

**Alterung und technologisches Innovationspotential –
Eine Linked-Employer-Employee-Analyse**

Lutz Schneider

Januar 2007

Nr. 2

**Alterung und technologisches Innovationspotential –
Eine Linked-Employer-Employee-Analyse**

Lutz Schneider

Januar 2007

Nr. 2

Autor: Lutz Schneider

Strukturökonomik

Lutz.Schneider@iwh-halle.de

Tel.: (0345) 77 53-857

The responsibility for discussion papers lies solely with the individual authors. The views expressed herein do not necessarily represent those of the IWH. The papers represent preliminary work and are circulated to encourage discussion with the author. Citation of the discussion papers should account for their provisional character; a revised version may be available directly from the author.

Comments and suggestions on the methods and results presented are wellcome.

Herausgeber:

INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG HALLE – IWH

Prof. Dr. Ulrich Blum (Präsident), Dr. Hubert Gabrisch (Forschungsdirektor)

Das IWH ist Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hausanschrift: Kleine Märkerstraße 8, 06108 Halle (Saale)

Postanschrift: Postfach 11 03 61, 06017 Halle (Saale)

Telefon: (0345) 77 53-60

Telefax: (0345) 77 53-8 20

Internetadresse: <http://www.iwh-halle.de>

Alterung und technologisches Innovationspotential – Eine Linked-Employer-Employee-Analyse

Abstract

Growth in advanced economies is essentially driven by innovation activities. From a demographic point of view the question rises, whether the trend of an ageing workforce will affect the innovation capacities of these economies. To answer this question, the paper examines on the basis of a German linked-employer-employee-dataset, whether an older workforce lowers a firm's potential to generate product innovations. The empirical approach is based on an Ordered-logit regression model, relating a firm's innovation potential to the age composition of its employees. The analysis provides evidence of significant age effects. The estimated age-innovation-profile follows an inverted-u-shaped pattern, it peaks at the age of about 40 years. A separate estimation shows, that the technician's and engineer's age seems to be particularly relevant.

Keywords: Innovation, Ageing, Linked-Employer-Employee-Analysis

JEL classification: J14, O31

Zusammenfassung

Wachstum in modernen Ökonomien ist wesentlich durch das Innovationsverhalten von Firmen bestimmt. Aus demographischer Sicht fragt sich, ob die absehbare Alterung der Arbeitskräfte das Innovationspotential der Ökonomien beeinflusst. Um diese Frage zu beantworten, untersucht der Beitrag auf Basis eines deutschen Linked-Employer-Employee-Datensatzes, ob eine ältere Belegschaft die Fähigkeit eines Betriebes, Produktinnovationen zu generieren, vermindert. Das Vorgehen basiert auf einem Ordered-Logit-Ansatz, wobei das Innovationspotential einer Firma auf deren Altersstruktur regressiert wird. In der Analyse zeigen sich signifikante Alterseffekte. Das geschätzte Alters-Innovations-Profil folgt einem umgekehrt u-förmigen Verlauf, es erreicht sein Maximum bei einem Alter von ca. 40 Jahren. Eine gesonderte Schätzung zeigt darüber hinaus, dass insbesondere das Alter der Ingenieure von Relevanz ist.

Schlüsselwörter: Innovation, Alterung, Linked-Employer-Employee-Analyse

Alterung und technologisches Innovationspotential – Eine Linked-Employer-Employee-Analyse*

1 Einleitung

Auch wenn das ursprünglich Ziel der Lissabon-Strategie, die Europäische Union bis 2010 zur dynamischsten Wirtschaftsregion der Welt machen, mittlerweile korrigiert wurde, so kommt der Innovationsfähigkeit der europäischen Ökonomien weiterhin eine Schlüsselstellung in der europäischen Wachstums- und Beschäftigungspolitik zu. Dies gilt gerade auch im Hinblick auf die starke Alterung der europäischen Bevölkerung, welche sich im Anwachsen des Rentneranteils bei gleichzeitiger Verringerung des Anteils der erwerbsfähigen Bevölkerung ausdrückt. Um das Wachstumspotenzial trotz dieser dämpfenden demographischen Entwicklungen aufrecht zu erhalten oder gar zu forcieren, ist die technologische Leistungsfähigkeit der europäischen Volkswirtschaften erheblich zu verbessern. Dies wird nur zu erreichen sein, wenn die Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen verstärkt und das Innovationstempo der Ökonomien beschleunigt werden können (EU-Commission 2005).

An dieser Stelle ist jedoch zu fragen, ob sich die Alterung – welche auch die erwerbstätige Bevölkerung betrifft – nicht selbst dämpfend auf das Innovationsverhalten von Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen auswirken wird. Dabei sollte die berechnete Betonung der systemischer Struktur von Innovationsprozessen (Fagerberg 2005) nicht verdecken, dass Erfindungen und deren Umsetzung in Produkte und Prozesse letztlich immer noch an Individuen geknüpft sind, welche durch Fähigkeiten und Anreize charakterisiert werden, die sich im Altersverlauf wandeln dürften. Angesichts einer kulturellen Tradition, welche das Alter mit Tradition, die Jugend hingegen mit Innovation assoziiert,¹ ist es mehr als berechtigt zu fragen, ob Ältere ausreichende Anreize besitzen, um innovative Wege zu beschreiten.

Während sich in der ökonometrischen Literatur einige Arbeiten finden, welche den Zusammenhang von Alter und akademischer Forschungstätigkeit analysieren (vgl. Kapitel 2.1),

* Der Autor dankt Jutta Günther, Rolf Scheufele und Sidonia von Ledebur für hilfreiche Kommentare.

¹ Die europäische Tradition wurde durch ein Altersbild beherrscht, welches die Schwäche und Abhängigkeit Älterer betont. Doch selbst die positiven Altersmodelle streichen mit Weisheit und Prosperität Altersattribute hervor, welche mit Kreativität und Innovationsfähigkeit negativ korreliert sind. Ältere besitzen in dieser positiven Tradition den (Human-)Kapitalstock einer Gesellschaft und stellen ein Element der Beharrung und der Besitzstandswahrung statt des Wandels dar (Kinsler 2002).

finden sich fast keine Untersuchungen über den Einfluss der Alterung auf das betriebliche Innovationsverhalten.² Die folgende Untersuchung versucht diese Lücke zu schließen, indem sie einen neuen Linked-Employer-Employee-Datensatz (LIAB) auswertet, der es ermöglicht, die Innovationstätigkeit von Betrieben auf deren Belegschaftsstruktur zu beziehen. Die Analyse konzentriert sich dabei auf die Innovationen im Bereich der Produktentwicklung. Neben der Klärung der Frage, wie bestimmte Altersgruppen das betriebliche Innovationspotential beeinflussen, kann die Untersuchung darüber hinaus Indizien für die Wirkung der Altersheterogenität liefern, ist doch nicht auszuschließen, dass sich die unterschiedlichen Kompetenzen Älterer und Jüngerer komplementär verhalten und den Innovationsprozess stimulieren.

Die Untersuchung beginnt mit theoretischen Überlegungen zur Identifikation möglicher Einflüsse des Alters auf die Innovationsneigung. Dazu werden drei unterschiedliche Forschungsparadigmen herangezogen. Im Kapitel 3 folgt eine Beschreibung des in der vorliegenden Analyse gewählten empirischen Vorgehens und des Datensatzes. Der vierte Teil präsentiert die Ergebnisse, ein Fazit beschließt die Untersuchung.

² Umgekehrt finden sich freilich einige Studien zu den *Wirkungen* von technologischen und organisationalen Neuerungen auf ältere Beschäftigte. Vgl. die Literatur zum *age biased technological change* (Aubert, Caroli, Roger 2006; Beckmann 2005; Behagel, Greenan 2005).

2 Alter und Innovationsneigung – Drei Erklärungskonzepte

Im Folgenden werden anhand dreier Forschungsparadigmen mögliche Einflüsse der Alterung auf die Innovationstätigkeit von Betrieben identifiziert. Dabei heben die ersten beiden Konzepte auf die Ebene des Individuums ab, eine Wirkung auf die *betriebliche* Innovationsneigung ergibt sich jedoch durch die Rückkopplung des betrieblichen Verhaltens an die Fähigkeiten und Anreize der Beschäftigten. Das dritte Erklärungsmuster stellt hingegen das betriebliche Innovationspotential selbst in den Mittelpunkt der Analyse. Doch auch hier zeigen sich – sozusagen in umgekehrter Richtung – Ansatzpunkte, welche einen Einfluss der Altersstruktur von Belegschaften bzw. der für die Innovation besonders relevanten Teilgruppen³ auf die betriebliche Innovationsneigung vermuten lassen.

