



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

*Operations
Research and
Control Systems*

**SWM
ORCOS**

Disparitäten in Wissenschaftskarrieren

Gustav Feichtinger

Research Report 2019-06

March 2019

ISSN 2521-313X

Operations Research and Control Systems

Institute of Statistics and Mathematical Methods in Economics
Vienna University of Technology

Research Unit ORCOS
Wiedner Hauptstraße 8 / E105-4
1040 Vienna, Austria
E-mail: orcocos@tuwien.ac.at

DISPARITÄTEN IN WISSENSCHAFTSKARRIEREN

Gustav Feichtinger

Abstract

Welche Gesichtspunkte sollte eine junge, am Beginn seiner Karriere stehende Wissenschaftlerin berücksichtigen, um ungewollte, harte Landungen zu vermeiden? Mit welchen Fakten über Ungleichheiten in der Wissensproduktion sollte eine Berufungskommission vertraut sein, um Kandidaten richtig einzuschätzen? Deutet ein Rückgang an Publikationen in der Lebensmitte auf ein rasches Karriereende hin oder lediglich auf einen temporären Einbruch?

Mit diesen und ähnlichen Fragestellungen beschäftigt sich eine im Entstehen begriffene *‘Wissenschaft von den Wissenschaften’*. Erkenntnisse daraus werden im Folgenden eher bruchstückhaft als in systematischer Weise vorgestellt. Es ist zu hoffen, dass Einsichten über die *‘science production’* zur Bildung künftiger Modelle, sei es deskriptiver oder normativer Art, und, in weiterer Folge, zu Lösungsansätzen für etwaige Probleme führen können.

1. Einführung

Es ist eine geläufige Tatsache, dass die Produktion wissenschaftlicher Erkenntnisse in den vergangenen Jahrzehnten einen phänomenalen Aufschwung genommen hat. Etwa seit der Zeit des Zweiten Weltkrieges sind Heere von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen verschiedenster Bereiche damit beschäftigt, Forschung weiter zu treiben. Eine rasch wachsende Flut an wissenschaftlichen Publikationen erscheint in einer schier unglaublichen Anzahl von Fachzeitschriften.

Im Zuge dieser rasanten Entwicklung hat sich eine *‘science of science’* gebildet, welche diverse Aspekte der boomenden Forschung untersucht (vgl. etwa Clauzet et al., 2017). Die Zahl an Veröffentlichungen dieser *‘Meta-Wissenschaft’* ist mittlerweile bereits beträchtlich.

Wissenschaftliche Forschung und daraus resultierender technologischer Fortschritt bilden eine maßgebende Komponente ökonomischen Wachstums. Wachstumsmodelle und damit verbundene Planungsprobleme stellen wichtige Themenkreise der Wirtschaftswissenschaften und des Operations Research dar. Darauf wird im vorliegenden Essay jedoch nicht eingegangen. Ziel der folgenden Ausführungen ist vielmehr ein anderes Gebiet der science of science, welches für alle Forschungskollegen von eminentem Interesse ist, nämlich das der *Ungleichheit in der Wissensproduktion*.

Disparitäten treten in mannigfacher Art und Weise auf. Bereits fast vor nahezu zweihundert Jahren hat der berühmte belgische Statistiker Adolphe Quetelet auf eine typische Altersabhängigkeit der Publikationstätigkeit von Wissenschaftlern hingewiesen. Einem relativ raschen Anstieg nach Karrierebeginn steht nach Erreichen der maximalen Produktivität deren gradueller Rückgang im Zeitablauf gegenüber (Quetelet, 1835). Abbildung 1 zeigt dies in schematischer Weise.

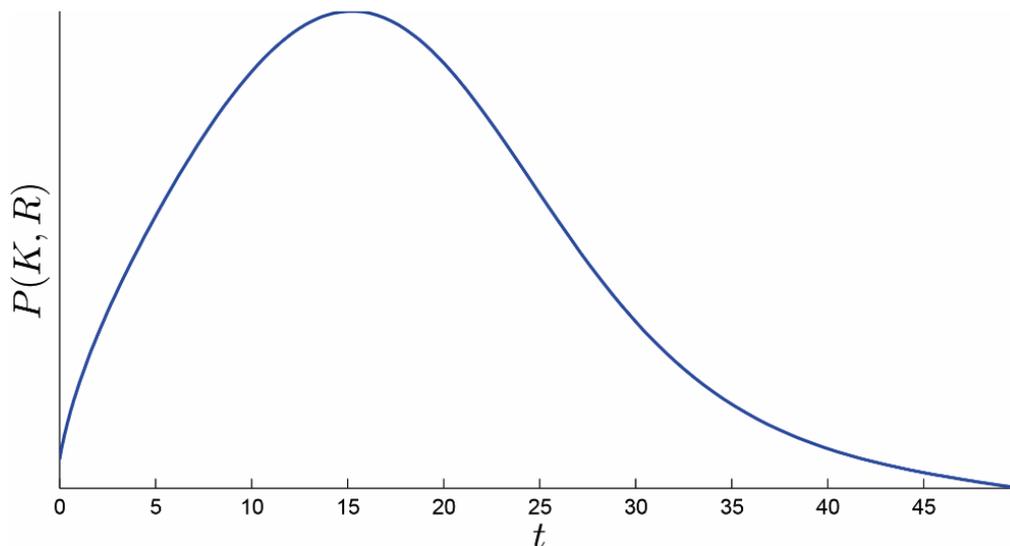


Abb.1: Verteilung wissenschaftlicher Publikationen im Zeitablauf Quelle: das in Feichtinger et al. (2018, 2019b) beschriebene Modell; Zeitnullpunkt ist Beginn der Produktivität.

Ausgangspunkt der vorliegenden Überlegungen ist ein bei den *Proceedings of the National Academy of Sciences* erschienenes Paper. Basierend auf umfangreichem Datenmaterial kommen die Autoren der Studie, Way et al. (2017), zur Einsicht, dass neben dem über die Zeit steil ansteigenden und langsam abfallenden Produktionsmuster durchaus auch andere Outputpfade existieren. Darauf wird im Abschnitt 2 über Lebenszyklusmodelle eingegangen.

