



Hamburgisches
WeltWirtschafts
Institut

Wie innovationsfähig ist Deutschland? – Ein Gesamtindikator zur Messung der Innovationsfähigkeit

Henning Vöpel

HWWI Research

Paper 1-9
des

HWWI-Kompetenzbereiches
Wirtschaftliche Trends

Henning Vöpel
Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)
Neuer Jungfernstieg 21 | 20354 Hamburg
Tel +49 (0)40 34 05 76 - 34 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 76
voepel@hwwi.org

HWWI Research Paper
Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)
Neuer Jungfernstieg 21 | 20354 Hamburg
Tel +49 (0)40 34 05 76 - 0 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 76
info@hwwi.org | www.hwwi.org
ISSN 1861-504X

Redaktion:
Thomas Straubhaar (Vorsitz)
Michael Bräuninger

© Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI) | Juli 2007
Alle Rechte vorbehalten. Jede Verwertung des Werkes oder seiner Teile
ist ohne Zustimmung des HWWI nicht gestattet. Das gilt insbesondere
für Vervielfältigungen, Mikroverfilmung, Einspeicherung und Verarbei-
tung in elektronischen Systemen.

Wie innovationsfähig ist Deutschland? – Ein Gesamtindikator zur Messung der Innovationsfähigkeit¹

Henning Vöpel

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut

Einleitung

Immer wieder wird betont, wie wichtig im internationalen Wettbewerb und bei zunehmender Globalisierung die Innovationsfähigkeit von Volkswirtschaften ist, um sich an die beschleunigten Strukturveränderungen anpassen zu können. Investitionen in Bildung und Humankapital sind entsprechend von der Politik als wichtige Aufgaben zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit im Wandel zur Wissensgesellschaft erkannt worden. Die Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft ist indes ein sehr abstrakter Begriff und nicht direkt beobachtbar. Sie muss mit Hilfe anderer Größen beschrieben und abgebildet werden. Im Folgenden wird zu diesem Zweck ein MIMIC-Modell (Multiple Indicator Multiple Cause) entwickelt, das es erlaubt, die „Innovationsfähigkeit“ einer Volkswirtschaft anhand von Input- und Outputindikatoren empirisch zu operationalisieren und als ein aggregiertes Messkonzept zu verwenden.² Auf der Grundlage dieses Ansatzes wird im Folgenden die Innovationsfähigkeit Deutschlands im Vergleich zu anderen Ländern der Europäischen Union aufgezeigt.