2.1 Mentale Fähigkeiten – Die kognitionswissenschaftliche Erklärung

Die kognitionspsychologisch orientierte Forschung der Gerontologie hat in zahlreichen Studien den Einfluss des Alters auf die Entwicklung von menschlichen Fähigkeiten belegt.⁴ Mit Blick auf die im vorliegenden Kontext primär interessierenden mentalen Fähigkeiten muss eine differenzierte Betrachtung eingenommen werden. So gilt es zwischen zwei geistigen Komponenten zu unterscheiden, welche sich im Altersverlauf sehr heterogen entwickeln – der fluiden Prozesskomponente und der kristallinen Wissenskomponente.⁵ Die fluide Intelligenz wird insbesondere für die Lösung neuer, bisher nicht aufgetretener Probleme benötigt. Sie äußert sich in einer schnellen Auffassungsgabe, einer hohen Verarbeitungsgeschwindigkeit von Informationen, im schlussfolgernden Denken und in der Abstraktionsfähigkeit. Die kristalline Intelligenz hingegen steuert stark erfahrungs- und sprachbasierte Aktivitäten, ihre Ausbildung ist weniger biologisch als kulturell determiniert, insofern sie auf den im Altersverlauf erworbenen Wissensbeständen und Fähigkeiten gründet.⁶ Beide Formen der Intelligenz entwickeln sich im Zeitverlauf sehr verschiedenartig. Während die fluide Komponente schon ab einem

³ In der folgenden Diskussion wird nicht zwischen der Altersstruktur der Belegschaft und der von spezifischen Teilgruppen differenziert, da die Argumente allgemeiner Natur sind und ihre Geltung nicht auf Teilbereiche der Belegschaft beschränkt ist.

⁴ Für einen Literaturüberblick vgl. *Skirbekk* (2004) sowie *Börsch-Supan, Düzgün, Weiss* (2005).

⁵ Die Unterscheidung geht auf *Catell* (1971) zurück.

⁶ Teilweise wird in der Forschung daher auch von der Mechanik bzw. Pragmatik der Intelligenz statt von fluider und kristalliner Intelligenz gesprochen. Damit soll der biologisch-genetische Charakter der fluiden Komponente bzw. der soziokulturelle Ursprung der kristallinen Form verdeutlicht werden (*Baltes, Dittmann-Kohli, Dixon* 1984).

Lebensalter von 30 Jahren sukzessive abnimmt, bleibt die kristalline Komponente bis ins hohe Alter stabil, unter günstigen Umständen ist sogar eine Steigerung möglich.

Einfluss auf das Innovationspotential von Betrieben können diese Tendenzen insbesondere dadurch haben, dass sich die Reduktion der fluiden Intelligenz in einer Verminderung der Produktion bzw. der Absorption neuer Wissensinhalte niederschlägt, welche den Innovationsprozess anstoßen und leiten können. Der innovative Stimulus würde vor dem Hintergrund der beschriebenen Zusammenhänge vornehmlich von Jüngeren ausgehen. Empirische Belege für eine mit dem Alter nachlassende Neigung, neue Ideen zu generieren, finden sich in zahlreichen Studien zum Einfluss des Alters auf die Produktivität im künstlerischen und wissenschaftlichen Bereich. Die Ergebnisse zeigen in der Regel einen umgekehrt u-förmigen Verlauf des Alters-Produktivitäts-Profiles, wobei sich der Zeitpunkt des Maximums an Innovationsfähigkeit je nach Studie im Alter von 25-50 Jahren befindet und somit eine recht weite Spanne umfasst (Lehman 1953, Stephan und Levin 1991, Oster und Hamermesh 1998, Lanyon und Smith 1999, Galenson und Weinberg 2000).

Betriebliche Innovationsprozesse erschöpfen sich freilich nicht in der Generierung bzw. Adaption neuer Ideen, vielmehr sind Filterprozesse zu durchlaufen, welche deren Realisierbarkeit prüfen und ein geeignetes Vorgehen zur Implementation identifizieren. Dabei dürfte der Innovationserfahrung, also dem Wissen um vergangene Innovationsprozesse und -probleme, ein entscheidendes Gewicht zukommen. Ferner wird der Innovationsprozess maßgeblich von den kommunikativen Fähigkeiten der beteiligten Akteure beeinflusst, da über den Weg des Informationsaustausches die im Unternehmen gestreuten Wissensbestände effizient alloziert werden können. Damit erweisen sich sowohl Erfahrungswissen als auch kommunikative Kompetenz als Schlüsselfähigkeiten des Innovationsprozesses, diese fallen im kognitionswissenschaftlichen Paradigma jedoch unter die Kategorie der kristallinen Fähigkeiten, sie sollten im Altersverlauf somit eher zu- als abnehmen.

Somit lässt sich konstatieren, dass unterschiedliche Phasen im Innovationsprozess von Fähigkeiten abhängen, welche sich im Altersverlauf eher ungleich entwickeln dürften. Daraus lassen sich zwei mögliche Schlussfolgerungen ziehen. Einerseits sollten die mittleren Jahrgänge besonders innovationsrelevant sein, da sie die Kreativitätspotentiale der Jüngeren als auch die Erfahrung der Älteren vergleichsweise gut in sich vereinen. Andererseits spricht vieles dafür, dass eine geeignete Mischung von jungen und älteren Beschäftigten die betriebliche Innovationsneigung befördern sollte – falls dem nicht zu hohe Kommunikationskosten entgegenstehen (Börsch-Supan, Düzgün und Weiss 2005).

2.2 Individuelle Innovationsanreize – Die humankapitaltheoretische Erklärung

Während die geschilderte gerontologische Forschung kausale Verbindungen zwischen Alter und individuellen Fähigkeiten zu entdecken sucht, lässt sich mittels der Humankapitaltheorie auf die sich mit zunehmendem Alter wandelnden *Innovationsanreize* abheben, durch welche rational agierende Wirtschaftssubjekte ausgezeichnet sein sollten. Die Verbindung zwischen Innovationsanreizen und Humankapitaltheorie ergibt sich aus der Tatsache, dass Innovationen in der Regel mit der Aneignung neuen und der Abschreibung alten Humankapitals – einer Form von Schumpeters kreativer Zerstörung – einhergehen (De Grip 2004). Gemäß der *vintage human capital*-Modelle (MacDonald und Weisbach 2004) dürften ältere Beschäftigte wenig Anreize besitzen, technologische und organisationale Neuerungen zu unterstützen, wenn dadurch die Verwertbarkeit des Humankapitalbestandes bedroht wird. Das Humankapital der Älteren sollte sich komplementär zu den bestehenden Technologien verhalten, eine Innovation wäre dementsprechend nur lohnend, wenn die in das Humankapital versenkten Kosten auch nach der Neuerung noch zurückgewonnen werden können.⁷ Widerstand ist hingegen von Personen zu erwarten, deren Humankapitalbestand auf den neuen Kontext nur schwer übertragbar ist und damit größtenteils abgeschrieben werden muss. In diesem Fall kann die Innovation zu einer Selektion der älteren Beschäftigten führen, was in der Literatur als *age-biased technological change* beschrieben wird (Aubert, Caroli und Roger 2006; Beckmann 2005; Behagel und Greenan 2005). Dies bedeutet ferner, dass radikale Innovationen, welche die bisherige Technologie tiefgreifend ändern, einen stärkeren Widerstand erfahren werden als inkrementale Neuerungen, welche mit dem aktuellen Bestand an Humankapital zu bewältigen sind.⁸

Neben diesem *Vintage*-Effekt, der sich den ins bestehende Humankapital versenkten Kosten verdankt, kommt der verbleibenden Amortisationszeit *neuer* Humankapitalinvestitionen ein wichtiger Erklärungsbeitrag für die geringen Innovationsanreize Älterer zu. Ist der verbleibende Amortisationszeitraum gering – was bei Älteren tendenziell der Fall sein sollte – dann wird eine Investition in neue Fähigkeiten nicht mehr lohnend erscheinen und gegebenenfalls die Option der Frühverrentung gewählt (Bartel und Sicherman 1993, Ahituv und Zeira 2000).⁹ Hinzukommt der Effekt höherer Lern- bzw.

⁷ In Anlehnung an MacDonald, Weisbach (2004) lässt sich zwischen erfahrungs- und technologie-dominierten Neuerungen unterscheiden. Erstere verhalten sich zum Humankapital der Erfahrenen komplementär, während technologiegetriebene Innovationen das bestehende Humankapital wertlos machen. Insofern dürfte der Altersbias vorwiegend diesen letzten Innovationstyp betreffen.

⁸ Die Unterscheidung von radikalen und inkrementalen Neuerungen geht auf Schumpeter (1912) zurück. Einiges spricht für starke Überlappungen dieser Unterscheidung mit der von erfahrungs- und technologie-dominierten Neuerungen in MacDonald, Weisbach (2004).

⁹ Allerdings verschiebt die Beschleunigung der technologischen Zyklen diesen Effekt in höhere Altersstufen.

Adaptionskosten bei längerer Bildungsabstinenz. Ist das Humankapital veraltet und nicht mehr anschlussfähig an neuere Entwicklungen, dann verteuern sich die qua Innovation erforderlichen Investitionen. Höhere Lernkosten und geringerer Amortisationszeitraum vermindern in der Konsequenz jedoch die Investitionsrendite – ein Effekt, der ebenfalls zu einem Altersbias von technologischen Neuerungen führt.

