

Querschnittstechnologien und Wachstumsmodellierung: Evaluation eines 3-Sektoren-Modells

Querschnittstechnologien

Seit dem Werk *A Contribution to the Theory of Economic Growth* von Robert M. Solow (1956) herrscht unter Wirtschaftsforschern die Erkenntnis, dass technischer Fortschritt – und nicht etwa der steigende Einsatz von Arbeit und Kapital – die entscheidende Rolle bei der Erklärung und Modellierung von langfristigem Wirtschaftswachstum spielt. Mit Blick auf die Historie wirtschaftlicher Entwicklung fällt zudem auf, dass bestimmte Technologien besonders prägend waren, da sie durch ein außergewöhnlich breites Anwendungsfeld große gesamtwirtschaftliche Wachstumssprünge hervorrufen konnten. Technologien wie die Dampfmaschine oder die Elektrizität werden daher als Querschnittstechnologien (engl. „General Purpose Technology“, GPT) bezeichnet. Als solche grenzen sie sich von anderen Technologien durch drei grundlegende Eigenschaften ab:

- *Pervasiveness* (Durchdringung aller Wirtschaftssektoren)
- *Improvement-Over-Lifetime* (Verbesserung während des Diffusionszyklus)
- *Innovation Spawning* (Hervorrufen komplementärer Innovationen, Spillovers)

Querschnittstechnologien sind folglich per Definition allgegenwärtig und haben somit einen nicht zu vernachlässigenden Anteil an der Geschwindigkeit und dem Verlauf des wirtschaftlichen Wachstums. Die Modellierung dieses Einflusses gestaltet sich allerdings als sehr komplex. Das liegt zum Einen an der Unsicherheit über zukünftige technologische Entwicklungen, da hierfür Prognosen zu Technologien notwendig sind, deren Entdeckung noch aussteht. Zum Anderen bestehen Koordinationsprobleme, insbesondere aufgrund starker Interdependenzen und externer Effekte durch technologische Spillovers.

Um auf makroökonomischer Ebene über technologischen Fortschritt das Wirtschaftswachstum und damit die Wohlfahrt anzukurbeln, müssen die Zusammenhänge auf der Mikroebene in Bezug auf das interdependente Verhalten der einzelnen Akteure und Sektoren hinreichend verstanden werden.

Dabei kann eine modellartige Abbildung hilfreich sein, um diese komplexen Zusammenhänge besser darzustellen, Eingriffe zu simulieren und techno-ökonomische Entwicklungen ggf. vorherzusagen.

Drei-Sektoren-Modell

Während frühere Modelle GPTs häufig noch als exogene Faktoren betrachten, wählen Carlaw und Lipsey in ihrem Modell *GPT-Driven, Endogenous Growth* (2006) einen endogenen Ansatz.

Das Modell arbeitet hierzu mit drei Sektoren, zwischen denen die Ressourcen allokiert werden:

1. Konsumsektor
2. Angewandte Forschung und Entwicklung
3. Grundlagenforschung und -entwicklung

Insgesamt stehen R Ressourcen zur Verfügung, die in jeder Periode t auf die drei Sektoren aufgeteilt werden:

$$R = r_{c,t} + r_{a,t} + r_{g,t}$$

Für die Darstellung der Zusammenhänge zwischen den Sektoren entwickeln die Autoren eine Kette von Abhängigkeiten: Wie produktiv in Sektor 1 Konsumgüter c_t hergestellt werden, hängt davon ab, wie viel Wissen aus angewandter F&E vorliegt. Das Anwendungswissen A_t wird in Sektor 2 produziert. F&E in diesem Sektor hängt wiederum davon ab, wie groß das vorhandene Grundlagenwissen G_t ist, das in der angewandten F&E eingesetzt werden kann.