Ungleichheiten in der wissenschaftlichen Produktivität treten aber nicht nur in longitudinaler Hinsicht sondern auch im Querschnitt zwischen verschiedenen Akteuren und Disziplinen auf. In Abschnitt 3 sind einige Tatsachen und Hinweise dazu zusammengestellt.

Abschnitt 4 beschließt unsere Ausführungen. Dabei wird klar, dass Lebenszyklusmodelle nur *einen* Anwendungsbereich dynamischer Optimierungsverfahren auf altersstrukturierte Probleme bilden. Vintagemodelle der Kapitalakkumulation, epidemiologische Modelle, Gesundheitsplanung sowie, last but not least, Modelle zur Behandlung der Pensionsproblematik stellen andere Gebiete dar, in denen Alter und Operations Research-Methoden eine Verbindung eingehen.

2. Lebenszyklusmodelle des Humankapitals

Das Lebensalter ist eine der maßgebenden Variablen in den Lebens- und Sozialwissenschaften. Bei der Ausbildung, Familienbildung, Erwerbstätigkeit, Freizeitgestaltung in vielen anderen Bereichen spielt das Alter eine zentrale Rolle. Seit den bahnbrechenden Arbeiten von Becker (1962) und Ben-Porath (1967) haben sich Ökonomen mit der Frage beschäftigt, in welcher effizienten Weise Investitionen ins Humankapital im Laufe des Lebenszyklus erfolgen sollen. Ihr Zugang mittels intertemporaler Optimierung zeigt, dass die Akkumulation von Wissen und Fähigkeiten in jungen Jahren geschehen soll, um die Erträge daraus über einen möglichst langen Zeitraum genießen zu können. Als charakteristisch erweisen sich dabei *eingipfelige* Verläufe der Investitions-, Kapital- und Einkommensprofile; siehe Abb.1.

Eine Reihe von Arbeiten haben Lebenszyklus-Ansätze zur Modellierung wissenschaftlicher Produktion verwendet. Man vergleiche dazu den Übersichtsaufsatz von Stephan (1996), sowie Levine und Stephan (1991).

Im Gegensatz zur Forschung in den vergangenen Jahrhunderten agiert heutzutage kaum ein Wissenschaftler mehr als Robinson Crusoe. Kennzeichnend für die Entwicklung in den letzten Jahrzehnten ist die Teamwork-Bildung, die sich in praktisch allen Disziplinen durchgesetzt hat.

In einem rezenten Ansatz haben Feichtinger et al. (2018) neben dem Stock K an Humankapital die Reputation R eines Wissenschaftlers oder einer Wissenschaftlerin mit in Betracht gezogen. Diese zusätzliche Zustandsvariable misst das Ausmaß der Vernetzung eines Forschers oder einer Forscherin innerhalb den Kollegen. Unterstellt man seine wissenschaftliche Produktion P , etwa gemessen an der Zahl der Publikationen, als sowohl vom Wissen des Forschers als auch von seinem Netzwerk abhängig, i.e. $P=P(K,R)$, und bestimmt die Investitionen in beide Kapitalstöcke optimal, so gelingt es, diverse Produktionsmuster über den Lebenszyklus zu erklären. Wie bereits eingangs erwähnt haben Way et al. (2017) anhand einer großen Stichprobe nordamerikanischer Informatiker neben dem typischen *eingipfeligen Karrieremuster* - in Abb. 2 mit Q4 bezeichnet - auch andere Verteilungen des Outputs über den Lebenszyklus festgestellt.

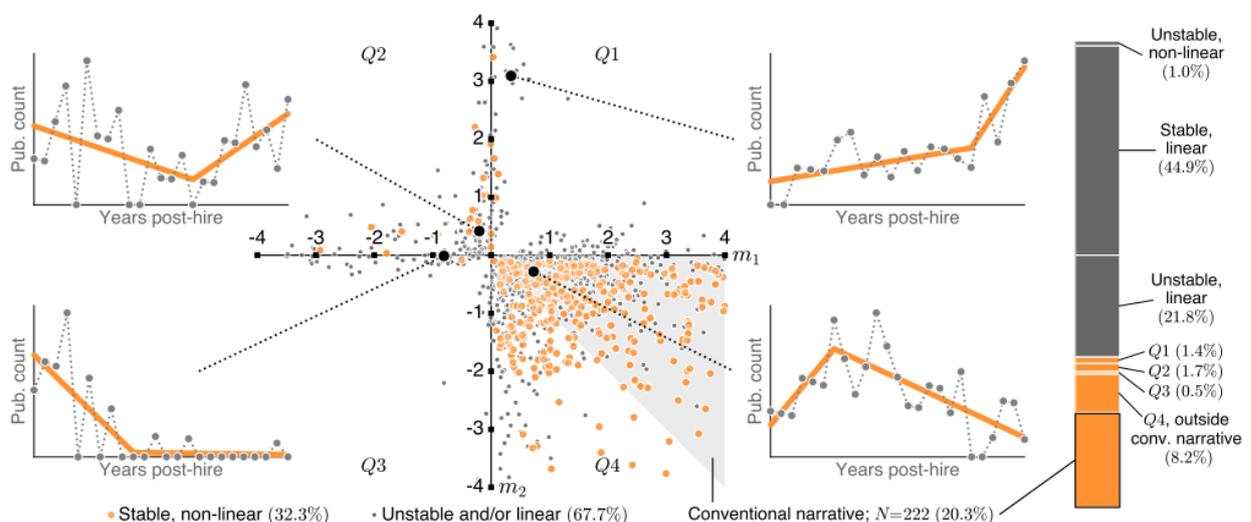


Abb.2: Verteilungen individueller wissenschaftlicher Produktivität über die Zeit seit der Erstanstellung für eine Stichprobe von ca. 2500 nordamerikanischen Informatikern. Quelle: Way et al. (2017). Für die Erlaubnis zur Reproduktion der Graphik sei dem Erstautor der Studie Dank abgestattet.

