

## **Innovationseffizienz**

### **Österreich im internationalen Vergleich**

**Jürgen Janger, Agnes Kügler**

Wissenschaftliche Assistenz: Nicole Schmidt,  
Anna Strauss, Stefan Weingärtner

## Innovationseffizienz

### Österreich im internationalen Vergleich

Jürgen Janger, Agnes Kügler

Juni 2018

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Im Auftrag des Rates für Forschung und Technologieentwicklung

Begutachtung: Franz Sinabell • Wissenschaftliche Assistenz: Nicole Schmidt, Anna Strauss, Stefan Weingärtner

#### Inhalt

Innovationsaktivitäten sind ein zentrales Element von Strategien zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und zur Bewältigung von Herausforderungen wie dem Klimawandel. Die Forschungs- und Entwicklungsausgaben sind wichtige Determinanten der Innovationsleistung. Österreichs F&E-Ausgaben wurden in den letzten 20 Jahren erfolgreich gesteigert, gemessen an der F&E-Quote nimmt es in der EU den 2., weltweit den 5. Rang ein. Gleichzeitig gelang es bisher nicht, in Innovationsrankings an die Spitze vorzustoßen. Die Studie geht deshalb der Frage nach, ob Österreichs Innovationsleistung nur unzureichend durch internationale Indikatoren erfasst wird, oder ob tatsächlich die Effizienz der Innovationsaktivitäten geringer ist. Methodisch wird neben der Vorstellung elementarer Input- und Outputindikatoren eine Dateneinhüllanalyse (DEA) eingesetzt, um Österreichs Effizienz mit anderen EU- und OECD-Ländern zu vergleichen. Wie die Ergebnisse zeigen, besteht für Österreich in drei Leistungsbereichen des Innovationssystems (Wissenschaft, Technologie und Innovationen) Aufholpotential zu den in den jeweiligen Bereichen effizientesten Ländern.

Rückfragen: [juergen.janger@wifo.ac.at](mailto:juergen.janger@wifo.ac.at), [agnes.kuegler@wifo.ac.at](mailto:agnes.kuegler@wifo.ac.at), [anna.strauss@wifo.ac.at](mailto:anna.strauss@wifo.ac.at)

2018/134-1/S/WIFO-Projektnummer: 5616

© 2018 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Hersteller: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung,  
1030 Wien, Arsenal, Objekt 20 • Tel. (+43 1) 798 26 01-0 • Fax (+43 1) 798 93 86 • <http://www.wifo.ac.at> • Verlags- und Herstellungsort: Wien

Verkaufspreis: 50 € • Kostenloser Download: <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/61111>

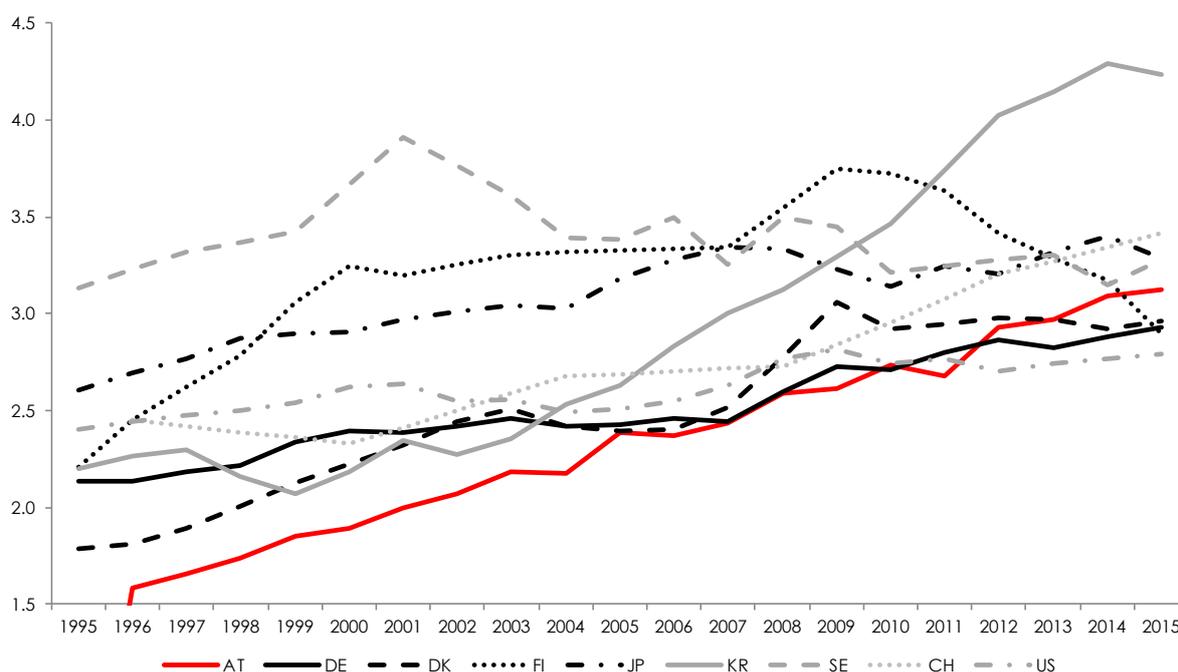
<b>1. Einleitung: F&amp;E-Quoten im Vergleich mit Innovationsleistung</b>	<b>2</b>
<b>2. Effizienz von Forschung, Technologie und Innovation – ein Überblick</b>	<b>9</b>
2.1 Kernelemente einer Effizienzanalyse	9
2.2 Herausforderungen für belastbare Effizienzanalysen im Innovationsbereich	12
2.3 Ansätze und Ergebnisse in der Innovations-Effizienzliteratur	15
<b>3. Entwicklung von In- und Outputs im internationalen Vergleich</b>	<b>20</b>
3.1 Indikatorenauswahl	20
3.2 Entwicklung der ausgewählten Indikatoren im zeitlichen Verlauf	23
<b>4. Effizienzanalyse</b>	<b>34</b>
4.1 Indikatorwahl und DEA-Spezifikation	34
4.2 Ergebnisse der DEA: Österreichs Effizienz im internationalen Vergleich	36
<b>5. Ansatzpunkte zur Steigerung von Effizienz</b>	<b>40</b>
<b>6. Schlussfolgerungen</b>	<b>45</b>
<b>7. Literatur</b>	<b>46</b>
<b>8. Anhang</b>	<b>51</b>
8.1 Zusätzliche deskriptive Statistiken	51
8.2 Zusätzliche DEA-Ergebnisse	57

## 1. Einleitung: F&E-Quoten im Vergleich mit Innovationsleistung

Innovationsaktivitäten bilden in fortgeschrittenen Volkswirtschaften wie Österreich das wichtigste Element von Unternehmensstrategien sowohl für eine Absicherung der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber aufstrebenden Volkswirtschaften mit Lohnkostenvorteilen als auch für die Entwicklung von weiteren Wachstumsperspektiven (z.B. Aghion – Howitt, 2006; Hölzl et al., 2017b; Hölzl – Janger, 2014). Sie sind gleichermaßen zentrale Hebel für die Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen wie z.B. dem Klimawandel und der Ressourcenknappheit (Aghion – Hemous – Veugelers, 2009; Aiginger, 2016).

Österreich hat sich 2011 zum Ziel gesetzt, in den Kreis der führenden Innovationsländer der EU aufzusteigen (Österreichische Bundesregierung, 2011), unter anderem durch eine Erhöhung der Forschungs- und Entwicklungsausgaben (F&E) auf eine Quote von 3,76% im Jahr 2020. F&E-Ausgaben zählen zu den Ressourcen oder Inputs für Innovationsaktivitäten. Seit 1995 gelang es Österreich, seine F&E-Quote von 1,4% auf 3,06% im Jahr 2017 zu steigern (Abbildung 1). Damit erreicht Österreich hinter Schweden den 2. Platz in der EU, weltweit den 5. Platz (außer Schweden liegen noch Israel, Korea, die Schweiz und Japan vor Österreich).

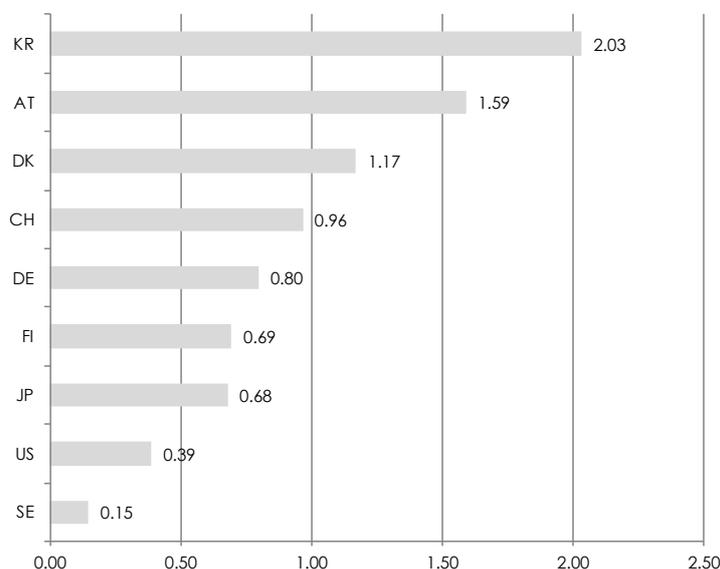
Abbildung 1: F&E-Quoten ausgewählter Länder, 1995-2015



Q: OECD-MSTI, WIFO-Berechnungen; -) Fehlende Werte durch Mittelwerte bzw. mittlere jährliche Wachstumsrate ergänzt.

Im Zeitraum 1995-2015 wies nur Korea eine höhere Ausgabendynamik auf als Österreich (Abbildung 2).

Abbildung 2: Veränderung der F&E Quote in Prozentpunkten, 1995-2015



Q: OECD-MSTI, WIFO-Berechnungen; -) Fehlende Werte durch Mittelwerte bzw. mittlere jährliche Wachstumsrate ergänzt; -) CH: Veränderung von 1996-2015

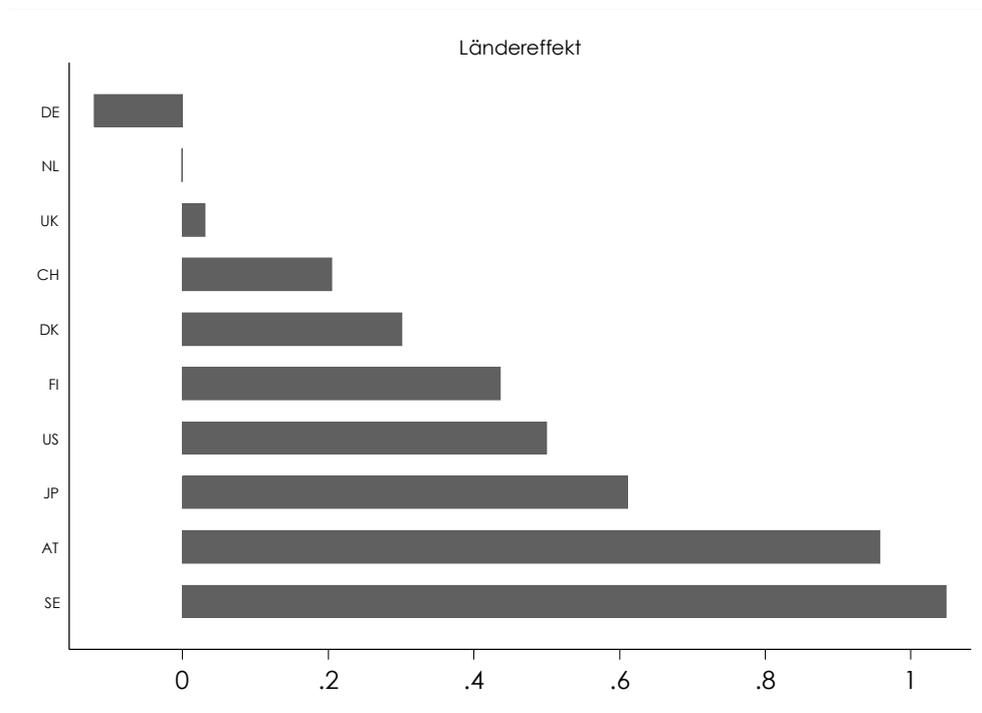
Dies ist umso beachtlicher, als Österreich noch immer relativ stark auf Branchen mittlerer Wissensintensität spezialisiert ist. Die Industriestruktur eines Landes bestimmt neben anderen Faktoren wesentlich die potenzielle F&E-Quote eines Landes (siehe *Janger, 2013b, Reinstaller – Unterlass, 2012a, 2012b*). Je nach Branche divergiert die F&E-Intensität (Forschungsausgaben als Anteil des Umsatzes) innerhalb einer gewissen Bandbreite, die für internationale Wettbewerbsfähigkeit notwendig ist. In forschungsgetriebenen Sektoren, wie etwa der Pharma- oder Computerindustrie, werden im Durchschnitt Forschungsintensitäten von 10-20% gemessen am Umsatz verzeichnet. Beispiele für Unternehmen mit den weltweit höchsten Forschungsausgaben sind Alphabet (Google Holding), Microsoft, Intel, Glaxo oder Merck etc.<sup>1</sup> In diesen besonders wissensintensiven Sektoren ist Österreich nicht spezialisiert. Die IT und Pharma-Branchen weisen in Österreich im internationalen Vergleich unterdurchschnittliche Wertschöpfungsanteile auf. In Branchen, in den Österreich eine solche Spezialisierung aufweist, etwa in der Automobil(zuliefer)industrie, im Maschinen- und Anlagenbau oder in der Metallverarbeitung, liegen die durchschnittlichen F&E-Intensitäten wesentlich niedriger, in der Regel deutlich unter 10%. So liegen z.B. die F&E-Intensitäten des Anlagenbauers Andritz und des Stahlerzeugers Voest Alpine bei unter 2%.

Abbildung 3 zeigt, ob Länder angesichts ihrer Industriestruktur über- oder unterdurchschnittlich viel für F&E im Unternehmenssektor ausgeben. Deutschland gibt in diesem Vergleich sogar weniger aus, als es dem Durchschnitt seiner Industriespezialisierung entsprechen würde und

<sup>1</sup> Siehe das F&E Scoreboard der EU, das die 2.500 Unternehmen mit den weltweit höchsten F&E-Ausgaben erfasst (<http://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard17.html>).

kommt damit auf einen negativen Wert. Österreich erzielt hier die höchste F&E-Intensität hinter Schweden, d.h. dass Österreichs Unternehmen relativ zum Durchschnitt der Branchen, in denen sie operieren, viel für F&E ausgeben. Dies ist positiv zu bewerten, denn es zeigt, dass Österreichs Unternehmen auf Wissen, Kompetenzen und schlussendlich Innovation setzen, um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können. Hinsichtlich der F&E-Ausgaben ist Österreichs lang diskutierter Aufholprozess von einer unterdurchschnittlichen Position zu einer europäischen Spitzenposition wohl als abgeschlossen zu betrachten. Dies kann auch als Erfolg für die Forschungs-, Technologie und Innovationspolitik (FTI-Politik) gewertet werden, die sich lange explizit dem Ziel der Steigerung der F&E-Intensität verschrieben hatte. Das Forschungsquoten-Ziel (zunächst 3% für das Jahr 2010, dann 3,76% für das Jahr 2020) entfaltete wie kein anderes Ziel im österreichischen Innovationssystem Koordinations- und Lenkungs-kraft, nicht zuletzt bei Budgetverhandlungen für die betroffenen Ressorts.

Abbildung 3: F&E-Intensität des Unternehmenssektors, bereinigt um die Industriestruktur



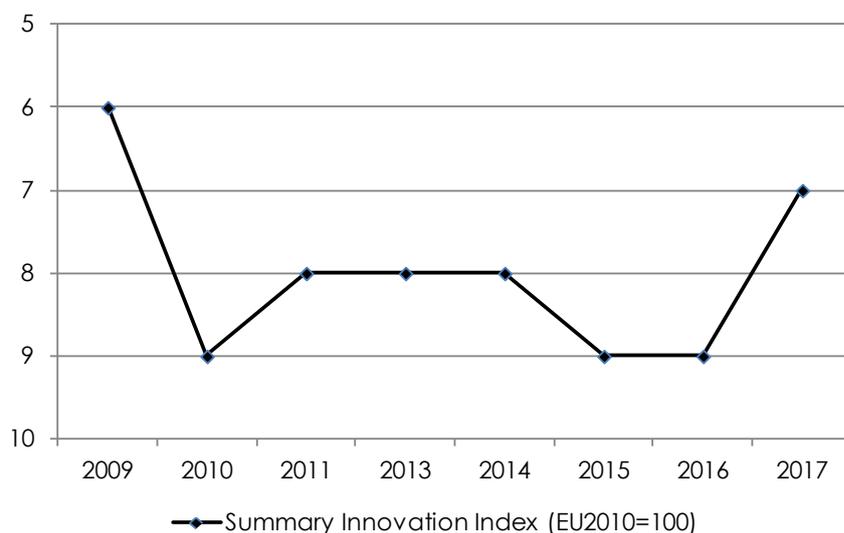
Q: OECD STAN, Eurostat SBS, WIFO-Berechnungen. Für Details siehe *Reinstaller – Unterlass (2012a, 2012b)*.

F&E-Ausgaben sind jedoch nur eine Zutat für erfolgreiche Innovationsaktivitäten. Die Innovationsleistung eines Landes wird in der Regel auch an den Ergebnissen von Innovationsaktivitäten gemessen, also an den Outputs. Seit einigen Jahren wird in Österreich die augenscheinliche Diskrepanz zwischen steigenden Ausgaben für F&E und nicht im gleichen Ausmaß steigenden Innovationsleistungen diskutiert. Gemessen werden Innovationsleistungen etwa durch die Publikationen wissenschaftlicher Ergebnisse, den Schutz

von Erfindungen durch Patente, die Wachstumsdynamik innovationsintensiver Jungunternehmen, den allgemeinen Strukturwandel in Richtung wissensintensive Branchen oder den Umsatzanteil, den Unternehmen durch Innovationen erzielen (siehe Kapitel 2 und 3). Der europäische Innovationsanzeiger, das European Innovation Scoreboard (EIS), zieht 27 In- und Outputindikatoren heran, um die Innovationsleistung von Ländern zu messen.<sup>2</sup> Das Gesamtranking wird durch einen einfachen Durchschnitt dieser 27 Indikatoren gebildet und ergibt für Österreich seit 2009 eine Seitwärtsbewegung: nach der bisher besten Platzierung auf Rang 6 im Jahr 2009 an der Spitze der Verfolgergruppe der führenden Länder befindet sich Österreich aktuell auf Rang 7, wiederum an der Spitze der Verfolgergruppe und nicht in der Spitzengruppe wie bei den F&E-Ausgaben.

Die Entwicklung der Gesamtperformance verdeckt die Performance in den 10 Teilleistungsbereichen (Abbildung 5), von denen je 5 Inputs (dunkelgraue Balken) und Outputs (hellgraue Balken) zuzuordnen sind. Dabei zeigt sich, dass Österreich bei manchen Inputkategorien relativ gut abschneidet; innerhalb der Gruppe „firm investments“ steht Österreich z.B. mit „R&D expenditure in the business sector“ an der Spitze aller EU-Länder, selbst vor der Schweiz. Bei den Outputkategorien Publikationen („Research Systems“) sowie besonders Erfindungen, Marken und Muster („Intellectual Assets“) schneidet Österreich ebenfalls gut ab. Besonders hohen Rückstand gibt es allerdings bei den beiden Gruppen, die die Leistung bei der Umwandlung von Innovation in wirtschaftliche Effekte messen sollen („employment impacts“ und „economic effects“), sowie bei den Humanressourcen (tertiäre Bildung) und den Rahmenbedingungen für Innovation (Breitbandinfrastruktur).

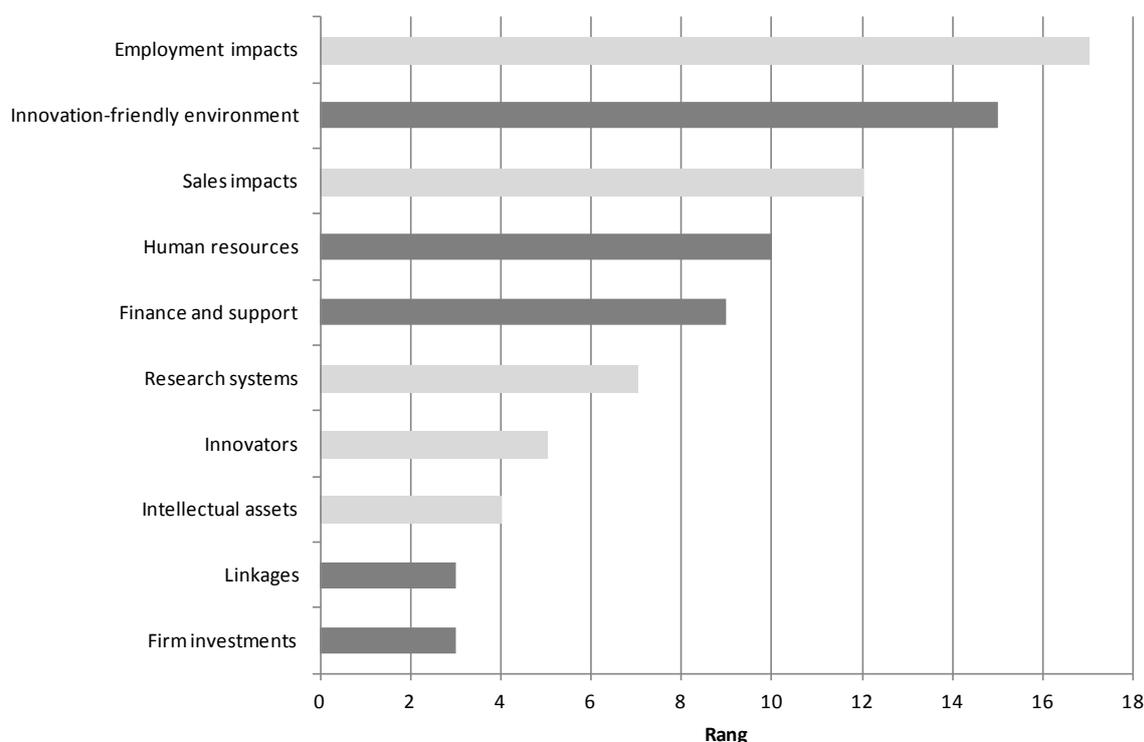
Abbildung 4: Österreichs Position im European Innovation Scoreboard (EIS) , 2009-2017



Q: EIS, 2009-2017. 2013 erfolgte die Umstellung der Benennung des EIS von EIS (t-1) auf EIS (t), dadurch fehlt das Jahr 2012 (=2013).

<sup>2</sup> [http://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards\\_de](http://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards_de)

Abbildung 5: Position Österreichs in Teilleistungsbereichen des EIS, 2017



Q: European Innovation Scoreboard 2017.