Die empirische Literatur bestätigt die geschilderten Effekte weitgehend. Im Allgemeinen wird ein starker Zusammenhang zwischen technologischen Neuerungen und der Abschreibung von Humankapital gefunden.¹⁰ Dies schlägt sich insbesondere in einer innovationsbedingten Verschlechterung der relativen Lohnposition Älterer oder aber in Freisetzungen bzw. Frühverrentungspraktiken nieder. Dabei zeigt sich auch, dass inkrementale Änderungen einen geringeren Alterungseffekt generieren, da sie mit dem bestehenden Humankapital zu bewältigen sind bzw. nur geringe Weiterbildungsinvestitionen erfordern (Bartel und Sicherman 1993, Friedberg 2003, Allen und De Grip 2004).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die humankapitaltheoretischen Modelle und die entsprechenden empirischen Studien für eine negative *Wirkung* von Innovationen auf Ältere sprechen. In Erwartung dieses Einflusses sollten Ältere einen geringen *Innovationsanreiz* besitzen und potentiellen Neuerungen eher skeptisch gegenüberstehen. Allerdings zeigt sich in näherer Betrachtung eine Differenzierung, die es zu berücksichtigen gilt. So wird der Altersbias von technologischen Neuerungen vergleichsweise gering sein, wenn die Innovationen inkrementalen Charakter haben bzw. mit dem bestehenden Humankapital zu realisieren sind. Hingegen dürften die Alterseffekte im Falle radikaler Neuerungen erheblich größer sein und die Innovationsneigung Älterer dementsprechend senken. Insofern wird die Altersstruktur eines Betriebes nicht nur die Innovationswahrscheinlichkeit, sondern ebenso Richtung und Ausmaß der Neuerungen mitbestimmen.

2.3 Absorptionsfähigkeit, Pfadabhängigkeiten und Komplexität – Die evolutionstheoretische Erklärung

Evolutionstheoretische Erklärungsmodelle stellen nicht das Innovationsverhalten von Individuen, sondern von Unternehmen in den Blickpunkt. Sie betrachten die Firma als Akteur, welcher mit anderen Unternehmen im Wettbewerb um Innovationsrenditen, Marktanteile und letztlich das Überleben in einer komplexen Umwelt steht.¹¹ Auch

¹⁰ Einen Literaturüberblick gibt *De Grip* (2004).

¹¹ Als Klassiker der evolutionären Innovationsforschung ist die Arbeit von *Nelson, Winter* (1982) zu nennen. In diesem Ansatz kommt der internen Struktur der Firma kein Erklärungsbeitrag zu, vielmehr werden die Unternehmen selbst zu Handlungsobjekten, welche durch Verhaltensprogramme, Entscheidungsregeln und Gedächtnis charakterisiert sind. Aus Sicht des methodologischen Individualismus ist hier zu fragen, wie das Verhalten der Firma *seinerseits* von den Charakteristika und Handlung

wenn der Altersstruktur von Unternehmen nicht die primäre Erklärungsrolle des Innovationsverhaltens zukommt, lassen sich doch potentielle Einflusskanäle identifizieren.

So wird in der grundlegenden Arbeit von Cohen und Levinthal (1990) die Bedeutung der *Absorptionsfähigkeit* im Innovationsprozess betont, also der Fähigkeit, externes Wissen im Unternehmen zu verwerten. Eine wesentliche Determinante der Absorptionsfähigkeit besteht in der Humankapitalbasis der Firma. Im Hinblick auf diese Wissensbasis ist es fraglich, ob ältere Belegschaften – sofern sie nicht weitergebildet werden – die zur Entwicklung neuer Verfahren und Produkte nötige Absorptionsfähigkeit besitzen. Deren Humankapital ist vergleichsweise alt und daher schwer kompatibel mit neueren technologischen Entwicklungen. Der Kontakt zur aktuellen Forschung ist nicht gegeben, während Betriebe mit einem hohen Anteil an Universitätsabsolventen vergleichsweise leicht aktuelles Wissen eruieren können und den für einen Innovationserfolg wichtigen Kontakt zur Universität – auch informeller Art – herstellen können (Pavitt 2005). Darüber hinaus verhindert die geringere zwischenbetriebliche Mobilität Älterer den Wissenstransfer zwischen Unternehmen. Hingegen dürfte es in Betrieben mit jüngerer Belegschaft auch einen höheren Anteil an Betriebswechslern geben, wodurch der Wissensaustausch und damit die Offenheit des Betriebes befördert wird. Unternehmen mit einem hohen Anteil Älterer stellen vor diesem Hintergrund weniger offene bzw. durchlässige Systeme dar. Diese Offenheit für externe Wissensressourcen gilt aber gerade in der systemischen Innovationsforschung als wesentliche Determinante der Innovationstätigkeit (Fagerberg 2005).

Ferner wird der Humankapitalbestand von Unternehmen, welcher einen erheblichen Teil der Wissensbasis darstellt, *Pfadabhängigkeiten* in den betrieblichen Entscheidungen generieren, die sich auch im Innovationsverhalten niederschlagen dürften. Betriebe mit einer älteren Belegschaft sind mit einem hohen Bestand an betriebsspezifischem Humankapital ausgestattet, dieses ist indes größtenteils auf die bestehenden technologischen und organisatorischen Abläufe bezogen. Es besteht die Gefahr, dass bei auftretendem Handlungsbedarf nur marginale Änderungen am Produktionssystem bzw. den Produkten vorgenommen werden, Änderungen also, die mit dem im Betrieb bestehenden Wissensbestand realisierbar sind, während radikale Lösungen nicht zum Tragen kommen.¹² Die auf bestehende Prozesse und Produkte bezogenen Kompetenzen erzeugen damit eine organisationale und technologische Inertia, welche die Richtung der Innovationen entscheidend prädeterniniert und radikale Innovationsprozesse weitgehend verhindert (Arthur 1994, Lam 2005, Nelson und Winter 1982).

Ein deutliches Übergewicht älterer Beschäftigter kann darüber hinaus die Heterogenität und damit die *Komplexität* von Betrieben negativ beeinflussen. Komplexität ist aber

gen der individuellen Akteure abhängt. Damit wird dann aber auch die demographische Struktur der Belegschaft eines Unternehmens innovationsrelevant.

¹² Hier zeigen sich starke Bezüge zum oben geschilderten humankapitaltheoretischen Ansatz.

eine essentielle Voraussetzung für die Bewältigung von wettbewerblichen Herausforderungen,¹³ da hierdurch ein größeres Repertoire an Aktionsmöglichkeiten bzw. eine größere Vielfalt an Humankapital bereitsteht. Der größere Aktionsspielraum reduziert die Pfadabhängigkeiten und erhöht die Offenheit und Absorptionsfähigkeit von Betrieben. Heterogenität der Belegschaft sollte vor diesem Hintergrund die Innovationsfähigkeit stimulieren, während eine eindimensionale Struktur innovationshemmend wirken dürfte. Problematisch ist gemäß dieser Überlegung folglich nicht etwa ein Defizit der älteren Beschäftigten, sondern das Fehlen komplementärer Fähigkeiten der Jüngeren, deren Zusammenspiel mit den Kompetenzen Älterer erfolgreiche Innovationsprozesse wahrscheinlicher machte.

2.4 Hypothesen

Vor dem Hintergrund der dargestellten theoretischen Konzepte lassen sich Hypothesen formulieren, welche in weitgehender Übereinstimmung mit den genannten Erklärungsmustern stehen:

1. *Beschäftigte im mittleren Alter erweisen sich als besonders förderlich für das betriebliche Innovationspotential.*
2. *Die ältesten Beschäftigten mindern das Innovationspotential von Betrieben – im Vergleich zu den übrigen Altersgruppen – am stärksten.*
3. *Eine größere Heterogenität der Alterszusammensetzung befördert das Innovationspotential auf betrieblicher Ebene.*

Freilich finden sich in den einzelnen Erklärungsparadigmen auch Hinweise auf eine andere Wirkung des Alters, dennoch sollten die abgeleiteten Behauptungen die größte gemeinsame Schnittmenge der drei geschilderten Theoriekonzepte darstellen.

¹³ Vgl. *Ashbys Gesetz der erforderlichen Vielfalt* (Ashby 1957, S. 202): „Only variety can destroy variety“.

