

**Der Beitrag österreichischer
Erfindungen zur Entwicklung von
Schlüsseltechnologien
Ergebnisse auf der Grundlage eines
neuen Patentanzeigers**

Andreas Reinstaller, Peter Reschenhofer

Wissenschaftliche Assistenz: Kathrin Hofmann



Der Beitrag österreichischer Erfindungen zur Entwicklung von Schlüsseltechnologien

Ergebnisse auf der Grundlage eines neuen Patentanzeigers

Andreas Reinstaller, Peter Reschenhofer

März 2017

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Im Auftrag des Rates für Forschung und Technologieentwicklung

Begutachtung: Jürgen Janger • Wissenschaftliche Assistenz: Kathrin Hofmann

Inhalt

Die vorliegende Studie präsentiert eine neue Analyse der Bedeutung von Patentanmeldungen in sechs Technologiefeldern, die von der Europäischen Kommission als Schlüsseltechnologien, oder Key Enabling Technologies (KETs) definiert werden, sowie der Biotechnologie. Demnach steuern in Österreich in allen Technologiefeldern österreichische Erfinder und Erfinderinnen Patente mit einer hohen Bedeutung für das jeweilige Technologiefeld bei, und die Bedeutung von Erfindungen mit österreichischer Beteiligung nahm in den vergangenen zehn Jahren in jedem Technologiefeld teilweise stark zu. Dies trifft vor allem in den Bereichen fortschrittliche Werkstoffe und fortschrittliche Fertigungstechnik sowie in geringerem Maße der Photonik zu. Auch in der Biotechnologie gewannen Erfindungen mit österreichischer Beteiligung erheblich an Bedeutung. In diesen Bereichen entwickelte sich Österreich in den letzten 20 Jahren zu einem wichtigen Akteur in Europa und weltweit. Trotz der zunehmenden Bedeutung österreichischer Beiträge zu diesen Technologien stammen jedoch bahnbrechende, paradigmengestaltende Erfindungen ("Superpatente") nicht aus Österreich. Solche "Superpatente" liegen zumeist neuen Industriezweigen zugrunde und erzielen auch die höchsten wirtschaftlichen Erträge.

Rückfragen: andreas.reinstaller@wifo.ac.at, peter.reschenhofer@wifo.ac.at, kathrin.hofmann@wifo.ac.at

2017/065/A/WIFO-Projektnummer: 5616

© 2017 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Inhalt

Einleitung	4
Der PageRank Ansatz zur Messung der Bedeutung von Erfindungen und des Beitrags einzelner Länder zur Entwicklung eines Technologiefeldes illustriert am Beispiel der Biotechnologie	8
Einige stilisierte Fakten über den technischen Wandel und deren Messung anhand von Patentdaten	8
Ein Patentanzeiger der Bedeutung der erfinderischen Tätigkeit eines Landes auf dem Gebiet der Biotechnologie	18
Der österreichische Beitrag zur Entwicklung wichtiger Schlüsseltechnologien	22
Industrielle Biotechnologie	22
Nanotechnologie	28
Mikro- und Nanoelektronik	33
Photonik	38
Fortschrittliche Werkstoffe	43
Fortschrittliche Fertigungstechniken	48
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	53
Literatur	54

Abbildungen

Abbildung 1: Pareto-Plots zur Darstellung von Verteilung der Bedeutung von Patenten in der Biotechnologie.....	14
Abbildung 2: Entwicklung des Wissensraumes in der Biotechnologie (allgemein)	16
Abbildung 3: Bedeutung österreichischer Erfindungen in der Biotechnologie im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen	21
Abbildung 4: Bedeutung österreichischer Erfindungen in der industriellen Biotechnologie im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen	23
Abbildung 5: Entwicklung des Wissensraumes in der industriellen Biotechnologie	24
Abbildung 6: Bedeutung österreichischer Erfindungen in der Nanotechnologie im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen	29
Abbildung 7: Entwicklung des Wissensraumes in der Nanotechnologie	30
Abbildung 8: Bedeutung österreichischer Erfindungen in der Mikro- und Nanoelektronik im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen	34
Abbildung 9: Entwicklung des Wissensraumes in der Mikro-und Nanoelektronik	35
Abbildung 10: Bedeutung österreichischer Erfindungen in der Photonik im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen	39
Abbildung 11:Entwicklung des Wissensraumes in der Photonik	40
Abbildung 12: Bedeutung österreichischer Erfindungen bei fortschrittlichen Werkstoffen im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen	44
Abbildung 13: Entwicklung des Wissensraumes bei fortschrittlichen Werkstoffen	45
Abbildung 14: Bedeutung österreichischer Erfindungen bei fortschrittlichen Fertigungstechniken im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen	49
Abbildung 15: Entwicklung des Wissensraumes bei fortschrittlichen Fertigungstechniken.....	50

Tabellen

Tabelle 1a: Ermittelte Rangordnung der Bedeutung von Patenten nach PageRank für das Technologiefeld Biotechnologie; globales Ranking über alle Prioritäten und Meldeämter/Meldeverfahren, Top 25	11
Tabelle 1b: Höchstgereichte Patente in der Biotechnologie; EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung	13
Tabelle 2: Zitationen nach Alter der Anmeldung (Prioritätsdatum) für alle EPA Anmeldungen, fortschrittliche Fertigungstechnik und Biotechnologie; Anteile der Altersgruppe nach Zitationsklasse aller EPA Anmeldungen.....	13
Tabelle 3: Technologieklassen im Wissensraum der Biotechnologie mit dem höchsten PageRank-Bedeutungsgewicht, für EPA Patente und EPA Patente mit österreichischer Beteiligung	17
Tabelle 4: Wichtigste Technologiefelder in der industriellen Biotechnologie seit 2010. EPA Anmeldungen global und mit österreichischer Beteiligung; vgl. Abbildung 5.	25
Tabelle 5: Höchstgereichte Patente in der industriellen Biotechnologie. EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung.	26
Tabelle 6: Wichtigste Technologiefelder in der Nanotechnologie seit 2010. EPA Anmeldungen global und mit österreichischer Beteiligung; vgl. Abbildung 7	31
Tabelle 7: Höchstgereichte Patente in der Nanotechnologie. EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung.	32
Tabelle 8: Wichtigste Technologiefelder in der Mikro- und Nanoelektronik seit 2010. EPA Anmeldungen global und mit österreichischer Beteiligung; vgl. Abbildung 9.	36
Tabelle 9: Höchstgereichte Patente in der Mikro- und Nanoelektronik. EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung.	37
Tabelle 10: Wichtigste Technologiefelder in der Photonik seit 2010. EPA Anmeldungen global und mit österreichischer Beteiligung; vgl. Abbildung 11.	41
Tabelle 11: Höchstgereichte Patente in der Photonik. EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung.....	42
Tabelle 12: Wichtigste Technologiefelder bei fortschrittlichen Werkstoffen seit 2010. EPA Anmeldungen global und mit österreichischer Beteiligung; vgl. Abbildung 13.	46
Tabelle 13: Höchstgereichte Patente in den fortschrittlichen Werkstoffen. EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung.	47
Tabelle 14: Wichtigste Technologiefelder in der fortschrittlichen Fertigungstechnologie seit 2010. EPA Anmeldungen global und mit österreichischer Beteiligung; vgl. Abbildung 15. ..	51
Tabelle 15: Höchstgereichte Patente in der fortschrittlichen Fertigungstechnologie. EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung.....	52

Einleitung

Die vorliegende Studie verfolgt zwei Ziele. Einerseits soll sie einen Überblick über die technologische Leistungsfähigkeit Österreichs in strategisch wichtigen Schlüsseltechnologien bieten. Andererseits wird in dieser Studie ein neuer Indikator präsentiert, der wichtige allgemeingültige Merkmale technologischer Entwicklungen anhand von Patentdaten abbildet und damit ein genaueres Bild über die Bedeutung von Erfindungen aus Österreich zur technologischen Entwicklung in den einzelnen Technologiefeldern darzustellen vermag.

Unter die Schlüsseltechnologien (KET - key enabling technologies) nach Definition der Europäischen Kommission fallen die industrielle Biotechnologie, Mikro- und Nanoelektronik, Nanotechnologie, Photonik, fortschrittliche Fertigungstechnologien und fortschrittliche Materialtechnik. Die Europäische Kommission hat aufgrund der zu erwartenden wichtigen, langfristigen Wachstumsimpulse für die Europäische Wirtschaft im Jahr 2009 für diese Technologien eine Entwicklungsstrategie präsentiert¹. Seit 2013 hat sie Länderberichte und einen Anzeiger zur Entwicklung und Bedeutung dieser Technologien in den Mitgliedsstaaten vorgelegt.²

Die aktuellsten Daten dieses Anzeigers, die auf das Jahr 2013 Bezug nehmen, zeigen, dass Österreich in den Technologiefeldern fortschrittliche Fertigungstechnik, Photonik und Mikro-/Nanoelektronik zu den Europäischen Spitzenreitern sowohl in der Generierung von Technologien als auch in der Produktion und dem Export entsprechender Waren gehört. In der fortschrittlichen Materialtechnik hingegen reiht sich Österreich in der Generierung von Technologien, weniger aber in der Produktion und dem Export, unter den Spitzenreitern in Europa ein. In der Nano- und der industriellen Biotechnologie liegt es vor allem mit Blick auf die erfinderische Tätigkeit auf den hinteren Rängen der europäischen Mitgliedsstaaten. 2013 betrug der Exportanteil von Waren, die diesen Technologiefeldern zugeordnet werden können, etwas über 18% an den Gesamtexporten. Österreich gehört somit in einigen Schlüsseltechnologien nicht nur zu den Europäischen Technologieführern, sondern diese Technologiefelder spielen insgesamt auch für die österreichische Exportwirtschaft eine bedeutende Rolle (vgl. auch Reinstaller 2014).