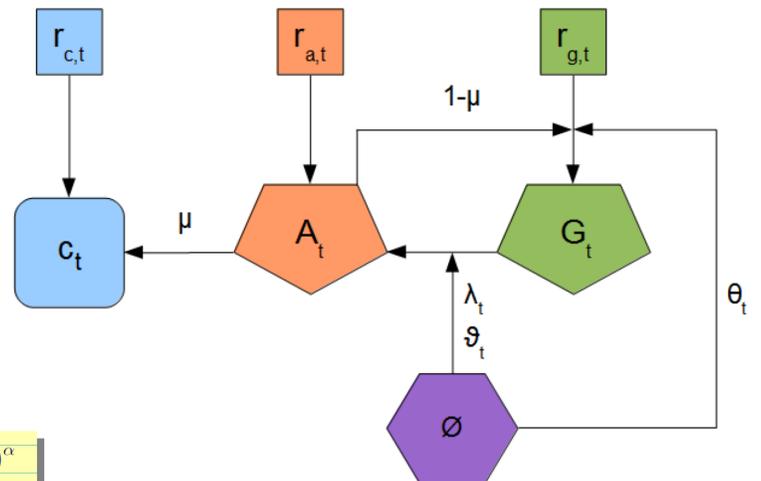
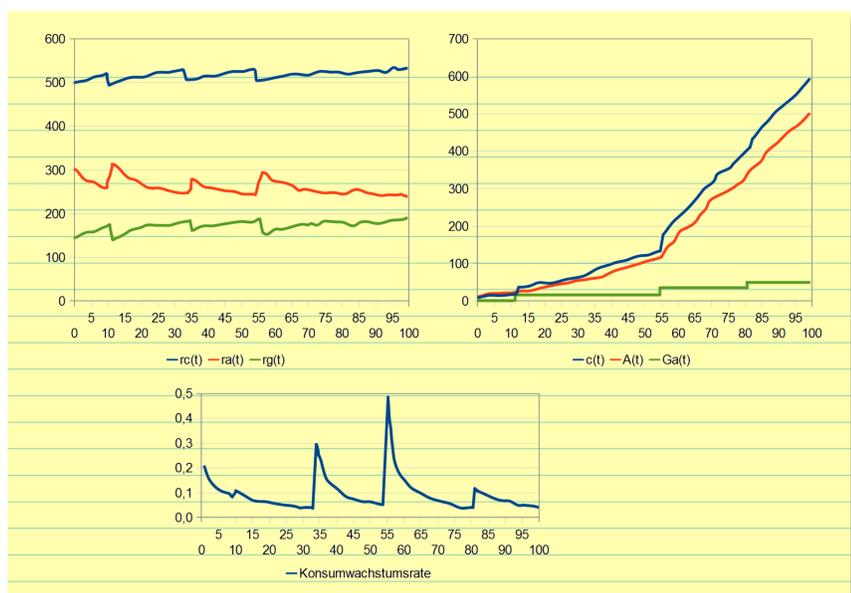
Dadurch, dass jegliche zeitliche Verzögerungen der Spillovers zwischen den Sektoren eliminiert wird, beschränkt sich das Maximierungsproblem der Agenten auf intersektorale Trade Offs. Es ergibt sich ein transitionales Gleichgewicht, das in jeder Periode neu gebildet wird.

Auf die Grundlagenforschung wirken sich derzeit mehrere Zufallseinflüsse aus, sodass die folgenden Größen mit Unsicherheit behaftet sind:

- Menge an Wissen, die durch einen gegebenen Aufwand gewonnen wird ($\rightarrow \theta$)
- Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden GPTs ($\rightarrow \lambda$)
- Angewandtes Potential einer GPT ($\rightarrow \theta$)

Die Endogenisierung der Grundlagenforschung stellt einen wichtigen Schritt in der Modellierung GPTs dar. Damit wird nicht nur berücksichtigt, dass trotz Unsicherheiten Einfluss auf die GPT-Entwicklung genommen werden kann, sondern dass dem GPT-Sektor Ressourcen gewidmet werden müssen, damit ein Fundament für Anwendungstechnologien geschaffen wird. Das daraus resultierende Grundlagenwissen ist letztlich entscheidend für langfristiges Wachstum.

Um den wirtschaftspolitischen Mehrwert des Modells weiter zu steigern, werden mehrere Erweiterungsmöglichkeiten diskutiert, die sich unter anderem auf die Berücksichtigung von Verzögerungen in der Spillover-Systematik und auf die Modellierung technologiespezifischer Unterschiede in der Diffusionsdynamik beziehen.



$$\max_{\{r_{c,t}, r_{a,t}, r_{g,t}\}} c_t = \mu A_t (r_{c,t})^\alpha$$

s. t.

$$R = r_{c,t} + r_{a,t} + r_{g,t}$$

$$A_t = a_t + (1 - \varepsilon) A_{t-1}$$

$$a_t = v \tilde{G}_t^\alpha (r_{a,t})^\beta$$

$$\tilde{G}_t^\alpha = \tilde{g}_t + (1 - \delta) G_{t-1}^\alpha$$

$$\tilde{g}_t = (1 - \mu) A_t (r_{g,t})^\sigma$$

Empirische Analyse

Anhand einer empirischen Analyse für Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) und Nanotechnologie wurden die zentralen Zusammenhänge des Modells überprüft. Zudem lassen sich anhand des Modells die gemachten Beobachtungen erklären und ggf. wirtschaftspolitisch deuten.