1. Methode und Daten

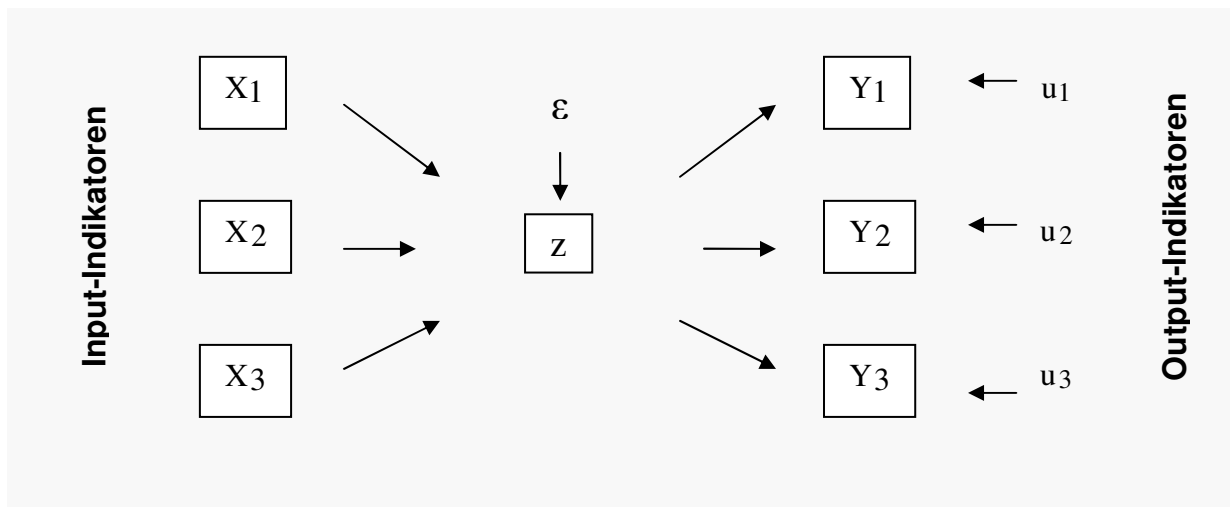
1.1 Das MIMIC-Modell

„Innovationsfähigkeit“ ist eine nicht direkt beobachtbare, so genannte „latente Variable“. Sie kann jedoch durch eine Reihe von Input- und Outputindikatoren abgebildet werden. Methodisch bedeutet dies, eine skalare Größe durch einen Vektor von Inputindikatoren und einen Vektor von Outputindikatoren zu beschreiben. Die Einflussgrößen (Inputindikatoren) werden in dieser latenten Variablen „gebündelt“, die wiederum deren Wirkung auf Innovationsmerkmale (Outputindikatoren) „weiterleitet“ (vgl. Scholing, 2000, der „Bevölkerungsgesundheit“ mit Hilfe eines MIMIC-Modells schätzt).

¹ Für wertvolle Hinweise sei an dieser Stelle Eberhard Scholing (Universität Hamburg) gedankt.

² Das MIMIC-Modell geht auf Hauser/Goldberger (1971) zurück.

Abbildung 1- Grundschemata des MIMIC-Modells



Durch dieses Modell wird für das Konstrukt „Innovationsfähigkeit“ ein aggregiertes Messkonzept vorgeschlagen. Formal lässt sich die „Innovationsfähigkeit“ z durch einen Vektor der Inputindikatoren \mathbf{x} und der Outputindikatoren \mathbf{y} beschreiben:

$$(1) \quad z = \boldsymbol{\alpha}'\mathbf{x} + \varepsilon \quad \text{bzw.}$$

$$(2) \quad \mathbf{y} = \boldsymbol{\beta}z + \mathbf{u},$$

wobei ε und \mathbf{u} Residual- bzw. Störvariablen mit den üblichen Eigenschaften sind, d.h. einen Erwartungswert von Null aufweisen und untereinander unkorreliert sind:

$$E(\mathbf{x}\mathbf{u}') = 0, \quad E(\mathbf{x}\varepsilon) = 0, \quad E(\mathbf{u}\varepsilon) = 0, \quad E(\mathbf{u}\mathbf{u}') = \boldsymbol{\Theta}.$$

Des Weiteren sind alle Variablen als Abweichung von ihrem arithmetischen Mittel definiert, so dass keine Konstanten in den Gleichungen (1) und (2) erscheinen.

Aus (1) und (2) folgt:

$$(3) \quad \mathbf{y} = \boldsymbol{\beta}(\boldsymbol{\alpha}'\mathbf{x} + \varepsilon) + \mathbf{u}$$

$$(3b) \quad \mathbf{y} = \boldsymbol{\Pi}'\mathbf{x} + \mathbf{v}.$$

mit der Koeffizientenmatrix

$$\boldsymbol{\Pi} = \begin{bmatrix} \alpha_1\beta_1 & \dots & \alpha_1\beta_3 \\ \dots & & \dots \\ \alpha_3\beta_1 & \dots & \alpha_3\beta_3 \end{bmatrix}$$

und der Störgröße $v = \beta\varepsilon + u$, deren Kovarianzmatrix

$$E(vv') = \Omega = \beta\beta' \sigma_\varepsilon^2 + \Theta$$

nicht-diagonal ist.

