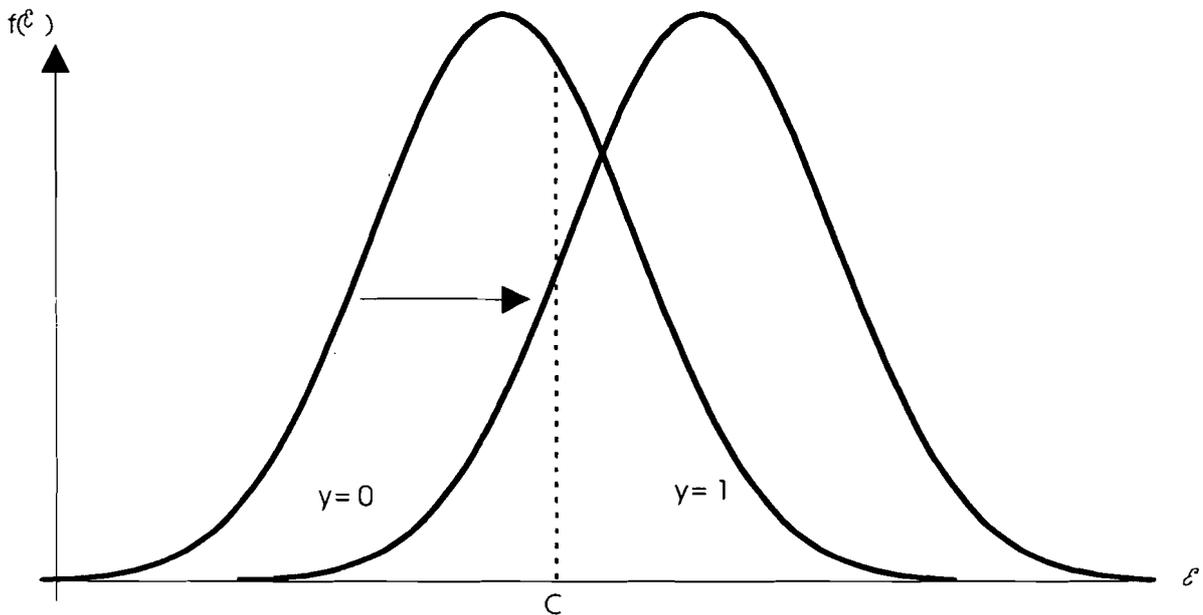
Im Probit-Modell müssen die marginalen Effekte zu bestimmten Niveaus explizit berechnet werden, sie sind nicht mehr konstant wie im linearen Regressionsmodell.

Der Schwellenwert c sei fix, ebenso werde der Koeffizientenvektor β konstant gehalten. β sei ohne Einschränkung der Allgemeinheit positiv. Der marginale Effekt einer Änderung von x_k ist dann gegeben durch

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial P(y = 0)}{\partial x_k} \right|_{x_k} &= -\varphi(\mathbf{X}\beta)\beta_k \\ \left. \frac{\partial P(y = 1)}{\partial x_k} \right|_{x_k} &= \varphi(\mathbf{X}\beta)\beta_k \end{aligned}$$

Steigt x_k , dann erhöht sich $\mathbf{X}\beta$, der Lageparameter der Dichte von y^* . Das hat eine Rechtsverschiebung der Dichte zur Folge. Bei fixem Schwellenwert c wandert Masse von der linken in die rechte Zelle. Die Wahrscheinlichkeit $P(y = 0)$ nimmt ab und die Wahrscheinlichkeit $P(y = 1)$ im selben Umfang zu. Das genaue Ausmaß muß aber an der Stelle x_k errechnet werden. In Abbildung 4 entspricht dem die Änderung der Fläche, die links der gestrichelten Linie durch die beiden Dichten begrenzt wird.

Abbildung 5: Auswirkung einer marginalen Erhöhung einer exogenen Variablen auf die Wahrscheinlichkeit, mit der ein bestimmtes Ereignis eintritt



4.3 Schätzergebnisse

Die Entscheidung, 1992 FuE-Aktivitäten durchzuführen, wird auf folgende Faktoren zurückgeführt³⁹:

- Branche
- Anzahl der Beschäftigten (logarithmiert) und
- Ost-West-Zugehörigkeit

Diese Variablen liegen mit Ausnahme der Beschäftigten als Dummy-Variablen vor. Sie sind im einzelnen in Tabelle 20 aufgeführt. In ihr sind die geschätzten Koeffizienten und die zugehörigen t-Werte des Probit-Modells angegeben.