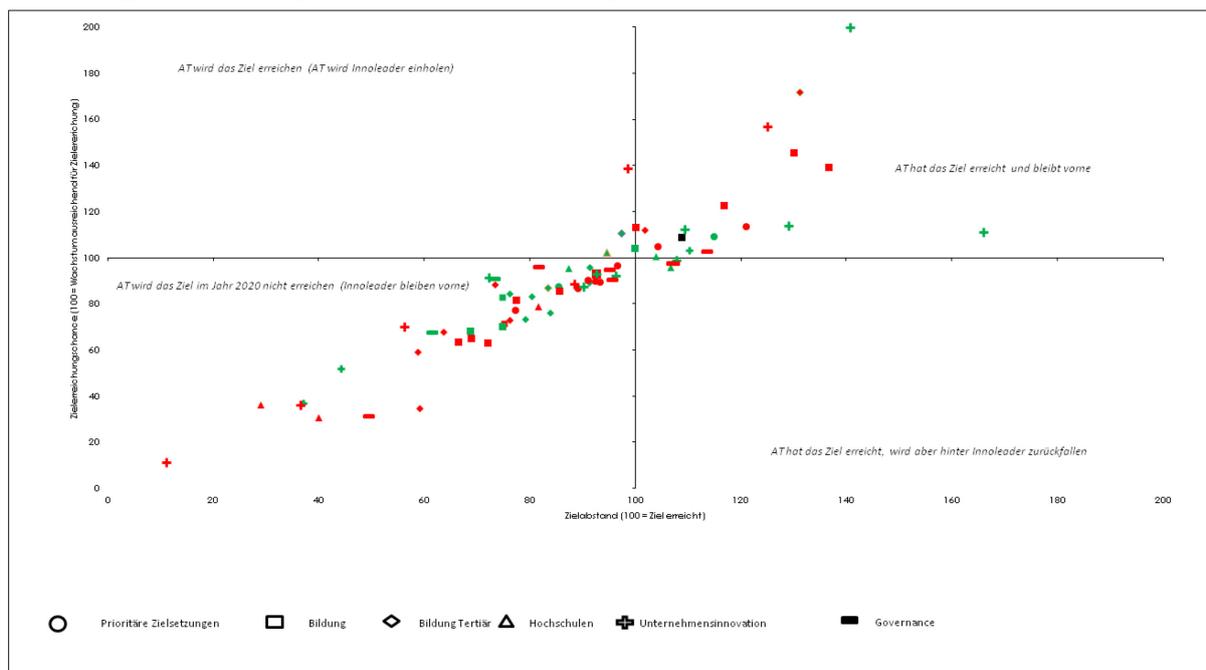
Das EIS wird jedoch insbesondere aufgrund der Art und Weise, wie es wirtschaftliche Effekte von Innovation misst, kritisiert (*Janger et al., 2017d*). Im Wesentlichen schneiden jene Länder bei den entsprechenden Indikatoren gut ab, die einen hohen Anteil wissensintensiver („high-tech“) Branchen an der Wertschöpfung ihrer Wirtschaft aufweisen. *Janger et al. (2017d)* zeigten, dass dabei eine wesentliche Dimension der Wirkung von Innovationanstrengungen unterschätzt wird, nämlich jene der innovationsbedingten Verbesserung von allen Branchen, seien sie wissensintensiv oder nicht („Upgrading“). Berechnungen der ökonomischen Effekte von Innovation unter Einschluss solcher „Upgrading“-Indikatoren ergeben für Österreich in der Regel bessere Ergebnisse im Bereich „Output“ (siehe Kap. 4.3 im Forschungs- und Technologiebericht 2014, *Bundesministerien, 2014*).

Ein alternativer Ansatz, die österreichische Innovationsleistung zu erfassen, wird im Leistungsbericht des Rats für Forschung und technologische Entwicklung verfolgt.<sup>3</sup> Er beruht auf dem Auftrag der Österreichischen Bundesregierung, die Fortschritte bei der Umsetzung der FTI-Strategie zu dokumentieren. Die FTI-Strategie 2011 der Bundesregierung ist sehr breit angelegt, beginnend mit einer umfassenden Schwächen-Analyse. In fünf Bereichen (Bildung, Grundlagenforschung/Universitäten, Unternehmensforschung, Governance, Finanzierung)

<sup>3</sup> <http://www.rat-fte.at/leistungsberichte/articles/leistungsberichte.html>

werden Ziele und Maßnahmen gesetzt, um Schwächen zu beseitigen. Der Leistungsbericht des Rats für Forschung und Technologieentwicklung versucht möglichst viele der Zieldimensionen durch Indikatoren zu quantifizieren und zu beobachten. Er kommt mit über 70 Indikatoren auf eine wesentlich größere Zahl von Indikatoren als das EIS, wodurch eine detailliertere Performance-Messung Österreichs ermöglicht wird, die zusätzlich die spezifischen Strukturen Österreichs (z.B. Spezialisierung auf Branchen mittlerer Wissensintensität) berücksichtigt. Abbildung 6 zeigt die Fortschritte bei der Zielerreichung: Punkte im Quadranten rechts oben stellen eine wahrscheinliche Zielerreichung bis 2020 dar, Punkte links unten eine wahrscheinliche Zielverfehlung bis 2020. Auch hier zeigt sich trotz der stark gestiegenen F&E-Ausgaben für viele Zielsetzungen eine wahrscheinliche Zielverfehlung. Allerdings sind viele der Zielsetzungen gar nicht durch F&E-Ausgaben adressierbar, wie z.B. Reformen des Bildungssystems, der Lehre an Universitäten oder der Verfügbarkeit von Risikokapital. Die Frage der Effizienz von Innovationsanstrengungen bleibt daher auch in den jährlichen Leistungsberichten des Rats für Forschung und Technologieentwicklung nicht restlos geklärt.

Abbildung 6: Erreichung der Ziele der FTI-Strategie, 2017



Q: Leistungsbericht des Rats für Forschung und Technologieentwicklung, 2017.

Vor diesem Hintergrund analysiert die vorliegende Studie die Innovationseffizienz Österreichs im internationalen Vergleich näher. Kapitel 2 definiert Effizienz und beschreibt die Input- und Outputbegrifflichkeit anhand einer Innovationsproduktionsfunktion näher, bevor die bestehenden Arbeiten über Innovationseffizienz dargestellt werden. Kapitel 3 zeigt deskriptiv die Entwicklung einiger Innovationsinput und -outputindikatoren. In Kapitel 4 wird die

Innovationseffizienz Österreichs anhand einer Data Envelopment Analyse oder Dateneinhüllanalyse (DEA) untersucht. Kapitel 5 weist auf Ansatzpunkte hin, Effizienz im österreichischen FTI-System weiter zu steigern.

## 2. Effizienz von Forschung, Technologie und Innovation – ein Überblick

Im vorliegenden Abschnitt wird einem wesentlichen Kritikpunkt des Berichts des Rats für Forschung und Technologieentwicklung (2017) Rechnung getragen und die Effizienz der Innovationsanstrengungen untersucht. Dieses Kapitel erläutert zunächst die Komponenten einer Effizienzanalyse, bevor ein kurzer Überblick über methodologische Ansätze und Ergebnisse der bestehenden Literatur gezeigt wird.

### 2.1 Kernelemente einer Effizienzanalyse

Unter Effizienz von Innovationsaktivitäten versteht man das Verhältnis von Innovationsoutputs zu den Inputs, wobei der Begriff Innovationsoutputs („Leistungen“) oft weit gefasst wird und der Kürze wegen auch Innovationswirkungen („outcomes“) umfasst. In dieser Studie wird der Begriff „Output“ in der Regel umfassend verwendet, eine genaue Abgrenzung folgt in diesem Kapitel, eine Veranschaulichung in Abbildung 7. Effizienz wird oft durch ihre Veränderung definiert: Sie verbessert sich, wenn mit der gleichen Menge an Inputs (Ressourcen) mehr Outputs (Ergebnisse, Leistung oder Wirkung) erzielt werden, oder wenn weniger Inputs für die gleiche Menge an Outputs benötigt werden (z.B. *Hollanders – Celikel-Esser, 2007*). Um den Zusammenhang zwischen Inputs und Outputs – eine Effizienzanalyse – näher zu erläutern, wird konzeptuell ein Input-Output-Rahmen oder eine Innovationsproduktionsfunktion<sup>4</sup> verwendet, der bzw. die den Zusammenhang zwischen Innovationsinputs, -aktivitäten, -outputs sowie -wirkungen abbildet und damit unterschiedlichen Begrifflichkeiten für eine Effizienzanalyse verorten kann (Abbildung 7).

„Inputs“, d. h. Ressourcen für Innovationsaktivitäten bestehen nicht nur in F&E-Ausgaben und einer Anzahl qualifizierter MitarbeiterInnen, sondern auch im akkumulierten Bestand des Wissens, das etwa aus vergangener akademischer oder Unternehmens-F&E resultiert. Die Verfügbarkeit international vergleichender Inputdaten ist in der Regel gut: F&E-Ausgaben und Beschäftigte werden international standardisiert aufgrund des Frascati-Manuals erfasst, der Wissensbestand kann durch eine F&E-Kapitalstockbildung beruhend auf den jährlichen F&E-Ausgaben approximiert werden. Eine Ausnahme sind Ausgaben für Innovationsaktivitäten, die nicht F&E zugerechnet werden können, wie z.B. Weiterbildung von MitarbeiterInnen, Ankauf neuer Maschinen und Software etc. Solche Ausgaben werden durch die Gemeinschaftliche Innovationsumfrage erhoben (CIS), ihre Belastbarkeit ist aufgrund der Schwierigkeiten für Unternehmen, diese Ausgabenposten innerhalb ihres allgemeinen Rechnungswesens trennscharf auszuweisen, aber eingeschränkt.

Die genannten Ressourcen fließen in Innovationsaktivitäten ein, die dem Aufbau oder der Weiterentwicklung von Wissen dienen und in einem Zwischenschritt zu „intermediate outputs“, also Zwischenergebnissen, führen. Diese können in Publikationen oder Patenten, d.h.

---

<sup>4</sup> Vgl. *Godin, 2007; McLaughlin – Jordan, 1999; Pakes – Griliches, 1984*. Die Darstellung ist nicht zu verwechseln mit einem linearen Innovationsmodell (*Janger et al., 2017d*), sondern erfasst lediglich die für Innovation relevanten Ressourcen, Aktivitäten und Ergebnisse mit dem Ziel, sie für eine Messung transparent zu machen.

niedergeschriebenem (kodifiziertem) Wissen, bestehen oder in stillem Wissen, d.h. Know how, das innerhalb des Unternehmens verbleibt und weiter für die nächste Stufe an Innovationsaktivitäten genutzt werden kann. Der Erfolg dieser ersten Stufe hängt in der Regel von den Forschungs- und Entwicklungskompetenzen der beteiligten MitarbeiterInnen ab. Während sowohl Zahl als auch Qualität von Patenten und Publikationen durch Indikatoren gut erfasst werden können, bleibt das stille Wissen außerhalb vergleichbarer empirischer Daten, obwohl es in letzter Zeit an Bedeutung zunimmt und mutmaßlich die Produktivitätsdivergenz zwischen den global erfolgreichsten und den übrigen Firmen mit verursacht (Andrews – Criscuolo – Gal, 2016).

Durch weitere Innovationsaktivitäten kann das kodifizierte oder stille Wissen in Innovationen („outputs“ im engen Sinn), d.h. signifikant veränderte oder neue Produkte und Produktionsprozesse, umgesetzt werden. Innovationsoutputindikatoren erfassen entweder die Zahl oder die Qualität von Innovationen anhand ihres Neuheitsgrads („radikale“ vs. „inkrementelle“ Innovation). Internationale Vergleiche in der EU beruhen meist auf den entsprechenden Ergebnissen der gemeinschaftlichen Innovationsumfrage (Community Innovation Survey CIS) und sind durch subjektive Einschätzungsunterschiede des Neuheitsgrads von Innovationen zwischen Ländern oft nur bedingt belastbar (für eine Diskussion, siehe Janger et al., 2017d). Am stabilsten sind in der Regel Indikatoren, die einfach den Anteil von Unternehmen messen, die im Befragungszeitraum bestimmte Innovationen eingeführt haben.

Der wirtschaftliche Erfolg der Innovationen für die Unternehmen wird schließlich durch die „Outcomes“ oder Innovationswirkungen abgebildet. Sie werden z.B. durch den Umsatzanteil von Innovationen gemessen, wie in der Gemeinschaftlichen Innovationserhebung, mit den besprochenen Schwierigkeiten. Der Standardansatz besteht aber meist in Indikatoren, die den Anteil der Wertschöpfung, Beschäftigung oder Exporten in wissensintensiven Branchen erheben – typischen „Strukturwandelsindikatoren“ – siehe Kapitel 1, bzw. Janger et al., 2017d. Diese Indikatoren messen nur eine Komponente des wirtschaftlichen Erfolgs, eben Erfolg in wissensintensiven Branchen. Innovation findet jedoch in fast allen Sektoren statt und kann überall zu Wettbewerbsfähigkeit und Umsatzwachstum beitragen. Der wirtschaftliche Erfolg der Innovationen von Amazon (Einzelhandel), Uber (Personentransport) und Airbnb (Tourismus) würde z.B. nicht durch solche Indikatoren gemessen werden.<sup>5</sup> Deshalb sind auch Indikatoren wichtig, die den wirtschaftlichen Erfolg von Innovation in allen Sektoren messen („Upgrading“), z.B. durch Exportqualität oder die Komplexität des Produktportfolios. Hinzu kommt, dass viele weitere Faktoren den wirtschaftlichen Erfolg von Innovationen beeinflussen – neben den Schwierigkeiten, Wissen zu kommerzialisieren etwa wettbewerbsfähige Kosten, die eine Produktion im Inland ermöglichen, die Verfügbarkeit qualifizierter FacharbeiterInnen, Transport- und IKT-Infrastruktur etc. Outcomes hängen damit nicht nur von Inputs und Outputs

---

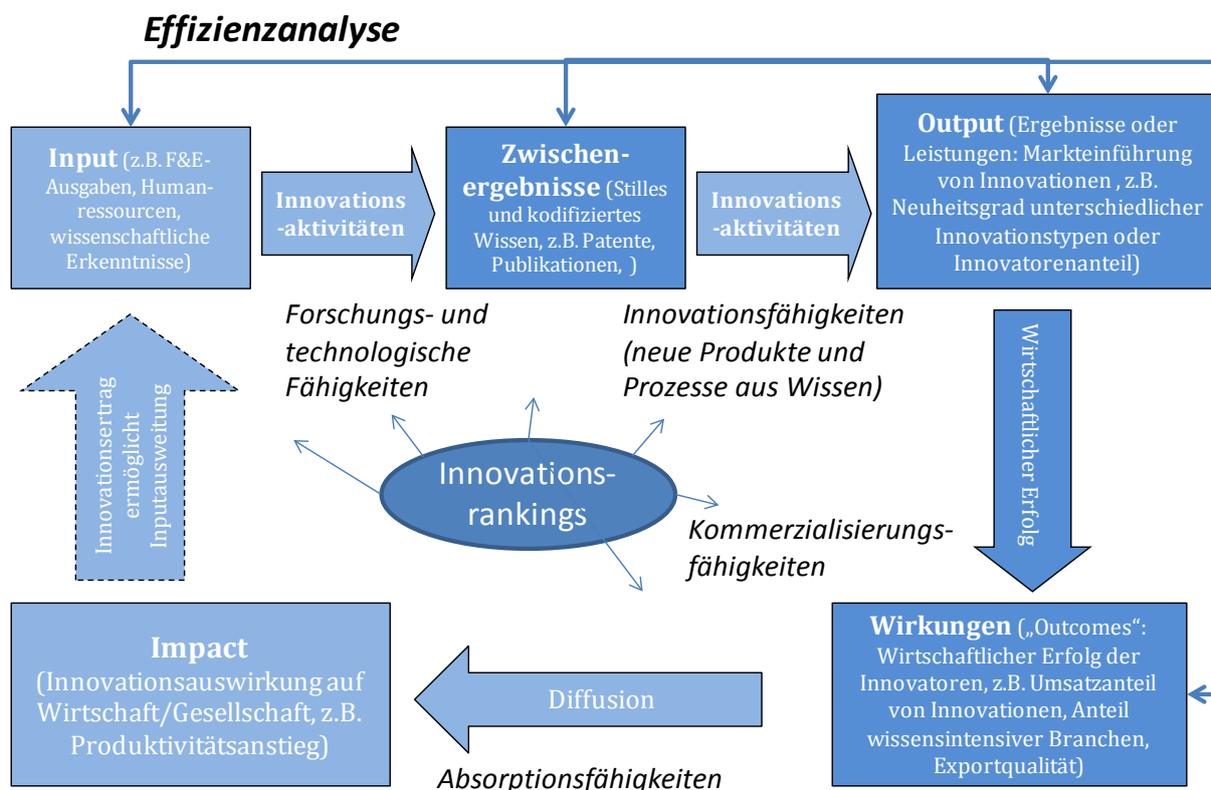
<sup>5</sup> Siehe Janger et al., 2017b, sowie Janger und Schubert, 2017, für eine Diskussion ([http://www.wifo.ac.at/en/publications/further\\_publications\\_of\\_the\\_research\\_staff?detail-view=yes&publikation\\_id=60493](http://www.wifo.ac.at/en/publications/further_publications_of_the_research_staff?detail-view=yes&publikation_id=60493)).

des Innovationssystems ab, sondern auch von allgemeinen Rahmenbedingungen für wirtschaftliche Aktivität. Wie erläutert, werden in der Effizienzdiskussion oft die beiden Begriffe Outputs und Outcomes (Wirkungen) zu „Outputs“ zusammengefasst.

Volkswirtschaftlich relevante Wirkung („impact“) erzielen Innovationen oft erst dann, wenn sie breit in die Volkswirtschaft diffundieren und so Produktivitätsvorteile für andere Unternehmen in der Wirtschaft bringen, also positive Wechselwirkungen, die über In- und Outputs sowie Outcomes hinausgehen (häufig spillovers genannt). Innovationsrankings versuchen in der Regel, Inputs, Zwischenergebnisse, Outputs und Outcomes durch Indikatoren abzudecken, Diffusion und Impact entziehen sich hingegen oft standardisiert erhebbaren Indikatoren und sind nur durch spezifische Analyseansätze greifbar, wie z.B. ökonometrischen Methoden, die die Wirkung von Innovation auf Produktivität unter Berücksichtigung vieler Faktoren erfassen können (siehe z.B. (Crepon – Duguet – Mairesse, 1998).

Abbildung 7 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Kernkomponenten einer Effizienzanalyse. In der Literatur werden auch andere Begriffe für Outputs und Outcomes verwendet, die vorliegende Studie verwendet in der Regel den Begriff „Output“ als Kurzform für Outputs und Outcomes.

Abbildung 7: Komponenten einer Effizienzanalyse anhand eines Input-Output-Rahmens



Q: Janger et al., 2016.

## 2.2 Herausforderungen für belastbare Effizienzanalysen im Innovationsbereich

Klassische Effizienzanalysen setzen die Inputs den diversen Outputformen (Zwischenergebnisse, Outputs und Outcomes) gegenüber.<sup>6</sup> Aus dem Verhältnis kann auf niedrigere oder höhere Effizienz geschlossen werden. Eine Voraussetzung für belastbare Effizienzanalysen ist demnach die Verwendung robuster und international vergleichbarer Input- und Outputindikatoren. Wie ausgeführt, wird es im Übergang von Inputs zu Outcomes zunehmend schwieriger, robuste Daten für international vergleichende Effizienzanalysen zu erhalten. Zusätzlich muss bei Effizienzanalysen berücksichtigt werden, dass das Schema einer Innovationsproduktionsfunktion nicht als „lineares Innovationsmodell“ zu interpretieren ist, in dem Erkenntnisse der Grundlagenforschung in Anwendungen mono-direktional überführt werden. In diesem Schema können Ideen für Innovationen überall entstehen, nicht nur im akademischen Sektor. Wissenschaftliche Erkenntnisse müssen z.B. auch nicht zeitlich unmittelbar nach ihrer Veröffentlichung in Innovationsaktivitäten einfließen. Oft benötigt es Jahre, bis der Nutzen wissenschaftlicher Erkenntnisse für Anwendungen entdeckt wird.

Der Ansatzpunkt für Innovationen muss nicht immer nur in der Schaffung neuen Wissens, sondern kann auch in der Adoption bestehender Technologien verortet sein. Z.B. können Patente anderer Unternehmen oder Forschungsinstitute lizenziert werden und für die Umsetzung eigener Innovationen genutzt werden. Unter dem Stichwort „open innovation“ bzw. wegen der Spezialisierung auf Kernkompetenzen versuchen Unternehmen, mit anderen bei der Ideengenerierung und der Innovationsumsetzung zusammenzuarbeiten (siehe Kapitel 3.1 im Forschungs- und Technologiebericht 2017). Neben Forschungs- und Innovationskooperationen wird in der Praxis auch immer häufiger beobachtet, dass etablierte technologieintensive Unternehmen vielversprechende Start-ups aufkaufen, um deren Innovationen oder Wissen für das eigene Produktportfolio zu nutzen, etwa in der Pharma- oder Computerbranche (siehe *Janger et al., 2017c*, für eine kurze Diskussion).

Damit geht einher, dass Wissensschaffung und Umsetzung des Wissens in Wertschöpfung (durch z.B. Produktion) nicht im gleichen Land verbleiben müssen. Start-ups siedeln sich manchmal aus eigenem Antrieb an anderen Standorten an, um dort von der besseren Finanzierung ihres Wachstums durch Risikokapitalfonds zu profitieren (für eine Diskussion siehe *Janger et al., 2017c*, etwa im Fall von Start-up-Übersiedlungen ins Silicon Valley). Der gleiche Effekt tritt durch das Phänomen international fragmentierter Wertschöpfungsketten ein (*global value chains*), in denen Innovation und Forschung in einem Land, die Fertigung aber in einem anderen Land stattfindet. Dies ist ein wesentlicher Grund für das schlechte Abschneiden Österreichs bei den Output-Indikatoren im EIS – Länder wie Ungarn oder Tschechien weisen statistisch einen hohen Anteil an High-tech-Produktion und –Exporten auf, nachdem multinationale forschungsintensive Unternehmen Teile ihrer Produktion dorthin ausgelagert haben. Multinationale Unternehmen können ihre Standorte optimieren, indem sie z.B. F&E in Ländern ansiedeln, in denen die Förderung von F&E und die Verfügbarkeit

---

<sup>6</sup> Das Verhältnis zwischen Outputs und Outcomes wird hingegen als Effektivität bezeichnet.

hochqualifizierter ForscherInnen attraktiv sind, aber in Ländern mit niedrigeren Lohnkosten produzieren.

Das mögliche geographische Auseinanderklaffen von Innovationsaktivitäten ist deshalb ein Anlass, die Messung der Performance des Innovationssystems in unterschiedliche Bereiche zu trennen, nämlich einerseits Wissensschaffung und andererseits Wertschöpfung aus Innovation (Janger et al., 2017c).