Im KET Anzeiger der Europäischen Kommission wird die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes, oder die „Produktion von Technologien“ anhand von Patentindikatoren auf der Grundlage einfacher Zählungen von Patentanmeldungen in einem Technologiefeld gemessen. Diese Indikatoren umfassen u.a. klassische Spezialisierungsindikatoren wie den sog. offenbarten technologischen Vorteil (RTA; revealed technological advantage), der die Bedeutung der Patentanmeldungen in einem Technologiefeld relativ zu allen Patentanmeldungen eines Landes misst, oder der Anteil der Patentanmeldungen eines

¹ Vergleich: Europäische Kommission (2009).

² Vgl. Der Anzeiger kann auf der Internetseite <http://www.ketsobservatory.eu> abgerufen werden. Das nicht mehr ganz aktuelle Länderprofil zu Österreich stammt aus dem Jahr 2012 und bietet eine Zusammenfassung relevanter technologiepolitischer Maßnahmen in Österreich auf dem Gebiet dieser Technologien zu jenem Zeitpunkt: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/kets-tools/sites/default/files/policy/AUSTRIA.pdf>.

Landes in einem Technologiefeld an allen Patentanmeldungen in dem Technologiefeld weltweit oder in einer spezifischen geographischen Region.

Wenn es das Ziel ist, anhand der Indikatoren die Schwerpunkte und das Ausmaß von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in einem Land relativ zu anderen abzubilden, so sind derartige Indikatoren ausreichend informativ.³ Die stellen einen Näherungswert für den Wissensstock in einer Volkswirtschaft und dessen Spezialisierung dar, geben aber keine Auskunft über dessen technologischen oder ökonomischen Wert oder dessen Produktivität. Ein absolutes oder relatives „Mehr“ an Patentanmeldungen in einem Technologiefeld gegenüber anderen Ländern entspricht nicht notwendigerweise einer höheren technologischen Leistungsfähigkeit oder Innovationstätigkeit, und schon gar nicht der Fähigkeit wirtschaftlich bedeutendes und wertvolles intellektuelles Eigentum zu schaffen.⁴

Wenn das Anliegen ist die technologische oder wirtschaftliche Bedeutung der erfinderischen Tätigkeit eines Landes in einem Technologiefeld abzubilden, dann wird zumeist auf gewichtete Patentzählungen und daraus abgeleitete Indikatoren zurückgegriffen. Die Gewichtung erfolgt dabei durch die Anzahl der Zitationen, die eine Patentschrift durch spätere Patentanmeldungen (Vorwärts-Zitationen) in einem gewissen Zeitraum erhalten hat (vgl. Trajtenberg 1990). Diese Vorwärts-Zitationen werden als ein Maß dafür gesehen, inwieweit eine frühere Erfindung spätere Erfindungen und damit den Stand der Technik in einem technologischen Gebiet bestimmt.⁵ Unterschiedliche Forschungsvorhaben haben den Zusammenhang zwischen dem wirtschaftlichen Wert von Patenten (z.B. Harhoff et al 1999), dem Unternehmenswert (z.B. Hall et al 1991, 2005) und der Innovationsleistung (z.B. Hagedoorn und Clodt 2003) und den Vorwärts-Zitationen in Patenten untersucht. Dabei

³ Es gibt Vorbehalte mancher Autoren Patentindikatoren als Maß der Innovationstätigkeit zu verwenden, da technologische Entwicklungen und Erfindungen nicht immer patentiert und z.B. durch Geheimhaltung geschützt werden. Dies hängt maßgeblich von den Technologiefeldern ab, die unterschiedlichen Industrien zugrunde liegen. Dadurch sind vor allem zwischen Industrien wichtige Unterschiede in der Neigung, Erfindungen zu patentieren, zu erkennen. Diese sind in erster Linie auf die Bedeutung von Patenten als Mittel zum Schutz intellektuellen Eigentums zurückzuführen, die in Industrien, in denen der Wissensaufbau sehr kumulativ ist, höher ist. Bei Ländervergleichen kann dies bei unterschiedlichen Industriestrukturen zu Verzerrungen führen. Auch die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Schutz intellektuellen Eigentums spielen bei der Nutzung von Patenten eine wichtige Rolle. Sind diese günstig für die Eigentümer von intellektuellen Eigentumsrechten, so steigt auch die Neigung Patente anzumelden an. Da in der vorliegenden Arbeit aber lediglich die Patentanmeldungen in einzelnen Technologiefeldern und für Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt analysiert werden, treffen diese Kritikpunkte nur sehr bedingt zu.

⁴ Vgl. z.B. Gallini (2002), S. 137-138 bzw. Nagaoka et al (2010), S. 1105 ff., für eine Darstellung möglicher Einschränkungen. Es sei auch nochmals daran erinnert, dass Patente nicht mit Innovationen gleichzusetzen sind. Viele werden niemals wirtschaftlich verwertet und sind deshalb keine Innovationen, während viele Innovationen nicht durch Patente geschützt werden.

⁵ In der Literatur wird häufig auch unterstellt, dass derartige Zitationen eine explizite Wissensübertragung zwischen Erfindungen abbilden. Diese Interpretation ist jedoch nicht zulässig. Wie Alcacer et al (2009) für US Patentanmeldungen gezeigt haben, wird die überwiegende Mehrzahl der in einer Patentschrift enthaltenen Zitate durch die Patentprüfer eingefügt. Viele Zitationen werden auch durch Patentanwälte oder Erfinder erst nach der Erfindung ermittelt und in die Patentschrift aufgenommen. Die Zitationen sollten daher so interpretiert werden, dass sie Stand der Technik darstellen und durch die explizite Zitation in einer späteren Patentschrift deren Ansprüche direkt oder in Kombination mit anderen Zitationen beeinflussen (zumeist einschränken).

wurde ein statistisch belastbarer, positiver Zusammenhang zwischen dem wirtschaftlichen Wert von Patenten und deren Vorwärts-Zitationen belegt.⁶

Ein wichtiger Kritikpunkt an zitationsgewichteten Zählungen und darauf aufbauenden Indikatoren liegt aber darin, dass sie das Problem, das mit einfachen Zählungen einhergeht, nur bedingt lösen. Vorwärts-Zitationen haben keine Bedeutung, wenn sie von Patenten stammen die selbst nur eine geringe Qualität i.S. einer Bedeutung für den technischen Fortschritt in einem Gebiet bzw. einen geringen ökonomischen Wert haben. Atallah und Rodriguez (2006) argumentieren, dass ein Patent eine höhere technologische und wirtschaftliche Bedeutung hat, wenn es von Patenten zitiert wird die selbst von hoher Qualität sind. Damit wird angenommen, dass eine Erfindung umso bedeutender ist, je wichtiger sie für spätere einflussreiche Erfindungen ist. Die Plausibilität dieser Annahme mit Blick auf neuere Erkenntnisse zur Dynamik technischen Wandels wird im nächsten Abschnitt vorgenommen. Darüber hinaus stellt sich aber auch die Frage, inwieweit sich dies methodisch über alle Patente, die in Zitationsnetzwerken miteinander verknüpft sind, ermitteln lässt.

Reinstaller und Reschenhofer (2017) haben vorgeschlagen, derartige Berechnungen anhand des sog. PageRank-Verfahrens (PR-Verfahren) und anderer Eigenvektormaße für Netzwerkzentralität durchzuführen. Die vorliegende Studie baut auf diese Arbeit auf. Die entsprechenden methodischen Überlegungen werden ebenso im kommenden Abschnitt dieser Studie am Beispiel der Biotechnologie im Allgemeinen dargelegt.⁷

Im letzten Teil der Studie wird der neue Indikator verwendet, um einen neuen Anzeiger zu berechnen, der den Beitrag österreichischer Erfinder zur Entwicklung von Schlüsseltechnologien misst. Die Ergebnisse weichen von jenen des Anzeigers für

⁶ Der ökonomische Wert von Zitationen auf ein Patent begründet sich im Umstand, dass mit der manifesten technologischen Bedeutung eines Patents einerseits die Unsicherheit über dessen Wert abnimmt, wodurch die Verwertung erleichtert wird (und zu weiteren Innovationen führen kann), andererseits aber auch dessen (erwarteter) Lizenzwert steigt. Giuri et al (2007) zeigen aufgrund einer umfassenden Erhebung unter Erfindern in mehreren EU Ländern, dass die Beziehung zwischen Vorwärts-Zitationen und dem (geschätzten) Patentwert zwar positiv aber insgesamt wenig stark sein könnte, als dies die hier zitierte Literatur unterstellt. Ein Problem, der dem Aufsatz von Giuri et al (2008) zugrundeliegenden Erhebung, ist aber, dass sie eine starke Selektionsverzerrung hin zu erfolgreichen Patenten aufweist. In diesem Fall, verlieren Vorwärts-Zitationen als Unterscheidungsmerkmal zwischen ökonomisch wichtigen und weniger wichtigen Patenten an Bedeutung. Zudem wurden wichtige Aspekte der Patentnutzung, wie sie von Abrams et al (2013) ausgearbeitet werden, nicht berücksichtigt. Letztere zeigen anhand eines proprietären, unternehmensspezifischen Datensatz, dass ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang zwischen Vorwärts-Zitationen und dem Patentwert besteht, d.h. Patente, die von Unternehmen als besonders wertvoll eingestuft werden, sind häufig solche, die wenig zitiert werden. Dabei handelt es sich primär um sog. Sperrpatente, die es Dritten unmöglich machen sollen eine Erfindung zu nutzen. Sie werden dafür verwendet marktbeherrschende Positionen im Wettbewerb aufzubauen bzw. zu bewahren und beschränken dadurch die Diffusion einer Technologie und unterbinden technischen Wandel außerhalb der Unternehmen, die diese Sperrpatente nutzen (vgl. auch Watzinger et al 2017). Im Zentrum dieser Arbeit steht nicht die Bewertung von Innovations-, sondern von technologischer Erfindungsleistung, daher sind diese Argumente für diese Studie kaum relevant.