Dabei handelt es sich um den stets fleißigen Forscher bzw. der Forscherin (*busy pattern*) Q1 mit zunehmender Produktivität, den Kollegen, der einen *slump pattern* Q2 mit einem Karriereeinbruch und anschließender Erholung verfolgt, sowie um den *fading scientist* Q3, der nach seiner Anstellung laufend weniger publiziert. Ohne uns weder auf die Gründe für ein solches Verhalten noch auf die Analyse mittels des oben erwähnten Modells einzulassen, sei an dieser Stelle lediglich auf eine interessante Mehrdeutigkeit hingewiesen.

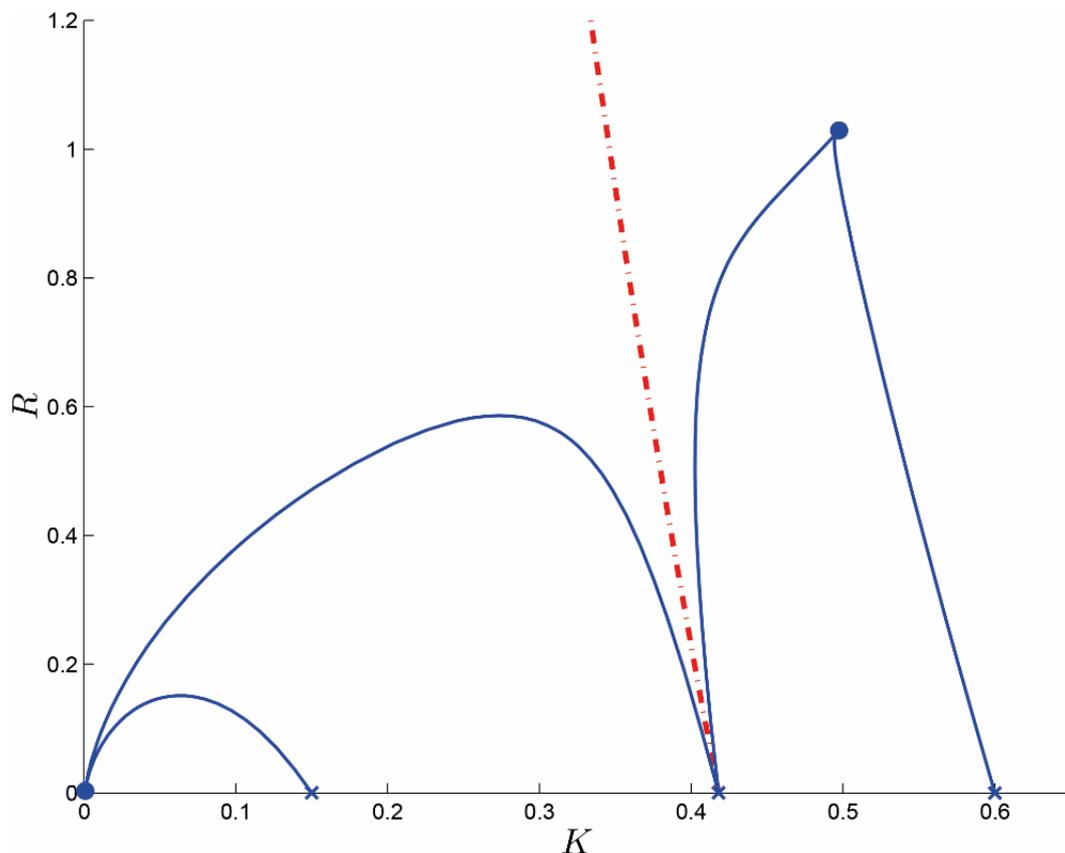


Abb.3: Porträt des (K,R) -Phasenraumes. Die Gleichgewichte sind durch fette Punkte markiert, die Skiba-Kurve (rot strich-punktiert) steht nahezu senkrecht auf die Abszisse. Sie trifft im Punkt $K(0)=K_s$, $R(0)=0$ auf die Abszisse. Die Pfade zu den Gleichgewichten sind blau eingezeichnet.

Im Phasenraum der Zustandsvariablen existiert nämlich eine Kurve, welche den (K,R) -Raum in die beiden Einzugsbereiche der zwei auftretenden Gleichgewichte teilt. Startet man auf dieser sogenannten Skiba-Kurve, so ist es möglich, sich langfristig zu jedem der beiden stationären

Punkte zu bewegen. Mehr noch: vom Kosten-Nutzen-Standpunkt aus ist es egal, zu welchem der beiden Gleichgewichte man geht. Karrieremäßig macht es allerdings einen gravierenden Unterschied, ob man in einem Zustand vergleichsweise hohen Wissens und Reputation endet oder aber im Nullpunkt.

Dabei wurde unendliches Planungsintervall unterstellt; für endlichen Zeithorizont T gelten analoge Überlegungen, wobei allerdings geeignete Restwerte für $K(T)$ und $R(T)$ festzusetzen sind. Der Fall einer auf der Schwellkurve liegenden anfänglichen positiven Kapitalausstattung $K(0)$ mit der plausiblen Anfangsreputation $R(0)=0$ wird in Abb. 4 in Form von Zeitpfaden dargestellt.