³⁹ Vermutlich müßten noch weitere Faktoren berücksichtigt werden. Darauf wurde aber verzichtet, um das Modell einfach zu halten.

Tabelle 20: Regressionsergebnisse

Variable	Koeffizient	t-Wert
Branche		
Bergbau, Energie, Steine & Erden	Basisgruppe	
Chemie, Mineralöl	0,89	5,03
Kunststoff-, Gummiverarbeitung	0,70	3,90
Feinkeramik, Glass	0,66	2,56
Hochofenstahl, NE-Metalle, Giess., Ziehereien, Mechanik	0,52	3,07
Maschinenbau	0,87	5,66
EDV-Bürom., Elektrotech., Feinmech., Luft- u. Raumf.	1,06	6,76
Kfz	0,47	2,27
Schiffbau, Stahl-, Leichtmetallbau, EBM-Waren	0,56	3,03
MSSS, Leder, Bekleid., Papier, Druck., Textil, Ernährung	0,05	0,32
Bau	-0,40	-1,99
Dienstleistungen	0,77	4,56
Mitarbeiter (logarithmiert)	0,28	14,52
Ost-West-Zugehörigkeit		
alte Länder	Basisgruppe	
neue Länder	-0,18	0,00
Konstante	-1,40	0,00

Mit Hilfe dieser Koeffizienten kann beispielsweise ermittelt werden, wie im Jahre 1992 im Maschinenbau in den alten Bundesländern eine um ein Prozent höhere Anzahl der Mitarbeiter die Wahrscheinlichkeit erhöht hätte, 1992 FuE-Aktivitäten durchzuführen. In Tabelle 21 ist der marginale Effekt für unterschiedliche Quantile angegeben. Offenbar ist in diesem Fall der marginale Effekt einer Erhöhung der Mitarbeiterzahl nahezu unabhängig von der Höhe der Anzahl der Mitarbeiter.

Tabelle 21: Marginaler Effekt einer einprozentigen Erhöhung der Mitarbeiterzahl im Maschinenbau in den alten Bundesländern zu unterschiedlichen Niveaus auf die Wahrscheinlichkeit, daß im Jahre 1992 FuE-Aktivitäten durchgeführt wurden (in Prozentpunkten)

Quantil	marginaler Effekt (in Prozentpunkten)
10%-Quantil (18 Mitarbeiter)	10,0
50%-Quantil (228 Mitarbeiter)	11,1
90%-Quantil (2000 Mitarbeiter)	11,3

Eine Betrachtung der marginalen Effekte ist nur für stetige Variablen sinnvoll. Für Dummy-Variablen bietet sich statt dessen ein Vergleich der Wahrscheinlichkeiten für die beiden Zustände dieser Variablen an. Die übrigen Variablen bleiben dabei unverändert.

In Tabelle 22 sind für verschiedene Wirtschaftszweige in den alten Bundesländern die Wahrscheinlichkeiten angegeben, daß 1992 FuE-Aktivitäten durchgeführt wurden. Unterstellt wird eine Mitarbeiterzahl von 228, der Median aller Unternehmen in den alten Bundesländern, die 1992 FuE-Aktivitäten durchgeführt haben. In einer zweiten Spalte ist für fünf Wirtschaftszweige angegeben, wie sich diese Wahrscheinlichkeiten ändern, wenn ein Unternehmen anstelle des Bergbaus einem anderen Wirtschaftszweig angehört. Da der Koeffizient des Wirtschaftszweiges Bau ein negatives Vorzeichen besitzt, muß die Wahrscheinlichkeit, daß Bauunternehmen 1992 FuE-Aktivitäten durchgeführt haben, niedriger sein als für Unternehmen des Bergbaus.

Tabelle 22: Wirtschaftszweigeffekte in den alten Bundesländern (in Prozentpunkten)

Wirtschaftszweig	$P \left\{ \begin{array}{l} \text{FuE-Aktivitäten} \\ \text{im Jahr 1992} \\ \text{durchgeführt} \end{array} \right\}$	Differenz zur Basisgruppe
Bergbau	23,7	Basisgruppe
Hochofenstahl, Mechanik	42,2	18,5
Maschinenbau	56,1	32,3
EDV-Büromaschinen, Elektrotechnik	63,6	39,9
MSSS, Leder, Bekleidung, Papier	25,3	1,6
Bau	1,7	-22,0

Einen Eindruck über die Güte des Modells soll hier ein Vergleich der relativen Häufigkeiten und der geschätzten Anteile für die alten Länder geben. Tabelle 23 zeigt, daß es nur in drei Zellen zu größeren Abweichungen kommt: für die Wirtschaftszweige Feinkeramik und Dienstleistungen in der Beschäftigtengrößenklasse von unter 50 Beschäftigten und für den Bergbau in der Größenklasse 250 bis 1000 Beschäftigte.