⁷ Die allgemeinen methodischen Überlegungen werden anhand der Biotechnologie dargelegt, da in der Definition der Europäischen Kommission nur die industrielle Biotechnologie zu den strategischen Schlüsseltechnologien zählt. Da Österreich aber vor allem auch im Bereich der medizinischen Biotechnologie besondere Stärken hat, würde dies bei der ausschließlichen Betrachtung der industriellen Biotechnologie nicht hinreichend gewürdigt. Zudem, sind die Gebiete eng miteinander verflochten, sodass sie im Zusammenhang betrachtet werden sollten.

Schlüsseltechnologien der Europäischen Kommission in einigen Aspekten ab. So bestätigt die vorliegende Arbeit zwar die Bedeutung des Beitrags österreichischer Erfinder im Bereich der fortschrittlichen Werkstoffe und der fortschrittlichen Fertigungstechnik, stuft deren Bedeutung im Bereich der Nano- und Mikroelektronik sowie in der Photonik aber als geringer ein. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass der Anzeiger der Kommission über die erfinderische Tätigkeit hinaus auch Handel und Produktion berücksichtigt. Diese Aspekte wurden im vorliegenden Anzeiger nicht aufgenommen. Andererseits zeigt die vorliegende Analyse, dass österreichische Erfindungen zwar über die Zeit in allen Schlüsseltechnologien an Bedeutung gewonnen haben, sich darunter jedoch keine Patente von sehr hoher Bedeutung für die jeweiligen Technologiefelder, sog. Superpatente, befinden. Bei Letzteren handelt es sich um bahnbrechende, paradigmengestaltende Erfindungen, die ein Technologiefeld nachhaltig beeinflussen.

Zuletzt präsentiert die Studie für alle Technologien eine Analyse der Struktur der Wissensgebiete in jeder Technologie (des sog. Wissensraumes) und die Einbettung der bedeutendsten (österreichischen) Patente in dieser Struktur. Damit werden Spezialisierungsmuster und Diversifizierungspotentiale visualisiert.

Der PageRank Ansatz zur Messung der Bedeutung von Erfindungen und des Beitrags einzelner Länder zur Entwicklung eines Technologiefeldes illustriert am Beispiel der Biotechnologie

Einige stilisierte Fakten über den technischen Wandel und deren Messung anhand von Patentdaten

Wie bereits ausgeführt wurde kann davon ausgegangen werden, dass Patente eine höhere technologische und wirtschaftliche Bedeutung haben, wenn sie von Patenten zitiert werden, die selbst eine hohe technologische und wirtschaftliche Bedeutung haben. Diese Annahme kann durch wichtige Eigenschaften technologischer Entwicklung gerechtfertigt werden.

Technischer Wandel ist kumulativ und entwickelt sich entlang sog. technologischer Trajektorien oder Pfade (vgl. Dosi 1982, Sahal 1985). Dies bedeutet, dass wichtige, Paradigmen bildende Erfindungen oder Innovationen Entwicklungspfade begründen, die eine Vielzahl darauf aufbauender Folgeerfindungen auslösen. Wie unterschiedliche Arbeiten gezeigt haben, treten diese in Bündeln, also zeitlich ungleichmäßig gestreut, kaskadenartig auf (vgl. Silverberg 2002, Silverberg – Verspagen 2005,). Paradigmatischen Erfindungen und Entdeckungen ziehen vermehrte Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen nach sich, wodurch sich das neu definierte Wissensgebiet stetig erweitert und wächst. In diesem Prozess beziehen sich nachfolgende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sehr stark auf die früheren paradigmatischen Erfindungen und verknüpfen diese zunehmend mit neuen Wissensgebieten (vgl. z.B. Valverde et al 2007, Youn et al 2015). Das Auftreten dieser Erfindungen ist somit nicht durch einen Zufallsprozess bestimmt (vgl. Silverberg – Verspagen 2003).

Durch diese neuen Kombinationen entstehen in einem Prozess der Diversifizierung wiederum neue technische (und wirtschaftliche) Möglichkeiten, die ihrerseits weitere Folgeforschung und Erfindungen nach sich ziehen. Bestehende Entwicklungspfade verästeln sich und Nischen entstehen (vgl. z.B. Acemoglu et al 2016, Youn et al 2015). Dies entspricht der Idee, dass neue Kombinationen eine treibende Kraft der wirtschaftlichen Entwicklung sind, wie dies Schumpeter (1912) bereits vor hundert Jahren beschrieben hat. In diesem Prozess spielen die frühen paradigmatischen Erfindungen und spätere Erfindungen, die durch Rekombination von Wissensgebieten neue Entwicklungszweige innerhalb eines Wissensgebietes prägen, eine wichtige Rolle. Aus diesem Grund werden paradigmatische Patente in der Literatur auch als „Superpatente“ bezeichnet (vgl. Castaldi und Los 2012, Castaldi et al 2015). Sie unterscheiden sich maßgeblich sowohl in der technologischen Bedeutung, als auch in ihrem wirtschaftlichen Wert von anderen Patenten, die z.B. bestehende Technologien innerhalb eines spezifischen Entwicklungspfades weiterentwickeln und verwerten.

Für die Messung des Beitrages einzelner Erfindungen zum technologischen Entwicklungsprozess in einem Technologiefeld anhand von Patentzitationsnetzwerken bedeutet dies, dass die Verteilung der Bedeutung von Patenten, gemessen an den direkten und indirekten Zitationen, extrem schief verteilt sein werden. Es gibt nur sehr wenige Patente

in einem Technologiefeld, die eine sehr hohe Bedeutung haben und sehr viele, die eine geringe Bedeutung haben bzw. kaum von anderen Patenten zitiert werden. Die Verteilung folgt einem sog. Potenzgesetz.⁸ Solche Verteilungen sind typisch für die zuvor beschriebenen, kaskadenartigen, nichtlinearen Entwicklungsprozesse.

Die Idee, dass Patente eine höhere technologische und wirtschaftliche Bedeutung haben wenn sie von Patenten zitiert werden liegt auch dem PageRank-Verfahren (vgl. Brin und Page 1998) der Internetsuchmaschine Google zugrunde (fortan PR-Verfahren). Bei dem PR-Verfahren handelt es sich um einen Algorithmus, der miteinander verknüpfte Internetseiten als Netzwerk analysiert und die Liste der Suchergebnisse für ein Schlagwort entsprechend einer Rangordnung ausgibt. Diese Rangordnung wird ermittelt indem für jede Internetseite gemessen wird, wie viele andere Internetseiten auf diese Seite verlinken und wie stark diese selbst von anderen Seiten verlinkt werden (vgl. Textkasten 1). Es handelt sich also um ein Netzwerk von Zitationen und PageRank ermittelt die Zentralität eines jeden Knoten (einer Seite) in diesem Netzwerk. Solche Zitationsnetzwerke sind auch in wissenschaftlichen Publikationen und vor allem auch bei Patenten zu beobachten.

Eine Auswertung anhand des PR-Verfahrens im Bereich der Biotechnologie in Tabelle 1 zeigt, dass das Verfahren imstande ist wichtige paradigmatische Patente zu identifizieren und entsprechend einzustufen. Die Tabelle bildet die zwanzig höchstgereihten Patente in der Biotechnologie, unabhängig vom Patentamt der Anmeldung, ab.⁹ Das berühmte Patent von Stanley Cohen und Herbert Boyer, mit dem Techniken zur Klonierung von Genen geschützt und damit die Grundlagen der modernen Gentechnik gelegt wurden, befindet sich ebenso in den oberen Rängen wie die unterschiedlichen Patente unter Beteiligung des Biochemikers Kary Mullis, mit denen unterschiedliche Anwendungen und Entwicklungen der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) geschützt wurden. Dabei handelt es sich um eine Methode zur Vervielfältigung von DNS, die heute zu den wichtigsten Methoden der Molekularbiologie zählt und für deren Entdeckung Mullis 1983 der Nobelpreis in Chemie erhalten hat.

Aus Tabelle 1 gehen zwei weitere bemerkenswerte Aspekte hervor. Zunächst zeigt die zweite Datenspalte, dass sich die Rangordnung der Patente nach Vorwärts-Zitationen teilweise sehr stark von jener, die auf Grundlage des PR-Verfahrens aufgestellt wurde, unterscheidet. Durch die Einbeziehung der Zitationsgewichte der direkt und indirekt auf ein Patent verweisenden späteren Patente werden Patente, die möglicherweise wenig direkte Vorwärts-Zitationen erhalten, aufgrund der Bedeutung der zitierenden Patente hochgereiht.