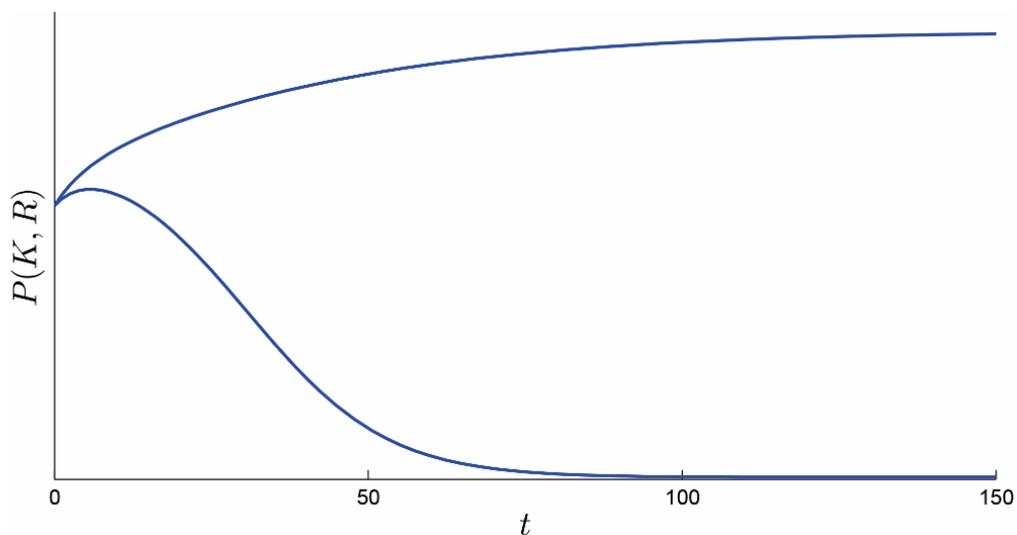


Abb. 4: Illustration zweier Produktivitätspfade, die sich - ausgehend von einem Schwellwert - dem hohen und dem niedrigen Gleichgewicht annähern und den gleichen Wert des Zielfunktionalen besitzen.

Der in Abb. 2 im Produktivitätsmuster Q2 auftretende Einbruch besitzt ein interessantes Pendant im 'Wohlbefinden' von Personen im Altersablauf. Schwandt (2016) begründet die beobachtete U-Form von 'wellbeing' mit unerfüllten Erwartungen. Anhand einer umfangreichen Stichprobe aus den Daten des Deutschen Sozio-ökonomischen Panels belegt er, dass junge Erwachsene zu hohe Erwartungen aufweisen. Bleiben diese dann in der Folge unerfüllt, führt dies zu wachsender Unzufriedenheit. Mit fortschreitenden Jahren sinken die Aspirationen und die Frustration schlägt in Zufriedenheit um.

Familiäre Probleme, Erkrankungen, Unfälle, zufällige Ereignisse verschiedenster Art können zu Abstürzen im Wohlbefinden und - parallel dazu bei Wissenschaftlern - zu Rückgängen in der Publikationstätigkeit führen. Schwandts Resultate manifestieren ein Überkreuzen der erwarteten 'life satisfaction' mit der tatsächlichen Zufriedenheit. Während diese anfänglich deutlich unter der Aspiration liegt, schließt sich die Lücke mit wachsendem Alter zunehmend, um etwa im Alter um sechzig ins Gegenteil umzuschlagen. Bemerkenswerterweise sinkt das Aspirationsniveau monoton, während das realisierte Wellbeing zunächst fällt, später jedoch

wieder ansteigt, also U-förmigen Verlauf zeigt. Eine adäquate Modellierung dieses ‘slump’-Phänomens, manchmal auch als ‘midlife crisis’ bezeichnet, als Resultat eines life cycle Modells mit zwei Zustandsvariablen ist noch ausständig.

3. Ungleichheiten in der Wissensproduktion

Wie alle Menschen sind auch Wissenschaftler ungleich in ihren Fähigkeiten, Motivationen und Lebensumständen. Goodwin und Sauer (1995) haben die personelle Ungleichheit von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen auf den Punkt gebracht: *‘While some authors publish papers like a well-oiled machine, others produce at an erratic rate, and some others show early promise but become deadwood after a certain time.’*

Rinaldi et al. (2000) hat auf substantielle Ungleichheiten in den zeitlichen Produktionsmustern berühmter Künstler, Wissenschaftler und Erfinder hingewiesen. Mittels der Interaktion zweier Variablen, der Kreativität und der Erfüllung, gelingt es den Autoren das Zustandekommen verschiedener Produktionspfade zu erklären. Im *‘Wiley Handbook of Genius’*, Simonton (2014), manifestiert sich ein reichhaltige Vielfalt an schöpferischer (d.h. wissenschaftlicher und künstlerischer) Kreativität. Vgl. insbesondere auch den in diesem Handbook of Genius erschienenen Artikel von Jones et al. (2014), in dem auf künstlerische Aspekte eingegangen wird.

Lotka (1926) hat als Erster auf die Konzentration wissenschaftlicher Publikationen auf wenige Autoren hingewiesen. Der berühmte Mathematiker und Demograph - er ist nicht nur durch das Lotka-Volterra-Modell der Populationsdynamik bekannt, sondern gilt auch als Vater der Theorie stabiler Bevölkerungen - hat sich mit der Häufigkeitsverteilung wissenschaftlicher Produktivität beschäftigt und ein Gesetz formuliert, demzufolge die Häufigkeit von Autoren mit insgesamt n Publikationen proportional zu n^{-2} ist. Ähnlich wie die Vermögen auf wenige Personen oder Nationen verteilt sind, teilt sich lediglich ein geringer Prozentsatz an Wissenschaftlern den Löwenanteil an Veröffentlichungen.

Etablierte Kollegen haben es leichter zu publizieren als Newcomer. *‘Once a Nobel laureate, always a Nobel laureate’* bringt es Merton (1968) auf den Punkt und spricht in diesem Zusammenhang vom *‘Matthäus-Effekt’*. Dem, der hat, wird gegeben, aber jenem der kaum etwas besitzt, dem wird noch genommen. So ungefähr lautet die Weisheit des Heiligen.

Die Medaille besitzt allerdings zwei Seiten. Während berühmte Wissenschaftler ihre Papers leichter unterbringen - welcher Referee würde schon eine Submission ablehnen, wenn sich ein Nobel-Preisträger unter den Autoren befindet - sind junge Forscher und Forscherinnen, die noch ohne Meriten sind, oft Gegenwind ausgesetzt. Das *‘winner- take-all’*-Prinzip stellt einen Feedback-Effekt dar, der zu einer als ungerecht empfundenen Ungleichheit führt. Feichtinger et al. (2019a) untersuchen die optimale Reaktion von Wissenschaftlern angesichts dieses Mix an negativen und positiven Rückkoppelungen.