Tabelle 23: Vergleich der geschätzten und der tatsächlichen Anteile der Unternehmen, die 1992 in den alten Bundesländern FuE-Aktivitäten durchgeführt haben

Branche	<50		50-249		250-1000		>1000		Gesamt	
	geschätzt	ist								
Bergbau, Energie, Steine & Erden	30	33	47	50	64	45	82	81	57	57
Chemie, Mineralöl	61	65	80	80	89	90	96	97	82	85
Kunststoff-, Gummirverarb.	56	58	74	60	85	88	94	83	72	70
Feinkeramik, Glass	50	33	72	80	85	71	92	100	70	71
Hochofenstahl, NE-Metalle, Giess., Mechanik	50	52	67	76	81	85	92	87	70	76
Maschinenbau	61	52	79	75	89	98	95	94	81	81
EDV-Bürom., Elektro., Feinmech., Luft- u. Raum.	69	68	84	87	92	92	97	93	83	84
Kfz	47	29	68	80	80	94	92	80	75	78
Schiffbau, Stahl-, Leichtmetallbau, EBM-Waren	48	50	69	53	82	83	90	100	70	73
MSSS, Bekleid., Papier, Druck., Textil, Ernährung	29	26	50	51	66	56	78	83	51	53
Bau	18	25	32	38	48	40	70	80	35	44
Dienstleistungen	57	71	75	73	86	76	94	85	71	74
Gesamt	51	55	69	70	82	84	91	90	71	74

Verzeichnis der zitierten Literatur

- Arvantis S. et al: Innovationsfähigkeit und Innovationsverhalten der Schweizer Wirtschaft, Studienreihe Strukturberichterstattung, Zürich 1992
- Cochran. W.G. (1972), Stichprobenverfahren, Berlin-New York .
- EUROSTAT (1992a), NACE Rev. 1, Revised June 1992.
- EUROSTAT (1992b), Regions. Nomenclature of territorial units for statistics, NUTS, March 1992, Luxemburg.
- Felder, J. u. a. (1994a), Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft: Ergebnisse der Innovationserhebung 1993, ZEW-Dokumentation 94-01, Mannheim.
- Felder, J. u. a. (1994b), The German Innovation Survey: Overview and First Research Results, Konferenzbeitrag auf dem ZEW-Workshop `Productivity, R&D, and Innovation at the Firm Level, Mannheim
- Heckman, J.J. (1976), The Common Structure of Statistical Models of Truncation, Sample Selection and Limited Dependent Variables and a Simple Estimator for Such Models. *Annals of Economic and Social Measurement* 5, S. 475-492.
- König, H. u. a. (1994), F&E-Kooperationen und Innovationsaktivität, in B. Gahlen, H. Hesse, J. H.-J. Ramser (Hrsg.), *Schriftenreihe des wirtschaftlichen Seminars Ottobeuren*, Bd. 23, Tübingen
- Legler, H. u. a. (1992), Innovationspotential und Hochtechnologie: Technologische Position Deutschlands im Internationalen Wettbewerb, Heidelberg.
- Mairesse, J. and B.H. Hall (1993), Comparing the Productivity of Research and Development in French and United States Manufacturing Firms, Paper prepared for the Conference on International Productivity Differences and their Explanations, Wissenschaftszentrum Berlin, November 26 and 27, 1993.
- Morrison, C. (1992), A Microeconomic Approach to the Measurement of Economic Performance: Productivity Growth, Capacity Utilization, and Related Performance Indicators, New York.
- Pötter, U. und U. Rendtel (1993): "Über Sinn und Unsinn von Repräsentativitätsstudien", *Allgemeines Statistisches Archiv* 77, S. 260-280
- Statistisches Bundesamt (1992), NACE Rev. 1, Fassung für internationale Zwecke, Wiesbaden.
- Thomsen, I. und D. Tesfu (1988), On the Use of Models in Sampling from Finite Populations, in: Krishnaiah, P.R. u.a. (Hrsg.): *Handbook of Statistics*, Vol. 6, Amsterdam, 1988, S. 369-397.