⁸ Das bedeutet sie kann durch eine Potenzfunktion, z.B. $y = a \cdot x^b$, angenähert werden. Damit gibt es keine typische Anzahl an Zitationen auf ein Patent. Dem Zitationsnetzwerk bei Patenten fehlt damit eine Skala bzw. ein innerer Maßstab. Mittelwert und Streuungsmaße der Zitationen sind nicht geeignet die beobachtete Grundmenge zu beschreiben. Man spricht von einem sog. skalenfreien Netzwerk. Insbesondere bedeutet dies, dass Patente mit einer hohen Bedeutung wahrscheinlicher sind als unter der Normalverteilungsannahme, d.h. in den „Schwänzen“ der Verteilung liegt ein höherer Anteil an Beobachtungen mit hoher Bedeutung als bei einer Normalverteilung. Man spricht auch von sog. „fat tails“.

⁹ Die Vorwärts-Zitationen wurden über sog. Patentfamilien hinweg, d.h. Anmeldungen bei unterschiedlichen Patentämtern, die sich auf das gleiche Prioritätsdatum beziehen, konsolidiert um Mehrfachzählungen zu vermeiden.

Die dritte Datenspalte mit dem Prioritätsdatum hingegen zeigt, dass sich unter den höchstgereihten Patenten primär ältere Patente finden. Dies ist einerseits plausibel, da wichtige paradigmatische Patente in den früheren Phasen in der Entwicklung eines neuen Technologiefeldes auftreten, in denen graduell unterschiedliche, neu technische und wirtschaftliche Opportunitäten identifiziert und ausgeschöpft werden. Damit wird ein wichtiger Aspekt kumulativer, technologischer Entwicklung reflektiert. Vorreiterentwicklungen in einem Technologiefeld wird höhere Bedeutung beigemessen, als späteren Weiterentwicklungen.

Textkasten 1: PageRank als Grundlage eines Patentanzeigers für die Bedeutung einzelner Erfindungen für die Entwicklung eines Technologiefeldes

Unter dem mathematischen Gesichtspunkt handelt es sich um ein Netzwerk, in dem der Ausgangsgrad (outdegree) eines Knotens, d.h. gerichteten Kanten eines Knotens auf andere Knoten im Netzwerk, mit der Wertigkeit dieses Knotens korreliert. Dabei entsprechen die Knoten den Patenten und die gerichteten Kanten den Zitationen, die ein Patent durch andere Patente erhält. Die Richtung der Kanten bildet dabei die Richtung des Wissensflusses ab. Die Vorwärts-Zitationen (outward citations) bestimmen damit den Wert des Patents. Sind die zitierenden Patente ihrerseits wieder Patente mit einer hohen Anzahl von Vorwärts-Zitationen, so steigt auch der Wert des von diesem zitierten Patent (weil z.B. die Höhe der Lizenzgebühren, die der Eigentümer des Patentes verlangen kann, auch damit verknüpft werden kann). Möchte man diesen Aspekt ebenfalls in einer Rangordnung berücksichtigen, so kann dies mit dem PR-Verfahren geschehen.

Mathematisch kann PageRank folgendermaßen formalisiert werden:

$$\mathbf{x} = \alpha \mathbf{A} \mathbf{D}^{-1} \mathbf{x} + \beta \mathbf{1},$$

und nach einigen Umformungen und indem man das Gewicht $\beta = 1$ für alle Beobachtungen setzt (sollte man z.B. die Qualität der Beobachtungen einstufen wollen, könnte diesem Parameter ein anderer Wert zugewiesen werden), erhält man

$$\mathbf{x} = \mathbf{D}(\mathbf{D} - \alpha \mathbf{A})^{-1} \mathbf{1},$$

wobei \mathbf{x} , dem ermittelten Rang aller Knoten (Patente) in einer Klassifikation entspricht, \mathbf{D} ist eine Diagonalmatrix, in der die Diagonalelemente den Ausgangsgrad eines Knotens i (Anzahl auswärtsgerichteter Zitationen), $D_{ii} = \max(k_i^{out}, 1)$, darstellen. \mathbf{A} entspricht hingegen der sog. Adjazenzmatrix, deren Elemente aus 0 und 1 bestehen und die Verknüpfung eines Knotens (Patentes) mit allen anderen Knoten (Patenten) abbildet. $\mathbf{1}$ ist ein Vektor $(1, 1, 1, \dots)$ und α entspricht einem empirischen Gewicht für jeden Knoten (aus theoretischen Gründen muss er kleiner Eins sein; Sensitivitätstest in Reinstaller und Reschenhofer (2017) legen einen Wert zwischen 0.5 und 0.85 nahe). Der Score eines einzelnen Knotens (Patentes) i , $x_i = \alpha \sum_j A_{ij}(x_j/k_j^{out}) + 1$, ergibt sich also aus der durch den eigenen Auswärtsgrad gewichteten Score aller zitierenden Knoten (Patente) j .

Tabelle 1a: Ermittelte Rangordnung der Bedeutung von Patenten nach PageRank für das Technologiefeld Biotechnologie; globales Ranking über alle Prioritäten und Meldeämter/Meldeverfahren, Top 25

Rang PageRank	Rang Vorwärts- Zitationen	Prioritäts- datum	Patent Nr.	Erfinder	Titel der Patentanmeldung
1	4	24.06.1994	US19940265483	Holtrop, Mathilde H. (US) / Hunsperger, Mary H. (US)	Mutant dwarfism gene of petunia
2	2	30.01.1986	US19860828144	Erich, Henry A. (US) / Saiki, Randall K. (US) / Mullis, Kary B. (US) / Horn, Glenn T. (US) / Arnheim, Norman (US) / Scharf, Stephen J. (US)	Process for amplifying, detecting, and/or-cloning nucleic acid sequences
3	1	28.03.1985	US19850791308	Mullis, Kary B. (US)	Process for amplifying nucleic acid sequences
4	4301	19.08.1981	US19810294227	Geev er, Robert F. (US) / Wilson, John T. (US) / Wilson, Lois B. (US)	Method for the direct analysis of sickle cell anemia
5	23	07.04.1993	US19940328962	Jacobs, Kenneth (US)	Method of screening for cDNA encoding novel secreted mammalian proteins in yeast
6	294	04.11.1974	US19790001021	Boyer, Herbert W. (US) / Cohen, Stanley N. (US)	Process for producing biologically functional molecular chimeras
7	104	08.12.1980	US19800213803	Falkow, Stanley (US) / Moseley, Stephen L. (US)	Specific DNA probes in diagnostic microbiology
8	3103	04.05.1978	US19790035619	Parikh, Indu (US) / Cuatrecasas, Pedro (US)	Diagnostic reagent
9	51	28.03.1997	US19970825469	Reichert, Nancy A. (US) / Dan, Yinghui (US)	Soybean transformation and regeneration methods
10	7	07.06.1989	US19900492462	Fodor, Stephen P. A. (US) / Pimung, Michael C. (US) / Read, J. Leighton (US) / Stryer, Lubert (US)	LARGE SCALE PHOTOLITHOGRAPHIC SOLID PHASE SYNTHESIS OF POLYPEPTIDES AND RECEPTOR BINDING SCREENING THEREOF
11	3	08.04.1983	US19830483457	Heyneker, Herbert L. (US) / Riggs, Arthur D. (US) / Holmes, William E. (US) / Cabilly, Shmuel (US) / Wetzel, Ronald B. (US)	Recombinant immunoglobulin preparations
12	21608	07.06.1972	US19720260488	NA	MICROORGANISMS HAVING MULTIPLE COMPATIBLE DEGRADATIVE ENERGY-GENERATING PLASMIDS AND PREPARATION THEREOF
13	509	24.09.1968	US19680762120	ANTONIUS HERMANUS WILHELMUS MARIA SCHUURS (NL) / BAUKE KLAAS VAN WEEMEN (NL)	METHOD FOR THE DETERMINATION OF ANTIGENS AND ANTIBODIES
14	39757	02.05.1986	US19870045890	Bron, Sierd (NL) / Peeters, Ben P. H. (NL) / Smith, Hilde E. (NL) / Van Ee, Jan H. (NL) / Venema, Gerard (NL)	Secretory signal selection v ectors for extracellular protein synthesis bacilli
15	43	18.10.1993	US19970835770	Bennett, C. Frank (US) / Dean, Nicholas M. (US) / Baracchini, Edgardo (US)	Antisense oligonucleotide modulation of multidrug resistance-associated protein
16	115	26.04.1985	US19850727503	Orr, Peter M. (US) / Amond, Paul A. (US)	Protogyny in Zea mays
17	87	08.04.1983	EP19840302368	Cabilly, Shmuel (US) / Holmes, William Evans (US) / Wetzel, Ronald Burnell (US) / Heyneker, Herbert Louis (US) / Riggs, Arthur Dale (US)	Recombinant immunoglobulin preparations
18	6	21.09.1987	US19890299617	Ladner, Robert C. (US) / Bird, Robert E. (US) / Hardman, Karl (US)	Single polypeptide chain binding molecules
19	8	22.08.1986	US19870063647	Mullis, Kary B. (US) / Erlich, Henry A. (US) / Gelfand, David H. (US) / Saiki, Randall K. (US) / Horn, Glenn (US)	Process for amplifying, detecting, and/or cloning nucleic acid sequences using a thermostable enzyme
20	39	04.09.1991	US19930068540	Brennan, Thomas M. (US)	Method and apparatus for conducting an array of chemical reactions on a support surface
21	17	04.08.1980	US19800175133	David, Gary S. (US) / Greene, Howard E. (US)	Immunometric assays using monoclonal antibodies
22	10	30.01.1986	US19860943948	Mullis, Kary B. (US) / Erlich, Henry A. (US) / Saiki, Randall K. (US) / Horn, Glenn T. (US) / Arnheim, Norman (US) / Scharf, Stephen J. (US)	Process for amplifying, detecting, and/or cloning nucleic acid sequences
23	13	20.07.1973	US19770819831	Davis, Frank F. (US) / Palczuk, Nicholas C. (US) / Van Es, Theodorus (US)	Non-immunogenic polypeptides
24	1735	02.07.1979	US19790054200	Stark, George R. (US) / Wahl, Geoffrey M. (US)	Transfer and detection of nucleic acids
25	12	23.12.1997	US19980215257	Tabara, Hiroaki (JP) / Driver, Samuel E. (US) / Fire, Andrew (US) / Kostas, Stephen (US) / Mello, Craig C. (US) / Montgomery, Mary (US) / Timmons, Lisa (US) / Xu, SiQun (US)	Genetic inhibition by double-stranded RNA