Ein zweiter Punkt ist durch unterschiedliche Produktionslogiken innerhalb unterschiedlicher Bereiche des Innovationssystems gegeben. Die akademische Forschung und unternehmerische F&E folgen unterschiedlichen Produktionslogiken.<sup>7</sup> Die Produktionslogik in der Wissenschaft ist auf möglichst schnelle Veröffentlichung von Erkenntnissen ausgerichtet. Technologisches Wissen wird hingegen im Bestreben geschaffen, daraus möglichst lange Wettbewerbsvorteile gegenüber der Konkurrenz zu erzielen. Erfindungsschutz oder auch Geheimhaltung der Forschungsergebnisse sind damit wesentliche Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit und Technologiediffusion. Wissenschaftliche Forschung ist zudem in der Regel neugier- und verständnisgetrieben, während unternehmerische F&E anwendungsorientiert auf der Suche nach kommerzialisierbaren Problemlösungen und Gewinnmöglichkeiten ist. Damit ergeben sich völlig unterschiedliche Organisationsmodelle wissenschaftlich-akademischer Forschung gegenüber dem Management von Innovationsprozessen in Unternehmen (Aghion – Dewatripont – Stein, 2008). Unterschiedliche Produktionsprozesse in Teilbereichen des Innovationssystems sollten daher auch bei Effizienzanalysen berücksichtigt werden, um relevante In- und Outputs gegenüberzustellen.

#### Struktur der Effizienzanalyse für die Teile des Innovationssystems

Um eine solche Trennung vorzunehmen, wird der Ansatz von Janger et al., 2017b, 2017c, herangezogen, die vorschlagen, Innovationsleistung konsistent in drei Bereichen zu messen (Abbildung 8), nämlich Wissenschaft, Technologie und Innovation. Diese drei Bereiche – also 1) die *wissenschaftliche Frontier*, 2) die *technologische Frontier*, und 3) die *Innovationfrontier* – werden im Folgenden kurz definiert.

1. Die *wissenschaftliche Frontier* entspricht der am höchsten ausgeprägten Fähigkeit von Ländern, zum Wachstum des wissenschaftlichen Wissens beizutragen. Sie wird durch Quantität und Qualität der wissenschaftlichen Publikationen relativ zur Bevölkerungsgröße gemessen.
2. Die *technologische Frontier* bezieht sich auf die Produktion von technologischem Wissen und auf die technischen Eigenschaften von neuen Produkten oder Prozessen. Sie wird durch die Anzahl und Qualität von Patenten gemessen.

---

<sup>7</sup> Für die Bestimmungsfaktoren einer wissenschaftlichen Produktionsfunktion vgl. (Janger – Nowotny, 2016); die Innovationsproduktionsfunktion wird bereits in Kapitel 2.1 beschrieben.

3. Die *Innovationsfrontier* bezeichnet die Fähigkeit, Wissen und Technologie in ökonomische Erfolge umzuwandeln und wird durch zwei Dimensionen gemessen: i) *Strukturwandel*, d.h. die Entwicklung des Anteils der Wertschöpfung wissensintensiver Sektoren an der gesamten volkswirtschaftlichen Leistung und ii) *Upgrading*, d.h. die Bewegung eines Landes auf der Qualitätsleiter einer Branche, oder das erfolgreiche Vordringen in wissensintensivere Bereiche innerhalb einer Branche.

Abbildung 8: Unterschiedliche Leistungsbereiche im FTI-System



Q: Janger et al., 2017b, 2017c.

Dieses Leistungskonzept nimmt besondere Rücksicht auf die spezifische Wirtschaftsstruktur Österreichs, indem zwischen Strukturwandel in Richtung wissensintensive Sektoren und Upgrading in allen Sektoren unterschieden wird. Standardisierte Innovationsleistungsvergleiche wie das European Innovation Scoreboard (EIS) messen Innovationseffekte in der Regel nur anhand der Strukturwandelskomponente, in der Österreich traditionell schlecht abschneidet. Österreich erzielt aber Innovationserfolge in Branchen mit mittlerer bis mittelhoher Wissensintensität, die im EIS unterschätzt werden. Mit dem Ansatz von *Janger et al., 2017b, 2017c*, können zwar einige Probleme bisheriger Effizienzanalysen adressiert werden (siehe Kapitel 2.3), andere Einschränkungen bleiben aber weiterhin bestehen, die zur Vorsicht bei der Interpretation von Effizienzanalysen mahnen: z.B. die mangelnde Erfassbarkeit von stillem Wissen gerade in Branchen, in denen Geheimhaltung eine größere Rolle als geistige Eigentumsrechte als Wettbewerbsschutz spielt; aber auch die mangelnde Erfassung von nicht-F&E-bezogenen Innovationsausgaben und die Schwierigkeiten, den Neuheitsgrad von Innovationen international vergleichend belastbar zu messen.

## 2.3 Ansätze und Ergebnisse in der Innovations-Effizienzliteratur

Zunächst muss betont werden, dass Effizienzmessung und –vergleiche grundsätzlich zu reinen Innovationsleistungsvergleichen unterschiedlich sind: bei Innovationsleistungsvergleichen oder –rankings wie dem EIS geht die Höhe der gemessenen Leistungsniveaus monoton positiv in die Länderbewertung ein – je höher die F&E-Ausgaben, je höher die Zahl der Forscherinnen, je höher die Zahl der Patente – höher heißt immer besser für das Abschneiden eines Landes. Bei Effizienzanalysen werden Inputs jedoch Outputs gegenübergestellt und das heißt, dass höhere Inputs das Abschneiden eines Landes negativ beeinflussen, wenn die Outputs nicht im gleichen Ausmaß steigen. Die Länder, die bei Effizienzanalysen an der Spitze stehen, müssen daher nicht notwendigerweise die bekannten führenden Innovationsländer sein, sondern können auch etwa Länder sein, die mit niedrigen Innovationsinputs im Vergleich dazu hohe Outputs erzielen, wobei das Niveau dieser Outputs aber im internationalen Vergleich niedrig sein kann.

Angesichts der Bedeutung von Innovation für internationale Wettbewerbsfähigkeit und die Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen bei infolge der langen wirtschaftlichen Stagnationsphase seit 2008 knappen öffentlichen Budgets ist international ein steigendes Interesse an internationalen Effizienzvergleichen zu beobachten. Drei methodologische Ansätze wurden dabei etabliert.

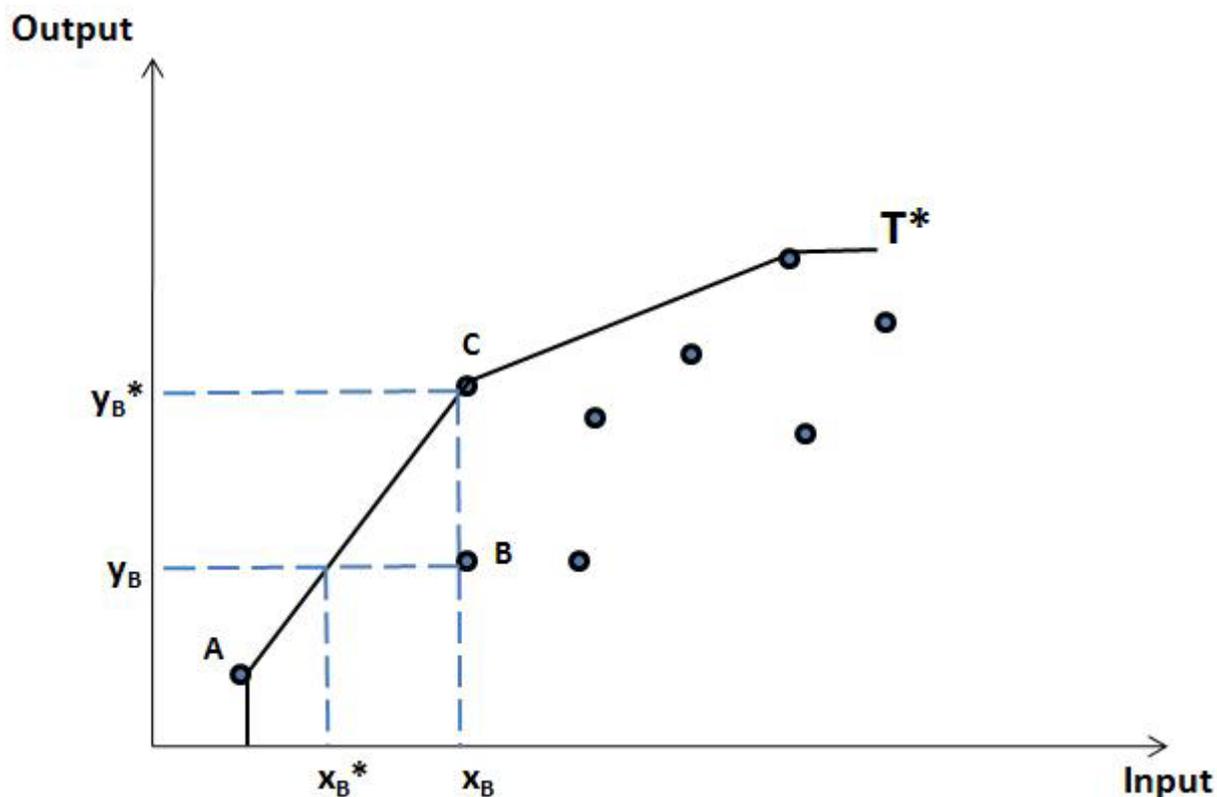
Im ersten wird einfach ein Verhältnis aus Input- und Outputindikatoren gebildet. Dabei kann nur ein Input einem Outputindikator gegenübergestellt werden, es sei denn, mehrere Indikatoren werden zu einem zusammengesetzten Indikator aggregiert (siehe z.B. *Edquist – Zabala-Iturriagagoitia, 2015; Hollanders – Celikel-Esser, 2007*), wobei die Frage nach dem „richtigen“ Gewicht der einzelnen Indikatoren auftritt (wie stark unterschiedliche Inputs auf unterschiedliche Outputs wirken). Eine adäquate Gewichtung setzt eine detaillierte Kenntnis des Produktionsprozesses voraus, die in der Regel nicht vorhanden ist. Daher werden meist die Indikatoren einfach gleich gewichtet. In solchen arithmetischen Indikatoransätzen kann auch nur ein Land oder ein Unternehmen das effizienteste sein, es gibt keine Möglichkeit, durch unterschiedliche Input- und Outputkombinationen vergleichbare Effizienzniveaus zu erreichen.

Ein zweiter Ansatz ist die stochastische Frontieranalyse (SFA), die nur einen Output erlaubt und die Spezifikation einer funktionalen Form für die Gegenüberstellung des Outputs und der Inputs erfordert. Diese Methode ist besser bei Datenunschärfen geeignet. Dieser Ansatz wird jedoch für Messungen der Innovationseffizienz weit seltener eingesetzt als der dritte Ansatz, die Dateneinhüllanalyse DEA (Data Envelopment Analysis, siehe z.B. *Guan – Chen, 2012; Guan – Zuo, 2014; Sharma – Thomas, 2008*, bzw. Übersicht 1). DEA ist eine lineare Programmiermethode, die aus den Inputs und Outputs unterschiedlicher Entscheidungseinheiten (DMUs *decision making units*) – d.h. Firmen, Branchen, Länder etc. - jene Input- und Outputkombinationen herausfiltert, die am effizientesten sind, d.h. entweder am wenigsten Inputs gegeben die Outputs benötigen (Inputorientierung) oder am meisten Outputs gegenüber gegebenen Inputs (Outputorientierung) hervorbringen. Die DEA ermittelt

relative Effizienz. Der Name leitet sich davon ab, dass aus den effizientesten Einheiten ein effizienter Rand – die *efficiency frontier* - gebildet wird (data envelope), der alle anderen Einheiten einschließt (umhüllt). Die Effizienz der übrigen Einheiten folgt aus der Distanz zu dieser *frontier*.<sup>8</sup>

Abbildung 9 illustriert die DEA-Analyse. Die Einheiten A und C liegen auf dem effizienten Rand, der die effizientesten Input-Output-Kombinationen widerspiegelt. Der Rand umhüllt alle anderen Untersuchungseinheiten (hier als Punkte angedeutet), die sich mehr oder weniger weit weg von der Effizienzgrenze befinden. Wenn Einheit B ihre Effizienz auf das Niveau der Einheiten A und C steigern könnte, könnte sie entweder die Inputs um den Betrag  $(X_B - X_B^*)$  reduzieren und trotzdem das Outputniveau  $Y_B$  halten (inputorientierte DEA) oder die Outputs um den Betrag  $(Y_B - Y_B^*)$  steigern, ohne die Inputs zu erhöhen

Abbildung 9: DEA-Effizienzanalyse: Inputreduktion bzw. Outputsteigerung zur Erreichung der Effizienzgrenze



Q: Kügler-Janger, 2015.

<sup>8</sup> Für eine kurze kurze Einführung, siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/Data-Envelope-Analysis>. Kügler – Janger, (2015) beschreiben die DEA methodologisch genauer. Ein umfassendes Lehrbuch inkl. eines R-Softwarepakets bieten (Bogetoft – Otto, 2010).

Gegenüber einem arithmetischen Indikatorenansatz bietet die DEA viele Vorteile (Cincera – Czarnitzki – Thorwarth, 2009; Kotsemir, 2013). Der wohl bedeutendste besteht in der Möglichkeit, Effizienz anhand mehrerer Inputs und Outputs simultan zu ermitteln, ohne eine bestimmte funktionale Form oder Gewichte vorgeben zu müssen. Die DEA kennt keine Gewichtungprobleme, da die Gewichte der In- und Outputs innerhalb des Modells ermittelt werden. Dadurch sind Effizienzrankings auch stabil und nicht anfällig gegenüber Gewichtsveränderungen einzelner Input- oder Outputindikatoren. Gerade für die Analyse von Innovationssystemen ist dies eine attraktive Eigenschaft der DEA, da wie in Kap. 2.1. ausgeführt viele Inputs und Outputs nicht mono-direktional und zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgend zueinander in Beziehung stehen (d.h., sich oftmals nur eingeschränkt durch spezifische Funktionen darstellen lassen). Weitere Vorteile der DEA sind die Möglichkeit, spezifische *peers* für jede DMU zu ermitteln, d.h. effiziente DMUs, von denen das jeweils betrachtete ineffiziente DMU lernen kann. Allgemein werden DEAs für Lern-, Koordinations- und Motivationszwecke eingesetzt, aufgrund der Identifikation von *best practice*. Eine DEA lässt zudem die beteiligten Einheiten stets „im besten Licht“ erscheinen, d.h. dass der Ansatz grundsätzlich konservativ ist.

Nachteile der DEA sind, dass sie im Prinzip Daten voraussetzt, die akkurat und robust, also nicht fehlerbehaftet sind. Die Ergebnisse der DEA liefern zudem keinen direkten Hinweis auf die Ursachen für Ineffizienzen. Dazu müssen die Ergebnisse weiteren Untersuchungen unterzogen werden, wie z.B. ökonomischen Schätzungen der Bestimmungsfaktoren der Effizienzwerte. Eine DEA benötigt zudem eine Annahme bezüglich der Skalenerträge der Produktionstechnologie der untersuchten Einheiten (z.B. in der Form variable vs. konstante, oder abnehmende vs. zunehmende Skalenerträge). Schließlich variieren DEA Ergebnisse stark, wenn die Zahl der DMUs klein relativ zu den betrachteten Input- und Outputdimensionen ist.

Einige auch rezente Studien setzen die DEA für die Analyse von Innovationseffizienz auf Länderebene ein (Übersicht 1). Sie unterscheiden sich dabei im betrachteten Ländersample, in der Auswahl von Input- und Outputindikatoren und in der Breite des Blickwinkels (z.B. nur Forschungseffizienz, d.h. F&E-Ausgaben und –Beschäftigte vs. Publikationen und Patente, vs. Innovationseffizienz, d.h. inkl. von outcome-Indikatoren wie dem Anteil wissensintensiver Exporte) sowie in der Wahl der Produktionstechnologie (Art der Skalenerträge). Im Ländersample dominieren in der Regel OECD-Länder, weil für diese international vergleichbare Innovationsdaten noch am ehesten erhältlich sind. Bei Outputindikatoren dominieren Indikatoren, die die Anzahl messen, aber nicht die Qualität; bei Ansätzen, die nicht nur Forschungs-, sondern auch Innovationseffizienz ermitteln wollen, dominieren Strukturwandelindikatoren als Outcome-Indikatoren, Upgrading findet sich überhaupt nicht.

Wenige Ansätze unterscheiden zwischen Teilbereichen des Innovationssystems, wie z.B. der Wissensproduktion und der Kommerzialisierung des Wissens, wie z.B. bei Guan und Chen (2012). Allerdings sind diese Ansätze teils diskussionswürdig, bei Guan und Chen etwa werden Publikationen als finaler Output des wissensproduzierenden Sektors gesehen, die nicht in Innovationsaktivitäten eingehen, trotz der steigenden Zitation akademischer Literatur in

Unternehmenspatenten. Wissenschaftliche Publikationen können auch als Proxy für andere Kanäle gesehen werden, über die Wissen relevant für Unternehmensinnovationen werden kann, etwa in Form von informellem Consulting oder Forschungsk Kooperationen.

Entsprechend der vielen unterschiedlichen Ansätze zeigen die Ergebnisse große Unterschiede in der berechneten Innovationseffizienz. Welche Länder vorne liegen ändert sich vor allem zwischen engen Ansätzen (Forschungseffizienz – in der Regel gehen wissenschaftliche Publikationen und Patente als Outputs ein) und breiten (Innovationseffizienz – z.B. Anteil wissensintensiver Branchen und/oder Exporte als Outputs). Bei ersteren sind auf Sachgütererzeugung spezialisierte, patentintensive Länder wie Japan, die Schweiz oder Korea häufiger an der Spitze als bei breiteren Ansätzen, die besonders durch die Wahl einseitiger Innovationsoutputindikatoren (nur Strukturwandel, kein Upgrading) verzerrt werden. Bei engen Ansätzen liegen Länder, die ihren Schwerpunkt bei wissensintensiven Dienstleistungen aufweisen (z.B. Niederlande, UK) und weniger patentintensiv sind, schlechter. Österreich befindet sich manchmal auch unter den effizienten Ländern, allerdings eher bei Analysen, die schon länger zurückliegen.

Damit zeigt sich, dass auch eine im Prinzip geeignete Methode Ergebnisse nur relativ zu den verwendeten Daten zeitigt. Ein deutliches Beispiel sind *Guan und Chen, 2012*, die eine komplexe, zweistufige Netzwerk-DEA auf unterschiedliche Teilbereiche anwenden aber als effiziente Länder Griechenland, Irland, Mexiko und Neuseeland identifizieren. Angesichts der sonstigen Evidenz, die es zu Innovationssystemen gibt, etwa den OECD Innovation Reviews, ist dies nicht sehr plausibel. Ein weiteres Problem der Verwendbarkeit von DEA-Ergebnissen liegt in der Zahl der als effizient identifizierten Länder, die manchmal bis zur Hälfte aller untersuchten Einheiten reicht. Dies liegt an zu wenigen Beobachtungen relativ zur Zahl der Input- und Outputdimensionen oder an der Annahme flexibler Skalenerträge, die die Effizienzgrenze weit aufspannen und so die potentiellen Lerneffekte aus einer DEA-Analyse einschränken (siehe Bogetoft und Otto, 2010).

Die große und teils wenig plausible Bandbreite der Ergebnisse bisheriger DEA-Innovationseffizienzanalysen liegt nicht zuletzt an diversen Problemen der verwendeten Ansätze, wie z.B. fehlenden Qualitätsoutputindikatoren, fehlenden Outcome-Indikatoren für die „Upgrading“-Dimension, der Zahl der Beobachtungen und konzeptuell inkonsistenten Effizienzermittlung von Teilbereichen des Innovationssystems. Diese Probleme gilt es bei der Analyse der österreichischen Effizienz in Kapitel 4 zu berücksichtigen. Zunächst werden jedoch deskriptiv einige Input- und Outputindkatoren in Österreich im internationalen Vergleich dargestellt.

Übersicht 1: Ausgewählte Effizienzanalysen auf Länderebene mittels DEA

Artikel	Länderauswahl und Zeitraum	Ansatzbreite (Forschung vs. Innovation)	Effizienteste Länder unter restriktivsten Annahmen
Afzal, 2014	20 OECD- und Schwellenländer, 2010	Innovationseffizienz	9 von 20, darunter China, Japan, Philippinen
Chen, Hang und Yu, 2011	24 OECD- und Schwellenländer, 1998-2005	Forschungseffizienz, Unterteilung Publikationen, Patente, Lizenzeinkommen	Ungarn, Israel, UK, USA
Cincera et al., 2009	45 EU- und OECD- Länder, Mean 1981-1984, 1985-1989, 1990-1994, 1995-1999, 2000-2004	Forschungseffizienz	10 von 45, führende Innovationsländer
Liu, Lu und Ho, 2015	40 OECD- und Schwellenländer, Mean 2005-2009	Innovationseffizienz, mit Unterteilung Wissensproduktion und -kommerzialisierung	16, darunter DE, GR, RO, TR, USA
Guan und Chen, 2012	22 OECD- und Schwellenländer, 1999 vs. 2002/3	Innovationseffizienz, mit Unterteilung Wissensproduktion und -kommerzialisierung	Griechenland, Mexiko, Irland, Neuseeland
Guan und Zuo, 2014	35 OECD- und Schwellenländer, 2007-2011	Innovationseffizienz, mit Unterteilung Wissensproduktion und -kommerzialisierung	Italien, Griechenland, Singapur, Irland
Hollanders und Celikel-Esser, 2007	35 EU- und OECD-Länder, 2003-2006, je nach Verfügbarkeit	Innovationseffizienz	Je nach Modell, Deutschland, Schweiz, Slowakei, Rumänien, Italien, Tschechien
Lee und Park, 2005	27 OECD- und Schwellenländer, Mean 1994-98 (inputs) vs. 1999 (Outputs)	Forschungseffizienz	Österreich, Finnland, Deutschland, Ungarn, Neuseeland, UK
Rousseau und Rousseau, 1997	18 OECD-Länder, 1993	Forschungseffizienz	8 von 18 (Österreich und 7 weitere, darunter CH, DE, UK etc.)
Sharma und Thomas, 2008	22 OECD- und Schwellenländer	Forschungseffizienz	Japan, Slowenien, Südkorea
Wang und Huang, 2007	30 OECD- und Schwellenländer, Inputs 1997-99, Outputs 2000-02	Forschungseffizienz	15 von 30 (keine Ländernennung)

Q: Guan und Chen 2014, Kotsemir 2013, WIFO.

### 3. Entwicklung von In- und Outputs im internationalen Vergleich

In diesem Kapitel wird zunächst die Indikatorenauswahl beschrieben und dann wird ihre Entwicklung im Zeitverlauf dargestellt, und zwar absolut und relativ zu ausgewählten Ländern.