Dazu werden Daten auf weltweiter Basis ausgewertet, wobei das BIP als Wachstumsindikator für den Konsum und Patente und Publikationen als Indikatoren für die Aktivitäten in angewandter bzw. Grundlagen-F&E verwendet werden. Die Datenbasis baut somit auf folgenden Quellen auf:

- PATSTAT (EPO Worldwide Patent Statistical Database)
- Web of Science (ISI Web of Knowledge, Thomson Reuters)
- World Bank Data

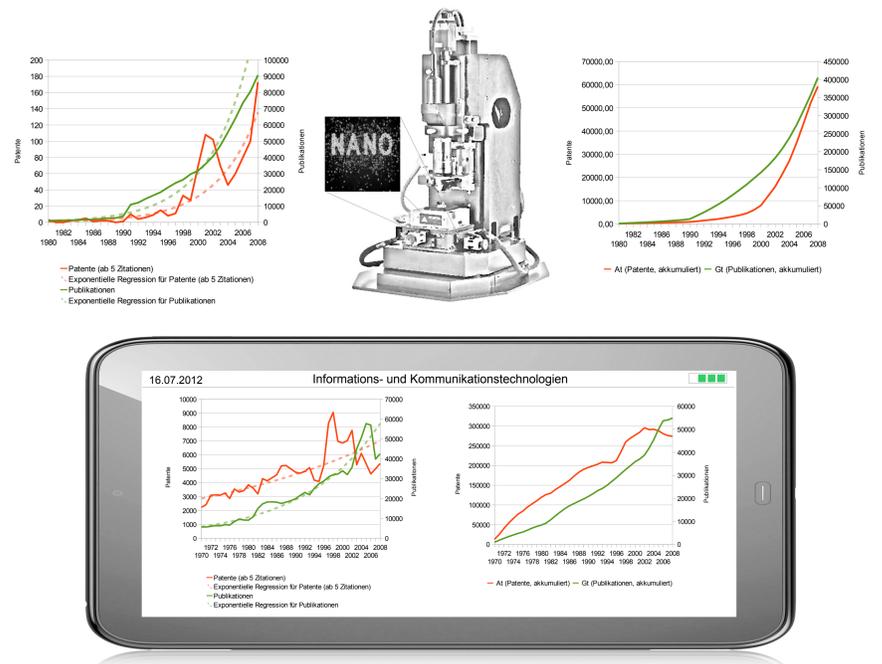
Die Beobachtungszeiträume erstrecken sich für IKT von 1970 bis 2008 und für Nanotechnologie von 1980 bis 2008. Die Auswertung der Patent- und Publikationsdatenbanken erfolgt über mehrere Suchterme, die bei IKT mit der IPC-Klassifikation der OECD und für Nanotechnologie mit auf Schlüsselwörtern basierender Textsuche in Abstracts und Titeln gearbeitet wird.

In Bezug auf die untersuchten Technologien hat sich in der empirischen Analyse gezeigt, dass IKT und Nanotechnologie zurecht als Querschnittstechnologien gehandelt werden und nach der IKT-Revolution der letzten Jahrzehnte im Verlaufe des 21. Jahrhunderts eine potentielle Nano-Revolution zu erwarten ist. Die Entwicklung der IKT ist derzeit noch nicht am Ende, was an weiterhin steigenden Patent- und Publikationszahlen deutlich wird.

Die IKT-Daten deuten zudem darauf hin, dass hier bereits ein etablierter Innovationsapparat vorhanden ist, innerhalb dessen die Aktivitäten im Anwendungsbereich ein vergleichsweise hohes Niveau erlangt haben. Die Wachstumsraten der F&E-Outputs in Anwendungs- und Grundlagenbereich verlaufen dabei sehr homogen zueinander, was auf stark ausgeprägte Spillovers zwischen diesen Sektoren schließen lässt.

Der Forschungsaufschwung für Nanotechnologie hat in einem sehr hohen Tempo stattgefunden. Bislang wurde jedoch allerdings hauptsächlich Grundlagenwissen geschaffen, für das noch wenig Bezug zur Anwendung besteht. Erst seit der Jahrtausendwende verzeichnet der Anwendungsbereich einen starken Anstieg in der Patentaktivität. Während dieser Verschiebung des Forschungsschwerpunktes auf den Anwendungsbereich bleibt der weitere Erfolg der Kommerzialisierung von Nanotechnologie ungewiss. Die beträchtliche Menge an bisheriger Grundlagenforschung deutet jedoch auf ein großes Potential hin.

Die von Carlaw und Lipsey modellierten Zusammenhänge konnten somit in unterschiedlicher Ausprägung in der empirischen Auswertung wiedergefunden werden. Diskrepanzen bestehen hauptsächlich in starken Wachstumssprüngen und den damit einhergehenden Reallokationen. Zudem sind die aus den Daten abzulesenden Spillovers eher kontinuierliche Prozesse über den gesamten Lebenszyklus einer GPT, als ein in einer Periode stattfindender Durchbruch, wie er im Modell stattfindet.



Bachelorarbeit von Lasse Dörr

Bearbeitungszeitraum: 16. April – 16. Juli 2012

Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik (IWW)

www.iww.wipo.kit.edu