Quelle: EPA PATSTAT, WIFO-Berechnungen. Top 25 Patente in der Rangordnung. Globales Ranking (alle Prioritätsjahre, alle Patentämter).

Tabelle 1b: Höchstgereichte Patente in der Biotechnologie; EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung

Anmelde- nummer	Prioritäts- datum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50	Anmelde- nummer	Prioritäts- datum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50
Top 10 Patente beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente beim EPA; seit 2010					
EP19840302368	08.04.1983	Recombinant immunoglobulin preparations	US (5)	1	17	EP20100152809	05.02.2010	miRNA in the diagnosis of ovarian cancer	NA	1	157
EP20000301439	25.02.1999	Sequence-determined DNA fragments and corresponding polypeptides encoded thereby	US (6), FR (1)	2	21	EP20100007204	13.07.2010	Method for the isolation of the proteins bound to any kind of interesting nucleic acid sequence	FR (2)	2	437
EP19870302620	27.03.1986	Recombinant antibodies and methods for their production.	UK (1)	3	29	EP20100188829	12.11.2009	Biodegradable product obtained from compositions based on thermoplastic polymers	IT (1)	3	440
EP19860302298	28.03.1985	PROCESS FOR AMPLIFYING, DETECTING, AND/OR CLONING NUCLEIC ACID SEQUENCES	US (6)	4	36	EP20100153195	10.02.2010	Method for the removal of salts and surfactants from wastewaters	IT (6)	4	717
EP19820301804	17.04.1981	MODIFIED NUCLEOTIDES AND METHODS OF PREPARING AND USING SAME	US (3)	5	47	EP20100706358	12.01.2009	MODULAR DNA-BINDING DOMAINS AND METHODS OF USE	DE (3), UK (1)	5	952
EP19970100117	05.01.1996	Staphylococcus aureus polynucleotides and sequences	US (6)	6	53	EP20100823465	16.10.2009	WASTE WATER CLEANING SYSTEM, WASHING DEVICE, AND INK JET PRINTER SYSTEM	JP (1)	6	1044
EP19880310922	18.11.1987	NANBV diagnostics	US (3)	7	56	EP20100189420	30.10.2009	Antibody specifically binding to C-MET and use thereof	KR (2)	7	1106
EP19820303197	01.07.1981	RECOMBINANT MONOCLONAL ANTIBODIES	US (1)	8	62	EP20110739882	04.02.2010	PHARMACEUTICAL COMPOSITION FOR TREATMENT AND/OR PREVENTION OF CANCER	JP (3)	8	1259
EP19870307433	22.08.1986	Purified thermostable enzyme and process for amplifying, detecting, and/or cloning nucleic acid sequences using said enzyme	US (7)	9	63	EP20100163732	25.05.2010	Process and microorganisms for production of lipids	FI (4)	9	1284
EP19820303699	17.07.1981	HOMOGENEOUS NUCLEIC ACID HYBRIDIZATION DIAGNOSTICS BY NON-RADIATIVE ENERGY TRANSFER	US (4)	10	79	EP20100750778	09.03.2009	METHOD FOR DETECTING MUSCLE DEGENERATIVE DISEASES, AND METHOD FOR DETERMINING THERAPEUTIC EFFICACY ON THE DISEASES	JP (6)	10	1329
Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 2010					
EP19900104700	16.03.1989	Protein-polycation conjugate	AT (4)	1	668	EP20100156924	18.03.2010	Biosensor on thin-film transistors	AT (1)	1	5586
EP19900104701	16.03.1989	Genetic construct for inhibiting RNA function	AT (5)	2	2236	EP20110168637	03.06.2011	Transcription terminator sequences	AT (2)	2	6167
EP19900106624	21.04.1989	TNF-receptor, TNF-binding protein and DNA coding therefor	AT (4)	3	2563	EP20110185833	19.10.2011	Horseradish peroxidase isoenzymes	AT (5)	3	6480
EP19920109881	18.06.1991	Chimeric gene comprising a promoter-regulator and a gene coding for an indicator protein	AT (1), JP (3)	4	2904	EP20110007360	10.09.2010	Biogas assembly, method for its operation and reactor unit for same	AT (3)	4	11047
EP19900111950	24.06.1989	Typing of human rhinoviruses	AT (3)	5	4367	EP20120162846	02.04.2012	Method for aerobic production of alanine or a compound arising using alanine	AT (1) DE (10)	5	13293
EP19880121480	23.12.1987	Expression of the virally encoded protease P2A of HRV2.	AT (10), US (2)	6	7788	EP20100788121	04.12.2009	DIAGNOSTIC METHOD FOR ALZHEIMER'S DISEASE	AT (2)	6	14143
EP19850810103	15.03.1984	PROCESS AND APPARATUS FOR THE CULTURE OF HUMAN, ANIMAL, PLANT AND HYBRID CELLS AND MICROORGANISMS	AT (2)	7	8404	EP20110166842	23.11.2010	Trichoderma atroviride strain with improved biological activity, especially for use in agriculture as a biofungicide and the method of its obtaining	AT (3) PL (4)	7	14502
EP19910810841	02.11.1990	Cyclosporins	AT (1), CH (5), UK (1)	8	9877	EP20110171657	28.06.2011	EpCAM detection	AT (1) IT (1)	8	14585
EP19890303887	19.04.1988	Production of isolated proteinaceous materials using recombinant avipox virus vectors.	AT (3)	9	11269	EP20110191408	30.11.2011	Haploid cells	AT (2)	9	15172
EP19900890304	12.05.1989	Method and apparatus for detecting biological activities in a specimen	AT (1), US (2)	10	11869	EP20100152103	29.01.2010	Diagnosing prostate cancer relapse	AT (5) FR (1)	10	20524

Quelle: EPA PATSTAT, WIFO-Berechnungen. r_pr50 entspricht der Rangordnung aufgrund der PR-Bedeutungsgewichte innerhalb der in der Teiltabelle zusammengefassten Untergruppe, ra_pr50 entspricht der globalen Rangordnung über alle Patente im betrachteten Technologiefeld hinweg.

Andererseits, spiegelt dies auch eine wichtige Kritik, die von unterschiedlichen Autoren an der Nutzung des PR-Verfahrens für die Analyse von Zitationsnetzwerken wissenschaftlicher Publikationen geäußert wurde (vgl. Walker et al 2007; Maslow – Redner 2008; Mariani et al 2015), wieder: das PR-Verfahren ist geeignet eine historische Bestenliste der wichtigsten Beiträge zu einem Technologiefeld zu erstellen, es ist aber ungeeignet neue wichtige Entwicklungen in einem Technologiefeld zu identifizieren. Dies hängt einerseits mit der doppelten zeitlichen Verzögerung (Datenverfügbarkeit, Zitationslag) zusammen, mit der Vorwärts-Zitationen gemessen werden können, andererseits auch mit der Tatsache, dass die Patente und auch die Zahl der Querverweise in dem Zitationsnetzwerk stetig über die Zeit wachsen. Spätere Patente haben damit eine geringere Wahrscheinlichkeit zitiert zu werden. Mariani et al (2015) argumentieren daher, dass eine zeitliche Dimension in derartigen Analysen eingezogen werden sollte.