#### 3.1 Indikatorenauswahl

Die Indikatorenauswahl wird von der Konzeptionalisierung der notwendigen Bestandteile einer Effizienzanalyse in Kapitel 2.1 sowie den rezenten WIFO-Arbeiten zur Bestimmung der höchsten Leistungsgrenze von Innovationssystemen (der „Frontier“) bestimmt (siehe *Janger et al., 2017c, 2017b*, bzw. Kapitel 2.2). Dadurch kann insbesondere unter der Vielzahl der bestehenden Innovationsoutputindikatoren<sup>9</sup> eine konzeptionell fundierte Auswahl getroffen werden, die gleichzeitig die Zahl der verfügbaren Länder und die Aktualität der Daten maximiert. Die Aussagekraft der DEA ist eingeschränkt, wenn die Zahl der Input- und Outputdimensionen relativ zur Zahl der untersuchten Einheiten hoch ist. Daher ist es wichtig, wenige relevante Indikatoren auszuwählen, die im Bereich Output sowohl Quantitäts- als auch Qualitätsdimensionen abdecken. Übersicht 2 zeigt die ausgewählten Indikatoren geordnet nach dem jeweiligen Performancebereich des Innovationssystems (Wissenschaft, Technologie, Innovation) sowie nach ihrer Eigenschaft als Input- oder Outputindikator. Als Inputindikatoren werden in der Regel (F&E-)Ausgaben und Humanressourcen herangezogen.

Im Bereich Wissenschaft werden als Inputindikatoren die Zahl der ForscherInnen in Vollzeitäquivalenten (VZÄ) im Hochschul- und staatlichen Forschungssektor sowie die Ausgaben dieser Sektoren (HERD&GOVERD) herangezogen. Als Outputindikatoren fungieren in puncto Quantität die Zahl der zitierfähigen Publikationen, in puncto Qualität eine Aggregation des bibliometrischen Universitätsrankings der Universität Leiden sowie der EIS-Indikator zum Anteil topzitatierter Publikationen an allen Publikationen.<sup>10</sup> Ein Universitätsranking bildet neben reiner Publikationsqualität auch die Ausstrahlung des Forschungsstandorts ab, die für die Attraktion von Talenten relevant ist.

Im Bereich Technologie werden analog als Inputindikatoren die Zahl der ForscherInnen in Vollzeitäquivalenten (VZÄ) im Unternehmenssektor sowie die F&E-Ausgaben dieses Sektors (BERD) herangezogen. Als Outputindikatoren werden für die Quantität die Zahl der Patentanmeldungen nach Wohnsitz des Erfinders beim Europäischen Patentamt (EPA), für die Qualität die Zahl der triadischen Patentanmeldungen gewählt, d.h. Anmeldungen bei allen drei großen Patentämtern (USPTO, JPO und EPA). Letzterer enthält auch eine Qualitätsdimension, wird aber hier für die Qualität herangezogen. Dafür spricht, dass nur

---

<sup>9</sup> Mit „output“ sind immer auch „outcome“-Indikatoren gemeint.

<sup>10</sup> Für die genaue Berechnung der Indikatoren, siehe den letztverfügbaren Leistungsbericht des Rats für Forschungs- und Technologieentwicklung <http://www.rat-fte.at/leistungsberichte/articles/leistungsberichte.html>, oder *Janger et al., 2017a*. Einziger Unterschied ist beim Universitätsranking, dass die Gruppe der Top50 Universitäten doppelt so stark wie die Gruppe der Top50-100 gewichtet wird, aufgrund der Rechtsschiefe der Verteilung häufig zitierter Publikationen (d.h. ein kleiner Anteil an ForscherInnen – der sich auf Topuniversitäten konzentriert – ist für einen großen Teil der meistzitierten Publikationen verantwortlich).

Erfindungen, denen seitens der Anmelder großes kommerzielles Potenzial zugetraut wird, auf allen drei Patentämtern angemeldet werden. Technologische Qualität könnte dabei allerdings zu kurz kommen Patentindikatoren, die die technologische Qualität von Patenten beurteilen können, weisen jedoch eine lange Zeitverzögerung auf, die die Aktualität der Effizienzanalyse beeinträchtigen würde.

Im Bereich Innovation werden als Inputindikatoren die Gesamtzahl der ForscherInnen in VZÄ, die Gesamtausgaben für F&E (GERD) und die Bevölkerung mit abgeschlossener tertiärer Qualifikation in einer breiten Definition, dh. inklusive der BHS in Österreich, ermittelt. Damit können Innovationsinputs aus allen Sektoren kommen und sind nicht nur auf reine F&E beschränkt. Zusätzlich wird auch der CIS-Indikator zu Innovationsausgaben außerhalb von F&E ausgewiesen, allerdings gilt dieser Indikator als eingeschränkt belastbar. Als Innovationsoutputindikatoren wird ein reiner Outputindikator in Form des Innovatorenanteils unter KMU herangezogen, als Outcomeindikatoren werden Strukturwandels- und Upgradingindikatoren verwendet. Im Bereich Strukturwandel sind dies der Anteil der innovationsintensiven Branchen an der Wertschöpfung eines Landes (siehe *Peneder, 2010*), der Anteil der Beschäftigung in schnell wachsenden Unternehmen in innovationsintensiven Branchen (ein EIS-Indikator) sowie die Wissensintensität des Exports (in Form des Anteils von Exporten mit mittelhoher bis hoher Technologieintensität an allen Exporten). Als Indikatoren für Upgrading fungieren die Exportqualität, d.h. der Anteil hochpreisiger Exporte innerhalb aller Exporte einer Branche, der (wenig robuste) Umsatzanteil durch Innovationen sowie ein Exportkomplexitätsindikator, der jedoch als Mischung aus Strukturwandel und Upgrading zu sehen ist (siehe *Janger et al., 2017b, 2017c*).

Zusätzlich werden zwei partielle F&E-Produktivitätsindikatoren gebildet: einerseits Zahl der Publikationen relativ zu den Ausgaben im Hochschul- und staatlichen Forschungssektor und Zahl der Patente relativ zu den Ausgaben des Unternehmenssektors. Diese Indikatoren dienen nicht der relativen Effizienzeinstufung der Innovationsteilbereiche der unterschiedlichen Länder, sondern helfen, die Wahl der Skalenertragsannahme für die DEA in Kapitel 4 zu begründen. Einschränkend ist neben den in Kapitel 2.1 diskutierten Problemen in der Innovationsmessung zu erwähnen, dass die Bereiche Wissenschaft und Technologie nicht trennscharf Hochschulen und Forschungsinstituten bzw. Unternehmen entsprechen: so wie Hochschulen patentieren (*Janger et al., 2017a*), publizieren auch Unternehmen. Der jeweilige Anteil an den Gesamtpatenten bzw. -publikationen ist jedoch gering.

## Übersicht 2: Übersicht über die in der Analyse verwendeten Indikatoren

Bereichsbezeichnung	Langbezeichnung	Kurzbezeichnung	Zeitraum	Ländersample	Quelle
Wissenschaft - Input	Forscherinnen in VZÄ im Hochschul- und im Sektor Staat, pro 1.000 der Bevölkerung	Zahl der Forscherinnen (HERD&GOV) pro Bevölkerung	2002-2015	EU28, CH, JP, KR, US	OECD, Eurostat, WIFO-Berechnungen.
Wissenschaft - Input	F&E-Ausgaben im Sektor Staat und Hochschulen, in US Dollar und Kaufkraftparitäten	F&E Ausgaben (HERD&GOVERO) pro Bevölkerung	2002-2016	EU28, CH, JP, KR, US	OECD, Eurostat, WIFO-Berechnungen.
Wissenschaft - Output	Aggregation des Universitätsrankings Leiden, relativ zur Bevölkerung	Hochschulranking pro Bevölkerung	2009-2015	AT, BE, CH, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IT, JP, KR, LT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, US	CWTS Leiden
Wissenschaft - Output	Zahl der zitierten Publikationen, pro 1.000 der Bevölkerung	Zahl der Publikationen pro Bevölkerung	2005-2016	EU28, CH, JP, KR, US	Scimago, Wellbank, WIFO-Berechnungen
Wissenschaft - Output	Anzahl der Publikationen unter den meistzitierten 10 % weltweit	Qualität der Publikationen	2008-2015	EU28, CH, JP, KR, US	European Innovation Scoreboard
Technologie - Input	F&E-Ausgaben im Sektor Unternehmen, in US Dollar und Kaufkraftparitäten, in % des BIP	F&E Ausgaben (BERD) in % des BIP	2008-2015	EU28, CH, JP, KR, US	OECD, Eurostat, WIFO-Berechnungen.
Technologie - Input	Forscherinnen in VZÄ im Unternehmenssektor, pro 1.000 der Bevölkerung	Zahl der der Unternehmensforscherinnen pro Bevölkerung	2002-2016	EU28, CH, JP, KR, US	OECD, Eurostat, WIFO-Berechnungen.
Technologie - Output	Patentanmeldungen am EPA, nach Wohnsitz des Erfinders, pro 1.000 der Bevölkerung	Patentanmeldungen (EPA) pro Bevölkerung	2000-2014	EU28, CH, JP, KR, US	PAISTAT, Herbst 2017, Wellbank, WIFO-Berechnungen.
Technologie - Output	Patentanmeldungen an EPA, JPO und USPTO nach Wohnsitz des Erfinders, pro 1.000 der Bevölkerung	Traditionelle Patentanmeldungen pro Bevölkerung	2000-2014	EU27 (ohne GR), CH, JP, KR, US	PAISTAT, Herbst 2017, Wellbank, WIFO-Berechnungen.
Innovation - Input	F&E-Ausgaben in allen Sektoren, in US Dollar und Kaufkraftparitäten	F&E Ausgaben (GERD) pro Bevölkerung	2000-2016	EU28, CH, JP, KR, US	OECD, Eurostat, WIFO-Berechnungen.
Innovation - Input	Innovationsausgaben in % des Umsatzes, ohne F&E-Ausgaben	Innovationsausgaben (ohne F&E)	2008-2015	EU28, CH, JP, KR, US	European Innovation Scoreboard
Innovation - Input	Forscherinnen in VZÄ in allen Sektoren, pro 1.000 der Bevölkerung	Zahl der Forscherinnen pro Bevölkerung	2002-2016	EU28, CH, JP, KR, US	OECD, Eurostat, WIFO-Berechnungen.
Innovation - Input	Anteil der 25- bis 34-jährigen Hochschulabsolventen in % an der Alterskohorte 25-34 der Bevölkerung	Teritärer Abschluss (25-34.)	2004-2016	EU28, CH, JP, KR, US	OECD
Innovation - Output	Anteil der innovierenden KMU an der KMU Grundgesamtheit im CIS	KMU mit Innovationen	2008-2015	EU28, CH, JP, KR, US	European Innovation Scoreboard
Innovation - Output	Anteil innovationsintensiver Sektoren an der Wertschöpfung, in %	Innovationsintensive Branchen	2005-2015	EU28, CH, KR, US	OECD, Eurostat, WIFO-Berechnungen.
Innovation - Output	Beschäftigung in schnell wachsenden Unternehmen in innovationsintensiven Sektoren	Beschäftigung in Gazellen	2008-2015	EU27 (ohne GR), CH	European Innovation Scoreboard
Innovation - Output	Anteil von Innovationen am Umsatz	Umsatzanteil Innovationen	2008-2015	EU28, CH	European Innovation Scoreboard
Innovation - Output	Anteil der Exporte im Hochpreissegment an allen Exporten	Exportqualität	2000-2015	EU27 (ohne LU), CH, JP, KR, US	BACI, WIFO-Berechnungen.
Innovation - Output	Komplexitätsscore der exportierten Produkte	Exportkomplexität	2000-2015	EU27 (ohne LU), CH, JP, KR, US	BACI, WIFO-Berechnungen.
Innovation - Output	Anteil von Exporten mit mittlerer bis hoher Technologieintensität am Gesamtexport	Wissensintensität Export	2005-2016	EU28, CH, JP, KR, US	Comtrade, WIFO-Berechnungen (analog zu EIS European Innovation Scoreboard)
F&E-Produktivitätsindikator	Zahl der Publikationen relativ zu den F&E-Ausgaben im Hochsektor und im Sektor Staat	Publikationen vs. HERD&GOVERD	2005-2016	EU28, CH, JP, KR, US	Scimago, OECD, Eurostat, WIFO-Berechnungen.
F&E-Produktivitätsindikator	Zahl der Patentanmeldungen (EPA) relativ zu den F&E-Ausgaben im Unternehmenssektor	Patente vs. BERD	2002-2014	EU28, CH, JP, KR, US	PAISTAT, Herbst 2017, OECD, WIFO-Berechnungen.

Q: WIFO.

### 3.2 Entwicklung der ausgewählten Indikatoren im zeitlichen Verlauf

Die in Übersicht 2 dargestellten Indikatoren werden zunächst in der zeitlichen Entwicklung für Österreich und die vier Gruppen des EIS dargestellt, anschließend im relativen Vergleich Österreich vs. führende Innovationsländer und vs. EU. Ausgewählte Grafiken veranschaulichen zum Abschluss die Entwicklung der Indikatoren.

Im zeitlichen Verlauf (Übersicht 3) werden für jeden Indikator jeweils das Ausgangsjahr, das letztverfügbare Jahr sowie das mittlere jährliche Wachstum zwischen diesen Werten dargestellt, für Österreich, den Mittelwert der vier Gruppen des European Innovation Scoreboard sowie das Land mit dem höchsten und dem niedrigsten Wachstum. Die Werte sind nicht größenskaliert sondern entsprechen den jeweiligen Absolutwerten, wie sie später auch in die DEA eingehen werden. Diese Übersicht veranschaulicht, wie stark Inputs und Outputs im Zeitvergleich und im internationalen Vergleich gestiegen sind.

Österreich erzielt bei allen F&E-Ausgaben-Indikatoren und bei der Zahl der ForscherInnen eine höhere Dynamik als im Durchschnitt der diversen EIS-Gruppen (wobei sich innerhalb dieser Gruppen Länder mit höherem Wachstum befinden). Die nicht-F&E-Innovationsausgaben liegen nur relativ zum Unternehmensumsatz vor, ihr Wachstum kann daher auch das Umsatzwachstum reflektieren. Österreich wächst in diesem Vergleich langsamer als die führenden Länder, aber schneller als die restlichen Gruppen. Beim Zuwachs der tertiär Qualifizierten liegt Österreich unter dem Niveau aller Gruppen, damit zeigt dieser Inputindikator die geringste relative Wachstumsdynamik.

Im Bereich der Outputindikatoren Wissenschaft fällt die Bilanz der relativen Wachstumsdynamik weniger eindeutig aus als im Inputbereich. Im Hochschulranking ist in Österreich eine Dynamik unter jener der führenden und der strong Innovators zu beobachten; beim Anteil der meistzitierten Publikationen wächst Österreich etwas stärker als die führenden Länder, aber schwächer als in den übrigen Gruppen. Beim Wachstum der Zahl der Publikationen liegt Österreich schließlich über dem Wachstum aller anderen Gruppen. Die Outputindikatoren Technologien zeigen im Gegensatz dazu ein eindeutiges Bild, mit einem höheren Wachstum Österreichs als in allen EIS-Gruppen (bzw. einem weniger negativen Wachstum).

Im Bereich Innovation sind die Outputindikatoren vielfältiger. Österreichs Wachstumsperformance ist teils schlechter (KMU Innovatorenanteil, Innovationsintensive Branchen, Umsatzanteil Innovationen) und teils besser (Beschäftigung in Gazellen, Exportqualität, Exportkomplexität, Wissensintensität Export) als jene der führenden Innovationsländer, wobei viele Länder sogar eine negative Wachstumsdynamik aufweisen und die Unterschiede teils gering sind. Dies lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass bei Innovationsoutcomeindikatoren (also bei Indikatoren zum Anteil von wissensintensiven Branchen oder Exporten, im Gegensatz zu den reinen Outputindikatoren Publikationen oder Patente) de facto relative Wettbewerbsfähigkeit und Aufholprozesse von Schwellenländern

ins Spiel kommen. Ein großer Anteil der Anstrengungen führt in der Regel nur dazu, die erreichte Wettbewerbsfähigkeit zu halten, anstatt sie auszubauen, nachdem auch Unternehmen in allen anderen Ländern versuchen, ihre Wettbewerbsfähigkeit durch Innovation zu verbessern. Die Länder im Aufholprozess (*moderate* und *modest Innovators*) zeigen bei vielen Innovationsoutcome-Indikatoren hingegen eine stärkere Wachstumsdynamik. Es fällt ihnen leichter, durch Absorption bestehenden Wissens und bestehender Technologien zu den Innovation Leaders aufzuholen, während es an der Frontier schwieriger wird, neue Produkte und Prozesse durch eigene Anstrengungen ins Leben zu rufen.

Rückgängige Werte zeigen sich generell beim partiellen F&E-Produktivitätsindikator Patente relativ zu Unternehmensausgaben. Dies deutet auf fallende Skalenerträge hin, ein Umstand, der wichtig für die Spezifikation in DEA-Analysen ist. Beim F&E-Produktivitätsindikator Publikationen zu Hochschulausgaben sinken die Werte nicht, dafür werden in den führenden Ländern wesentlich weniger Publikationen relativ zu den eingesetzten Mitteln als in den Ländern im Aufholprozess produziert. Dieses Bild passt zu rezenter empirischer Evidenz, wonach es immer aufwändiger wird, neue Ideen bzw. Erfindungen zu generieren (*Bloom et al., 2017a, 2017b; Jones, 2009*). So werden heute 18mal mehr ForscherInnen als 1970 eingesetzt, um Moore's Gesetz einer Verdopplung der Chipdichte alle zwei Jahre gültig zu halten.<sup>1</sup>

Abbildung 10 veranschaulicht das Wachstum der Indikatoren in Österreich sowie im Durchschnitt der führenden Innovationsländer. Sie hebt die insgesamt stärkere Wachstumsdynamik bei Inputs, insbesondere bei F&E-Ausgaben, gegenüber Outputs hervor, die im Innovationsbereich teils sogar rückläufig sind; eine Ausnahme bildet das Wachstum der Publikationen. Dabei ist zu beachten, dass die F&E-Ausgaben nicht inflationsbereinigt sind. Die durchschnittliche jährliche Konsumentenpreissteigerung in den Jahren 2002-2015 betrug in Österreich aber nur 1,9%. Selbst bei Abzug noch höherer Werte im Fall F&E-spezifischer überdurchschnittlicher Kostensteigerungen würde das Bild von stärker steigender F&E-Ausgaben im Verhältnis zu den Outputs daher halten (d.h. es ist unwahrscheinlich, dass spezifisch preisbereinigte F&E-Ausgaben schwächer steigen würden als die Outputs). Weiters wird deutlich, dass das Outputwachstum im Bereich Wissenschaft und Technologie v.a. die Quantitätsindikatoren betrifft, während die Qualitätsindikatoren kaum Wachstum bzw. sogar Abnahmen / Rückgänge zeigen.

---

<sup>1</sup> Die F&E-Ausgaben sind nicht inflationsbereinigt, aber die Patentzahlen pro F&E-Ausgaben gehen um ca. 4-5% jährlich zurück, eine Inflationsbereinigung um ca. 1-2 Prozentpunkte je nach Land würde daran wenig ändern.

Übersicht 3: Innovationsindikatoren im zeitlichen Ablauf (Absolutwert Erstjahr und Letztjahr, Wachstum in % p.a.): Österreich im internationalen Vergleich

Frontierbereich	Input/Output	Indikator	Land	Erstjahr	Letztjahr	Wachstum in %	
F&E Produktivitätsindikator		Publikationen v.s. HERD&GOVERD	Österreich	6.48	6.70	0.30	
			Innovation leaders	7.83	8.13	0.35	
			Strong Innovators	7.75	10.56	2.85	
			Moderate Innovators	10.41	21.11	6.64	
			Modest Innovators	26.65	34.50	2.37	
		Patente v.s. BERD	Österreich	0.37	0.18	-5.88	
			Innovation leaders	0.46	0.23	-4.74	
			Strong Innovators	0.28	0.15	-4.47	
			Moderate Innovators	0.30	0.14	-5.27	
			Modest Innovators	0.51	0.18	-11.07	
Wissenschaft	Input	Zahl der ForscherInnen (HEI&GOV)	Österreich	7975.30	15094.50	5.03	
			Innovation leaders	322147.00	418489.31	1.76	
			Strong Innovators	437390.50	585345.69	1.96	
			Moderate Innovators	646838.13	902694.44	2.10	
			Modest Innovators	662927.13	925686.44	2.11	
		F&E Ausgaben (HERD&GOVERD)	Österreich	1703.20	3229.99	4.68	
			Innovation leaders	32933.77	60609.18	3.89	
			Strong Innovators	48681.20	88958.40	3.84	
			Moderate Innovators	64980.84	110598.40	3.38	
			Modest Innovators	65071.87	111087.73	3.40	
		Output	Hochschulranking	Österreich	31.16	31.27	0.06
				Innovation leaders	27.82	28.26	0.26
	Strong Innovators			17.98	21.22	2.80	
	Moderate Innovators			1.25	0.83	-6.59	
	Modest Innovators			0.00	0.00	0.00	
	Zahl der Publikationen		Österreich	13255.00	21634.00	4.55	
			Innovation leaders	305142.00	435266.00	3.28	
			Strong Innovators	424939.00	608104.00	3.31	
			Moderate Innovators	597550.00	913142.00	3.93	
			Modest Innovators	604821.00	929619.00	3.99	
	Qualität der Publikationen		Österreich	11.10	11.70	0.75	
			Innovation leaders	12.15	12.70	0.64	
		Strong Innovators	10.31	11.32	1.35		
		Moderate Innovators	6.82	7.28	0.94		
Modest Innovators		4.19	4.58	1.27			

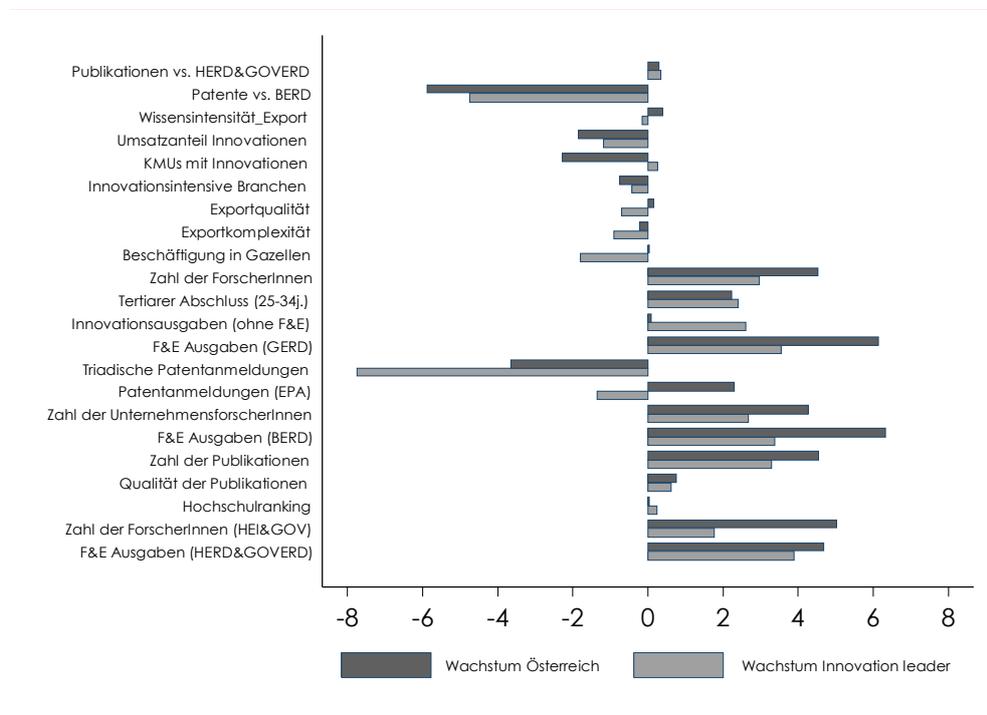
Frontierbereich	Input/Output	Indikator	Land	Erstjahr	Letztjahr	Wachstum in %
Technologie	Input	F&E Ausgaben (BERD)	Österreich	3479.54	8212.08	6.33
			Innovation leaders	72764.23	124152.66	3.40
			Strong Innovators	102529.48	183109.05	3.69
			Moderate Innovators	118113.74	212602.00	3.74
			Modest Innovators	118333.61	213368.08	5.51
		Zahl der der UnternehmensforscherInnen	Österreich	16001.20	28750.00	4.27
			Innovation leaders	319811.41	489249.00	2.69
			Strong Innovators	441918.97	728569.75	3.17
			Moderate Innovators	519088.47	915713.38	3.61
			Modest Innovators	532917.44	926668.38	3.52
	Output	Patentanmeldungen (EPA)	Österreich	1186.62	1634.71	2.31
			Innovation leaders	36410.18	30071.12	-1.36
			Strong Innovators	46560.29	40978.51	-0.91
			Moderate Innovators	51747.09	47166.98	-0.66
			Modest Innovators	51761.38	47268.95	-0.65
		Triadische Patentanmeldungen	Österreich	314.56	186.98	-3.65
			Innovation leaders	12615.53	4078.85	-7.75
			Strong Innovators	16226.27	5536.42	-7.39
			Moderate Innovators	17289.04	6077.82	-7.20
			Modest Innovators	17290.95	6087.80	-7.19