3 Empirisches Vorgehen

3.1 Ökonometrisches Modell

Die abgeleiteten Hypothesen werden im Rahmen eines mikroökonometrischen Modells einer empirischen Prüfung unterzogen. Das allgemeine Regressionsmodell mit abhängiger Variable y^* und exogenen Variablen x lautet:

$$y^* = \beta'x + \varepsilon \quad (1)$$

Im vorliegenden Fall fungiert das Innovationspotential eines Betriebes als abhängige Variable, welche allerdings nicht direkt beobachtbar ist und somit den Charakter einer latenten Größe aufweist. Was mit dem verwendeten Datensatz beobachtbar ist, sind verschiedene Intensitätsgrade des tatsächlichen technologischen Innovationsverhaltens eines Betriebes. So lässt sich im Datensatz identifizieren, ob keine Innovation, eine Weiterentwicklung, eine Neuentwicklung und eine Marktneuheit realisiert wurde. Diese vier Intensitätskategorien erlauben Rückschlüsse auf das Innovationspotential, insofern unterstellt wird, dass für die Realisierung einer bestimmten Innovationsintensität auch ein entsprechendes Innovationspotential notwendig ist.¹⁴ Der Zusammenhang zwischen beobachtbarer Innovationsintensität y und latentem Innovationspotential y^* lässt sich wie folgt darstellen:

$$\begin{aligned} y &= 1 \text{ wenn } y^* \leq 0 \\ y &= 2 \text{ wenn } 0 < y^* \leq \mu_1, \\ y &= 3 \text{ wenn } \mu_1 < y^* \leq \mu_2, \\ y &= 4 \text{ wenn } \mu_2 < y^* \leq \mu_3. \end{aligned} \quad (2)$$

Diese Struktur der beobachtbaren abhängigen Variable y lässt sich über ein mikroökonometrisches Ordered-Logit-Modell geeignet abbilden.¹⁵ Die abhängige Variable ist in diesem Fall ordinal skaliert, die exogenen Variablen gehen in der üblichen Weise in die Schätzung ein, sodass das Innovationspotential auf die Altersstruktur der Belegschaft – unter Kontrolle der übrigen exogenen Einflüsse – regressiert werden kann. In einer Variante der Schätzung wird das Innovationspotential dabei nicht auf die Altersstruktur der Gesamtbelegschaft, sondern auf die von besonders innovationsrelevanten Gruppen (Ingenieure, Manager) bezogen.

¹⁴ Freilich kann nicht ausgeschlossen werden, dass trotz der Realisierung von Innovationen mit geringer Intensität ein sehr hohes Innovationspotential vorherrscht. Diese Schwierigkeit lässt sich aber aufgrund der prinzipiellen Unbeobachtbarkeit von Potentialen nicht beheben.

¹⁵ Für eine allgemeine Darstellung des Ordered-Probit bzw. Logit-Modells und der Interpretation der Schätzkoeffizienten vgl. *Greene* (2000), S. 875 ff. sowie *Long, Freese* (2003), S. 152 ff.

Um unverzerrte Schätzer zu erhalten, sind die übrigen Einflüsse auf das betriebliche Innovationspotential möglichst vollständig in die Schätzung einzubeziehen. In Anlehnung an die empirische Literatur zu den Determinanten der betrieblichen Innovationstätigkeit werden folgende exogene Variablen aus den dargestellten Gründen für relevant erachtet:¹⁶

Humankapitalausstattung: Ein hoher Humankapitalbestand ebenso wie zusätzliche Akkumulation über Weiterbildungsaktivitäten erhöhen die Fähigkeit von Unternehmen neue Lösungen zu generieren bzw. externes Wissen zu absorbieren, was sich positiv auf die Innovationstätigkeit auswirken sollte. Allerdings ist zwischen den Effekten von formaler Ausbildung und Erfahrungswissen zu unterscheiden. Ein hoher Erfahrungsbestand kann über die in Kapitel 2 geschilderten Prozesse bestehende Innovationsanreize vermindern. Mithin werden in der Schätzung insgesamt drei Humankapitalvariablen unterschieden: die formale Qualifikation, die Weiterbildungsaktivität und das betriebspezifische Erfahrungswissen.

Betriebsgröße: Aufgrund günstigerer Finanzierungsbedingungen, der Verfügbarkeit nötiger Sach- und Humankapitalressourcen und den mit Innovationsaktivitäten verbundenen Skalenerträgen sollte die Größe eines Betriebes das Innovationspotential erheblich fördern.

FuE-Aktivität/FuE-Kooperation: Offenkundig dürfte sein, dass Unternehmen, welche eigens Ressourcen zur Entwicklung neuer Produkte abstellen, besonders innovativ sein sollten. Daneben sollten Unternehmen in Kooperationsnetzwerken durch die bessere Verfügbarkeit von Wissensressourcen ein besonders hohes Innovationspotential aufweisen.

Ertragslage: Eine vorteilhafte Ertragslage erhöht den Spielraum einer internen Finanzierung neuer technologischer Entwicklungen, für die externes Kapital unter Umständen nicht oder zu ungünstigen Bedingungen bereitsteht.

Exportintensität: Exportstarke Unternehmen unterliegen dem globalen Wettbewerbsdruck und sollten – insbesondere in Hochlohnländern – nur bei hohem Innovationspotential und einer sich ständig erneuernden Produktpalette überlebensfähig sein.

Firmenalter: Ein höheres Firmenalter ist Zeichen der erfolgreichen Behauptung im Wettbewerb und spricht für die Fähigkeit, die Herausforderungen der Märkte über Adaptionprozesse hinreichend beantworten zu können. Andererseits entstehen Unternehmen, weil besonders radikale Neuerungen in bestehenden Firmen auf Widerstände stoßen, so dass auch ein geringes Alter mit einem hohen Innovationspotential einhergehen kann.

¹⁶ Vgl. zur Variablenauswahl und deren Begründung die Untersuchung von *Günther, Gebhardt* (2005), sowie *Gottschalk, Janz* (2003).

Technologische Ausstattung: Ein hoher technologischer Standard ist Voraussetzung für die Realisierbarkeit anspruchsvoller Formen von technologischen Innovationen und verhält sich komplementär zu den absorptiven Fähigkeiten der Firma, er sollte das Innovationspotential somit fördern.

Neben diesen betrieblichen Charakteristika werden Kontrolldummy's für die Branchen- und die Ost-West-Zugehörigkeit sowie für den Eigentümerstatus implementiert, um unterschiedlichen industriellen und regionalen Bedingungen zumindest ansatzweise gerecht zu werden bzw. den Zugang zu unternehmensinternen Wissensmärkten abzubilden. Die Schätzgleichung hat somit die folgende allgemeine Form:¹⁷

$$\text{Ordered-Logit (Innovationsintensität)} = \alpha + \beta (\text{Altersstruktur}) + \gamma (\text{übrige Beschäftigtenmerkmale}) + \delta (\text{betriebliche Charakteristika}) + \lambda (\text{Dummies für Eigentumsstatus/Branche/Region}) + \varepsilon \quad (3)$$

Die Schätzungen beschränken sich auf das Verarbeitende Gewerbe, da Innovationen in den übrigen Sektoren – insbesondere im Dienstleistungsbereich – sehr viel schwerer zu fassen und die Determinanten des Innovationsverhalten weniger leicht zu identifizieren sind (Hempel 2003). Damit gerät eine Regression in die Gefahr, wesentliche Bestimmgründe des Innovationsverhalten zu vernachlässigen und die Schätzkoeffizienten zu verzerren.

3.2 Daten

Als Datenbasis wird der Linked-Employer-Employee-Datensatz (LIAB) des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) herangezogen, welcher aus den Daten der IAB-Betriebspanel-Erhebungen besteht, die durch Individualdaten der in den Panelbetrieben sozialversicherungspflichtig Beschäftigten ergänzt werden.¹⁸ Für die vorliegende Fragestellung des Einflusses der Alterung auf die Innovationsneigung ist der LIAB-Datensatz insofern nützlich, als die über das Betriebspanel erhobenen Daten zur betrieblichen Innovationstätigkeit und zu den betrieblichen Charakteristika mit den relevanten Individualdaten der im jeweiligen Betrieb sozialversicherungspflichtig Beschäftigten kombiniert werden können. So ist eine Aussage darüber möglich, wie die altersmäßige Zusammensetzung der Belegschaft das Innovationspotential der Betriebe beeinflusst. Daneben lässt sich über die Individualdaten auch die Struktur des Humankapitalbestandes einer Firma eruieren – getrennt nach formaler Ausbildung und Erfahrung. Im Übrigen können über die Berufsangaben in den Individualdaten auch die besonders in-

¹⁷ Die Buchstaben β , γ , δ und λ repräsentieren dabei die Vektoren der Schätzkoeffizienten der exogenen Variablen, α steht für die Konstante, ε bildet den Fehlerterm ab.

¹⁸ Eine detaillierte Beschreibung des LIAB bieten *Alda* (2005) sowie *Alda, Herrlinger* (2005).

novationsrelevanten Gruppen der Manager und Ingenieure identifiziert und deren Altersstruktur erfasst werden.

Die Ordered-Logit-Schätzung wird für den Querschnitt der Befragungswelle 2004 vorgenommen. Dies ist das aktuellste Jahr, für das Daten zum betrieblichen Innovationsverhalten vorliegen. Die Angaben zur Innovationstätigkeit beziehen sich dabei auf den Zweijahreszeitraum vor der Befragung im Juni 2004. Die exogenen Variablen beziehen sich soweit möglich auf den Zeitpunkt vor der erfragten zweijährigen Innovationsperiode, mithin auf die Angaben des Jahres 2002.¹⁹ Um hinreichend besetzte Altersklassen zu gewährleisten, werden darüber hinaus nur Betriebe mit einer Beschäftigtenzahl von mindestens zehn Personen in die Analyse einbezogen. Nach der Bereinigung um Betriebe, für welche keine oder unplausible Angaben vorliegen, gehen je nach Schätzspezifikation 1 190 bzw. bis 1 018 Betriebe in die Schätzung ein.