Ein anderer Ungleichheitsaspekt ist jener der Gender-Differenzen im Publikations-Output. In der Literatur wird zwar auf bestehende Diskrepanzen in der Produktivität männlicher und weiblicher Wissenschaftler hingewiesen, eine tiefgreifende Analyse ist meines Erachtens jedoch noch ausständig. Symonds et al. (2006) verweisen auf ausgeprägte Unterschiede in den frühen Publikationsraten zwischen den Geschlechtern, die Auswirkungen auf den weiteren Karriereverlauf besitzen. Da bestehende Maßzahlen zu einer schlechteren Bewertung von Frauen führen, schlagen die Autoren ein modifiziertes ‘unbiased ranking’ vor. Der berüchtigten Meinung von Summers (2005), dass es die mangelnde angeborene Befähigung von Frauen sei, die zu ihrem geringeren Stellenwert in der Wissenschaft führt, wurde vielfach heftig widersprochen. Zitate, dass es vielmehr die systematische Benachteiligung des weiblichen Geschlechts sei, welche zu geringerer Produktivität führt, finden sich bei Symonds (2006).

Ein anderer Zusammenhang demographischer Variablen und Humankapital, bei dem monokausale Erklärungen definitiv zu kurz greifen, ist jener von Mortalität und Bildungsstand. ‘*Werdet Akademiestmitglieder und ihr lebt länger*’, ist scherzhaft argumentiert worden, als gezeigt wurde, dass sich die männlichen Mitglieder der Österreichischen Akademie der Wissenschaften einer beträchtlich höheren Lebenserwartung erfreuen dürfen als der durchschnittlich gebildete Österreicher. Die fernere Lebenserwartung eines 50-jährigen Akademiestmitgliedes liegt etwa drei Jahre über jener eines tertiär gebildeten Österreichers, der seinerseits einen dreijährigen Bonus zum Durchschnitts-Österreicher aufweist (Feichtinger et al. 2006). In anderen, vergleichbaren Ländern ist die Situation ganz ähnlich; vgl. Winkler-Dworak (2008). Ungleichheiten in der Ausbildung hängen auch entscheidend vom Einkommen ab. Gould (2012) hat die Chancen von Kindern aus Familien mit niedrigem und hohem Einkommen verglichen. Dabei zeigte sich, dass die besten aus armen Familien stammenden Studenten nur zu weniger als einem Drittel ihre Collegeausbildung beenden. Etwa der gleiche Prozentsatz der aus wohlhabendem Elternhaus kommenden schlechten Studenten sind am College erfolgreich.

In Ergänzung dieser etwas unsystematischen Betrachtungen zu diversen Aspekten der Ungleichheit in Forschung und Wissenschaft weisen wir auf einen signifikanten Unterschied zwischen Geistes- und Naturwissenschaften hin. Die wesentlichen Erkenntnisse in Physik, Chemie und Biologie sind von Forschern in jungen Jahren gewonnen worden. Newton, Darwin und Einstein waren in den Zwanzigern, als sie ihre bahnbrechenden Resultate erzielt haben. In den Geistes- und Sozialwissenschaften erfolgt dies typischerweise in etwas späteren Lebensjahren. Wie dies in den Lebenswissenschaften ist, entzieht sich der Kenntnis des Autors.

Auf die explosionsartige Vermehrung wissenschaftlicher Publikationen in den vergangenen Jahrzehnten wurde bereits eingangs hingewiesen. Dementsprechend gibt es heute ein Vielfaches an Wissenschaftlern und Forscherinnen, die diese Arbeiten hervorbringen. Natürlich sind auch die Stellen für diese Personen an Universitäten und anderen Forschungsinstitutionen gewachsen, jedoch bei weitem nicht in dem Maße wie die Anzahl der Autoren dieser Veröffentlichungen.

Milojevic et al. (2018) bemerken, dass um 1960 die durchschnittliche Karrieredauer eines Forschers 35 Jahre betragen hat, während sich diese im Laufe von 50 Jahren auf 5 Jahre verkürzt hat. Den Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen bieten sich kaum Karriereaussichten; sie

veröffentlichen ihre Doktorarbeit, schreiben vielleicht noch ein paar Papers und wandern dann in andere, meist nicht-wissenschaftliche Berufe ab.

Alter und Gender sind wichtige Charakteristika für Disparitäten in Wissenschaftskarrieren. Aber auch die Institution, an welcher ein Forscher tätig ist, kann eine entscheidende Rolle für das Vorwärtkommen spielen. Das Netzwerk dort affilierter Kollegen, die Belastung durch Lehre und Verwaltung – das alles beeinflusst die wissenschaftliche Produktivität.

Doktoranden an prestigereichen Universitätsinstituten tragen später verstärkt zur Publikationstätigkeit bei. Clauzet et al. (2015) beschreiben das ‘faculty hiring network’ an amerikanischen Elite-Universitäten, in denen die Top-Unis ihre Absolventen für die Professorenstellen austauschen.

4. Diskussion

In dieser Abhandlung haben wir ein Thema zur Diskussion gestellt, das für alle Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen von Interesse ist. Über die Produktion wissenschaftlicher Erkenntnisse zu reflektieren, insbesondere über diverse Disparitäten in der Wissensproduktion, ist Gegenstand einer sich zur Zeit entwickelnden ‘*economics or sociology of science*’.

Neben Ungleichheiten zwischen Disziplinen, Personen und Geschlechtern ist es vor allem die ausgeprägt ungleiche Verteilung der Produktivität im Laufe des Lebenszyklus von Wissenschaftlern. Das Zustandekommen der schon seit fast zwei Jahrhunderten beobachteten eingipfeligen, rechtschiefen Altersverteilung der Produktivitätsraten kann folgenderweise erklärt werden. Die frühen Karrierephasen dienen noch zur Erweiterung des Wissensstocks eines Forschers, und es bleibt nicht so viel Zeit, neue Resultate zu erzielen und zu publizieren. Erst wenn genügend Humankapital akkumuliert wurde und weniger Zeit für Lernaktivitäten verwendet werden, kommt es zu hoher Produktivität. Für deren allmählichen Abfall spielen neben altersbedingtem Nachlassen von Spannkraft und Leistungsfähigkeit des Forschers wohl auch die Obsoleszenz des Humankapitals eine Rolle. (Anders als in den Geisteswissenschaften, ist die Halbwertszeit relevanter Kenntnisse in den Naturwissenschaften zunehmend von kürzerer Dauer.)