Tabelle 2: Zitationen nach Alter der Anmeldung (Prioritätsdatum) für alle EPA Anmeldungen, fortschrittliche Fertigungstechnik und Biotechnologie; Anteile der Altersgruppe nach Zitationsklasse aller EPA Anmeldungen

Altersgruppe der Patente		0 Zitationen	1 Zitation	2-5 Zitationen	6-10 Zitationen	11-50 Zitationen	>50 Zitationen
alle Patente	letzten 2 Jahre (2013-2014)	99.0%	0.9%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
fortschrittliche Fertigungstechnik		99.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Biotechnologie		98.5%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
alle Patente	3-5 Jahre (2010-2012)	92.5%	4.7%	2.7%	0.2%	0.0%	0.0%
fortschrittliche Fertigungstechnik		93.8%	3.8%	2.2%	0.1%	0.0%	0.0%
Biotechnologie		97.0%	2.0%	0.9%	0.1%	0.0%	0.0%
alle Patente	6-8 Jahre (2007-2009)	80.6%	8.7%	9.1%	1.3%	0.3%	0.0%
fortschrittliche Fertigungstechnik		82.0%	8.9%	7.7%	1.1%	0.3%	0.0%
Biotechnologie		90.2%	5.2%	4.0%	0.4%	0.1%	0.0%
alle Patente	9-10 Jahre (2005-2006)	74.3%	9.4%	12.6%	2.7%	1.0%	0.0%
fortschrittliche Fertigungstechnik		74.3%	9.6%	12.8%	2.4%	0.9%	0.0%
Biotechnologie		86.6%	5.8%	6.1%	1.1%	0.4%	0.0%
alle Patente	11-15 Jahre (2000-2004)	66.4%	10.1%	16.1%	4.8%	2.5%	0.0%
fortschrittliche Fertigungstechnik		67.4%	9.8%	15.5%	4.7%	2.5%	0.1%
Biotechnologie		82.9%	6.3%	7.6%	2.1%	1.2%	0.0%
alle Patente	16-20 Jahre (1995-1999)	54.6%	11.2%	20.2%	8.0%	5.8%	0.2%
fortschrittliche Fertigungstechnik		54.8%	10.6%	19.4%	8.1%	6.7%	0.3%
Biotechnologie		77.3%	7.0%	9.2%	3.4%	2.8%	0.2%
alle Patente	älter als 20 Jahre (bis inkl. 19	31.7%	12.4%	29.9%	14.5%	11.1%	0.4%
fortschrittliche Fertigungstechnik		30.1%	12.0%	29.4%	15.6%	12.2%	0.6%
Biotechnologie		43.3%	8.7%	18.9%	11.9%	15.3%	1.9%

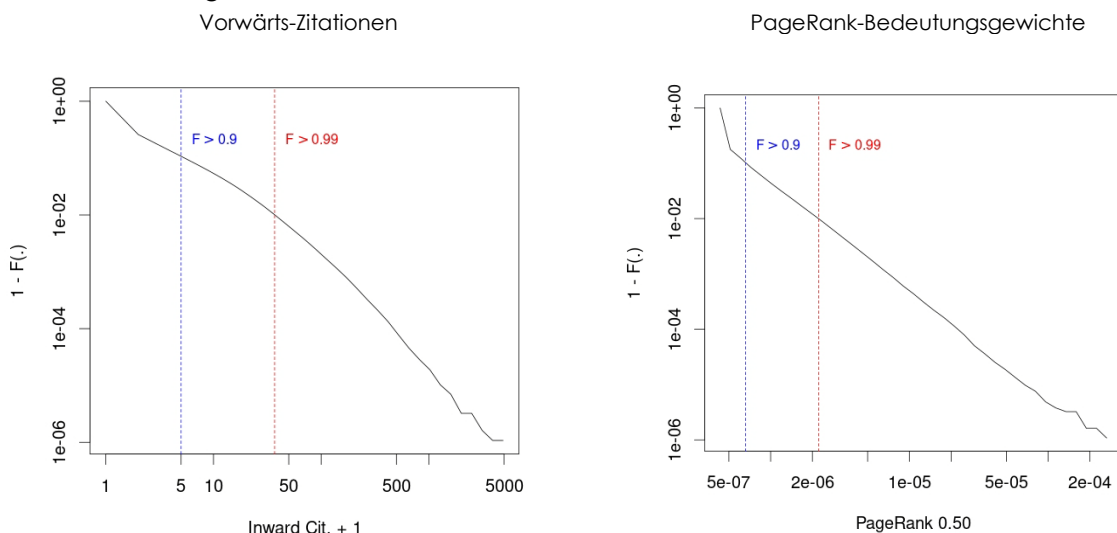
Quelle: EPA PATSTAT, WIFO-Berechnungen.

Ähnliches lässt sich auch aus Tabelle 2 ablesen. Sie zeigt wie sich die Vorwärts-Zitationen nach Patentalter und über unterschiedliche Technologiefelder hinweg unterscheiden. Es zeigt sich eindeutig eine Zunahme der Vorwärts-Zitationen mit dem Alter des Patentes und auch systematische Unterschiede zwischen den betrachteten Technologiefeldern. Zur Entwicklung eines technologiepolitisch informativen Patentanzeigers ist es daher notwendig einerseits bei der Anwendung des PR-Verfahrens die zeitliche Dimension zu berücksichtigen, andererseits sollte von globalen Rankings über alle Technologiefelder hinweg abgesehen werden, da solche aufgrund unterschiedlicher Zitationspraktiken zwischen Technologiefeldern nicht aussagekräftig sind und keine konsistente Rangordnung liefern.

Angesichts der eingangs diskutierten stilisierten Fakten zum technologischen Wandel, gilt es noch zu überprüfen, inwieweit die Verteilung der durch das PR-Verfahren ermittelten Bedeutungsgewichte von Patenten die kaskadenartigen Entwicklungsmuster abbildet und damit einem Potenzgesetz folgen. Abbildung 1 zeigt einen sog. Pareto-Plot für die Verteilung der Anzahl der Vorwärts-Zitationen (links) und die Verteilung der durch das PR-Verfahren ermittelten Bedeutungsgewichte - fortan PR-Bedeutungsgewicht (rechts). Auf der Ordinate (y-Achse) ist der kumulierte Anteil aller Patente auf einer logarithmischen Skala dargestellt. Auf der Abszisse (x-Achse) sind hingegen die Bedeutungsgewichte (Anzahl der Vorwärts-

Zitationen, bzw. PR-Bedeutungsgewicht) ebenfalls auf einer logarithmischen Skala aufgetragen. Die vertikalen Linien ($F > 0.9$; $F > 0.99$) geben die Schwellenwerte der Bedeutungsgewichte für 90 % bzw. 99 % aller Patente an. Für die Vorwärts-Zitationen zeigt sich, z.B., dass 90% aller Patente von weniger als von fünf, bzw. 99% aller Patente von weniger als ca. vierzig späteren Patentanmeldungen zitiert werden. Die Bedeutungsgewichte sind also in beiden Abbildungen stark rechtsschief verteilt.

Abbildung 1: Pareto-Plots zur Darstellung von Verteilung der Bedeutung von Patenten in der Biotechnologie



Quelle: Reinstaller und Reschenhofer (2017). EPA PATSTAT, WIFO-Berechnungen.

Das linke Panel der Abbildung ist mit früheren Ergebnissen (vgl. z.B. Scherrer—Harhoff 2000; Silverberg – Verspagen 2007) konsistent, die die Verteilung von Vorwärts-Zitationen untersucht haben. Würde diese Verteilung aber einem Potenzgesetz folgen und damit den kaskadenartigen Charakter technischen Wandels abbilden, so sollte die beobachtete Linie linear von links oben nach rechts unten fallen. Aufgrund der Krümmung im Fall der Vorwärts-Zitationen waren sich die Autoren aber uneinig, ob dies tatsächlich der Fall ist. Das rechte Panel mit den PR-Bedeutungsgewichten entspricht jedoch den Eigenschaften einer Pareto-Verteilung. Die Verwendung des PR-Verfahrens scheint also diese stilisierte Eigenschaft technischer Entwicklung besser abzubilden, als die Verteilung der Vorwärts-Zitationen. Dies kommt dadurch zustande, dass im mittleren Bereich der Verteilung Patente zu finden sind, die von vielen Patenten mit einem geringen Gewicht zitiert werden. Da das PR-Verfahren dieses Problem löst, entspricht die Verteilung der Bedeutungsgewichte auch besser einer Pareto-Verteilung.

Eine weitere stilisierte Eigenschaft technischer Entwicklung ist die Diversifizierung bzw. Verästelung von Entwicklungspfaden in einem Technologiefeld. Dies impliziert, dass im Zeitverlauf neue wichtige Patente durch Rekombination der ursprünglichen Wissensgebiete mit neuen Wissensgebieten entstehen. Damit nimmt der Beitrag der Wissensgebiete, die den frühen paradigmatischen Patenten zugrunde liegen über die Zeit ab, während andere an Bedeutung gewinnen. Dies kann durch eine Analyse der Entwicklung der Bedeutungsgewichte von Patenten im Wissensraum veranschaulicht werden. Bei dem Wissensraum handelt es sich um ein analytisches Konzept, in dem die „technologische Ähnlichkeit“ oder „Nähe“ von Patenten in einem Netzwerk dargestellt wird, in dem die Knoten, die Wissensgebiete abbilden, und die Kanten deren Nähe zueinander. Wissensgebiete, die einander „ähnlicher“ sind, liegen in diesem Netzwerk dementsprechend

näher beieinander. Bei der Berechnung der Ähnlichkeit wird hierbei auf die internationale Patentklassifikation (IPC) zurückgegriffen. Patente werden von den Patentämtern zu Recherchezwecken unterschiedlichen Technologieklassen der IPC zugeordnet. Diese klassifizieren technische Sachverhalte und bildet damit spezifische Wissensgebiete ab. Treten gewisse Technologieklassen nun häufig zusammen in Patenten auf, so werden sie als „ähnlicher“ klassifiziert als Technologieklassen die selten oder nie miteinander in Patentschriften angeführt werden (vgl. Textkasten 2).