Die Unbestimmtheit des Modells wird durch die Normierung $\sigma_\varepsilon^2 = 1$ aufgehoben; dadurch wird zugleich eine Skalierung festgelegt. Zudem sind die Zeilen und Spalten der Koeffizientenmatrix linear abhängig von einander, so dass die Matrix den Rang Eins hat. Die damit getroffenen A-priori-Restriktionen des Modells werden als erfüllt angenommen.³

1.2 Spezifikation und Daten

In die Auswahl der Input- und Outputindikatoren fließen theoretische Vorinformationen und A-priori-Vermutungen über kausale Zusammenhänge zwischen der Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft und ihren Einflussfaktoren ein. Was die Inputindikatoren betrifft, so ist die Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft vor allem davon abhängig, wie hoch die Investitionen in Forschung und Entwicklung (FuE) sind. Innovationen entstehen jedoch nicht allein in Folge von „Wissen“, sondern durch Vernetzung von Wissen und den Wissenstransfer; dies wird u.a. durch die Anzahl der FuE-Beschäftigten bestimmt. Als Inputindikatoren sollen daher folgende erklärenden Variablen herangezogen werden:⁴

Inputindikatoren

- Gesamte Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) in % des BIP
- Anteil der FuE-Personen in Wissenschaft und Technik in % der Beschäftigten.

Die Auswahl der Outputindikatoren bestimmt sich danach, worin die Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft zum Ausdruck kommt. Innovationen haben dabei zum Teil sehr unterschiedliche Erscheinungsformen; so können Innovationen im Bereich der Grundlagenforschung, aber auch in stärker praxisorientierten Anwendungsbereichen getätigt werden. Weiterhin ist zwischen Produkt- und Prozessinnovationen zu unterscheiden. Besonderes Augenmerk liegt auf der Frage, inwieweit Innovationen zur Marktreife geführt und weiterentwickelt werden. Eine solche „Innovation-to-market“-Variable sollte die Vernetzung zwischen Forschung und Praxis in einer Volkswirtschaft abbilden. Aufgrund dieser Überlegungen werden folgende Outputindikatoren zur Beschreibung der Innovationsfähigkeit verwendet:

Outputindikatoren

- Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt (EPA) je Million Einwohner
- Patente im Hochtechnologiebereich je Million Einwohner
- Anteil der Hochtechnologieexporte in % der Gesamtexporte.

³ Für nähere Erläuterungen vgl. Jöreskog/Goldberger (1975).

⁴ Für die Daten siehe die entsprechenden Reihen von Eurostat (2007).

Anhand der hier erläuterten Input- und Outputindikatoren wird ein MIMIC-Modell zur Messung der Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft (mit dem Programmpaket LISREL 8.8, vgl. Jöreskog/Sörbom, 2006) geschätzt. Das Sample umfasst die EU-Länder, die Daten sind als mehrjährige Durchschnittswerte in die Schätzung eingegangen.

2. Ergebnisse

2.1 Schätzergebnisse

Die Schätzung des oben beschriebenen Modells liefert folgende Ergebnisse:

Tabelle 1: Standardisierte Schätzwerte für die Koeffizienten des MIMIC-Modells

Input-Indikator	$\hat{\alpha}_i$	Output-Indikator	$\hat{\beta}_i$
Anteil von FuE-Ausgaben am BIP	0,957 ^{***a)}	Anmeldungen beim EPA je Million Einwohner	99,49 ^{**}
Anteil FuE-Personal in Wissenschaft und Technik an der Beschäftigung	0,021 [*]	Patente im Hochtechnologiebereich je Million Einwohner	22,77 ^{**}
		Anteil der Hochtechnologieexporte an den Gesamtexporten	4,28 ^{**}
$\chi^2 = 1,01$	N = 26 ^{b)}	P – Wert = 0,91 ^{c)}	RMSEA = 0,001 ^{d)}

a) * bedeutet signifikant auf dem 5%-Niveau, ** signifikant auf dem 1%-Niveau.

b) N = Anzahl der Beobachtungen

c) Bei MIMIC-Modellen lautet die Nullhypothese, dass die unterstellten Restriktionen richtig sind. Der P-Wert gibt hier die Irrtumswahrscheinlichkeit an, das Modell fälschlicherweise abzulehnen. Demzufolge deutet ein hoher P-Wert auf die „Richtigkeit“ des Modells hin.

d) Ein RMSEA < 0,05 (*Root Mean Square Error of Approximation*) wird i. A. als guter Fit des Modells angesehen (vgl. Browne/Cudeck, 1993).