Die in Abschnitt 2 präsentierten Resultate (Feichtinger et al. 2018) illustrieren, dass unter recht allgemeinen Bedingungen als umgekehrt U-förmige altersabhängige Publikationsraten als optimal gelten können. Für andere Parameterkonstellationen können sich allerdings auch andere Produktivitätspfade als vorteilhaft erweisen.

Eingipfelige altersabhängige Raten spielen auch in einer Reihe anderer Bereiche eine Rolle. In der Demographie besitzen altersspezifische Fruchtbarkeitsraten (Anzahl der Geborenen pro Frau nach Altersgruppen), Erstheiratsraten sowie andere Prozessintensitäten eingipfelige, rechts-schiefe Form.

Kanazawa (2003) weist auf die Ähnlichkeit wissenschaftlicher Kreativitätsraten mit Kriminalitätsraten hin. Es scheint nicht abwegig, dies als bloße formale Tatsache abzutun. Menschliche Aktivitäten scheinen gewissen Gesetzmäßigkeiten zu folgen, wozu auch abweichendes Verhalten zählen dürfte. Ein diesbezügliches Beispiel stellt der Marihuana-Konsum Jugendlicher dar, der auf einige wenige Jahre konzentriert ist¹.

Resultate über Ungleichheiten können aus mehreren Gründen Interesse beanspruchen. Für junge, am Beginn ihrer Karriere stehende Wissenschaftlerinnen, können Fakten über Ungleichheiten bei der Planung von Investitionsentscheidungen in ihr Humankapital von Interesse sein. Und Manager von Forschungseinrichtungen sowie Personalplaner sind gut beraten, sich vorab über personelle und andere Ungleichheiten zu informieren.

Was wird von wem wann entdeckt werden? Für Berufungsausschüsse, Forschungsförderungs-Organisationen (wie die NSF, DFG oder der FWF) und, last but not least, Wissenschaftsministerien stellt sich die Frage nach der Vorhersagbarkeit wissenschaftlicher Erfolge. Die unglaubliche Menge an Publikationen, produziert von Heerscharen von Wissenschaftlern führen zu schier unüberblickbaren Datenmengen. Clauset et al. (2017) weisen auf moderne digitale Analysetechniken hin, mit denen der Datenvielfalt zu Leibe gegangen wird. In Verbindung mit Data-Mining bilden bibliographische Datenbasen wie Google Scholar, JSTOR u. a. m. eine Grundlage einer science of science.

Die Frage erhebt sich, welche Einsichten aus dem umfangreichen Datenmaterial gewonnen werden können. Kann es etwa gelingen, entscheidende Fortschritte in der Wissenschaft vorauszusagen? Bis zu einem gewissen Grad schon, wenn man sich der Unterteilung der Autoren in erwartbare und unerwartete Entdeckungen anschließt. Manchmal fehlt zur Lösung eines wissenschaftlichen Rätsels nur noch ein ‘missing link’, wie es etwa beim Nachweis der Gravitationswellen oder des Higgs Bosons der Fall war. Andere Durchbrüche in der Forschung werden erst durch neue Wendungen und Zugänge ermöglicht, die sich erst im Laufe des Forschungsprozesses ergeben und daher mit bestem Willen nicht vorhersagbar sind. Beim Großen Fermatschen Satz war es naheliegend, dass ein Beweis früher oder später gelingen würde. Gödels Unvollständigkeits-Resultat kam aus heiterem Himmel und erschütterte David Hilberts Versuch einer Konsolidierung der Fundamente der Mathematik entscheidend.

Von der Matthäus-Rückkoppelung war bereits oben die Rede. Wo Tauben schon sind, dort fliegen auch welche hin. Ähnliche Effekte bestimmen auch die Zitierhäufigkeit wissenschaftlicher Arbeiten. Prominente Autoren erhöhen die Sichtbarkeit von Publikationen. Die Kollegen lesen sozusagen beim Schmid nach und nicht beim Schmidl, um ein heimisches Sprichwort zu gebrauchen. Aber weshalb werden manche Papers so viel häufiger zitiert als vergleichbare andere - eine weiterer bemerkenswerter Ungleichheitsaspekt in der Wissenschaft der Wissenschaft. Manche Veröffentlichungen lösen gleich nach ihrem Erscheinen einen regelrechten ‘Zitationsboom’ aus, andere bleiben Jahrzehntlang ‘sleeping beauties’, die auf den Prinzen warten, der sie wachküst.

¹ In den USA weist der Konsum dieser Einstiegsdroge einen scharf ausgeprägten ‘peak’ in der Altersgruppe 17-jähriger auf (vgl. Almeder et al. 2004).

Das 1958 erschienene Paper von Rosenblatt über neurale Netzwerke bildet ein schlagendes Beispiel hierfür. Es wäre interessant, einen Ansatz zu untersuchen, in dem Quantum und Timing der Zitierhäufigkeit von Arbeiten modelliert werden kann.

Clauset et al. (2017) weisen auf eine andere datengetriebene Einsicht hin. Zwischen dem Timing einer Entdeckung im Karriereablauf eines Forschers und deren Impact besteht keine Korrelation. Die Feststellung, dass bahnbrechende Durchbrüche meist jungen Wissenschaftlern gelingen, liegt darin, dass diese produktiver sind als später. Als produktivste Jahre erweisen sich einfach die ersten acht nach Karriereeintritt.