Textkasten 2: Konstruktion eines Wissensraumes anhand von Patentdaten

Für die Konstruktion des Wissensraumes wurden die 514 Unterklassen der IPC Klassifikation verwendet. Die IPC Klassifikation wird von den meisten Patentämtern zur Zuordnung von Patentanmeldungen zu Technologieklassen verwendet und durch Patentprüfer vergeben. Kogler et al (2013) folgend, wird die Nähe zweier IPC Codes k und l im Wissensraum durch ein einfaches Distanzmaß ermittelt:

$$\text{Nähe}_{k,l} = \frac{P_{k,l}}{\sqrt{P_k^2 \times P_l^2}},$$

wobei $P_{k,l} = \sum_i I_{i,k} \times I_{i,l}$ der Summe aller gemeinsamen Zuweisungen einer Patentanmeldungen zu Technologieklassen k und l entspricht, mit $I_{i,k} = 1$, wenn eine Patentanmeldung der Technologiekategorie k zugewiesen wurde und $I_{i,k} = 0$ sonst. Der Ausdruck im Nenner dient der Standardisierung mit $P_k = \sum_i I_{i,k}$ und $P_l = \sum_i I_{i,l}$. In Abbildung 2 entspricht die Länge der Kanten zwischen den Knoten im Netzwerk diesem Längenmaß. Ein größerer Abstand bedeutet, dass zwei Technologieklassen seltener miteinander in einem Patent auftreten, als bei einem geringeren Abstand.

Abbildung 2 zeigt eine Darstellung des Wissensraumes der Biotechnologie. Die Größe der Knoten bildet die PR-Bedeutungsgewichte der Patente ab, die der entsprechenden Technologiekategorie primär zugeordnet wurden. In der linken Hälfte der Abbildung wird die Entwicklung der PR-Bedeutungsgewichte im Biotechnologiewissensraum global dargestellt. In der rechten Hälfte wird hingegen die Entwicklung in Österreich gegenübergestellt.¹⁰ In der oberen Hälfte wird wiederum die Entwicklung in einem Zeitfenster, das von 2015 bis 1980 zurückreicht, dargestellt. Im Gegensatz dazu werden in der unteren Hälfte die aktuellsten Entwicklungen im Zeitfenster seit 2010 abgebildet. Auf die Konstruktion dieser Zeitfenster wird im nächsten Abschnitt genauer eingegangen. Die Größe der Knoten in der linken und rechten Hälfte der Abbildung ist nicht vergleichbar, da zwecks besserer Lesbarkeit die Knotengröße relativ zur dargestellten Teilmenge der Patente (alle Patente weltweit links, Patente mit der Beteiligung österreichischer Erfinder rechts) normiert wurden. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit der Abbildungen werden auch Aggregate auf Ebene der vierstelligen IPC Unterklassen ausgewiesen, wenngleich die Analyse auf der Ebene der achtstelligen IPC Untergruppen erfolgt ist. Die Darstellung bezieht sich in allen Bildern ausschließlich auf Anmeldungen beim Europäischen Patentamt.

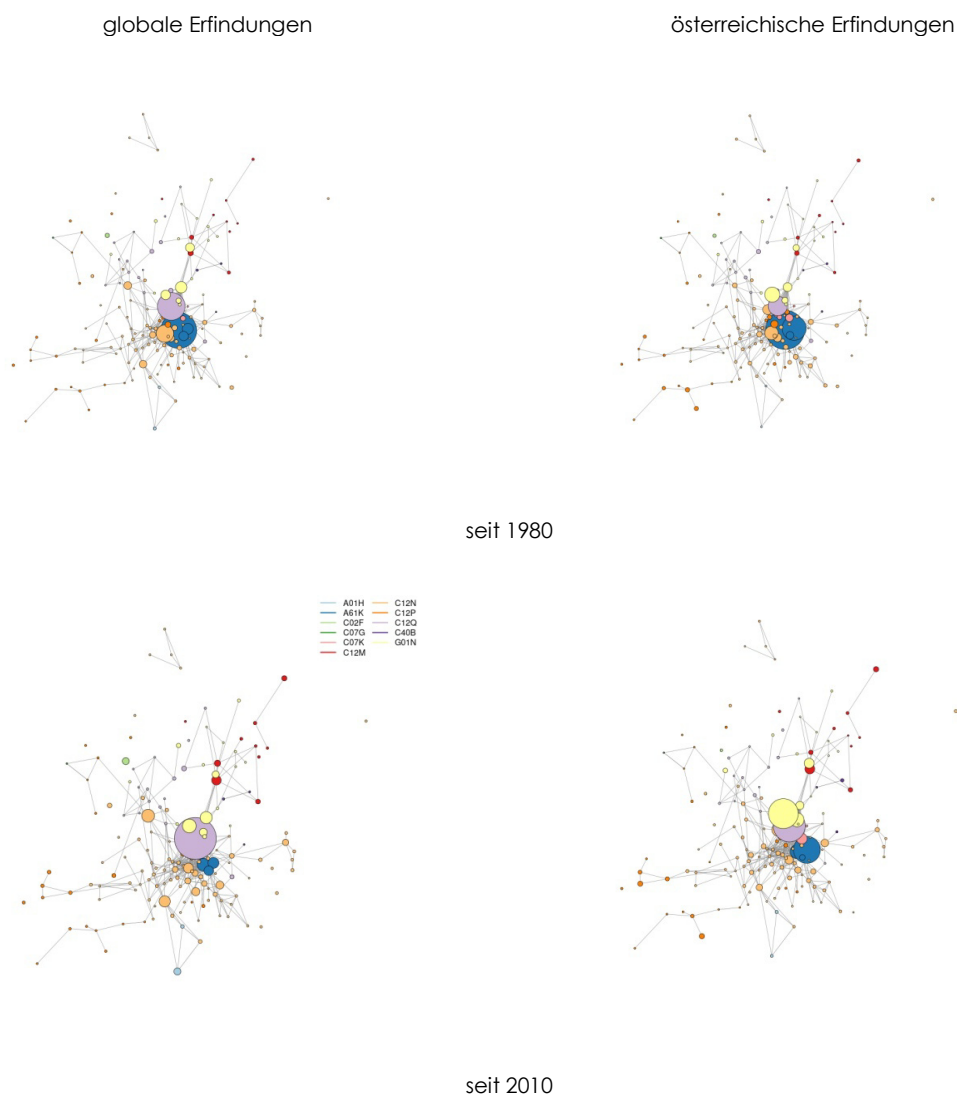
Der Vorteil einer Darstellung des Wissensraumes in einer Netzwerkgraphik ist, dass sie unter anderem erlaubt Unterschiede im Spezialisierungsmuster unterschiedlicher Länder rasch zu erkennen. Wichtiger jedoch ist, dass die Struktur des Netzwerkes darüber Auskunft gibt, inwieweit unterschiedliche Technologieklassen im Wissensraum miteinander verbunden sind. Geht man davon aus, dass unterschiedliche Technologieklassen auch unterschiedliche Kompetenzen zugrunde liegen, so informiert die Graphik über die Diversifizierungspotentiale eines Landes in dem Wissensraum des Technologiefeldes bei einem gegebenen

¹⁰ „Entwicklungen in Österreich“ oder „österreichische Erfindungen“ bezieht sich hier und in weiterer Folge, sofern nicht anders angeführt, auf EPA Patentanmeldungen in denen Erfinder aufgelistet wurden, die zum Zeitpunkt der Anmeldung in Österreich ansässig waren.

Spezialisierungsprofil. Verbundene Bereiche im Netzwerk deuten auf überlappende Kompetenzen und damit auf Diversifizierungspotentiale im Wissensraum hin. Von anderen Teilen des Netzwerks getrennte Enklaven deuten hingegen auf eine sehr schwache Überlappung von Kompetenzen und damit geringere Diversifizierungspotentiale hin.

Abbildung 2 zeigt zunächst, dass der Wissensraum der Biotechnologie aus sehr eng verknüpften Wissensbereichen besteht. Es besteht ein sehr engmaschig vernetztes Zentrum, in dem die bedeutendsten Technologieklassen eng nebeneinanderliegen, was darauf hindeutet, dass diese häufig in Biotechnologie Patenten gemeinsam angeführt werden. Bei Betrachtung des langen Zeitfensters zeigt Abbildung 2 (obere Zeile), dass die drei wichtigsten Technologieklassen im Zentrum des Wissensraumes die Unterlassen A61K (Zubereitungen für medizinische, zahnärztliche oder kosmetische Zwecke), C12N (Mikroorganismen oder Enzyme; Mutation/genetische Verfahrenstechniken) und C12Q (Mess- oder Untersuchungsverfahren unter Einbeziehung von Enzymen) sind. Österreichische Erfinder sind hier langfristig weitgehend den internationalen Trend in der Spezialisierung gefolgt. Grundsätzlich sind die wichtigsten Cluster im Wissensraum der Biotechnologie eng miteinander verbunden, was auf große Diversifizierungspotentiale hindeutet.

Abbildung 2: Entwicklung des Wissensraumes in der Biotechnologie (allgemein)



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die Größe der Blasen entspricht der mit PageRank gewichteten Anzahl der Patente in einer aggregierten Technologieklasse (4-steller Niveau). Die Größenverhältnisse beziehen sich auf das jeweilige Netzwerk. Damit ist die Größe der Blasen zwischen Netzwerkabbildungen nicht direkt vergleichbar.