Die abhängige Größe y ist ordinal skaliert, sie misst die technologische Innovationsintensität und damit indirekt das technologische Innovationspotential y^* anhand von vier Kategorien des im IAB-Betriebspanel abgefragten Innovationsverhaltens. Die Innovationen beziehen sich dabei ausschließlich auf Produktinnovationen, die vier Kategorien wurden wie folgt gebildet:

1. Keine Produktinnovation.
2. Verbesserung bzw. Weiterentwicklung eines bestehenden Produktes.
3. Aufnahme/Entwicklung eines neuen Produktes, das aber bereits durch andere auf dem Markt angeboten wird.
4. Aufnahme/Entwicklung eines Produktes, das eine Marktneuheit darstellt.

Gemäß Potentialansatz wurde jeder Betrieb in die höchste von ihm erreichte Kategorie eingeordnet.

Die Altersstruktur wird über die Verteilungsmomente des Altersdurchschnitts der Belegschaft und des Variationskoeffizienten in die Schätzung einbezogen. Letztere fungiert dabei als Maß für die Altersheterogenität der Belegschaft. Um einen nicht-linearen Alterseinfluss nicht a priori auszuschließen, wird neben dem Altersdurchschnitt der Belegschaft auch deren quadrierter Term in die Schätzgleichung implementiert.

Die Unternehmensgröße wird über die logarithmierte Beschäftigtenzahl gemessen, die FuE-Aktivität bzw. Kooperation über eine 0/1-Variable. Die Angaben zur Ertragslage und der technischen Ausstattung basieren auf der qualitativen Einschätzung der Unternehmen (1=sehr gut ... 5=mangelhaft; 1=neuester Stand ... 5=völlig veraltet). Die Exportintensität ist über den Anteil der Auslandsumsätze am Gesamtumsatz definiert. Die

¹⁹ Eine Ausnahme bildet die FuE-Variable, welche wegen der sonst fehlenden Angaben zum Kooperationsverhalten aus dem Jahr 2004 entnommen ist, sowie die Angabe zur Weiterbildungsaktivität, welche aus dem Jahr 2001 stammt.

Humankapitalstruktur wird einerseits über den Anteil von drei formalen Qualifikationsstufen (mit Hochschulabschluss, mit Berufsabschluss, ohne Berufsabschluss) an der Gesamtbelegschaft operationalisiert. Andererseits wird das betriebliche Erfahrungswissen über die durchschnittliche Dauer der Betriebszugehörigkeit gemessen. Die Weiterbildungsaktivität wird über den Anteil der Weiterbildungsfälle an der Gesamtbelegschaft abgebildet, das Firmenalter wird aufgrund fehlender Differenziertheit der Angaben als binäre Variable operationalisiert, wobei der Wert 1 zugewiesen wird, wenn die Firmengründung vor 1990 erfolgte. Der Eigentümerstatus wird ebenfalls über eine Dummystruktur in die Schätzung einbezogen, es wird dabei zwischen Firmen mit deutscher und ausländischer Mehrheitsbeteiligung, ohne Mehrheitseigentümer und öffentlichen Unternehmen differenziert.

Ferner werden die Kerngruppen des Innovationsprozesses – Manager und Ingenieure – gemäß der Klassifikation von Blossfeld (1985) unterschieden. In die Gruppe der Ingenieure werden dabei auch die technischen Fachkräfte einbezogen, während in der Gruppe der Manager auch die qualifizierten kaufmännischen Verwaltungsberufe berücksichtigt werden.

4 Ergebnisse

4.1 Einfluss der Altersstruktur der Gesamtbelegschaft

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Ordered-Logit-Schätzung für den Fall, dass die Altersstruktur der Gesamtbelegschaft als exogene Variable in die Regression eingeht.²⁰ Auffälliges Ergebnis ist die Signifikanz aller implementierten Altersgrößen. Demnach folgt der Einfluss der betrieblichen Altersstruktur auf das Innovationspotential einem quadratischen Verlauf. Aus den Vorzeichen der ersten beiden Koeffizienten ist ersichtlich, dass es sich um ein umgekehrt u-förmiges Alters-Innovationsprofil handelt. Unter Verwendung der Punktschätzer liegt das geschätzte Maximum des quadratischen Funktionsverlaufes bei einem Alter von 38,3 Jahren. Dieses Ergebnis spricht für die erste Hypothese, in welcher die besonders innovationsfördernde Funktion von Beschäftigten im mittleren Alter behauptet wurde. Für die zweite Hypothese, nach der ein hoher Altersdurchschnitt eines Betriebes das Innovationspotential besonders deutlich, d. h. auch im Vergleich zu jungen Firmen mindern müsste, gibt es eher marginale Hinweise. Immerhin wäre ein Betrieb mit einem Altersdurchschnitt von 52 Jahren – rein rechnerisch – noch genauso innovationsfähig wie ein Betrieb mit einem Altersschnitt von 25 Jahren. Allerdings zeigt die deskriptive Statistik, dass 80% der beobachteten Betriebe ein Durchschnittsalter von 37 bis 45 Jahren aufweisen, so dass derartige Altersmittel durch die Daten nicht wirklich gedeckt sind.

Zur besseren Interpretierbarkeit der Alterskoeffizienten sind in Tabelle 2 exemplarische marginale Effekte je Innovationskategorie ausgewiesen. Ferner zeigt Abbildung 1 die Entwicklung der Innovationswahrscheinlichkeit der jeweiligen Intensität in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter der Belegschaft.

In der ersten Kategorie, in welcher sich Betriebe mit dem geringsten Innovationspotential wiederfinden, zeigt sich ein u-förmige Verlauf. Demnach haben Betriebe mit einem sehr niedrigen oder aber sehr hohen Altersschnitt eine höhere Wahrscheinlichkeit, nicht innovativ zu sein, als Firmen mit einer mittleren Altersstruktur. Die marginalen Effekte einer Erhöhung des Durchschnittsalters um ein Jahr sind daher für die ersten beiden Alterskategorien negativ – eine Erhöhung des Altersschnittes führt in diesen Betrieben zu einer Verminderung der Wahrscheinlichkeit nicht innovativ zu sein bzw. zu einer Erhöhung des Innovationspotentials. Auffällig ist die deutliche Abnahme des Innovationspotentials ab einer Altersstufe von 50 Jahren – ein Ergebnis, das tendenziell in Einklang Hypothese 2 steht. Hinsichtlich der Kategorien mit hoher Innovationsintensität in den letzten beiden Spalten zeigt sich ein spiegelbildlicher Zusammenhang. Eine Erhöhung

²⁰ Eine deskriptive Statistik mit Beschreibung der exogenen Variablen findet sich in den Tabellen des Anhangs.

des Alters führt anfänglich zu einer Erhöhung der Innovationsneigung in der jeweiligen Kategorie, ab einem bestimmten Alter wirkt eine weitere Anhebung des Altersdurchschnittes hingegen innovationshemmend – ein Befund der Hypothese 1 entspricht.

Tabelle 1:
Ordered-Logit-Schätzung (Schätzvariante I: Betriebliche Altersstruktur)^a

	Koeffizient	Standardfehler	z-Wert
<i>Beschäftigtenmerkmale</i>			
Durchschnittsalter	0,393**	0,194	2,02
Quadriertes Durchschnittsalter	-0,005**	0,002	-2,15
Variationskoeffizient Durchschnittsalter	-2,764**	1,349	-2,05
Hohe Qualifikation	1,504**	0,668	2,25
Mittlere Qualifikation	-0,299	0,359	-0,83
Durchschnittliche Betriebszugehörigkeit	-0,034	0,063	-0,54
Quadrierte durchschnittliche Betriebszugehörigkeit	0,000	0,003	0,00
Variationskoeffizient Betriebszugehörigkeit	0,570*	0,313	1,82
<i>Betriebliche Merkmale</i>			
Firmengröße	0,186***	0,056	3,35
F&E-Aktivitäten	1,409***	0,202	6,97
F&E-Kooperationen	1,386***	0,140	9,89
Exportanteil	0,576**	0,249	2,31
Ertragslage	-0,003	0,051	-0,05
Firmenalter	-0,017	0,157	-0,11
Technische Ausstattung	-0,021	0,081	-0,26
Ostdeutscher Betrieb	0,178	0,160	1,11
Weiterbildungsintensität	-0,213	0,275	-0,78
Fallzahl	1190		
McFadden R ²	0,101		

^a Die Schätzer der Dummies für Branchenzugehörigkeit und Eigentümerstatus sind enthalten, aber nicht ausgewiesen. Als Referenz fungiert der Anteil der Beschäftigten ohne Berufsabschluss und die Betriebe ohne F&E-Kooperation. Die Sterne markieren das jeweilige Signifikanzniveau: * 10%, ** 5%, ***1%.

Quellen: LIAB, Eigene Berechnungen.