Es zeigt sich, dass bei hoher statistischer Signifikanz der Anteil der FuE-Ausgaben am BIP den weitaus größeren Einfluss auf die Innovationsfähigkeit hat als der Anteil des FuE-Personals an den Beschäftigten. Dies liefert Hinweis darauf, dass es besser ist, wenige mit viel Forschungsmitteln als viele mit weniger Mitteln auszustatten. Dies wird auch durch eine alternative Spezifikation des Modells bestätigt, in der nur die Patente im Hochtechnologiebereich, nicht aber sämtliche Anmeldungen beim Europäischen Patentamt als Outputindikator berücksichtigt werden. Dies lässt vermuten, dass viele Köpfe zwar viele Ideen produzieren, die aus ökonomischer Sicht bahnbrechenden Innovation aber im Wesentlichen durch die Höhe der Mittelausstattung induziert werden. Was die Koeffizientenschätzungen der Outputindikatoren betrifft, so können die Werte als „Ladungen“ im Sinne der Faktorenanalyse interpretiert werden.

2.2 Ranking der EU-Länder

Verwendet man die Koeffizientenschätzungen der Inputindikatoren aus Tabelle 1, um die „Innovationsfähigkeit“ für die Länder aus dem verwendeten Sample zu berechnen, ergibt sich folgendes Ranking (vgl. Tabelle 2). Der Index ist dabei so normiert, dass die Summe über alle Länder Null ergibt; er lässt sich daher als ein relatives Abstandsmaß interpretieren.

Tabelle 2: Ranking der „Innovationsfähigkeit“ der EU-Länder

Rang	Land	Indexwert
1	Schweden	2,60
2	Finnland	2,11
3	Dänemark	1,30
4	Deutschland	1,16
5	Frankreich	0,74
6	Österreich	0,67
7	Belgien	0,59
8	Niederlande	0,56
9	Norwegen	0,50
10	Vereinigtes Königreich	0,40
11	Luxemburg	0,21
12	Slowenien	-0,14
13	Irland	-0,23
14	Tschechische Republik	-0,26
15	Spanien	-0,39
16	Italien	-0,43
17	Estland	-0,54
18	Ungarn	-0,61
19	Litauen	-0,80
20	Griechenland	-0,96
21	Slowakei	-0,97
22	Bulgarien	-0,99
23	Polen	-1,04
24	Portugal	-1,04
25	Lettland	-1,11
26	Rumänien	-1,33

Es zeigt sich, dass sich zwischen den aufgeführten Ländern durchaus regionale Cluster erkennen lassen. So sind an der Spitze des Innovationsrankings vor allem die skandinavischen Länder, die sehr viel in Bildung sowie Forschung und Entwicklung investieren, während die neuen osteuropäischen Beitrittsländer, die typischerweise einen „brain drain“ zu verzeichnen hatten und weiterhin haben, sich am Ende des Rankings befinden.

3. Politikempfehlungen und Implikationen

Die Ableitung von Politikempfehlungen aus den Schätzergebnissen bedarf großer Vorsicht. So stellt das Modell im Wesentlichen ein aggregiertes Messkonzept dar. Die kausalen Zusammenhänge sind indes komplexer. Zunächst ist festzuhalten, dass hier „Innovationsfähigkeit“ in einem spezifischen Sinne definiert wird. Im Unterschied zur weiter gefassten „Kreativität“ wird Innovationsfähigkeit hier eher „schumpeterianisch“ als unternehmerische Fähigkeit zum Strukturwandel und zur Modernisierung verstanden. Die anderen Dimensionen von Innovationsfähigkeit, die sich auf die Bereiche Mode, Design, Architektur etc. beziehen, sind hier ausdrücklich nicht enthalten.

Des Weiteren weisen einige Faktoren, die a-priori als maßgeblich in Bezug auf die Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft anzusehen wären, keinen signifikanten Erklärungsbeitrag auf; dieses sind vor allem demografische und institutionelle Faktoren, wie etwa der Anteil junger Erwerbstätiger oder das Bildungs- und Ausbildungssystem eines Landes. Insoweit diese Faktoren in Zukunft stärker zur Erklärung der Unterschiede in der Innovationsfähigkeit von Volkswirtschaften beitragen, bedarf es einer Revision des hier geschätzten Modells, da relevante Zusammenhänge weder struktur- noch zeitstabil sind.