Der Matthäus-Effekt kann junge Wissenschaftler veranlassen, sich an die Mainstreams anzupassen und non-konformistische Ideen beiseite zu schieben. Risikoaverse Forschung birgt die Gefahr versäumter Innovationen. Auch der allgegenwärtige Hinweis von Evaluatoren von Projektvorschlägen, deren Anwendungsbezug zu betonen, kann sich konterproduktiv auf den wissenschaftlichen Fortschritt auswirken. In diesem Zusammenhang ist auch die Anregung der angeführten Autoren zu verstehen, ökologische bzw. evolutionäre Konzepte in der science of science zu verwenden. Ein Verlust der Diversität der Forschungsansätze läuft in Gefahr wichtige Innovationen nicht zu realisieren.

*

Das Alter zählt zu den wichtigsten Variablen nicht nur in der Demographie. Die meisten physiologischen und kognitiven Eigenschaften sind altersabhängig; vgl. (Skirbekk 2004). Die effiziente Akkumulierung von Humankapital zählt zu den wichtigen Anwendungsbereichen der Kontrolltheorie in der mathematischen Ökonomie; vgl. Ben-Porath (1967), Blinder und Weiss (1976).

Daneben bilden Vintage-Ansätze zur optimalen Kapitalentwicklung ein anderes wichtiges Anwendungsgebiet altersstrukturierter Modelle. Während bei Lebenszyklusmodellen einzelne ökonomische Agenten bzw. Kohorten von solchen im Zeit- (sprich:) Altersablauf verfolgt und mittels *gewöhnlicher* Differentialgleichungen modelliert werden, werden bei Vintage-Modellen sukzessive Jahrgänge von capital vintages untersucht, wobei *partielle* Differentialgleichungen zum Einsatz kommen; vgl. etwa Feichtinger et al. (2003), Feichtinger et al. (2006). Die McKendrick partielle Differentialgleichung spielt in der Populationsdynamik sowie in der Epidemiologie eine wichtige Rolle; vgl. auch Keyfitz and Keyfitz (1997).

Die Optimierung derartiger altersstrukturierter Probleme erfolgt über das Maximumprinzip für Kontrollsysteme mit verteilten Parametern (einen Einstieg dazu liefern Grass et al. (2008, Kap. 8.3). Kuhn et al. (2011, 2015) liefern interessante Anwendungen in der Gesundheitsökonomie und Pensionierung.

*

Auf die Bedeutung der wissenschaftlichen Forschung für die Wirtschaftsentwicklung wurde bereits eingangs hingewiesen. Obwohl von Ökonomen, Soziologen und Vertretern anderer Bereiche interessante Einsichten erzielt worden sind, kann von einer 'economics of science' noch nicht die Rede sein. Zu komplex ist der Prozess der Wissensgewinnung und Vermarktung gewonnener Resultate. Abfassung von Projektvorschlägen, Begutachtung derselben, Durchführung der Forschungsanliegen, Vorbereitung der Veröffentlichungen, Auseinandersetzung mit den Gutachtern wissenschaftlicher Journale - all das u. a. m. verzahnt sich in einem Mehrpersonenspiel, in dem der Zufall eine wesentliche Rolle spielt. Manchmal ist es die Auswahl der Gutachter, die darüber entscheidet, ob sich ein Forscher frustriert abwendet oder bei der Stange bleibt.

David (1992) vergleicht den NSF (nationale Forschungsförderungsorganisation der USA) mit einem gigantischen Glücksspielautomaten und regt an, quantitative Modelle zur Analyse interagierender Prozesse in der Wissenschaftsproduktion zu bauen. Dies bietet die Hoffnung, Einsichten in das Zusammenspiel der Subprozesse zu gewinnen, und hilft die Sensitivität geeigneter Maßnahmen zu ihrer Steuerung abzuschätzen.

Eine zentrale Fragestellung, die man mit derartigen Modellen anzupacken versuchen könnte, wäre jene nach den Ursachen für die vielfältigen Ungleichheiten in der wissenschaftlichen Produktion. Ist es die 'eingepflanzte' Anfangsausstattung an Humankapital, der sogenannte 'heilige Funke', der zur herrschenden Ungleichheit zwischen den Wissenschaftlern führt? Oder aber sind es Rückkoppelungsaffekte, die zu ungleichen Produktionsmustern führen? Hier liegt ein interessantes, zukunftsträchtiges, wenn auch nicht einfach zu behandelndes Gebiet das last but not least dem OR zugerechnet werden kann.

*

Nachlassende körperliche und geistige Spannkraft kann fatale Folgen für die Schaffenskraft haben. Alte Forscher seien weniger innovativ, wird argumentiert, und verbauen jungen, aufstrebenden Kollegen den Aufstieg.

'Als alter Esel ist man auf den Hund gekommen, nach dem kein Hahn mehr kräht und wo alles für die Katz' ist.' So wird es in der Einführung des lesenswerten Heftes über die Altersproblematik in der Wissenschaft (BBAW, 2011) launig formuliert. Wie steht es mit alternden Wissenschaftlern? Die Altersstruktur der Wissenschaftler an amerikanischen Universitäten und Forschungsinstituten hat sich im vergangenen Vierteljahrhundert erheblich verändert. Seitdem 1994 die Pensionsgrenze dem Gesetz gegen Altersdiskriminierung zum Opfer gefallen ist, waren 2008 erst 60 Prozent der 72-jährigen Wissenschaftler pensioniert. Viele über 70-jährige sind nun als Principal Investigators tätig (Weingart und Winterhager, 2011).

Der Autor dieser Zeilen ist seit einer Dekade emeritiert und längst kein P.I. mehr. Dennoch verbringt er einen Gutteil seiner Zeit am OR-Institut, das er einst geleitet hat. Die Chance, mit jungen, innovativen Kollegen und Kolleginnen zusammenzuarbeiten, ist verlockend. Die von ihm durchgeführten Berechnungen sind zwar nicht immer stimmig, aber die Neugier nach neuen Einsichten dominiert.

Danksagung. Folgende Personen haben mich bei der Abfassung der vorstehenden Überlegungen unterstützt, denen an dieser Stelle Dank abgestattet wird: Fouad El Ouardighi, Emanuel Gasteiger, Dieter Grass, Margit Kainerstorfer, Peter M. Kort, Raimund Kovacevic, Andy Novak, Stefan Pickl, Miguel Sanchez-Romero, Andrea Seidl sowie Maria Winkler-Dworak.