Frontierbereich	Input/Output	Indikator	Land	Erstjahr	Letzjahr	Wachstum in %
Innovation	Input	F&E Ausgaben (GERD)	Österreich	4435.92	11498.29	6.13
			Innovation leaders	106165.92	185753.47	3.56
			Strong Innovators	151474.38	274126.41	3.78
			Moderate Innovators	183684.72	326097.00	3.65
			Modest Innovators	184229.14	327355.56	3.66
		Innovationsausgaben (ohne F&E)	Österreich	0.47	0.47	0.10
			Innovation leaders	0.53	0.64	2.61
			Strong Innovators	0.74	0.49	-5.70
			Moderate Innovators	1.16	0.79	-5.33
			Modest Innovators	0.94	0.49	-8.94
		Zahl der ForscherInnen	Österreich	24124.10	44933.00	4.54
			Innovation leaders	577074.31	923704.00	2.98
			Strong Innovators	818305.63	1336939.50	3.12
			Moderate Innovators	1108986.00	1844096.75	3.23
			Modest Innovators	1138941.00	1878132.75	3.18
		Tertiärer Abschluss (25-34j.)	Österreich	30.47	39.67	2.22
			Innovation leaders	29.89	43.66	2.40
			Strong Innovators	28.31	45.70	3.04
			Moderate Innovators	22.16	38.84	3.57
			Modest Innovators	23.20	28.80	3.14
	Output	KMUs mit Innovationen	Österreich	47.84	40.71	-2.28
			Innovation leaders	38.65	39.37	0.27
			Strong Innovators	40.81	39.30	-0.54
			Moderate Innovators	28.66	25.13	-1.86
			Modest Innovators	18.57	9.48	-9.16
		Innovationsintensive Branchen	Österreich	0.35	0.32	-0.76
			Innovation leaders	0.34	0.33	-0.43
			Strong Innovators	0.39	0.35	-0.95
			Moderate Innovators	0.28	0.28	-0.13
			Modest Innovators	0.32	0.31	-0.35
		Beschäftigung in Gazellen	Österreich	2.89	2.90	0.05
			Innovation leaders	5.69	5.01	-1.80
			Strong Innovators	3.82	4.26	1.58
			Moderate Innovators	4.48	4.47	-0.01
			Modest Innovators	4.11	4.47	1.21
		Umsatzanteil Innovationen	Österreich	13.64	11.98	-1.84
			Innovation leaders	12.33	11.35	-1.18
			Strong Innovators	12.42	11.94	-0.56
			Moderate Innovators	14.07	9.68	-5.20
			Modest Innovators	14.42	5.65	-12.52
	Exportqualität	Österreich	0.28	0.29	0.16	
		Innovation leaders	0.33	0.29	-0.70	
		Strong Innovators	0.27	0.29	0.38	
		Moderate Innovators	0.17	0.20	0.95	
		Modest Innovators	0.08	0.16	4.84	
	Exportkomplexität	Österreich	1.69	1.63	-0.22	
		Innovation leaders	1.89	1.65	-0.90	
		Strong Innovators	1.56	1.50	-0.24	
Moderate Innovators		0.59	0.88	2.75		
Modest Innovators		0.21	0.54	6.59		
Wissensintensität_Export	Österreich	55.33	57.79	0.40		
	Innovation leaders	54.86	53.90	-0.16		
	Strong Innovators	54.61	54.32	-0.05		
	Moderate Innovators	47.12	49.73	0.49		
	Modest Innovators	27.96	43.70	4.14		

Q: Eurostat, European Innovation Scoreboard, OECD, Patstat, Weltbank, Scimago, CWTS Leiden, WIFO-Berechnungen.

Note: Gruppen nach European Innovation Scoreboard: Innovation leaders: SE, DE, DK, FI, UK, NL; Strong Innovators: AT, LU, BE, IE, FR, SI; Moderate Innovators: CZ, PT, EE, LT, ES, MT, IT, CY, SK, GR, HU, LV, PL, HR; Modest Innovators: RO, BG

Abbildung 10: Änderung von Innovationsindikatoren in Österreich im Vergleich mit den führenden Innovationsländern



Q: Eurostat, European Innovation Scoreboard, OECD, Patstat, Weltbank ,Scimago, CWTS Leiden, WIFO-Berechnungen.

Die nachfolgende Übersicht 4 zeigt für jeden Indikator größenskaliert (z.B. relativ zur Bevölkerung) den letztverfügbaren Wert Österreichs, den Mittelwert der führenden EU-Innovationsländer sowie den EU27-Mittelwert, anschließend das Wachstum für alle drei Einheiten und schließlich den Wert Österreichs relativ zu den Innovation Leadern und relativ zur EU27 (d.h., Werte unter 100 bedeuten, dass sich Österreich unter dem Niveau der Vergleichseinheit befindet). Diese Übersicht zeigt, welche Indikatoren Österreich in der DEA eine höhere oder niedrigere Effizienz verschaffen (niedrige Inputindikatoren und hohe Outputindikatoren wirken sich positiv auf die Effizienz aus).

Im Bereich Wissenschaft liegt Österreich bei der Zahl der ForscherInnen deutlich unter dem Niveau der Innovation Leader und knapp unter dem Niveau der EU27; bei den Ausgaben liegt es knapp unter dem Niveau der Innovation Leader und deutlich über dem Niveau der EU27. Bei den Outputs bestätigt sich das von Rankings bekannte Bild eines Niveaus über der EU, jedoch unter den Innovation Leadern, mit Ausnahme des Universitätsrankings.

Im Bereich Technologie liegt Österreich bei den Unternehmensausgaben für F&E deutlich über dem Niveau der Innovation Leader und noch deutlicher über dem Niveau der EU27; bei der Zahl der ForscherInnen liegt Österreich knapp unter dem Niveau der Innovation Leader, aber deutlich über dem EU27 Durchschnitt. Bei Outputs liegt Österreich deutlich über dem

EU27-Mittelwert, bei EPA-Patentanmeldungen auch leicht über den Innovation Leaders, bei triadischen Patenten hingegen darunter.

Im Bereich Innovation liegen alle Inputindikatoren mit Ausnahme der F&E-Ausgaben unter dem Niveau der Innovation Leader, teils auch unter dem Niveau der EU27. Bei den Outputindikatoren ist ein Niveau knapp über (3 Indikatoren) oder unter (4 Indikatoren) den Innovation Leaders zu verzeichnen, mit Ausnahme der Beschäftigung in Gazellen, wo Österreich stark unterdurchschnittliche Werte selbst gegenüber der EU27 aufweist. Ansonsten liegt Österreich bei allen Outputindikatoren teils deutlich über dem EU27 Durchschnitt.

Bezüglich der beiden partiellen F&E-Produktivitätsindikatoren Publikationen und Patente relativ zu den F&E-Ausgaben zeigt sich eine deutliche schlechtere Relation als bei den Innovation Leaders (d.h., pro Euro F&E-Ausgaben gibt es in Österreich weniger Patente und Publikationen). Wie erläutert, können solche partiellen Indikatoren aber keine gesamtheitliche Effizienzbewertung durch eine DEA ersetzen.

#### Übersicht 4: Österreichs Innovationsleistung im internationalen Vergleich

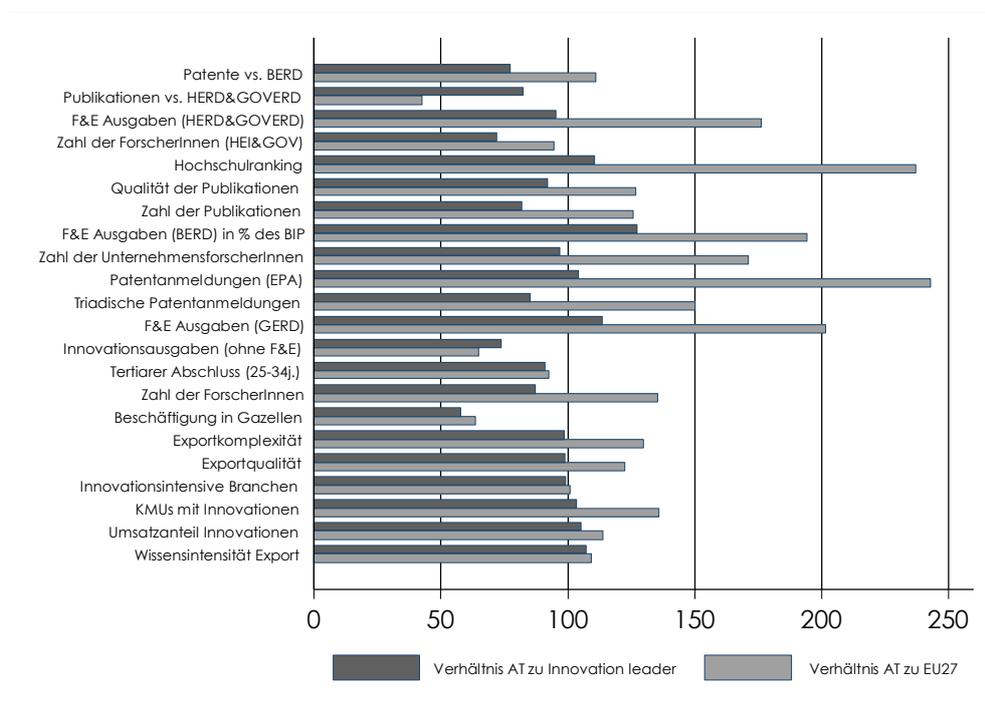
Bereichsbezeichnung	Indikator	Wert AT	Mittelwert Innoleader	Mittelwert EU27	Wachstum_AT	Wachstum_IL	AT_IL	AT_EU27
Wissenschaft - Input	Zahl der ForscherInnen (HEI&GOV) pro Bev ölkerung	1.75	2.42	1.85	4.50	1.40	72.22	94.44
Wissenschaft - Input	F&E Ausgaben (HERD&GOVERD) pro Bev ölkerung	0.37	0.39	0.21	4.09	3.64	95.46	176.10
Wissenschaft - Output	Hochschulranking pro Bev ölkerung	31.27	28.26	13.20	0.06	-0.42	110.65	237.01
Wissenschaft - Output	Zahl der Publikationen pro Bev ölkerung	2.47	3.02	1.96	3.97	3.40	81.94	126.08
Wissenschaft - Output	Qualität der Publikationen	11.70	12.70	9.21	0.75	0.63	92.13	127.10
Technologie - Input	F&E Ausgaben (BERD) in % des BIP	2.18	1.71	1.12	2.86	-0.76	127.36	194.31
Technologie - Input	Zahl der der UnternehmensforscherInnen pro Bev ölkerung	3.29	3.39	1.92	3.69	2.75	96.87	171.27
Technologie - Output	Patentanmeldungen (EPA) pro Bev ölkerung	0.19	0.18	0.08	1.85	-1.41	104.51	242.99
Technologie - Output	Triadische Patentanmeldungen pro Bev ölkerung	0.02	0.03	0.01	-4.09	-7.20	85.17	150.31
Innovation - Input	F&E Ausgaben (GERD) pro Bev ölkerung	1.31	1.15	0.65	5.55	3.05	113.84	201.65
Innovation - Input	Innov ationsausgaben (ohne F&E)	0.47	0.64	0.73	0.10	0.35	74.10	65.11
Innovation - Input	Zahl der ForscherInnen pro Bev ölkerung	5.14	5.88	3.79	3.95	2.48	87.43	135.65
Innovation - Input	Tertiärer Abschluss (25-34j.)	39.67	43.66	42.79	2.22	2.41	90.86	92.72
Innovation - Output	KMUs mit Innovationen	40.71	39.37	29.88	-2.28	0.60	103.41	136.24
Innovation - Output	Innov ationsintensive Branchen	0.32	0.33	0.32	-0.76	-0.30	99.43	100.79
Innovation - Output	Beschäftigung in Gazellen	2.90	5.01	4.56	0.05	-1.97	57.86	63.62
Innovation - Output	Umsatzanteil Innovationen	11.98	11.35	10.51	-1.84	-1.42	105.56	113.98
Innovation - Output	Exportqualität	0.29	0.29	0.24	0.16	-0.75	99.17	122.43
Innovation - Output	Exportkomplexität	1.63	1.65	1.26	-0.22	-0.91	98.90	129.96
Innovation - Output	Wissensintensität_Export	57.79	53.90	52.90	0.40	-0.15	107.21	109.23
F&E Produktivitätsindikator	Publikationen v.s. HERD&GOVERD	6.70	8.13	15.79	0.30	0.19	82.37	42.42
F&E Produktivitätsindikator	Patente v.s. BERD	0.18	0.23	0.16	-5.88	-4.56	77.53	111.36

Q: Eurostat, European Innovation Scoreboard, OECD, Patstat, Weltbank, Scimago, CWTS Leiden, WIFO-Berechnungen.

Abbildung 11 veranschaulicht das Niveau Österreichs in den unterschiedlichen Indikatoren relativ zu den führenden Innovationsländern und relativ zur EU27. Sie hebt den in der Regel großen Abstand zum EU-Mittelwert hervor, während sich Österreich in Bezug auf die meisten Indikatoren näher bei den Innovation Leader-Ländern befindet. Die höchsten Werte gegenüber den Innovation Leader-Ländern erzielt Österreich bei den gesamten F&E-Ausgaben, den F&E-Ausgaben der Unternehmen und dem Anteil von Exporten mittelhoher bis hoher Technologieintensität am Gesamtexport (Wissensintensität Export); die niedrigsten

Werte bei der Beschäftigung in schnell wachsenden Unternehmen in innovationsintensiven Branchen, bei der Zahl der ForscherInnen in Hochschulen und im staatlichen Sektor und beim Anteil der tertiär qualifizierten Bevölkerung im Alter von 25-34 Jahren. Österreich erzielt in allen drei Inputbereichen höhere Werte bei monetären Inputs als bei Humanressourcen (ForscherInnen, tertiär Qualifizierte); für die DEA-Analyse ist dies wichtig, denn es bedeutet, dass hohe monetäre Inputs teils durch niedrige Personeninputs kompensiert werden. Upgrading-Indikatoren (Exportkomplexität, Exportqualität, Umsatzanteil mit Innovationen) erzielen höhere Werte als die Strukturwandels-Indikatoren (Anteil innovationsintensiver Branchen, Beschäftigung in Gazellen), mit Ausnahme des Exportanteils von Hochtechnologie-Produkten (Wissensintensität Export).

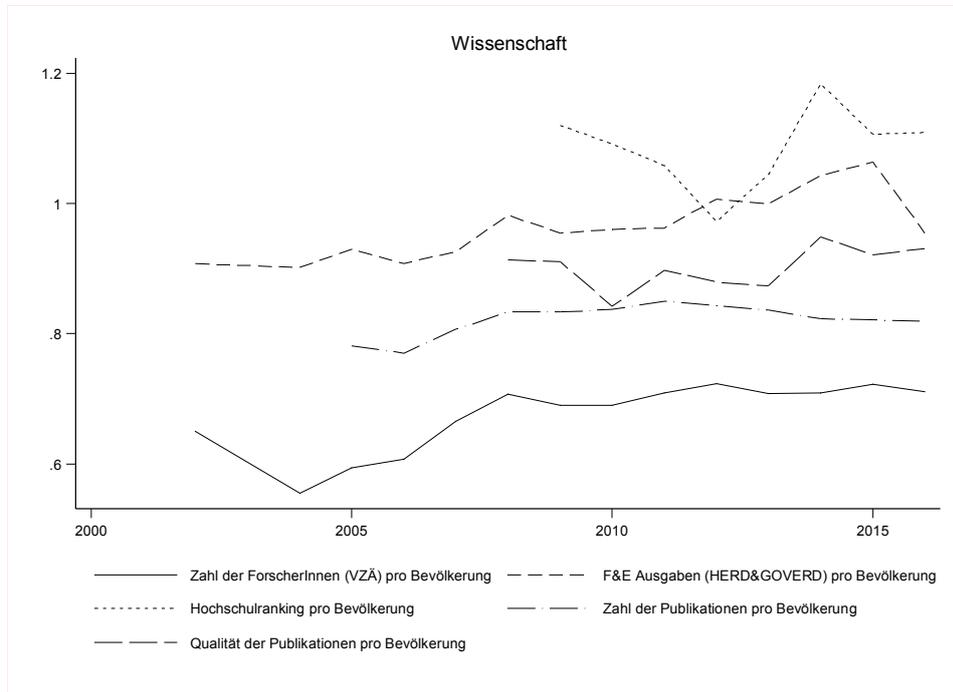
Abbildung 11: Österreichs relative Position zu EU27 und Innovation Leaders



Q: Eurostat, European Innovation Scoreboard, OECD, Patstat, Weltbank ,Scimago, CWTS Leiden, WIFO-Berechnungen.

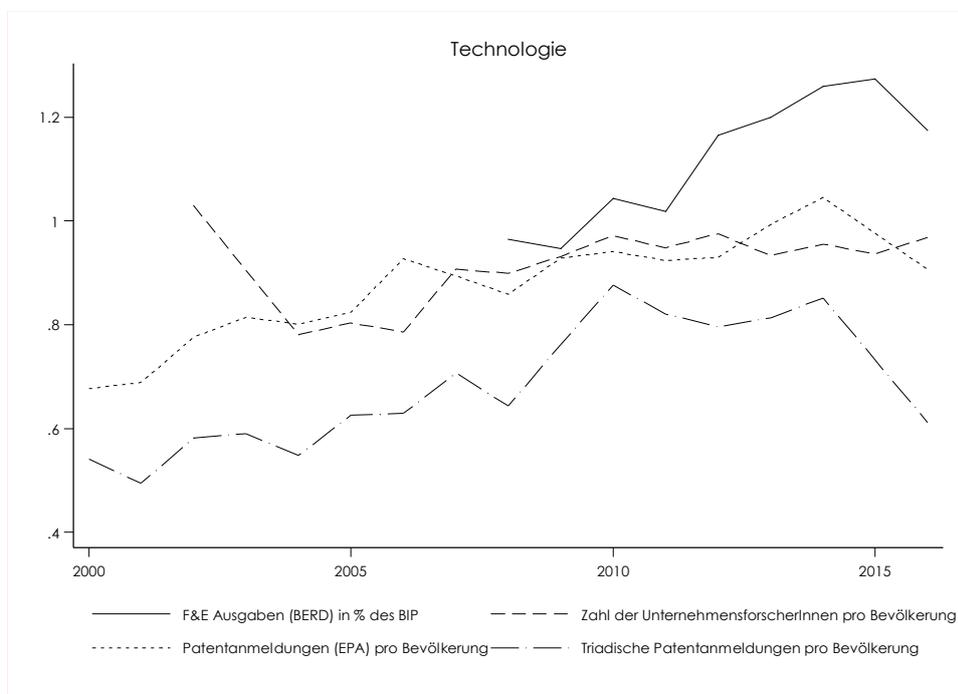
Die folgenden Abbildungen 12-16 zeigen jeweils den österreichischen Wert relativ zum Durchschnitt der Innovation Leader über die Zeit, zusammengefasst nach Performancebereichen. Werte unter 1 bedeuten ein österreichisches Niveau unter jenem der Innovation Leader. Sie veranschaulichen die starke Steigerung der monetären Inputs relativ zu den Innovation Leaders.

Abbildung 12: Österreichs relative Position zu den Innovation Leaders, 2002-2016



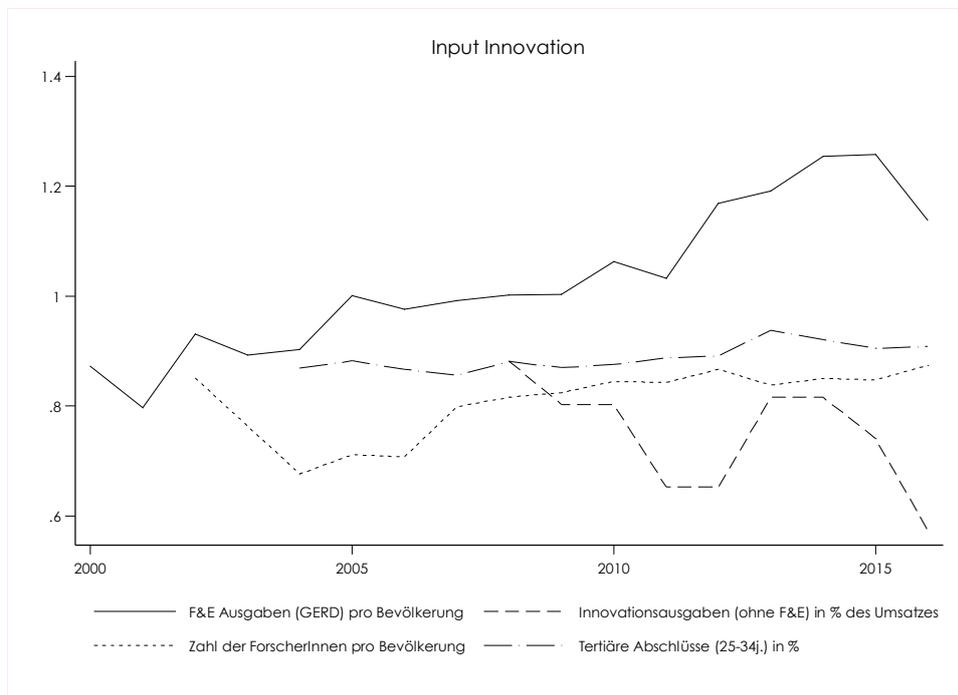
Q: Siehe Übersicht 2.