Tabelle 2:

Exemplarische marginale Effekte der Erhöhung des Durchschnittsalters der Belegschaft getrennt nach Kategorien der Innovationsintensität^a

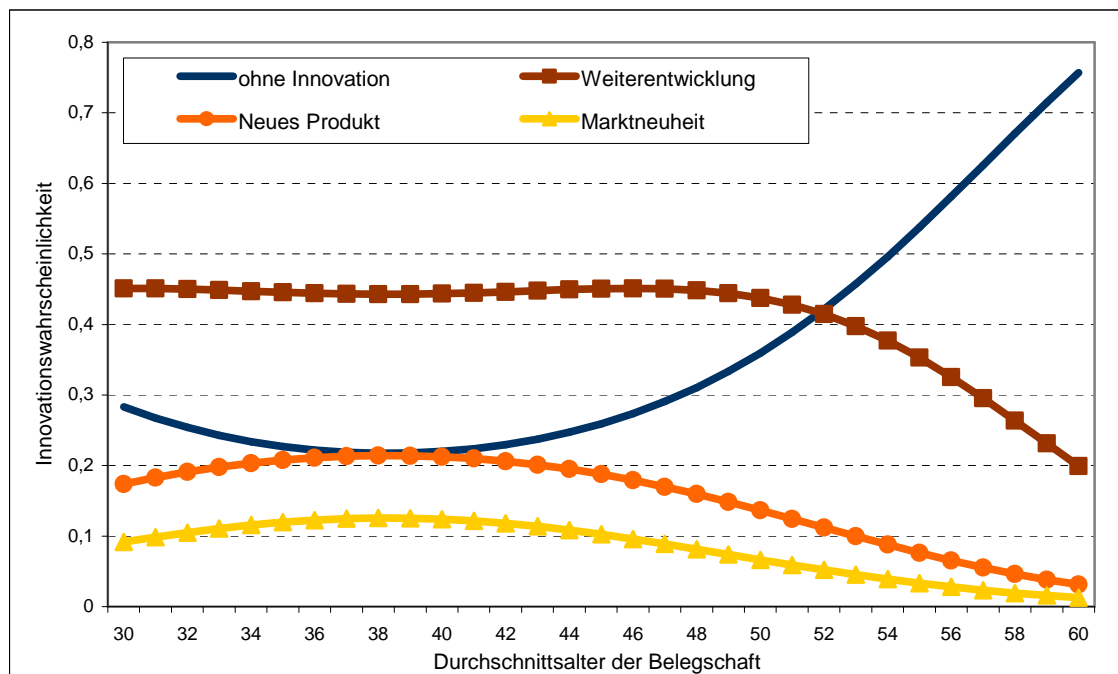
	Ohne Innovation	Weiterentwicklung	Neues Produkt	Marktneuheit
30 Jahre	-1,60 %-P.	0,01 %-P.	0,90 %-P.	0,69 %-P.
35 Jahre	-0,50 %-P.	-0,14 %-P.	0,33 %-P.	0,31 %-P.
40 Jahre	0,39 %-P.	0,11 %-P.	-0,26 %-P.	-0,24 %-P.
45 Jahre	1,44 %-P.	0,05 %-P.	-0,84 %-P.	-0,66 %-P.
50 Jahre	2,93 %-P.	-0,98 %-P.	-1,22 %-P.	-0,74 %-P.
55 Jahre	4,35 %-P.	-2,74 %-P.	-1,08 %-P.	-0,52 %-P.

^a Die Werte entsprechen der Änderung der Innovationswahrscheinlichkeit (Prozentpunkte) bei Erhöhung des durchschnittlichen Alters der Belegschaft um jeweils 1 Jahr ausgehend vom in der linken Spalte angenommenen betrieblichen Altersschnitt.

Quellen: LIAB, Eigene Berechnungen.

Abbildung 1:

Geschätzter Einfluss des Alters auf die betriebliche Innovationswahrscheinlichkeit getrennt nach Kategorien der Innovationsintensität



Quellen: LIAB, Eigene Berechnungen.

Die Hypothese 3, nach der Altersheterogenität das Innovationspotential einer Firma verbessert, wird durch die Schätzung abgelehnt. Der Koeffizient des Variationskoeffizien-

ten des Durchschnittsalters ist in Tabelle 1 signifikant negativ, demnach scheint Altersdiversität eher schlecht für die betriebliche Innovationsfähigkeit zu sein. Dies kann gegen die These der Komplementaritäten von jungen und älteren Mitarbeitern sprechen. Wahrscheinlicher aber ist die Interpretation, dass die Transaktionskosten einer gemeinsamen Kommunikation zu hoch bzw. die Interesselagen zu verschieden sind, um die Komplementaritäten tatsächlich nutzen zu können. In diesem Zusammenhang interessant ist der Schätzer des Variationskoeffizienten der durchschnittlichen Betriebszugehörigkeitsdauer. Diese wirkt zumindest zu einem Signifikanzniveau von 10% positiv auf das Innovationspotential. Dies spricht dafür, dass Kommunikationsgrenzen altersselektiv und nicht gemäß der Dauer der Betriebszugehörigkeit gesetzt werden. Mit anderen Worten sind die Transaktionskosten des Informationsaustausches bzw. die Differenzen in strategischen Interesselagen vornehmlich zwischen verschiedenen Altersgruppen relevant. Daher scheint es für das Innovationspotential eines Unternehmens günstiger, eine homogene Belegschaft mittleren Alters mit unterschiedlicher Betriebszugehörigkeitsdauer anzustreben, denn diese vereinen die Vorteile der jüngeren wie der älteren in einer Person, die Transaktionskosten der Kommunikation sind weit geringer.

Hinsichtlich der übrigen Belegschaftscharakteristika zeigt die Hochqualifizierten-Variable das erwartete positive Vorzeichen. Tertiäre Bildung ist mithin eine wesentliche Determinante des Innovationspotentials. Hingegen scheint die Akkumulation betriebspezifischer Erfahrung keinen Einfluss auf die Innovationsfähigkeit von Firmen auszuüben, was insofern überraschend ist, als mit längerer Betriebszugehörigkeit auch eine entsprechende Innovationserfahrung verbunden sein sollte, welche Innovationsprozesse effizienter ablaufen lassen dürfte. Ähnlich überraschend ist des Weiteren die Insignifikanz der Weiterbildungsvariable, auch hier wäre ein positiver Effekt erwartbar gewesen. Hinsichtlich der übrigen betrieblichen Charakteristika von Größe, FuE-Aktivität und Exportintensität belegt die Schätzung den erwarteten positiven Einfluss. Demgegenüber scheinen Ertragslage, Firmenalter, technologische Ausstattung und regionale Zugehörigkeit keinen signifikanten Einfluss auf das betriebliche Innovationsverhalten auszuüben.

4.2 Einfluss der Altersstruktur von Kerngruppen

Aus Tabelle 3 lässt sich der Effekt der Altersstruktur von Managern und Ingenieuren für das betriebliche Innovationspotential ablesen. Ganz generell zeigt sich zunächst, dass die Altersstruktur der kaufmännischen Führung von Unternehmen keinen Einfluss auf deren technologisches Innovationspotential ausübt. Dies mag darin begründet sein, dass technologische Innovationen – im Gegensatz zu Reorganisationsbestrebungen der Unternehmensstruktur – stärker das ingenieurwissenschaftliche Feld betreffen, mithin vornehmlich die Kompetenzen der technischen Fachkräfte. Plausibler ist indes die Interpretation, dass das betriebswirtschaftliche Know-How keinem Alterungseffekt ausgesetzt ist bzw. ein Rückgang qua Erfahrung leichter zu kompensieren ist als auf technologischem Gebiet. Dass auf diesem Feld tatsächlich signifikante Alterungseffekte vor-

liegen, zeigen die Schätzer der Altersstruktur der Ingenieure und technischen Fachkräfte. Es zeigt sich ein umgekehrt u-förmiger Verlauf des Alters-Innovations-Profiles, das Maximum der quadratischen Form wird bei einem Alter von 40,9 Jahren erreicht. Hypothese 1 scheint demnach auch für die Gruppe der technischen Fachkräfte Gültigkeit beanspruchen zu können.

Tabelle 3:

Ordered-Logit-Schätzung^a (Schätzvariante II: Altersstruktur der Kerngruppen)

	Koeffizient	Standardfehler	z-Wert
<i>Beschäftigtenmerkmale</i>			
Durchschnittsalter Ingenieure	0,258**	0,103	2,49
Quadriertes Durchschnittsalter Ingenieure	-0,003***	0,001	-2,65
Variationskoeffizient Durchschnittsalter Ingenieure	-1,235	0,788	-1,57
Durchschnittsalter Manager	0,011	0,088	0,13
Quadriertes Durchschnittsalter Manager	0,000	0,001	-0,12
Variationskoeffizient Durchschnittsalter Manager	-0,459	0,790	-0,58
Hohe Qualifikation	1,535**	0,705	2,18
Mittlere Qualifikation	-0,441	0,402	-1,1
Durchschnittliche Betriebszugehörigkeit	0,046	0,069	0,66
Quadrierte durchschnittliche Betriebszugehörigkeit	-0,003	0,003	-0,98
Variationskoeffizient Betriebszugehörigkeit	0,312	0,340	0,92
<i>Betriebliche Merkmale</i>			
Firmengröße	0,147**	0,064	2,31
F&E-Aktivität	1,392***	0,213	6,53
F&E-Kooperation	1,321***	0,148	8,95
Exportanteil	0,558**	0,258	2,16
Ertragslage	-0,042	0,055	-0,76
Firmenalter	-0,163	0,176	-0,93
Technische Ausstattung	-0,018	0,085	-0,21
Ostdeutscher Betrieb	0,008	0,177	0,05
Weiterbildungsintensität	-0,039	0,292	-0,13
Fallzahl		1018	
McFadden R ²		0,086	

^a Die Schätzer der Dummies für Branchenzugehörigkeit und Eigentümerstatus sind enthalten, aber nicht ausgewiesen. Als Referenz fungiert der Anteil der Beschäftigten ohne Berufsabschluss und die Betriebe ohne F&E-Kooperation. Die Sterne markieren das jeweilige Signifikanzniveau: * 10%, ** 5%, ***1%.