References

- Almeder C, Caulkins JP, Feichtinger G, Tragler G (2004) An age-structures drug initiation model - cycles of drug epidemics and optimal prevention programs. *Socio-Economic Planning Sciences* 38: 91-109
- Becker GS (1962) Investment in human capital: A theoretical analysis. *Journal of Political Economy* 70(5):9–49, DOI 10.2307/1829103
- Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (2011) Das Alter (in) der Wissenschaft. *Gegenworte, Hefte für den Disput über Wissen* 25
- Blinder AS, Weiss Y (1976) Human capital and labor supply: a synthesis. *Journal of Political Economy* 84: 449-472
- Clauset A, Arbesman S, Larremore DB (2015) Systematic inequality and hierarchy in faculty hiring networks. *Scienc Advancement*, 1-6
- Clauset A, Larremore DB, Sinatra R (2017) Data-driven predictions in the science of science. *Science* 355: 477-480
- David PA (1992) Positive feedbacks and research productivity in science: reopening another black box. Working Paper, All Souls College, Oxford

- Feichtinger G, Grass D, Kort PM (2018) Optimal scientific production over the life cycle, Research Report 2018-09, ORCOS, Vienna University of Technology, Institute of Statistics and Mathematical Methods in Economics, Operations Research and Control Systems, erscheint im Journal of Economic Dynamics and Control
- Feichtinger G, Grass D, Kort PM (2019a) Early impediment for human capital accumulation: The loser takes (almost) nothing. ORCOS Research Report
- Feichtinger G, Grass D, Winkler-Dworak MG (2019b) The mathematics of ageing. VID Working Papers, submitted to CEJOR
- Feichtinger G, Hartl RF, Kort PM, Veliov V (2006) Anticipation effects of technological progress on capital accumulation: a vintage capital approach. Journal of Economic Theory 126: 143-164
- Feichtinger G, Tragler G, Veliov VM (2003) Optimality conditions for age-structured control systems. Journal of Mathematical Analysis and Applications 288(1): 47–68
- Feichtinger G, Winkler-Dworak M, Freund I, Fürnkranz- Prskawetz A (2006b) Zur Altersdynamik gelehrter Gesellschaften- dargestellt am Beispiel der ÖAW. Anzeiger der phil-hist Klasse 141(2):43–74
- Goodwin TH, Sauer RD (1995) Life cycle productivity in academic research: Evidence from cumulative publication histories of academic economists. Southern Economic Journal 61(3): 728–743
- Gould E (2012) High-scoring, low income students no more likely to complete college than low-scoring rich students. EPI (March)
- Kanazawa S (2003) Why productivity fades with age: The crime–genius connection. Journal of Research in Personality 37(4):257–272
- Grass D, Caulkins JP, Feichtinger G, Tragler G, Behrens DA (2008) Optimal control of nonlinear processes. Berlin: Springer
- Keyfitz BL, Keyfitz N (1997). The McKendrick partial differential equation and its uses in epidemiology and population study. Mathematical Computer Modelling 26(6): 1-9
- Kuhn M, Wrzaczek S, Prskawetz A, Feichtinger G (2011) Externalities in a Life-Cycle Model with Endogenous Survival, Journal of Mathematical Economics 47: 627-641
- Kuhn M, Wrzaczek S, Prskawetz A, Feichtinger G (2015) Optimal health and retirement over the life-cycle. Journal of Economic Theory 158: 186-212
- Levin SG, Stephan PE (1991) Research productivity over the life cycle: Evidence for academic scientists. The American Economic Review 81(1): 114–132
- Lotka AJ (1926) The frequency distribution of scientific productivity. Journal of the Washington Academy of Sciences 16(12): 317-323

- McDowell J M (1982) Obsolescence of knowledge and career publication profiles: some evidences of differences among fields in costs of interrupted careers. *The American Economic Review* 72 (4):752-768
- Merton RK (1968) The Matthew Effect in science. *Science* 159 (3810): 56-63
- Milojevic S, Radicchi F, Walsh JP (2018) Changing demographics of scientific careers: The rise of the temporary workforce. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115: 12616-12623
- Novak A, Feichtinger G (2019) Accumulation and obsolescence of research knowledge. ORCOS Research Report
- Quetelet LAJ (1835) *Sur l'homme et le développement de ses facultés, ou Essai de physique sociale*. Bachelier imprimeur- libraire, Paris
- Rinaldi S, Cordone R, Casagrandi R (2000) Instabilities in creative professions: A minimal model. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences* 4(3):255–273
- Rosenblatt F (1958) The perceptron – a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review* 65
- Sánchez-Romero M, Ediev D, Feichtinger G, Prskawetz A (2017) How many old people have ever lived? *Demographic Research* 36:1667–1702
- Simonton DK (2014) *The Wiley Handbook of Genius*. John Wiley & Sons
- Skirbekk V (2004) Age and individual productivity: A literature survey. *Vienna Yearbook of Population Research*: 133–153
- Stephan PE (1996) The economics of science. *Journal of Economic Literature* 34(3): 1199–1235
- Summers L H (2005) Remarks at NBER conference on diversifying the science and engineering workforce. January
- Symonds MR, Gemmell NJ, Braisher TL, Gorringer KL, Elgar MA (2006) Gender differences in publication output: towards an unbiased metric of research performance. *PloS One* 1(1): e127
- Way SF, Morgan AC, Clauset A, Larremore DB (2017) The misleading narrative of the canonical faculty productivity trajectory. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(44): E9216–E9223
- Weingart P, Winterhager M (2011) Altern in und Altern der Wissenschaft. *Gegenworte. Das Alter (in) der Wissenschaft*. 25. Heft (Frühjahr)
- Winkler-Dworak M (2008) The low mortality of a learned society. *European Journal of Population/Revue Européenne de Démographie* 24(4): 405–424