Abbildung 13: Österreichs relative Position zu den Innovation Leaders, 2000-2016



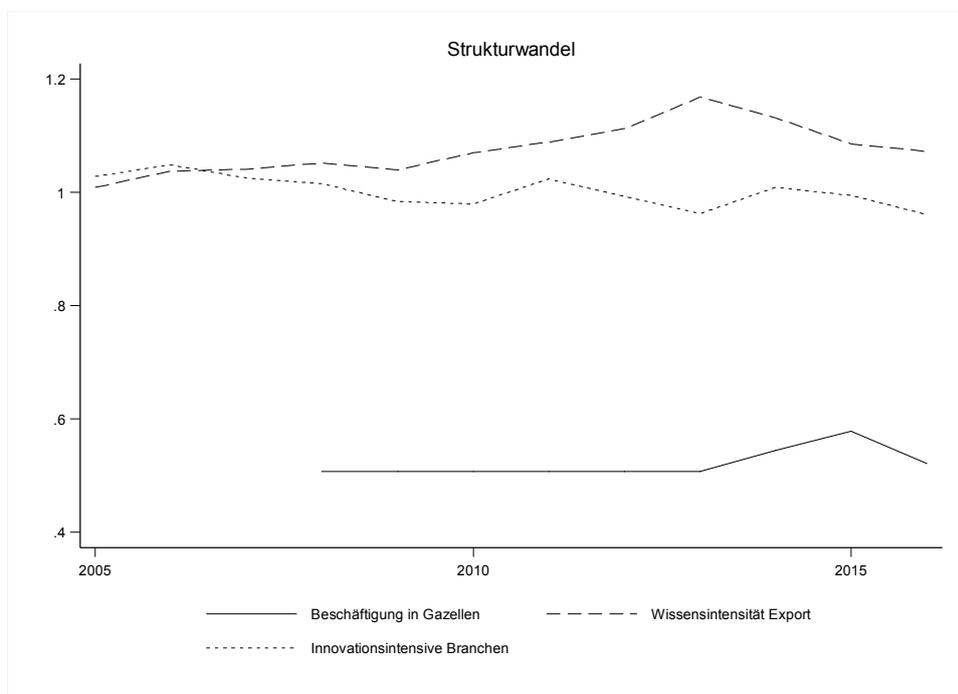
Q: Siehe Übersicht 2.

Abbildung 14: Österreichs relative Position zu den Innovation Leaders, 2000-2016



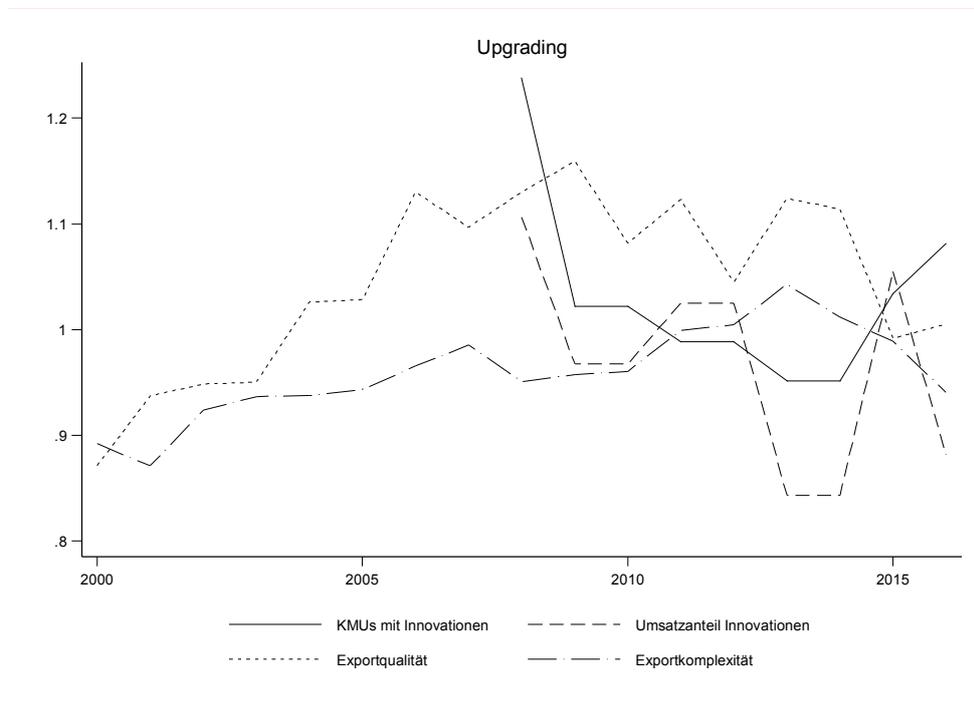
Q: Siehe Übersicht 2.

Abbildung 15: Österreichs relative Position zu den Innovation Leaders, 2005-2016



Q: Siehe Übersicht 2.

Abbildung 16: Österreichs relative Position zu den Innovation Leaders, 2000-2016



Q: Siehe Übersicht 2.

Im nächsten Schritt fließen die Indikatoren in unterschiedlicher Zusammensetzung in eine DEA ein, um die Effizienz der Länder in den jeweiligen Performancebereichen zu ermitteln.

## 4. Effizienzanalyse

### 4.1 Indikatorwahl und DEA-Spezifikation

Die zwei wesentlichen Rahmenbedingungen für eine robuste Effizienzanalyse mittels DEA sind einerseits eine konzeptuell konsistente Wahl empirisch geeigneter Input- und Outputindikatoren und andererseits eine methodologisch adäquate Spezifizierung der DEA. Die Indikatorwahl wurde bereits in Kapitel 2.1 begründet und in Kapitel 3 veranschaulicht. Die Indikatorwahl berücksichtigt zusätzlich die größtmögliche Datenverfügbarkeit auf Länderebene und eine möglichst hohe Aktualität.

Ein weiterer Aspekt für eine DEA-Analyse ist die Wahl der durchschnittlichen Zeitverzögerung zwischen In- und Outputs: F&E-Ausgaben z.B. führen selten noch im gleichen Jahr zu Outputs. In der Literatur (siehe Übersicht 1) finden sich diesbezüglich viele Spielarten: teils werden jährliche Werte bei Inputs 1-3 Jahre vor den Outputwerten gewählt, teils werden Durchschnitte über mehrere Jahre gebildet und teils werden einfach jährliche Werte ohne Zeitverzögerung gegenübergestellt, mit dem Argument geringer Veränderungen durch die Berücksichtigung von Zeitverzögerung. Für die vorliegende Analyse werden drei- bzw. vierjährige Durchschnitte über Inputs und Outputs gebildet, die um ein Jahr zeitverzögert zueinander in Bezug gesetzt werden. Das bedeutet z.B., dass die durchschnittlichen F&E-Ausgaben der letzten vier Jahre  $t-4$  bis  $t-1$  auf die durchschnittlichen Outputs der kommenden drei Jahre  $t-2$  bis  $t$  wirken. Gleichzeitig wird damit eine Glättung jährlicher Schwankungen erreicht. Die Ergebnisse sind aber inhaltlich kaum verschieden zu einer DEA ohne Zeitverzögerung.

Außerdem werden in der Literatur manchmal bei F&E-Ausgaben statt jährlicher Ausgaben auch kapitalisierte Ausgaben eingesetzt, d.h. die jährlichen Ausgaben werden unter Annahme einer Abschreibungsrate zu einem Bestand akkumuliert. Für die gegenständliche Analyse wurden alle Spezifikationen auch mit F&E-Beständen gerechnet, die Unterschiede zu jährlichen F&E-Ausgaben halten sich aber in Grenzen.<sup>2</sup> Einschränkungen wie fehlende Erfassung von stillem Wissen oder die (geringe) Überlappung von Wissenschaft und Technologie wurden bereits dokumentiert.

Hinsichtlich der methodologischen Spezifikation sollte zunächst die dreifache Summe der Input- und Outputdimensionen nicht über der Zahl der Untersuchungseinheiten liegen (Bogetoft und Otto, 2010). Bei max. 32 Ländern gibt es damit für die Bereiche Wissenschaft (5 Dimensionen) und Technologie (4 Dimensionen) kein Problem, im Bereich Innovation (11 Dimensionen) sollen jedoch nicht alle Dimensionen gleichzeitig eingesetzt werden, sondern maximal 8 bei voller Länderverfügbarkeit. Im Bereich Innovation werden damit Indikatoren,

---

<sup>2</sup> Eine Ausnahme ist der Bereich Technologie, wo die bis vor kurzem geringen Unternehmensausgaben in einigen osteuropäischen Ländern zu geringen F&E-Beständen führen, die entsprechend die Effizienzleistung dieser Länder verbessert.

für die die Länderverfügbarkeit eingeschränkt ist (z.B. stehen die CIS Indikatoren nicht für außereuropäische Länder zur Verfügung) für die Hauptspezifikation ausgeschlossen.

Eine weitere Spezifikation betrifft die Wahl der Skalenerträge für die unterstellte Produktionstechnologie. Wie in Kapitel 3.2 erläutert, spricht die Entwicklung der Indikatoren für abnehmende Skalenerträge, die somit für die Spezifikation verwendet werden. Damit wird die Technologiemenge auch enger bestimmt als bei variablen Skalenerträgen, die zu einer größeren Zahl an effizienten Ländern führen würden.

Eine DEA kann unter Input- oder Outputorientierung durchgeführt werden, wie in Kapitel 2.3 erläutert. Eine Inputorientierte DEA minimiert die Inputs, die für einen gegebenen Output notwendig sind. Für die innovationspolitische Interpretation würde sich demnach eine Inputreduktion bei gleichem Outputniveau ergeben. Wäre das Ziel, den Output konstant zu halten, würde dies in der Praxis eine Kürzung der F&E-Budgets bedeuten. Dies wäre politisch schwer durchsetzbar da es den Zielsetzungen der Bundesregierung widerspricht und würde auch mit einer negativen Signalwirkung für die österreichische Standortattraktivität einhergehen. Um zu den führenden Innovationsländern aufzusteigen, muss der Output gesteigert werden. Daher wird für die Hauptspezifikation die Outputorientierung verwendet, d.h. dass Effizienzpotenziale dahingehend dargestellt werden, dass gegebene Inputs zu einer Steigerung der Outputs führen können. Diese Vorgabe ist relevant, da sich die relative Position der ineffizienten Länder mit der gewählten Orientierung ändert.

Wir stellen die Ergebnisse zudem unter Berücksichtigung von Supereffizienz dar, um auch in der Gruppe der effizienten Länder Unterschiede zu identifizieren. Bei DEA Analysen gibt es in der Regel immer mehrere effiziente Länder, wodurch die Lerneffekte beschränkt werden können, wenn die Zahl der effizienten Länder zu groß wird. Supereffizienz wird ermittelt, indem die Frontier jeweils ohne Berücksichtigung der effizienten Entscheidungseinheit berechnet wird und anschließend der Abstand der effizienten Einheit zu dieser neu berechneten Frontier ermittelt wird. Dadurch ist die Effizienz des Landes nicht mehr auf 1 (100%) normiert, sondern kann auch Werte kleiner 1 annehmen. Mithilfe von Supereffizienz lassen sich somit effiziente Einheiten weiter differenzieren. Während bei ineffizienten Ländern die Effizienz- und Supereffizienzwerte übereinstimmen, ist dies bei effizienten Ländern meist nicht der Fall. Je größer die Abweichung des Supereffizienzwerts von 1, desto maßgeblicher beeinflusst das Land die Lage der Effizienzgrenze.

Zur Umsetzung der DEA selbst wird das Softwarepaket „Benchmarking“ für das Statistikprogramm R von Bogotoff und Otto (2010) eingesetzt. Im Folgenden werden die Resultate für die einzelnen Bereiche gezeigt.

## 4.2 Ergebnisse der DEA: Österreichs Effizienz im internationalen Vergleich

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die drei Bereiche dargestellt, nach folgenden Hauptspezifikationen:

- Wissenschaft
  - Inputs: F&E-Ausgaben im Hochschulsektor und im staatlichen Sektor (Durchschnitt, 2012-2015), Zahl der ForscherInnen in VZÄ in den gleichen Sektoren (Durchschnitt, 2011-2014)
  - Outputs: Zahl der zitierfähigen Publikationen (Durchschnitt, 2014-2016), Leiden Universitätsranking (Durchschnitt, 2013-2015) und Anteil häufig zitierter Publikationen an allen (Durchschnitt, 2013-2015)
- Technologie
  - Inputs: F&E-Ausgaben im Unternehmenssektor (Durchschnitt, 2011-2014), Zahl der ForscherInnen in VZÄ im gleichen Sektor (Durchschnitt, 2012-2015)
  - Outputs: EPA Patentanmeldungen (Durchschnitt, 2012-2014), Triadische Patente (Durchschnitt, 2012-2014)
- Innovation
  - Inputs: F&E-Ausgaben gesamt (Durchschnitt, 2012-2015), tertiär Qualifizierte (Durchschnitt, 2012-2015)
  - Outputs: Wissensintensität Exporte (Durchschnitt, 2013-2015), Exportqualität (Durchschnitt, 2013-2015), Exportkomplexität (ein Strukturwandelsindikator, ein Upgradingindikator, ein gemischter Indikator; Durchschnitt, 2013-2015)

Übersicht 5: Ergebnis der DEA Analyse in Wissenschaft, Technologie und Innovation

Wissenschaft			Technologie			Innovation		
Land	Rang	Wert	Land	Rang	Wert	Land	Rang	Wert
US	1	0,29	JP	1	0,25	MT	1	0,42
IE	2	0,37	DE	2	0,47	CH	2	0,75
GB	3	0,61	CH	3	0,50	IE	3	0,81
CH	4	0,61	CY	4	0,68	SK	4	0,82
RO	5	0,66	US	5	0,70	DE	5	0,82
EE	6	0,80	NL	6	0,76	CZ	6	0,88
SI	7	0,81	IT	7	1,10	SI	7	0,88
HR	8	0,82	FI	8	1,15	JP	8	0,90
IT	9	0,95	SE	9	1,21	HU	9	0,92
DK	10	1,02	RO	10	1,25	KR	10	0,97
NL	11	1,04	FR	11	1,29	CY	11	0,98
BE	12	1,10	DK	12	1,36	IT	12	0,98
SE	13	1,11	<b>AT</b>	<b>13</b>	<b>1,37</b>	FI	13	1,01
PT	14	1,12	LU	14	1,52	RO	14	1,04
ES	15	1,12	LT	15	1,53	SE	15	1,11
GR	16	1,16	GB	16	1,59	EE	16	1,14
<b>AT</b>	<b>17</b>	<b>1,16</b>	BE	17	1,67	LV	17	1,17
FI	18	1,21	IE	18	2,17	<b>AT</b>	<b>18</b>	<b>1,17</b>
FR	19	1,26	ES	19	2,19	FR	19	1,19
DE	20	1,29	KR	20	2,24	US	20	1,22
KR	21	1,29	PL	21	2,36	GB	21	1,23
CZ	22	1,34	EE	22	2,43	BE	22	1,26
HU	23	1,38	BG	23	2,86	LT	23	1,28
PL	24	1,41	SI	24	3,03	DK	24	1,31
SK	25	1,74	HR	25	3,13	HR	25	1,36
LT	26	1,74	SK	26	4,13	PL	26	1,39
JP	27	1,84	HU	27	4,17	NL	27	1,44
			CZ	28	4,45	ES	28	1,48
			PT	29	4,91	PT	29	1,73
						BG	30	2,03
						GR	31	3,09

Q: WIFO-Berechnungen.

Note: Outputorientierte DEA unter Berücksichtigung von Supereffizienz und abnehmenden Skalenerträgen. Interpretation der Effizienzwerte: >1: ineffizient, =1: effizient, <1: supereffizient

Standardmäßig weisen bei einer DEA effiziente Länder einen Effizienzwert gleich 1 auf, die Werte ineffizienter Länder sind größer als 1. Da ein radiales Effizienzmaß verwendet wird, geben die Werte über 1 Auskunft, um wieviel Prozent alle Outputs proportional gesteigert werden könnten, ohne gleichzeitig die Menge der eingesetzten Inputs zu verändern. Der Wert von 1,37 für Österreich im Bereich Technologie bedeutet demnach, dass Österreich seine Technologieoutputs – Patente – proportional um 37% steigern könnte, wenn es gelänge, die Inputs ähnlich effizient einzusetzen wie die als effizient ermittelten Länder, die die Grundlage für die Berechnung der technologischen Frontier bilden. Im Bereich Wissenschaft könnte Österreich seine Outputs bei gleichen Inputs um 16% steigern, im Bereich Innovation um 17%. Damit hat Österreich in allen Bereichen Spielraum, mit den gegebenen Mitteln mehr Output

zu erreichen, zumindest laut den Ergebnissen der DEA. Damit befindet sich Österreich in keinem Bereich unter den effizienten Ländern, allerdings auch nirgends im unteren Drittel. Allerdings werden die hohen monetären Inputs zum Teil durch niedrige Inputs bei Humanressourcen kompensiert; Unternehmen in Österreich nennen oft den Mangel an qualifizierten Fachkräften und an ForscherInnen als wesentliche Innovations- oder Wachstumshemmnisse ((Ecker et al., 2017; Hölzl et al., 2017b).

Die folgende Übersicht fasst die Hauptergebnisse zusammen und nennt gleichzeitig die innovationsstarken Peers, also nächste Vergleichspartner, für Österreich. Sie fokussiert auf die innovationsstarken effizienten Länder, da diese naturgemäß für einen Vergleich mit Österreich geeignet sind. Wie erwähnt, können auch Länder, die nicht führend in der Innovation sind, effizient sein, wenn sie relativ zum eingesetzten Mitteleinsatz hohe Outputs erzielen. Dies trifft insbesondere auf einige osteuropäische Länder zu wie z.B. Tschechien, Ungarn und die Slowakei im Bereich Innovation. Diese Länder sind eng in internationale medium-high und high-tech Wertschöpfungsketten eingebunden und profitieren daher von hohen Werten bei den Strukturwandelsindikatoren. Aber auch ein Land wie Italien, das niedrige F&E-Ausgaben aufweist, kann durch Upgrading in traditionelleren Industrien Innovationseffizienz erreichen (siehe dazu auch Janger et al., 2017d).

Übersicht 6: Ergebnis der DEA Analyse in Wissenschaft, Technologie und Innovation - Übersichtstabelle

	<b>Wissenschaft</b>	<b>Technologie</b>	<b>Innovation</b>
Rang Österreichs	17	13	18
Outputsteigerungspotenzial ohne Inputmenge zu erhöhen	16%	37%	17%
Top drei effiziente Länder (nur innovationsstarke)	US, UK, CH	JP, DE, CH	CH, DE, JP
Österreichs peers (innovationsstark)	CH, Irland	DE, NL	CH

Q: WIFO-Berechnungen.

Die Ergebnisse zeigen klar die bekannten Stärken der Systeme – im Bereich Wissenschaft die USA, UK und die Schweiz, wobei diese Länder eben nicht nur hohe Outputs erzielen, sondern auch relativ dazu ihre Inputs effizient einsetzen.<sup>3</sup> Grundsätzlich ist bei innovationsstarken Ländern davon auszugehen, dass die öffentliche Verwaltung und das Unternehmensmanagement Kompetenzvorteile gegenüber Ländern im Aufholprozess besitzen, die nicht nur zu höheren Outputniveaus, sondern auch zu einem relativ effizienten Einsatz der Mittel führen. Im Bereich Technologie und Innovation sind es die patentintensiven

<sup>3</sup> Für die USA lag die Zahl der ForscherInnen nicht aufgeteilt nach Sektoren vor. Daher wurde der Schlüssel bei den F&E-Ausgaben (Anteil von HERD an GERD) als Maß für die Aufteilung der ForscherInnen genommen. Dieses Ergebnis ist daher mit Vorsicht zu betrachten.

exportstarken Länder Japan, Deutschland und wiederum die Schweiz. Die Schweiz und Deutschland, sowie Irland in der Wissenschaft und die Niederlande in der Technologie, werden auch als Österreichs „DEA-peers“ ausgegeben, d.h. dass es jene effizienten Länder sind, denen Österreich von seiner Input-Outputkombination her am nächsten ist und von denen es daher besonders gut „lernen“ könnte.

Im Anhang finden sich weitere Spezifikationen für Innovation, die jeweils die minimale Beobachtungszahl berücksichtigen, sowie die DEA nach Inputorientierung. In keiner Spezifikation ist Österreich effizient. Die effizienten Länder bleiben in der Regel mit wenigen Ausnahmen auch die gleichen, sodass die DEA als sehr stabil bezeichnet werden kann. Österreichs Outputsteigerungspotenzial in den unterschiedlichen Spezifikationen für Innovation schwankt zwischen 5 und 25%. Unter den innovationsstarken Ländern sind Deutschland und die Schweiz stets effizient, auch Korea und Japan, allerdings ist bei diesen Ländern die Datenverfügbarkeit eingeschränkt. Unter den aufholenden Ländern sind stets Tschechien, Ungarn und die Slowakei effizient.

Zusammenfassend liefert die DEA im Vergleich zur vorliegenden Literatur plausible Ergebnisse für die Einschätzung der Österreichischen Innovationseffizienz, die auch bei unterschiedlicher Kombination von Input- und Outputindikatoren ein ähnliches Bild ergibt. Trotzdem könnte die DEA verbessert werden und zwar hauptsächlich durch bessere Input- und Outputdaten. Die Probleme der Indikatoren wurden bereits besprochen. Im Bereich Upgrading fehlt insbesondere ein Indikator, der schnell wachsende innovationsintensive Unternehmen in allen Branchen erfassen würde.

## 5. Ansatzpunkte zur Steigerung von Effizienz

Die Ergebnisse einer DEA – die Effizienzwerte – können weiteren statistischen Analysen unterzogen werden, z.B. können die Effizienzwerte als abhängige Variable in ökonometrische Schätzungen zu möglichen Bestimmungsfaktoren der Effizienz eingehen. Diese weiterführenden Analysen würden jedoch den Rahmen dieses Projekts sprengen. Zudem hat der Rat für Forschung und technologische Entwicklung in zwei aktuellen Stellungnahmen zahlreiche konkrete Empfehlungen zur Effizienzsteigerung veröffentlicht.<sup>4</sup> Im Folgenden werden daher nur mögliche allgemeine Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Effizienzsteigerungen genannt, die näher untersucht werden könnten.

Dabei soll vorausgeschickt werden, dass Bemühungen zur Steigerung von Effizienz mit Bedacht gewählt werden sollen: Forschung und Innovation an der Frontier benötigen Freiraum für das Experimentieren mit neuen Ansätzen, deren Erfolgswahrscheinlichkeit sehr unsicher ist. Ein einseitiger Fokus auf Effizienz anhand leicht messbarer Indikatoren könnte wissenschaftliche Durchbrüche und radikale Innovationen sogar gefährden. Risikoaversion führt möglicherweise zur Auswahl „sicherer“ F&E- und Innovationsprojekte. Deren Neuerungswert kann zwar mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreten, er wird aber in der Regel klein sein. Dennoch sollten in Österreich Ansatzpunkte für eine Effizienzsteigerung, die gleichzeitig Effizienz und Leistungsniveau steigern können, geprüft werden.