Quellen: LIAB, Eigene Berechnungen.

Betrachtet man wiederum die exemplarischen marginalen Effekte einer Erhöhung des Durchschnittsalters der Ingenieure (Tabelle 4), so zeigt sich ein ähnliches Muster wie in Tabelle 2. Der einzige Unterschied besteht in der verringerten negativen Wirkung einer marginalen Altersanhebung im fortgeschrittenen Alter. Dies wird auch in Abbildung 2 sichtbar. Der Verlauf der Kurven weist weniger ausgeprägte Steigungen auf als im Falle von Abbildung 1 – insbesondere die Zunahme der Wahrscheinlichkeit, nicht zu innovieren, ist in Abbildung 2 weit weniger deutlich. Auch ergibt sich in zunehmendem Alter keine wesentliche Verringerung der Wahrscheinlichkeit eine Produktweiterentwicklung zu realisieren. Insofern findet sich hinsichtlich der Altersstruktur der Ingenieure keine Bestätigung für Hypothese 2, nach der die Älteren durch das deutlich geringste Innovationspotential charakterisiert wären.

Tabelle 4:

Exemplarische marginale Effekte der Erhöhung des Durchschnittsalters der Ingenieure getrennt nach Kategorien der Innovationsintensität^a

	Ohne Innovation	Weiterentwicklung	Neues Produkt	Marktneuheit
30 Jahre	-1,11 %-P.	-0,30 %-P.	0,74 %-P.	0,67 %-P.
35 Jahre	-0,50 %-P.	-0,30 %-P.	0,37 %-P.	0,42 %-P.
40 Jahre	-0,03 %-P.	-0,02 %-P.	0,03 %-P.	0,03 %-P.
45 Jahre	0,42 %-P.	0,26 %-P.	-0,32 %-P.	-0,37 %-P.
50 Jahre	1,00 %-P.	0,33 %-P.	-0,69 %-P.	-0,65 %-P.
55 Jahre	1,86 %-P.	-0,13 %-P.	-1,00 %-P.	-0,73 %-P.

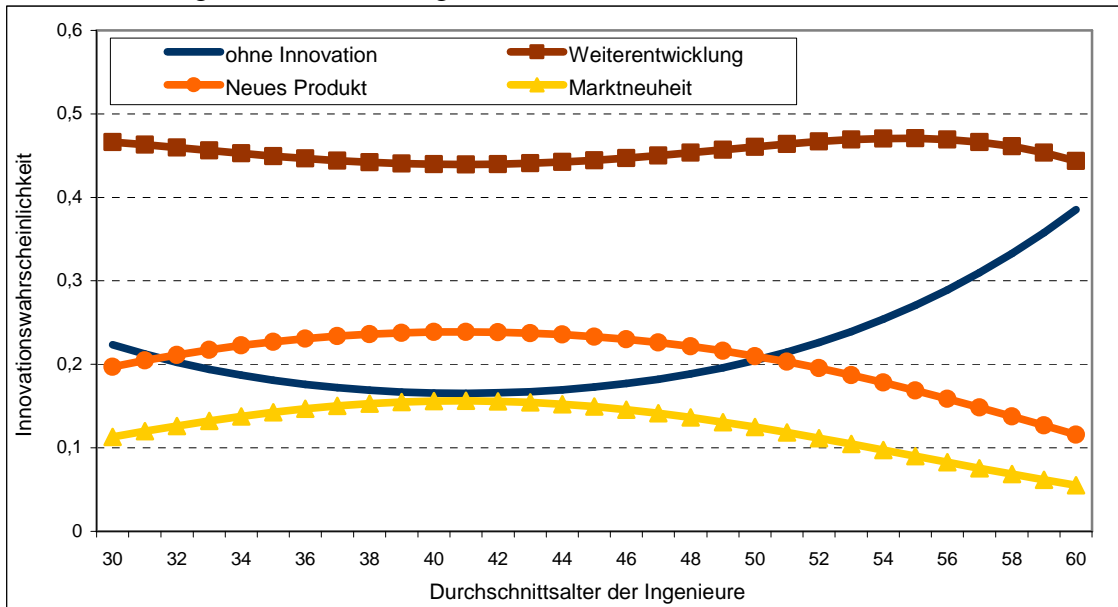
^a Die Werte entsprechen der Änderung der Innovationswahrscheinlichkeit (Prozentpunkte) bei Erhöhung des durchschnittlichen Alters der Belegschaft um jeweils 1 Jahr ausgehend vom in der linken Spalte angenommenen betrieblichen Altersschnitt.

Quellen: LIAB, Eigene Berechnungen.

Mit Blick auf die dritte Hypothese ergibt sich eine Änderung im Vergleich zur in Tabelle 1 dargestellten Schätzung. Die Altersheterogenität von Ingenieuren wirkt nicht mehr negativ auf das Innovationspotential. Freilich tritt der erwartete positive Effekt auch hier nicht auf. Hinsichtlich der übrigen Merkmale zeigen sich nur marginale Unterschiede zur vorigen Schätzung.

Abbildung 2:

Geschätzter Einfluss des Alters der Ingenieure auf die betriebliche Innovationswahrscheinlichkeit getrennt nach Kategorien der Innovationsintensität



Quellen: LIAB, Eigene Berechnungen.

5 Fazit

Stellt die absehbare Alterung der Erwerbstätigen in den entwickelten Ökonomien eine Herausforderung für das Innovationsverhalten von Unternehmen dar? Die vorliegende Untersuchung lieferte auf Grundlage einer mikroökonomischen Auswertung eines Linked-Employer-Employee-Datensatzes für deutsche Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes Indizien für signifikante Alterseffekte. Es konnte ein umgekehrt u-förmiges Alters-Innovations-Profil für technologische Innovationen nachgewiesen werden. Die am stärksten treibende Kraft im Innovationsprozess scheint dabei die Gruppe der Beschäftigten im Alter von ca. 40 Jahren darzustellen. Der erwartete positive Effekt einer starken Alterheterogenität fand keine Bestätigung. Im Gegenteil scheinen altersmäßig unterschiedlich zusammengesetzte Belegschaften den Innovationsprozess eher zu hemmen.

In stärkerer Disaggregation zeigte sich darüber hinaus eine ähnliche Bedeutung des Durchschnittsalters der technischen Fachkräfte, auch wenn die negative Wirkung eines sehr hohen Altersschnittes weit weniger ausgeprägt ist als im Falle der Gesamtbelegschaft. Im Gegensatz zu den Ingenieuren und Technikern konnte beim kaufmännischen Führungspersonal kein Alterseffekt hinsichtlich des technologischen Innovationspotentials nachgewiesen werden. Vor dem Hintergrund kognitionswissenschaftlicher Befunde spricht dieser Unterschied dafür, dass die technologischen Aspekte von Produktinnovationen stärker an Kompetenzen geknüpft sind, welche mit dem Alter nachlassen (fluide Intelligenz), während die Managementkompetenz Fähigkeiten berührt, die durch den altersgetriebenen Zuwachs von Erfahrung gefördert werden und eventuelle Defizite in anderen Bereichen kompensieren können.

Abschließend ist festzuhalten, dass die realisierte Analyse Beschränkungen aufweist, welche der Interpretation der Befunde Grenzen setzt. So kann eine Querschnittsbetrachtung nicht zwischen Alters- und Kohorteneffekten diskriminieren, ferner ist es nicht ohne Weiteres gesichert, dass die Altersstruktur eines Betriebes wirklich exogen ist, die Ergebnisse mithin unverzerrt sind und kausal interpretiert werden können. Im Übrigen ist darauf zu verweisen, dass die Schätzung die Wirkung des Durchschnittsalters eines Betriebes auf das Innovationspotential zu messen versucht. Eine Übertragung dieser Schätzer auf die individuelle Ebene der Beschäftigten ist nicht unproblematisch. Nichtsdestotrotz sollte die Untersuchung gezeigt haben, dass die Altersdimension und damit der Trend der Alterung der Beschäftigten das Innovationspotential von Ökonomien beeinflusst, und dies tendenziell in nachteiliger Weise. Im Brennpunkt zukünftiger Forschungsanstrengungen muss – neben dem Test der im vorliegenden Beitrag gewonnenen Ergebnisse – die Frage stehen, ob und in welcher Form einer alterungsbedingten Dämpfung des Innovationsgeschehens begegnet werden kann.