Dennoch lässt sich aus den Schätzergebnissen ableiten, dass es vor allem darauf ankommt, gezielt in Forschung und Entwicklung zu investieren, d.h. weniger die Anzahl der FuE-Beschäftigten als vielmehr deren Mittelausstattung ist für die Innovationsfähigkeit entscheidend. Darüber hinaus ist die Effizienz der Ressourcenallokation in Forschung und Entwicklung zentral. In Bezug auf Bildungssysteme sind FuE-Ausgaben umso effektiver, desto stärker sie auf „gute Bildung“ aufsetzen, statt Bildungsversäumnisse kostenintensiv zu korrigieren.

Literatur

BROWNE, M.W. und R. CUDECK (1993), Alternative Ways of Assessing Model Fit, in: K.A. BOLLEN und J.S. LONG (eds.), *Testing Structural Equation Models*, London, S. 136 – 162.

EUROSTAT (2007), verschiedene Reihen (www.eurostat.eu)

HAUSER, R.M. und A. S. GOLDBERGER (1971), The Treatment of Unobservable Variables in Path Analysis, in: H.L. COSTNER (ed.), *Sociological Methodology*, London, S. 81 ff.

JÖRESKOG, K.G. und A.S. GOLDBERGER (1975), Estimation of a Model with Multiple Indicators and Multiple Causes of a Single Latent Variable, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 70, S. 631 – 639.

JÖRESKOG, K.G. und D. SÖRBOM (2006), LISREL 8.8 (Scientific Software International).

SCHOLING, E. (2000), Messung der Bevölkerungsgesundheit in Entwicklungsländern auf der Grundlage eines MIMIC-Modells, Beiträge zur Wirtschaftsforschung, Sozialökonomisches Seminar der Universität Hamburg.

HWWI Research Papers

des Kompetenzbereiches „Wirtschaftliche Trends“

8. CDM potential of wind power projects in India
Pallav Purohit, Axel Michaelowa
Hamburg, June 2007
7. Ein makroökonomisches Modell für Hamburg
Norbert Kriedel
Hamburg, Mai 2007
6. Managementstrategien im Fußball: „Big Push“ oder Kontinuität?
Ein dynamisches Modell zum sportlichen Auf- und Abstieg von Vereinen
Henning Vöpel
Hamburg, Februar 2007
5. Ein Transfermarktmodell und Implikationen für die strategische Transferpolitik
der Vereine in der Fußball-Bundesliga
Henning Vöpel
Hamburg, November 2006
4. Gender Equality in the Labour Market: Attitudes to Women's Work
Sylke Viola Schnepf
Hamburg, Oktober 2006
3. Ein „ZIDANE-Clustering-Theorem“ und Implikationen für den Finanzausgleich
in der Bundesliga
Henning Vöpel
Hamburg, Juli 2006
2. Doping im Radsport als kollektives Gleichgewicht
Henning Vöpel
Hamburg, Juli 2006
1. Long Waves of Economic Development and the Diffusion of General-Purpose
Technologies – The Case of Railway Networks
Norbert Kriedel
Hamburg, Januar 2006

Das Hamburgische WeltWirtschaftsinstitut (HWWI) ist ein gemeinnütziger, unabhängiger Think Tank mit den zentralen Aufgaben:

- die Wirtschaftswissenschaften in Forschung und Lehre zu fördern,
- eigene, qualitativ hochwertige Forschung in Wirtschafts- und Sozialwissenschaften zu betreiben,
- sowie die Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und die interessierte Öffentlichkeit über ökonomische Entwicklungen unabhängig und kompetent zu beraten und zu informieren.

Das HWWI betreibt interdisziplinäre Forschung in den folgenden Kompetenzbereichen: Wirtschaftliche Trends, Hamburg und regionale Entwicklungen, Weltwirtschaft sowie Migration Research Group.

Gesellschafter des im Jahr 2005 gegründeten Instituts sind die Universität Hamburg und die Handelskammer Hamburg.

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Neuer Jungfernstieg 21 | 20354 Hamburg

Tel +49 (0)40 34 05 76 - 0 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 76

info@hwwi.org | www.hwwi.org