Zunächst könnte das F&E-Quotenziel von 3,76% an die Entwicklung der Industriestruktur geknüpft werden. Ein Quotenziel ohne Information über die Industriestruktur verkennt die starken Unterschiede zwischen den branchenspezifischen F&E-Intensitäten. Eine identische F&E-Quote von 3% kann für ein Land mit einer auf Branchen mittlerer Technologieintensität spezialisierten Wirtschaftsstruktur hoch sein, für ein Land mit einer ausgeprägten Hochtechnologiestruktur jedoch niedrig. Eine Neuformulierung des Ziels könnte an einer um die Industriestruktur bereinigten F&E-Quote ansetzen (siehe Kapitel 1, bzw. *Reinstaller – Unterlass, 2012a, 2012b*).

Ein weiterer Ansatzpunkt ist, Inputziele durch Outputziele zu ergänzen. In der FTI-Strategie 2011 wurde dies bereits durch das Ziel praktiziert, zu den führenden Innovationsländern aufzusteigen.

Im Bereich Wissenschaft können verstärkt Finanzierungsallokationsmechanismen überlegt werden, die monetäre Ressourcen zu den aussichtsreichsten Forschungsprojekten und/oder ForscherInnen fließen lassen. Die Leistungsvereinbarungen in ihrer derzeitigen Form können zwar in vielen Bereichen eingesetzt werden, haben jedoch inhärente Schwierigkeiten, Informationsasymmetrien zwischen Geldgeber und –nehmer zu überwinden und die aussichtsreichsten ForscherInnen und Projekte zu identifizieren (*Janger, 2013a*). Für eine verstärkte Allokation von Forschungsfinanzierung nach internationalen Qualitätsmaßstäben

---

<sup>4</sup> [http://www.rat-ffe.at/tl\\_files/uploads/Empfehlungen/180126\\_Empfehlung%20zum%20Doppelbudget%202018\\_19.pdf](http://www.rat-ffe.at/tl_files/uploads/Empfehlungen/180126_Empfehlung%20zum%20Doppelbudget%202018_19.pdf) und [http://www.rat-ffe.at/tl\\_files/uploads/Empfehlungen/171130\\_Empfehlung\\_Der%20Weg%20zur%20Innovationsspitze.pdf](http://www.rat-ffe.at/tl_files/uploads/Empfehlungen/171130_Empfehlung_Der%20Weg%20zur%20Innovationsspitze.pdf)

sind sie derzeit nur sehr eingeschränkt geeignet. Alternative Modelle, die geprüft werden können, funktionieren nach dem ex-ante (peer review von Forschungsprojektanträgen, wie in Form des FWF Schweizer Nationalfonds etc. praktiziert) oder ex-post (Evaluierung der Publikationsqualität durch peers, wie z.B. in England) Prinzip. Es ist kein Zufall, dass die effizientesten Länder im Bereich Wissenschaft auch oft die forschungsstärksten sind, wie die Schweiz mit einem großzügig dotierten SNF, die USA mit ebenfalls hohem ex-ante Finanzierungsanteil und Großbritannien, das eine Mischung aus ex-ante und ex-post Finanzierung praktiziert. Gerade durch die Ankündigung, Forschung, Lehre und Infrastruktur getrennt zu finanzieren, ergibt sich für ein Überdenken der Mechanismen in der Forschungsfinanzierung ein günstiger Moment.

Auch eine Weiterentwicklung von Karriere- und Organisationsstrukturen, die Österreichs Universitäten und Forschungseinrichtungen für die aussichtsreichsten ForscherInnen attraktiver machen, könnte mit Blick auf Effizienzsteigerung geprüft werden, gerade weil attraktive Karriere- und Organisationsstrukturen oft nicht unmittelbar mehr Geld kosten; diesbezügliche Stichwörter sind tenure track-Modelle und frühe Unabhängigkeit in der Forschung, sowie flache Hierarchien in den Forschungsgruppen und Instituten (*Janger – Nowotny, 2016; Janger – Strauss – Campbell, 2013*). Das vor kurzem eingeführte österreichische tenure track Modell ist z.B. noch bei weitem nicht Standard für Neueinstellungen. Das IST Austria könnte verstärkt als Beispiel für Karriere- und Organisationsstrukturen dienen, da seine Strukturen in der Regel auf internationale best practice ausgerichtet sind (bzw. sein müssen, um Topwissenschaftler zu rekrutieren).

Weitere Ansatzpunkte betreffen die Beseitigung einer möglichen Querfinanzierung der Lehre durch die Forschung. Dies trifft vor allem auf Studienrichtungen zu, deren Betreuungskapazitäten für die Zahl der Studierenden nicht ausreichen. Auch eine Prüfung des Ausbaus von FHs in geeigneten Fächern (d.h. Fächer, in denen arbeitsmarktrelevante Qualifikationen auch ohne intensive Forschungstätigkeit der Lehrenden vermittelt werden können) könnte zu einem effizienteren Mitteleinsatz beitragen, da diese aufgrund ihres weit höheren Lehranteils prinzipiell pro Studierenden günstiger kommen sollten als Universitäten. In den Niederlanden etwa besucht die überwiegende Mehrheit der Studierenden eine FH, während es in Österreich Universitäten sind.

Im Bereich Technologie stehen Unternehmen grundsätzlich im internationalen Wettbewerb, sodass ein natürlicher Anreiz besteht, Mittel zielgerichtet einzusetzen. Tendenziell wird dabei sogar zu wenig in F&E investiert, weil positive Externalitäten für Wirtschaft und Gesellschaft oft durch das individuelle Unternehmen nicht berücksichtigt werden (können). Das Wissen, das durch unternehmerische F&E entsteht, könnte auch in anderen Bereichen eingesetzt werden (Wissensspillovers). Die öffentliche Förderung von Unternehmens-F&E ist daher eine Reaktion auf Marktversagen, allerdings ist sie in Österreich im internationalen Vergleich bereits hoch (*Janger et al., 2017c*). Auch hier können deshalb so wie bei den Universitäten und Forschungseinrichtungen neue Wege entwickelt werden, die Allokation der Mittel noch

stärker auf die aussichtsreichsten Forschungsprojekte auszurichten. Das ist ex-ante durch die Antragsprüfung bei der direkten Förderung möglich, etwa durch eine Überarbeitung der Förderkriterien, oder ex-post sowohl bei direkter als auch indirekter durch Evaluierungen der Wirksamkeit der Förderungen, die für Anpassungen genutzt werden können (d.h., z.B., die Einstellung und/oder Anpassung von Förderprogrammen mit geringer Wirkung, oder die Gestaltung neuer Förderungen).

Ein Problem in Österreich für quantitative ex-post Wirkungsevaluierungen besteht in den Schwierigkeiten, unter Wahrung des Datenschutzes Unternehmensdaten aus statistischen Beständen mit anderen Datenquellen zu verknüpfen. Dadurch werden international übliche ökonometrische Ansätze, die die Wirksamkeit von Förderungen durch die Bildung von Kontrollgruppen und durch die Berücksichtigung vieler möglicher Einflussfaktoren auf die Förderwirkung belastbar evaluieren können, erschwert bis verunmöglicht (Falk – Hölzl – Oberhofer, 2015). Solche Evidenz kann auch für eine Abstimmung der direkten und der indirekten Förderung herangezogen werden.

International üblich ist weiters die Einstufung der Belastbarkeit von unterschiedlichen Evaluierungsmethoden. Ein Beispiel ist die sog. „Maryland-Skala“, die von 1 – wenig belastbar - bis 5 – sehr belastbar - reicht (siehe Czarnitzki, 2017). Die Europäische Kommission erwartet mittlerweile Evaluierungen auf Stufe 3. Ohne die Möglichkeit, Daten zu verknüpfen, sind – wie in Österreich - Evaluierungen der Belastbarkeitsstufe 1 die Regel.

*Übersicht 7: Maryland-Skala zur Einstufung der Belastbarkeit von Methoden zur Wirkungsevaluierung*

Stufe	Evaluierungsmethode
5	Randomized control trials, 'natural experiments', no selective sample attrition
4	Instrumental variable techniques or RDD, proper balancing (OLS, matching), attrition discussed but not addressed
3	Difference-in-Differences, balancing (OLS, matching), but uncontrolled differences likely remain
2	'Before and after' comparisons, or a comparison group but without balancing of covariates
1	Correlation analysis, no control group, no attempt at establishing a counterfactual

Q: Czarnitzki, 2017.

Im Bereich Innovation geht es darum, die Überleitung von Ideen und Wissen in neue Produkte und Prozesse zu begünstigen. Ein wichtiger Weg zur Kommerzialisierung, zur Umsetzung in Wertschöpfung besteht durch Unternehmensgründungen und vor allem das schnelle Wachstum innovationsintensiver Unternehmen(-sgründungen). Österreich wird dabei durch altbekannte Probleme in der Verfügbarkeit von Risikokapital zurückgehalten. Die Lösung des Problems hängt auch stark von regulatorischen Reformen ab, die per se kaum Geld kosten würden und daher besonders stark zur Effizienz beitragen könnten. Auch die Ausgestaltung des Kapitalmarkts, gerade für kleinere Unternehmen, spielt dabei eine Rolle (für mögliche Reformen, siehe z.B. Hölzl et al., 2016, 2017a; Peneder, 2013). Eine detaillierte Bestandsaufnahme, in welchen Bereichen Veränderungsbedarf zur internationalen best

*practice* besteht, könnte einen ersten Schritt in Richtung Steigerung der Innovationseffizienz darstellen.

Risikokapital und Kapitalmarktreformen wirken auf das Angebot von Finanzierung, aber nicht auf die Nachfrage danach; d.h., auch das Potenzial an aussichtsreichen Unternehmensgründungen spielt eine Rolle. Dabei wird immer wieder darauf hingewiesen, dass etwa akademische Spin-offs gerade aus sehr forschungsstarken Universitäten hervorgehen, sodass universitäre Reformen auch eine Doppeldividende aufweisen (siehe *Janger et al., 2017c, 2017a*). Auch tertiär Qualifizierte spielen eine wichtige Rolle für Innovationseffizienz, denn sie tragen dazu bei, unerwünschte Pfadabhängigkeit zu durchbrechen und so die Diversifizierung von Unternehmensproduktlinien zu fördern, die ebenso zum Strukturwandel beitragen kann, neben Upgrading einer wichtigen Innovationswirkung (*Reinstaller et al., 2013; Reinstaller, 2014*). Österreich weist trotz der Berücksichtigung der Zahl der AbsolventInnen von berufsbildenden höheren Schulen nach wie vor ein Defizit im Anteil von tertiär qualifizierten Arbeitskräften auf (siehe Kapitel 3.2).

Für den Erfolg von Innovationsanstrengungen spielen generell nicht nur das enge Fördersystem, sondern auch viele weitere wirtschaftliche Rahmenbedingungen eine Rolle. Ausgaben für F&E und Innovation bewirken nur dann entsprechenden Innovationsoutput – d.h. Wertschöpfung – wenn Faktoren wie Lohnkosten, Breitbandinfrastruktur, Arbeits- und Produktmarktregulierungen, Qualität und Verfügbarkeit von Fachkräften wettbewerbsfähige wirtschaftliche Aktivität und Produktion in Österreich dies ermöglichen. In der aktuellen Hochkonjunktur zeigt sich z.B., dass die mangelnde Verfügbarkeit von Fachkräften eine Wachstumsbremse für Unternehmen darstellt. Sie begrenzt den Ertrag von F&E- und Innovationsaufwendungen und damit auch die Effizienz der österreichischen Innovationsanstrengungen. Somit ist die potentielle Wertschöpfung, die dem Mitteleinsatz für Innovation gegenübersteht, begrenzt. Verbesserungen dieser Rahmenbedingungen für Innovation können deshalb Österreichs Innovationseffizienz stark steigern, eine Schlussfolgerung, die bereits in der Evaluierung des österreichischen Innovationssystems gezogen wurde (*Aiginger – Falk – Reinstaller, 2009; Janger, 2009*).

Im Bemühen, Effizienz im österreichischen FTI-System zu erhöhen, ist auch die Governance des österreichischen Innovationssystems zu nennen. Damit werden grundsätzlich mehrere Punkte angesprochen, z.B. die Vielzahl der Akteure in der Forschungsfinanzierung auf Bund- und Länderebene, die Programmvierfalt der direkten Förderung, die Verteilung der Agenden auf unterschiedliche Ressorts sowie die Abstimmung der Ressorts mit den Förderagenturen und schließlich die Bund-Länder-Beziehungen (siehe *Rechnungshof, 2016*). Durch Einsparungen bei den beteiligten Akteuren wird die Effizienz in den drei Bereichen aber kaum steigen, denn die laut Rechnungshof ca. 800 Beschäftigten (in VZÄ) machen gerade einmal 1,5% der öffentlichen Forschungsfinanzierung 2017 aus. Ausschlaggebend sind Reformen, die die Entscheidungsfindung und Koordination begünstigen und damit zu einem effizienteren Einsatz der Mittel, etwa in effektiv koordinierten Förderprogrammen, führen. Förderentscheidungen

benötigen empirische Evidenz unabhängig von der Governancestruktur. Daher sind Verbesserungen für die Bedingungen, Wirkungsevaluierungen durchzuführen (siehe oben, etwa durch eine Reform des Bundesstatistikgesetzes), auch relevant für die Effektivität der Governance. Dies betrifft auch Initiativen zur Dokumentation von Bund- und Länderförderungen, etwa durch eine gemeinsame Forschungsförderdatenbank.

Eine bloße Zusammenlegung von Fördereinrichtungen oder von Forschungsagenden in einem Ministerium ist noch keine Garantie für effektive Koordination, denn auch innerhalb von Institutionen kann der Wissensaustausch zwischen Abteilungen begrenzt sein, wie es aus großen Unternehmen und Verwaltungseinheiten bekannt ist (siehe z.B. Tsai, 2002). Wichtig erscheint im Governancebereich, zunächst einen Konsens über die wesentlichen Flaschenhälse, die Österreichs Innovationsleistung und –effizienz drosseln, herzustellen und auf dieser Basis die diversen Akteure im FTI-System auf gemeinsame Ziele auszurichten. Zur Erreichung dieser Ziele können in einer neuen FTI-Strategie Maßnahmen formuliert werden, bei deren Umsetzungsmonitoring die Einbindung der Regierungsspitze, die erfahrungsgemäß für das Vorantreiben und die Priorisierung von Reformen auch gegenüber anderen Politikbereichen hilfreich ist, überlegt werden kann (Leibfritz – Janger, 2007, Edquist, 2018).

## 6. Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie ermittelt Österreichs Innovationseffizienz anhand einer outputorientierten Dateneinhüllanalyse (DEA), die das Outputsteigerungspotenzial bei gegebenen Inputs ermittelt. Diese Orientierung wurde gewählt, nachdem Mittelkürzungen bei gleichbleibenden Outputs ein zweifach problematischer Ansatz wäre, Effizienz zu steigern: erstens senden Kürzungen negative Standortsignale aus und zweitens hat Österreich bei seinen Outputs weiter Aufholbedarf gegenüber den führenden Innovationsländern, etwa bei wissenschaftlichen Publikationen, Patenten und wissensintensiven Unternehmensgründungen. Österreich hat gemäß den Ergebnissen dieser outputorientierten DEA in allen drei untersuchten Bereichen Wissenschaft, Technologie und Innovation Potenzial, bezüglich der Effizienz von den Besten zu lernen, d.h. bei gegebenen Inputs seine Outputs zu steigern. Österreich befindet sich meist im Mittelfeld, die Effizienz ist daher nicht sehr niedrig. Die Ergebnisse sind plausibel und zeigen ein ähnliches Bild in unterschiedlichen Spezifikationen. Sie werden gestützt durch eine detaillierte, deskriptive Analyse von In- und Outputindikatoren, deren Auswahl auf einem rezenten Konzept des WIFO zur Leistungsmessung in Wissenschaft, Technologie und Innovation beruht.

Gemeinsam mit den Ergebnissen des OECD Innovation Reviews, den Empfehlungen des Rats für Forschung und technologische Entwicklung und weiterer Arbeiten, können die vorliegenden Ergebnisse in die Erarbeitung einer neuen Strategie für FTI mit dem Horizont 2025 oder 2030 münden.

## 7. Literatur

- Afzal, Munshi Naser Ibne. „An empirical investigation of the National Innovation System (NIS) using Data Envelopment Analysis (DEA) and the TOBIT model“. *International Review of Applied Economics* 28, Nr. 4 (2014): 507–523.
- Aghion, P., Dewatripont, M., Stein, J. C., "Academic freedom, private-sector focus, and the process of innovation", *RAND J. Econ.*, 2008, 39(3), S. 617–635.
- Aghion, P., Hemous, D., Veugelers, R., "No green growth without innovation", *Bruegel Policy Briefs*, 2009, Issue 2009/7.
- Aghion, P., Howitt, P., "Joseph Schumpeter Lecture Appropriate Growth Policy: A Unifying Framework", *J. Eur. Econ. Assoc.*, 2006, 4(2–3), S. 269–314.
- Aiginger, K., Falk, R., Reinstaller, A., "Evaluation of Government Funding in RTDI from a Systems Perspective in Austria. Synthesis Report", WIFO - envelop cooperative knowledge design gmbh - Austrian Institute for SME Research - Prognos, Vienna, 2009, <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/36402>.
- Aiginger, K., *New dynamics for Europe: Reaping the benefits of socio-ecological transition*, WWWforEurope Synthesis Report, Vienna, Brussels, 2016.
- Andrews, D., Criscuolo, C., Gal, P. N., "The best versus the rest: the global productivity slowdown, divergence across firms and the role of public policy", *OECD Product. Work. Pap.*, 2016, 5.
- Bloom, N., Jones, C. I., Reenen, J. V., Webb, M., *Are Ideas Getting Harder to Find?*, Working Paper, National Bureau of Economic Research, 2017a, <http://www.nber.org/papers/w23782>.
- Bloom, N., Jones, C., Reenen, J. V., Webb, M., *Ideas aren't running out, but they are getting more expensive to find*, *VoxEU.org*, 2017b, <http://voxeu.org/article/ideas-aren-t-running-out-they-are-getting-more-expensive-find>.
- Bogetoft, P., Otto, L., *Benchmarking with Dea, Sfa, and R*, 157, Springer Science & Business Media, 2010.
- Bundesministerien, *Österreichischer Forschungs- und Technologiebericht 2010*, Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Bundesministerium für Verkehr, Infrastruktur und Technologie, Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, Wien, 2010.
- Chen, Chiang-Ping, Jin-Li Hu, und Chih-Hai Yang. „An international comparison of R&D efficiency of multiple innovative outputs: The role of the national innovation system“. *Innovation* 13, Nr. 3 (2011): 341–360.
- Cincera, M., Czarnitzki, D., Thorwarth, S., *Efficiency of public spending in support of R&D activities*, *European Economy - Economic Paper*, Directorate General Economic and

- Financial Affairs (DG ECFIN), European Commission, 2009, <https://ideas.repec.org/p/euf/ecopap/0376.html>.
- Crepon, B., Duguet, E., Mairesse, J., "Research, Innovation And Productivity: An Econometric Analysis At The Firm Level", *Econ. Innov. New Technol.*, 1998, 7(2), S. 115–158.
- Czarnitzki, D., R&D tax incentives: econometric evaluation of their impact, FT Eval Veranstaltung: Was kann die steuerliche Förderung von F&E? Was kann sie nicht?, 2017.
- Ecker, B., Fink, N., Sardadvar, S., Kaufmann, P., Sheikh, S., Wolf, L., Brandl, B., Loretz, S., Sellner, R., Evaluierung der Forschungsprämie gem. § 108c EStG, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Finanzen (BMF), 2017.
- Edquist, C., Towards a Holistic Innovation Policy: Can the Swedish National Innovation Council Serve as a Role Model? *Papers in Innovation Studies*, N 2018/2, Lund University-Circle.
- Edquist, C., Zabala-Iturriagagoitia, J. M., "The Innovation Union Scoreboard is Flawed: The case of Sweden—not being the innovation leader of the EU", *Pap. Innov. Stud.*, 2015, 2015/16, [https://ideas.repec.org/p/hhs/lucirc/2015\\_016.html](https://ideas.repec.org/p/hhs/lucirc/2015_016.html).
- Falk, M., Hölzl, W., Oberhofer, H., "Die Bedeutung von unternehmensbezogenen Individualdaten für die empirische Wirtschaftsforschung und wirtschaftspolitische Beratung", *Monographien*, 2015, 11, S. 845–857.
- Godin, B., "Science, accounting and statistics: The input–output framework", *Res. Policy*, 2007, 36(9), S. 1388–1403.
- Guan, J., Chen, K., "Modeling the relative efficiency of national innovation systems", *Res. Policy*, 2012, 41(1), S. 102–115.
- Guan, J., Zuo, K., "A cross-country comparison of innovation efficiency", *Scientometrics*, 2014, 100(2), S. 541–575.
- Hollanders, H., Celikel-Esser, F., "Measuring innovation efficiency", *INNO Metr.*, 2007, [http://www.pedz.uni-mannheim.de/daten/edzh/gdb/07/eis\\_2007\\_Innovation\\_efficiency.pdf](http://www.pedz.uni-mannheim.de/daten/edzh/gdb/07/eis_2007_Innovation_efficiency.pdf).
- Hölzl, W., Böheim, M., Friesenbichler, K. S., Jud, T., "Börsen als Instrument der kapitalmarktbasierter Finanzierung von Klein- und Mittelbetrieben in Österreich", *WIFO-Monatsberichte*, 2017a, 90(8), S. 629–638.
- Hölzl, W., Friesenbichler, K. S., Böheim, M., Jud, T., *KMU-Börsen in Europa*, WIFO, Wien, 2016, <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/58896>.
- Hölzl, W., Friesenbichler, K. S., Kügler, A., Peneder, M., Reinstaller, A., "Österreich 2025 – Wettbewerbsfähigkeit, Standortfaktoren, Markt- und Produktstrategien österreichischer Unternehmen und die Positionierung in der internationalen Wertschöpfungskette", *WIFO-Monatsberichte*, 2017b, 90(3), S. 219–228.