Literaturverzeichnis

- Ahituv, A.; Zeira, J.* (2000): Technical progress and early retirement. CEPR Discussion Paper, No. 2614.
- Alda, H.* (2005): Betriebe und Beschäftigte in den Linked-Employer-Employee-Daten – LIAB des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. FDZ-Datenreport Nr. 01/2005. Nürnberg.
- Alda, H.; Herrlinger, D.* (2005): LIAB-Datenhandbuch. Version 1.0. FDZ Datenreport Nr. 07/2005. Nürnberg.
- Allen, J.; De Grip, A.* (2004): Skill Obsolescence, Lifelong Learning and Labour Market Participation. Research Centre for Education and the Labour Market, Maastricht, mimeo
- Arthur, W. B.* (1994): Increasing Returns and Path Dependency in the Economy. Ann Arbor: The University of Michigan Press.
- Ashby, W. R.* (1957): An Introduction to Cybernetics. London: Chapman & Hall Ltd.
- Aubert, P.; Caroli, E.; Roger, M.* (2006): New technologies, organisation and age: firmlevel evidence. The Economic Journal 116 (February), F73-F93.
- Blossfeld, H.-P.* (1985): Bildungsexpansion und Berufschancen. Frankfurt: Campus.
- Baltes, P. B.; Dittmann-Kohli, F.; Dixon, R. A.* (1984): New perspectives on the development of intelligence in adulthood: Toward a dual-process conception and a model of selective optimization with compensation., in: Baltes, P. B.; Brim, O. G. (eds), Life-span development and behavior. Vol. 6, New York: Academic Press, pp. 33-76.
- Bartel, A. P.; Sicherman, N.* (1993): Technological Change and Retirement Decisions of Older Workers, in: Journal of Labor Economics, Vol. 11, No. 1, pp. 162-183.
- Behaghel, L.; Greenan, N.* (2005): Training and Age-Biased Technical Change: Evidence from French Micro Data. CREST-INSEE, mimeo.
- Beckmann, M.* (2005): Age-biased Technological and Organizational Change: Firm-Level-Evidence for West Germany GEABA Discussion Papers 05-13.
- Börsch-Supan, A.; Düzgün, I.; Weiss, M.* (2005): Altern und Produktivität: Zum Stand der Forschung. MEA Discussion Paper No. 73-2005. Mannheim.
- Catell, R. B.* (1971): Abilities: Their Structure, Growth, and Action. Boston: Houghton-Mifflin.

- Cohen, W.; Levinthal, D.* (1990): Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation, in: *Administrative Science Quarterly*, 35, pp. 128-158
- De Grip* (2004): Evaluating human capital obsolescence. Paper prepared for the joint EC-OECD Seminar on Human Capital and Labour Market Performance, held in Brussels on Dec 8, 2004.
- EU-Commission* (2005): Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Common Actions for Growth and Employment: The Community Lisbon Programme. Brussels.
- Fagerberg, J.* (2005): Innovation: A Guide to the Literature, in: *Fagerberg et al.* (2005), pp. 1-26.
- Fagerberg, J.; Mowery, D. C.; Nelson, R. R.* (eds.) (2005): *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford.
- Friedberg, L.* (2003): The Impact of Technological Change on Older Workers: Evidence from Data on Computer Use. *Industrial and Labor Relations Review*, 56, pp. 511-529.
- Galenson, D. W.; Weinberg, B. A.* (2000): Age and the Quality of Work: The Case of Modern American Painters, in: *Journal of Political Economy*, Vol. 108, No. 4, pp. 761-777.
- Günther, J.; Gebhardt, O.* (2006): Auswärtige Betrieb und Innovationstätigkeit, in: *Beschäftigungsanalysen mit den Daten des IAB-Betriebspanels – Tagungsband zum Workshop des IAB und IWH 2005*. IWH-Sonderheft 1/2006, S. 107-129.
- Gottschalk, S.; Janz, N.* (2003): Bestimmungsfaktoren der Innovationstätigkeit, in: *Janz, N.; Licht, G.* (Hrsg.), *Innovationsforschung heute: Die Mannheimer Innovationspanels*. Baden-Baden: Nomos, S. 17-39.
- Greene, W. H.* (2000): *Econometric Analysis*. Fourth Edition. Upper Saddle River (NJ): Prentice-Hall.
- Hempel, T.* (2003): Innovation im Dienstleistungssektor, in: *Janz, N.; Licht, G.* (Hrsg.), *Innovationsforschung heute. Die Mannheimer Innovationspanels*. Baden-Baden: Nomos, S. 149-183.
- Kinsler, M.* (2002): *Alter – Macht – Kultur. Alterskompetente Menschen als Subjekte einer modernen gesellschaftlichen und kulturellen Praxis*. Diss. Uni Regensburg.
- Lam, A.* (2005): Organizational Change, in: *Fagerberg, J. et al.* (2005), pp.115-147.
- Lanyon, G. R.; Smith, L.* (1999): A Portrait of the Artist as a Young, Middle-Aged, and Elderly Man. Michigan – Center for Research on Economic & Social Theory Papers No. 99-06. Ann Arbor.

- Lehman, H. C.* (1953): Age and achievement, Princeton: Princeton University Press.
- Long S. J.; Freese, J.* (2003): Regression models for categorical dependent variables using Stata. College Station (TX): Stata Press.
- MacDonald, G.; Weisbach, M. S.* (2004): The Economics of Has-beens, in: Journal of Political Economy 112, pp.289-310.
- Nelson, R. R.; Winter, S. G.* (1982) : An Evolutionary Theory of Economic Change, Cambridge/Mass.
- Oster, S. M.; Hamermesh, D. S.* (1998): Aging and Productivity Among Economists, in: The Review of Economics and Statistics, Vol. 80, No. 1, pp. 154-156.
- Pavitt, K.* (2005): Innovation Processes, in: Fagerberg, J. et al. (2005), pp. 86-114.
- Schumpeter, J.* (1912): Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, Leipzig.
- Skirbekk, V.* (2004): Age und Individual Productivity: A Literature Survey, in: Feichtinger, G. (ed.), Vienna Yearbook of Population Research. Vienna: Austrian Academy of Sciences Press, pp 133-153.
- Stephan, P.; Levin, S.* (1991): Research Productivity Over the Life Cycle: Evidence for Academic Scientists, in: American Economic Review, Vol. 81, No. 1, pp. 114-132.

Anhang

Tabelle A1:

Deskriptive Statistik der Kategorien der Innovationsintensität (abhängige Variable)

Höchste Innovationskategorie	Schätzvariante I: Betriebliche Altersstruktur	Schätzvariante II: Altersstruktur der Kerngruppen
<i>Fallzahl</i>	<i>1190</i>	<i>1018</i>
Keine Innovation	318	226
Weiterentwicklung eines bestehenden Produktes	444	400
Entwicklung eines neuen Produktes	246	222
Entwicklung einer Marktneuheit	182	170

Quellen: LIAB, Eigene Berechnungen

Tabelle A2:

Deskriptive Statistik der Altersvariablen

	Mittelwert	Standard- abweichung	10%-Quantil	90%-Quantil
Durchschnittsalter gesamte Belegschaft (Jahre)	41,0	3,55	36,8	45,0
Variationskoeffizient Durchschnittsalter gesamte Belegschaft	0,272	0,056	-	-
Durchschnittsalter Ingenieure (Jahre)	43,6	5,66	36,7	50,5
Variationskoeffizient Durchschnittsalter Ingenieure	0,199	0,087	-	-
Durchschnittsalter Manager (Jahre)	41,5	5,35	35,1	47,7
Variationskoeffizient Durchschnittsalter Manager	0,250	0,088	-	-

Quellen: LIAB, Eigene Berechnungen

Tabelle A3:
Beschreibung der übrigen Merkmale

Betriebliches Merkmal	Skalen-niveau	Variablen-Beschreibung	Mittelwert (Schätzvariante I)	Mittelwert (Schätzvariante II)
Firmengröße	Metrisch	Log. Zahl der Beschäftigten	4,897	5,158
F&E-Aktivität	Binär	1...F&E-Aktivitäten, 0... keine F&E	0,089	0,098
F&E-Kooperation	Binär	1...Kooperation besteht, 0...keine Kooperation	0,397	0,452
Exportanteil	Metrisch	Anteil des Auslandsumsatzes am Gesamtumsatz	0,252	0,285
Ertragslage	Metrisch	Einschätzung der Ertragslage: 1... sehr gut ... 5...mangelhaft	3,036	3,034
Firmenalter	Binär	Gründung vor 1990: 1...ja, 0...nein	0,722	0,750
Technische Ausstattung	Metrisch	Einschätzung der Ausstattung: 1...neuester Stand ... 5...völlig veraltet	2,082	2,063
Ostdeutscher Betrieb	Binär	1...ja, 0...nein	0,397	0,373
Weiterbildungsintensität	Metrisch	Anteil der Weiterbildungsteilnehmer an der Zahl der Beschäftigten	0,202	0,205
Hohe Qualifikation	Metrisch	Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss	0,085	0,095
Mittlere Qualifikation	Metrisch	Anteil der Beschäftigten mit Berufsabschluss (höchster Abschluss)	0,729	0,717
Betriebszugehörigkeit	Metrisch	Durchschnittliche Dauer der Betriebszugehörigkeit in Jahren	8,29	8,63
Variationskoeffizient Betriebszugehörigkeit	Metrisch	Variationskoeffizient der durchschnittlichen Dauer der Betriebszugehörigkeit	0,607	0,600

Quellen: LIAB, Eigene Berechnungen