- Hölzl, W., Janger, J., "Distance to the frontier and the perception of innovation barriers across European countries", *Res. Policy*, 2014, 43(4), S. 707–725.
- Janger, J., "Hochschulsteuerung im Kontext der Autonomie der Universitäten", *WIFO-Monatsberichte*, 2013a, 86(2), S. 159–171.
- Janger, J., "Strukturwandel als Indikator für die Qualifikationsnachfrage der Wirtschaft", *WIFO-Monatsberichte*, 2013b, 86(2), S. 135–147.
- Janger, J., "Teilbericht 1: Rahmenbedingungen für das Innovationssystem. Ihre Bedeutung für Innovation und Wechselwirkung mit der österreichischen Innovationspolitik.", Aiginger, K., Falk, R., *Syst. Österr. Forschungsförderung -Finanz. Teilberichte*, WIFO - convelop cooperative knowledge design gmbh - KMU Forschung Austria - Prognos AG, Wien, 2009, <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/36401>.
- Janger, J., Firgo, M., Hofmann, K., Kügler, A., Strauss, A., Streicher, G., Pechar, H., *Wirtschaftliche und gesellschaftliche Effekte von Universitäten*, WIFO, Wien, 2017a, <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/60794>.
- Janger, J., Kügler, A., Reinstaller, A., Unterlass, F., "Looking out for the frontier(s): towards a new framework for frontier measurement in science, technology and innovation", *Pap. Present. OECD Blue Sky Forum 2016*, 2016.
- Janger, J., Kügler, A., Reinstaller, A., Unterlass, F., "Österreich 2025 – Die „Frontier“ in Wissenschaft, Technologie, Innovationen und Wirtschaft. Messung und Bestimmungsfaktoren", *WIFO-Monatsberichte*, 2017c, 90(2), S. 141–151.
- Janger, J., Kügler, A., Reinstaller, A., Unterlass, F., *Austria 2025 – Looking Out For the Frontier(s): Towards a New Framework For Frontier Measurement in Science, Technology and Innovation*, Projektpublikation Österreich 2025, WIFO, Wien, 2017b.
- Janger, J., Nowotny, K., "Job choice in academia", *Res. Policy*, 2016, 45(8), S. 1672–1683.
- Janger, J., Schubert, T., Andries, P., Rammer, C., Hoskens, M., "The EU 2020 innovation indicator: A step forward in measuring innovation outputs and outcomes?", *Res. Policy*, 2017d, 46(1), S. 30–42.
- Janger, J., Strauss, A., Campbell, D., "Academic careers: a cross-country perspective", *WWWforEurope Work. Pap. Ser.*, 2013, 37, [http://www.foreurope.eu/fileadmin/documents/pdf/Workingpapers/WWWforEurope\\_WPS\\_no037\\_MS64.pdf](http://www.foreurope.eu/fileadmin/documents/pdf/Workingpapers/WWWforEurope_WPS_no037_MS64.pdf).
- Jones, B. F., "The burden of knowledge and the "death of the Renaissance man": is innovation getting harder?", *Rev. Econ. Stud.*, 2009, 76(1), S. 283–317.
- Kotsemir, M. N., *Measuring National Innovation Systems Efficiency – A Review of DEA Approach*, SSRN Scholarly Paper, Social Science Research Network, Rochester, NY, 2013, <http://papers.ssrn.com/abstract=2304735>.

- Kügler, A., Janger, J., Innovationseffizienz in den EU-Ländern. Eine Data Envelopment Analysis (DEA), WIFO, Wien, 2015, <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/58202>.
- Lee, Hak-Yeon, und Yong-Tae Park. „An international comparison of R&D efficiency: DEA approach“. *Asian Journal of Technology Innovation* 13, Nr. 2 (1. Januar 2005): 207–22. <https://doi.org/10.1080/19761597.2005.9668614>.
- Leibfritz, W., Janger, J., "Boosting Austria's innovation performance", OECD Econ. Dep. Work. Pap., 2007, 580.
- Liu, John S., Wen-Min Lu, und Mei Hsiu-Ching Ho. „National Characteristics: Innovation Systems from the Process Efficiency Perspective“. *R&D Management* 45, Nr. 4 (1. September 2015): 317–38. <https://doi.org/10.1111/radm.12067>.
- McLaughlin, J. A., Jordan, G. B., "Logic models: a tool for telling your programs performance story", *Eval. Program Plann.*, 1999, 22(1), S. 65–72.
- Österreichische Bundesregierung, FTI Strategie, 2011.
- Pakes, A., Griliches, Z., "Patents and R&D at the firm Level: A First Look", in Griliches, Z. (Hrsg.), *RD Pat. Product.*, University of Chicago Press, Chicago, 1984, S. 55–72.
- Peneder, M., "Technological regimes and the variety of innovation behaviour: Creating integrated taxonomies of firms and sectors", *Res. Policy*, 2010, 39(3), S. 323–334.
- Peneder, M., "Von den „trockenen Tälern“ der Risiko- und Wachstumsfinanzierung", *WIFO-Monatsberichte*, 2013, 86(8), S. 637–648.
- Rechnungshof, Forschungsfinanzierung in Österreich, Bericht des Rechnungshofes, Wien, 2016.
- Reinstaller, A., *Technologiegeber Österreich. Österreichs Wettbewerbsfähigkeit in Schlüsseltechnologien und Entwicklungspotentiale als Technologiegeber*, WIFO, Wien, 2014, <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/47444>.
- Reinstaller, A., Unterlass, F., "Comparing business R&D across countries over time: a decomposition exercise using data for the EU 27", *Appl. Econ. Lett.*, 2012a, 19, S. 1143–1148.
- Reinstaller, A., Unterlass, F., "Strukturwandel und Entwicklung der Forschungs- und Entwicklungsintensität im Unternehmenssektor in Österreich im internationalen Vergleich", *WIFO-Monatsberichte*, 2012b, 85(8), S. 641–655.
- Reinstaller, A., Unterlass, F., "Strukturwandel und Entwicklung der Forschungs- und Entwicklungsintensität im Unternehmenssektor in Österreich im internationalen Vergleich", *WIFO-Monatsberichte*, 2012, 85(8), S. 641–655.
- Reinstaller, A., Werner, H., Johannes, K., Christian, S., *The Development of Productive Structures of EU Member Countries and Their International Competitiveness*, Report commissioned by DG Enterprise, European Commission., Österreichisches Institut für

Wirtschaftsforschung, Wien, 2013, [http://www.wifo.ac.at/publikationen?detail-view=yes&publikation\\_id=46823](http://www.wifo.ac.at/publikationen?detail-view=yes&publikation_id=46823).

Rousseau, Sandra, und Ronald Rousseau. „Data envelopment analysis as a tool for constructing scientometric indicators“. *Scientometrics* 40, Nr. 1 (1997): 45–56.

Sharma, S., Thomas, V., "Inter-country R&D efficiency analysis: An application of data envelopment analysis", *Scientometrics*, 2008, 76(3), S. 483–501.

Tsai, Wenpin. "Social structure of "coopetition" within a multiunit organization: Coordination, competition, and intraorganizational knowledge sharing." *Organization science* 13.2 (2002): 179-190

Wang, Eric C., und Weichiao Huang. „Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach“. *Research Policy* 36, Nr. 2 (2007): 260–273.

Zabala-Iturriagagoitia, Jon M., Peter Voigt, Antonio Gutiérrez-Gracia, und Fernando Jiménez-Sáez. „Regional Innovation Systems: How to Assess Performance“. *Regional Studies* 41, Nr. 5 (1. Juli 2007): 661–72. <https://doi.org/10.1080/00343400601120270>.

## 8. Anhang

### 8.1 Zusätzliche deskriptive Statistiken

Frontierbereich		Indikator	Land	Erstjahr	Letztjahr	Wachstum in %			
F&E Produktivitätsindikator	Publikationen vs. HERD&GOVERD		DE	5.75	4.80	-1.64			
			DK	8.82	8.24	-0.62			
			FI	7.57	8.62	1.19			
			SE	8.26	7.34	-1.07			
			NL	6.51	7.77	1.62			
			GB	10.06	12.03	1.64			
			US	5.06	4.16	-2.14			
			CH	12.32	7.67	-5.76			
			JP	4.18	3.01	-3.58			
			KR	5.45	4.59	-1.88			
			CY	11.66	39.41	11.71			
			patent_proBERD			DE	0.59	0.25	-5.98
						DK	0.37	0.21	-4.07
						FI	0.45	0.25	-4.20
						SE	0.27	0.24	-0.95
						NL	0.69	0.29	-6.14
						GB	0.37	0.16	-6.03
						US	0.16	0.07	-5.40
						CH	0.62	0.31	-5.56
	JP	0.32				0.12	-6.71		
	KR	0.09				0.09	0.17		
	BG	0.87	0.10	-21.43					
	PL	0.04	0.11	6.84					
	Wissenschaft	Input	Zahl der ForscherInnen (HEI&GOV)	DE	104754.00	157158.97	2.74		
DK				9435.00	17616.00	4.25			
FI				17236.80	15790.10	-0.79			
SE				18111.00	20136.00	0.76			
NL				21538.00	31497.24	2.57			
GB				151072.19	176291.00	1.56			
US				159498.72	336753.13	5.11			
CH				9830.00	21846.50	5.47			
JP				210344.00	167320.00	-1.51			
KR				35238.00	67296.88	4.41			
HR				7319.00	5616.00	-1.87			
LU				246.60	1835.60	14.32			
F&E Ausgaben (HERD&GOVERD)						DE	15913.22	31200.09	4.30
			DK			1083.47	2841.93	6.21	
			FI			1276.70	2080.34	3.10	
			SE			2320.46	4824.85	5.00	

			NL	3991.64	6482.89	3.08		
			GB	8348.28	13179.07	2.89		
			US	59769.00	122720.00	4.91		
			CH	1441.33	4874.13	8.46		
			JP	24115.41	34301.21	2.38		
			KR	4557.82	15430.36	8.47		
			HU	479.36	355.15	-1.86		
			LU	28.12	337.17	16.79		
			Output	Hochschulranking	DE	16.73	14.94	-1.87
					DK	32.59	33.43	0.42
	FI	16.86			12.77	-4.52		
	SE	24.74			25.51	0.52		
	NL	38.11			41.32	1.36		
	GB	37.90			41.61	1.57		
	US	29.99			25.55	-2.63		
	CH	67.15			62.78	-1.11		
	JP	0.16			0.00	-100.00		
	KR	0.41			1.18	19.41		
	PT	1.89		0.00	-100.00			
	GR	1.80		0.00	-100.00			
	Zahl der Publikationen	DE		112630.00	149645.00	2.62		
		DK		12143.00	23418.00	6.15		
		FI		12097.00	17937.00	3.65		
		SE		23047.00	35404.00	3.98		
		NL		33392.00	50349.00	3.80		
		GB		111833.00	158513.00	3.22		
		US		441913.00	532297.00	1.71		
		CH		24030.00	39172.00	4.54		
		JP	116572.00	112645.00	-0.31			
		KR	36351.00	75162.00	6.83			
	LU	265.00	1724.00	18.56				
	Qualität der Publikationen	DE	10.96	11.40	0.56			
		DK	13.13	13.44	0.33			
		FI	10.59	10.82	0.30			
		SE	11.00	11.73	0.92			
		NL	13.97	14.35	0.38			
		GB	13.25	14.49	1.29			
		US	14.50	13.95	-1.91			
		CH	15.07	15.16	0.09			
		JP	7.10	6.18	-6.70			
KR		9.00	6.57	-14.56				
LU	8.46	11.61	4.62					
Technologie	Input	F&E Ausgaben (BERD)	DE	37719.59	66237.45	3.58		

			DK	2521.79	5528.80	5.37
			FI	3184.52	4113.56	1.61
			SE	8011.20	11107.73	2.20
			NL	5002.74	8573.57	3.42
			GB	16324.38	28591.54	3.56
			US	199961.00	359652.00	3.99
			CH	4407.78	12557.27	7.23
			JP	70079.95	133437.20	4.39
			KR	13723.55	57409.98	10.01
			LV	33.30	28.47	-0.98
		BG	27.16	289.86	24.02	
		Zahl der der UnternehmensforscherInnen	DE	153120.00	235921.00	2.74
			DK	9651.00	25282.00	6.63
			FI	23396.72	20257.00	-1.19
			SE	27884.37	47127.00	3.56
			NL	20022.00	50513.00	5.95
			GB	85737.30	110149.00	1.58
			US	1060000.00	981000.00	-0.55
			CH	16275.00	21893.00	2.00
			JP	421363.00	486198.00	0.96
	KR		71894.00	284136.38	9.59	
	RO	12690.00	4857.00	-5.83		
	MT	47.00	484.00	18.12		
	Output	Patentanmeldungen (EPA)	DE	22116.36	18381.61	-1.31
			DK	987.70	1073.97	0.60
			FI	1444.63	1210.33	-1.26
			SE	2295.12	2259.40	-0.11
			NL	3475.50	2653.12	-1.91
			GB	6090.87	4492.68	-2.15
			US	32569.98	25530.16	-1.72
			CH	2723.70	2642.43	-0.22
			JP	22091.92	15805.45	-2.36
			KR	1267.78	5413.12	10.92
LV		8.98	5.42	-3.54		
PL		42.39	485.47	19.02		
Triadische Patentanmeldungen		DE	7473.15	2158.11	-8.49	
	DK	253.42	122.06	-5.08		
	FI	423.10	138.60	-7.66		
	SE	712.31	302.21	-5.94		
	NL	1549.78	647.48	-6.04		
	GB	2203.77	710.39	-7.77		
	US	15604.90	6220.37	-6.36		
CH	931.22	592.92	-3.17			

			JP	13775.21	11832.61	-1.08	
			KR	875.72	1202.53	2.29	
			MT	2.31	0.50	-11.09	
			RO	0.25	3.60	20.99	
Innovation	Input	F&E Ausgaben (GERD)	DE	53632.81	97437.54	3.80	
			DK	3492.15	8400.05	5.64	
			FI	4491.12	6247.89	2.08	
			SE	10341.41	15963.53	2.94	
			NL	9078.54	15056.46	3.21	
			GB	25129.90	42648.01	3.36	
			US	269513.00	502893.00	4.25	
			CH	5963.63	17688.26	7.52	
			JP	98758.01	170003.02	3.69	
			KR	18533.10	74051.45	9.67	
			MT	12.08	64.18	12.67	
			Innovationsausgaben (ohne F&E)	DE	0.88	1.26	5.31
				DK	0.50	0.29	-7.65
		FI		0.57	0.32	-7.84	
		SE		0.66	1.12	7.96	
		NL		0.29	0.16	-7.75	
		GB		0.30	0.67	12.10	
		CH		1.16	2.01	8.17	
		CY		2.12	0.21	-28.33	
		LT		0.64	2.01	17.75	
		Zahl der ForscherInnen	DE	257874.00	400821.00	2.79	
			DK	19453.00	42923.00	5.42	
			FI	41003.53	35908.00	-1.10	
			SE	45995.38	70372.00	2.88	
			NL	42194.00	82264.00	4.26	
			GB	170554.39	291416.00	3.40	
			US	983259.31	1379977.13	2.29	
			CH	26105.00	43739.50	3.50	
			JP	647572.00	662071.00	0.15	
			KR	108370.00	356447.28	8.26	
			HR	8572.00	7182.00	-1.26	
			MT	272.00	829.00	8.29	
		Tertiärer Abschluss (25-34j.)	DE	22.25	30.53	2.00	
			DK	29.30	45.88	2.84	
FI	38.67		41.13	0.39			
SE	33.64		47.22	2.14			
NL	26.57		45.22	3.38			
GB	28.90		51.97	3.74			
US	38.08		47.52	1.39			

	Output		CH	21.65	50.90	12.99	
			JP	47.84	60.12	1.44	
			KR	36.91	69.99	4.08	
		KMU mit Innovationen	DE	52.81	41.56	-3.36	
			DK	35.69	34.65	-0.42	
			FI	44.68	44.10	-0.19	
			SE	40.68	40.41	-0.10	
			NL	32.93	42.93	3.86	
			GB	25.10	32.58	3.80	
			US	22.20	22.20	0.00	
			CH	57.00	48.15	-2.38	
			JP	24.50	24.50	0.00	
			KR	29.50	29.50	0.00	
			RO	19.39	4.92	-17.80	
			LT	19.70	33.69	7.97	
			Innovationsintensive Branchen	DE	0.45	0.42	-0.83
				DK	0.27	0.29	0.71
		FI		0.39	0.35	-1.29	
		SE		0.40	0.37	-0.82	
		NL		0.28	0.25	-1.20	
		GB		0.24	0.29	1.64	
		US		0.35	0.35	-0.20	
		CH		0.42	0.35	-1.74	
		KR		0.68	0.69	0.06	
		LU		0.45	0.29	-4.30	
		Beschäftigung in Gazellen	SK	0.26	0.39	3.98	
			DE	5.87	4.52	-3.66	
			DK	6.54	4.31	-5.78	
			FI	3.41	2.84	-2.58	
			SE	6.53	5.98	-1.25	
			NL	5.22	5.48	0.70	
			GB	6.58	6.94	0.76	
			CH	3.25	3.25	0.00	
			CY	1.29	0.77	-7.11	
		HR	1.45	2.84	10.08		
		Umsatzanteil Innovationen	DE	19.23	13.34	-5.09	
			DK	10.51	6.96	-5.71	
			FI	15.67	9.27	-7.22	
			SE	9.16	6.89	-3.99	
			NL	10.89	10.81	-0.10	
GB	8.52		20.81	13.61			
CH	24.90		19.62	-3.34			
MT	23.73		4.12	-22.12			

		Exportqualität	DE	0.36	0.34	-0.29
			DK	0.33	0.29	-0.70
			FI	0.30	0.25	-1.12
			SE	0.35	0.33	-0.48
			NL	0.29	0.23	-1.64
			GB	0.33	0.32	-0.28
			US	0.38	0.24	-2.91
			CH	0.50	0.41	-1.38
			JP	0.46	0.31	-2.66
			KR	0.21	0.18	-0.85
			LV	0.04	0.17	9.78
		Exportkomplexität	DE	2.24	2.15	-0.28
			DK	1.30	1.19	-0.55
			FI	2.03	1.73	-1.05
			SE	2.17	1.84	-1.12
			NL	1.65	1.39	-1.14
			GB	1.96	1.61	-1.32
			US	2.07	1.88	-0.65
			CH	2.03	2.18	0.48
			JP	2.45	2.42	-0.08
			KR	0.85	2.04	6.05
			ES	1.06	0.85	-1.47
		PT	0.05	0.37	14.05	
		Wissensintensität_Export	DE	66.74	68.20	0.20
			DK	42.58	48.51	1.19
			FI	53.07	43.58	-1.77
			SE	59.62	55.09	-0.72
			NL	47.78	49.06	0.24
			GB	59.38	58.97	-0.06
			US	57.97	51.48	-1.07
			CH	61.02	65.34	0.62
			JP	78.08	74.05	-0.48
			KR	73.92	74.07	0.02
GR	29.21		22.52	-2.34		

## 8.2 Zusätzliche DEA-Ergebnisse

Zunächst werden die DEA-Ergebnisse nach Inputorientierung gezeigt, dann alternative Spezifikationen für den Bereich Innovation.

Übersicht 8: Ergebnis der DEA Analyse in Wissenschaft, Technologie und Innovation - Inputorientierung

Wissenschaft			Technologie			Innovation		
Land	Rang	Wert	Land	Rang	Wert	Land	Rang	Wert
SK	1	0,48	PT	1	0,20	GR	1	0,26
LT	3	0,57	CZ	2	0,22	BG	2	0,49
JP	2	0,49	SK	3	0,23	LT	3	0,51
PL	4	0,68	HU	4	0,24	ES	4	0,52
HU	5	0,69	HR	5	0,32	PL	5	0,53
FI	7	0,73	SI	6	0,33	NL	6	0,54
CZ	8	0,73	BG	7	0,35	US	7	0,56
GR	11	0,76	EE	8	0,40	PT	8	0,57
KR	9	0,74	KR	9	0,40	GB	9	0,57
AT	12	0,82	PL	10	0,42	FR	10	0,61
PT	13	0,83	ES	11	0,46	BE	11	0,61
FR	10	0,75	IE	12	0,46	DK	12	0,65
BE	14	0,86	BE	13	0,60	LV	13	0,68
ES	15	0,87	GB	14	0,61	EE	14	0,73
DK	16	0,89	LT	15	0,62	HR	15	0,73
SE	17	0,90	LU	16	0,65	SE	16	0,75
DE	6	0,71	AT	17	0,73	AT	17	0,79
NL	18	0,95	DK	18	0,74	FI	18	0,95
HR	20	1,21	FR	19	0,75	RO	19	0,97
EE	21	1,25	RO	20	0,79	IT	20	1,02
IT	19	1,06	SE	21	0,82	DE	21	1,24
SI	22	1,30	FI	22	0,87	CZ	22	1,24
RO	23	1,87	IT	23	0,91	SK	23	1,88
IE	24	2,69	NL	24	1,32	KR	24	2,22
CH		KZL	CY	25	1,48	SI	25	2,41
US		KZL	CH	26	2,00	CY	26	7,42
			DE	27	2,93	HU	27	9,69
			US		KZL	MT	28	52,76
						CH		KZL
						IE		KZL
						JP		KZL

Die nachfolgende Übersicht zeigt zusätzliche Innovationspezifikationen nach Outputorientierung:

Spezifikation 1: Input F&E-Ausgaben, tertiär Qualifizierte; Output innovationsintensive Branchen, KMU-Innovation, Exportqualität, Exportkomplexität

Spezifikation 2: Input F&E-Ausgaben, Zahl der ForscherInnen, tertiär Qualifizierte; Output Wissensintensität Export, KMU-Innovation, Exportqualität, Exportkomplexität

Spezifikation 3: Input F&E-Bestand, tertiär Qualifizierte, Output innovationsintensive Branchen, KMU-Innovation, Exportqualität, Exportkomplexität

Spezifikation 4: Input tertiär Qualifizierte, Patentanmeldungen, Publikationen, Output innovationsintensive Branchen, Exportqualität, Beschäftigung in Gazellen

Spezifikation 5: Input tertiär Qualifizierte, triadische Patentanmeldungen, häufig zitierte Publikationen, Output Output innovationsintensive Branchen, Exportqualität, Beschäftigung in Gazellen

Übersicht 9: Alternative DEA-Spezifikationen für den Bereich Innovation

<b>Innovation</b>					
<b>Land</b>	<b>Spezifikation 1</b>	<b>Spezifikation 2</b>	<b>Spezifikation 3</b>	<b>Spezifikation 4</b>	<b>Spezifikation 5</b>
AT	1,08	1,06	1,08	1,22	1,17
BE	0,93	0,93	0,93	1,44	1,44
BG	0,73	2,02	0,75	0,90	0,87
CH	0,75	0,74	0,75	0,88	0,85
CY	0,91	0,95	0,93	0,92	0,11
CZ	0,80	0,84	0,79	0,99	0,99
DE	0,80	0,81	0,80	0,90	0,89
DK	1,20	1,17	1,20	1,37	1,29
EE	1,09	1,14	1,10	1,10	1,06
ES	1,68	1,46	1,69	1,64	1,64
FI	0,91	0,91	0,95	1,30	1,30
FR	1,24	1,17	1,24	1,42	1,36
GB	1,28	1,23	1,28	1,09	1,09
GR	1,14	1,14	1,14	-	-
HR	1,01	1,20	1,06	1,00	1,07
HU	0,81	0,92	0,81	0,77	0,75
IE	0,71	0,80	0,71	0,76	0,69
IT	0,82	0,83	0,83	0,93	0,92
JP	-	0,90	-	-	-
KR	0,66	0,96	0,66	-	-
LT	1,19	1,20	1,18	1,41	0,90
LU	-	-	-	-	-
LV	1,11	1,17	1,17	0,48	-
MT	0,42	0,42	0,36	0,19	-
NL	1,08	1,07	1,08	1,43	1,43
PL	1,50	1,39	1,50	1,47	1,26
PT	0,80	0,80	0,79	1,49	1,25
RO	1,05	1,04	1,10	1,04	0,78
SE	1,03	1,04	1,03	1,16	1,16
SI	0,81	0,71	0,83	0,90	1,07
SK	0,84	0,82	0,79	0,75	0,34
US	1,15	1,22	1,15	-	-