Tabelle 3: Technologieklassen im Wissensraum der Biotechnologie mit dem höchsten PageRank-Bedeutungsgewicht, für EPA Patente und EPA Patente mit österreichischer Beteiligung

Rang	IPC	Insgesamt gekürztes IPC - Label	Wert	IPC	Österreich gekürztes IPC - Label	Wert
1	C12Q 1/68	Mess- oder Untersuchungsverfahren unter Einbeziehung von Enzymen oder Mikroorganismen, Zusammensetzungen hierfür und Verfahren zum Herstellen derartiger Zusammensetzungen unter Einbeziehung von Nucleinsäuren	0,0173	C12Q 1/68	Mess- oder Untersuchungsverfahren unter Einbeziehung von Enzymen oder Mikroorganismen, Zusammensetzungen hierfür und Verfahren zum Herstellen derartiger Zusammensetzungen unter Einbeziehung von Nucleinsäuren	0,00008
2	G01N 33/68	Untersuchen oder Analysieren von biologische Stoffe durch chemische Analyse von biologischen Stoffen, unter Einbeziehung von Proteinen, Peptiden oder Aminosäuren	0,0052	G01N 33/68	Untersuchen oder Analysieren von biologische Stoffe durch chemische Analyse von biologischen Stoffen, unter Einbeziehung von Proteinen, Peptiden oder Aminosäuren	0,00008
3	C12N 1/20	Mikroorganismen, Zusammensetzungen daraus, Verfahren zum Züchten, Konservieren oder Erhalten der Lebensfähigkeit von Mikroorganismen oder Zusammensetzungen von Mikroorganismen, Verfahren zur Herstellung oder Isolierung einer Mikroorganismen enthaltenden Zusammensetzung, Nährböden hierfür: Bakterien und Kulturmedien hierfür	0,0048	A 61K 39/00	Medizinische Zubereitungen, die Antigene oder Antikörper enthalten	0,00007
4	A 61K 38/00	Medizinische Zubereitungen, die Peptide enthalten	0,0048	A 61K 38/00	Medizinische Zubereitungen, die Peptide enthalten	0,00003
5	G01N 33/53	Untersuchen oder Analysieren von biologische Stoffe durch chemische Analyse: Immunoassay; biospezifische Bindungsverfahren; Stoffe hierfür	0,0045	G01N 33/574	Untersuchen oder Analysieren von Biologische Stoffe durch chemische Analyse: Immunoassay; biospezifische Bindungsverfahren; Stoffe hierfür zum Nachweis von Krebs	0,00003
6	C12N 15/82	Rekombinante DNA-Technologie: Einschleusen von fremdem genetischem Material unter Verwendung von Vektoren oder Expressionssysteme, die speziell für eukaryontische Wirte geeignet sind; für Pflanzenzellen	0,0041	C12N 9/64	Hydrolasen, welche auf Peptidbindungen einwirken: Proteinase aus tierischem Gewebe	0,00003
7	A 61K 39/00	Medizinische Zubereitungen, die Antigene oder Antikörper enthalten	0,0040	C07K 16/00	Immunglobuline	0,00002
8	C12N 15/09	Rekombinante DNA-Technologie	0,0036	G01N 33/543	Untersuchen oder Analysieren von Biologische Stoffe durch chemische Analyse: Immunoassay; biospezifische Bindungsverfahren; Stoffe hierfür unter Verwendung eines unlöslichen Trägers zur Immobilisierung des immunochemischen Testmaterials	0,00002
9	A 61K 48/00	Medizinische Zubereitungen, die genetisches Material enthalten, das in Zellen des lebenden Körpers eingeführt wird, um genetisch bedingte Krankheiten zu behandeln; Gentherapie	0,0034	C12M 1/00	Vorrichtungen für Enzymologie oder Mikrobiologie	0,00002
10	C12M 1/00	Vorrichtungen für Enzymologie oder Mikrobiologie	0,0034	C12N 5/10	Zellen, modifiziert durch Einschleusen von fremdem genetischem Material	0,00002
11	C12N 15/11	Rekombinante DNA-Technologie von DNA oder RNA Fragmente und modifizierte Formen davon	0,0028	G01N 33/53	Untersuchen oder Analysieren von biologische Stoffe durch chemische Analyse: Immunoassay; biospezifische Bindungsverfahren; Stoffe hierfür	0,00002
12	C12N 15/113	Rekombinante DNA-Technologie von DNA oder RNA Fragmente, oder modifizierte Formen davon; uncodierte Nukleinsäuren, welche die Genexpression modulieren, z.B. Antisense-	0,0027	C12N 5/00	Undifferenzierte menschliche, tierische oder pflanzliche Zellen; Gewebe; deren Kultur oder Erhaltung der Lebensfähigkeit und Kulturmedien hierfür	0,00002
13	G01N 33/574	Untersuchen oder Analysieren von Biologische Stoffe durch chemische Analyse: Immunoassay; biospezifische Bindungsverfahren; Stoffe hierfür zum Nachweis von Krebs	0,0026	C12N 15/82	Rekombinante DNA-Technologie: Einschleusen von fremdem genetischem Material unter Verwendung von Vektoren oder Expressionssysteme, die speziell für eukaryontische Wirte geeignet sind; für Pflanzenzellen	0,00001
14	G01N 33/543	Untersuchen oder Analysieren von Biologische Stoffe durch chemische Analyse: Immunoassay; biospezifische Bindungsverfahren; Stoffe hierfür unter Verwendung eines unlöslichen Trägers zur Immobilisierung des immunochemischen Testmaterials	0,0023	C12N 15/10	Rekombinante DNA-Technologie: Prozesse für die Isolierung, Herstellung oder Reinigung von DNA oder RNA	0,00001
15	A01H 4/00	Pflanzenreproduktion durch Gewebekulturverfahren	0,0023	C07K 19/00	Hybridpeptide	0,00001
16	C02F 3/34	Biologische Behandlung von Wasser, kommunalem oder industriellem Abwasser, die durch die verwendeten Mikroorganismen gekennzeichnet	0,0023	A 61K 48/00	Medizinische Zubereitungen, die genetisches Material enthalten, das in Zellen des lebenden Körpers eingeführt wird, um genetisch bedingte Krankheiten zu behandeln; Gentherapie	0,00001
17	C12N 5/10	Zellen, modifiziert durch Einschleusen von fremdem genetischem Material	0,0020	C12M 1/107	Vorrichtungen für Enzymologie oder Mikrobiologie mit Einrichtungen zur Sammlung der Fermentationsgase	0,00001
18	C12N 5/071	Wirbeltierzellen oder -gewebe, z.B. menschliche Zellen oder Gewebe; deren Kultur oder Erhaltung der Lebensfähigkeit und Kulturmedien hierfür	0,0020	C12N 15/113	Rekombinante DNA-Technologie von DNA oder RNA Fragmente, oder modifizierte Formen davon; uncodierte Nukleinsäuren, welche die Genexpression modulieren, z.B. Antisense-Oligonukleotide	0,00001
19	C12M 1/34	Vorrichtungen für Enzymologie oder Mikrobiologie: Messen oder Untersuchen mit Einrichtungen zum Messen oder Wahrnehmen der Verfahrensbedingungen	0,0020	C12P 13/00	Herstellung von Stickstoff enthaltenden organischen Verbindungen	0,00001
20	C12N 15/63	Rekombinante DNA-Technologie: Einschleusen von fremdem genetischem Material unter Verwendung von Vektoren; Vektoren; Verwendung von Wirten dafür; Regulation der	0,0018	C12N 15/81	Rekombinante DNA-Technologie: Einschleusen von fremdem genetischem Material unter Verwendung von Vektoren oder Expressionssysteme, die speziell für eukaryontische Wirte	0,00001

Note: Die IPC ist ein hierarchisches Klassifikationssystem, wodurch die Inhalte der höheren Ebenen bei der Benennung der IPC mitberücksichtigt werden müssen. Die hier verwendeten Labels wurden individuell gekürzt und haben nicht den Anspruch vollständig zu sein. Für die genaue Bezeichnung der jeweiligen IPC siehe <https://depatisnet.dpma.de/ipc/ipc.do>. Für die genaue Erläuterung, wie die IPC aufgebaut ist und folglich wie sie zu lesen ist siehe https://www.dpma.de/docs/service/klassifikationen/ipc/handbuch_ipc2016.pdf.

Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die IPC ist ein hierarchisches Klassifikationssystem, wodurch die Inhalte der höheren Ebenen bei der Benennung der IPC mitberücksichtigt werden müssen. Die hier verwendeten Labels wurden individuell gekürzt und haben nicht den Anspruch vollständig zu sein. Für die genaue Bezeichnung der jeweiligen IPC siehe <https://depatisnet.dpma.de/ipc/ipc.do>. Für die genaue Erläuterung, wie die IPC aufgebaut ist und folglich wie sie zu lesen ist siehe https://www.dpma.de/docs/service/klassifikationen/ipc/handbuch_ipc2016.pdf.

Im kurzen, zeitnahen Betrachtungszeitraum zeigt sich jedoch, dass sich österreichische Erfindungen zunehmend in anderen Bereichen des Biotechnologie-Wissensraums positionieren und sich von der internationalen Entwicklung entfernen, was als Ausdruck der Entwicklung einer eigenständigen Spezialisierung interpretiert werden kann. International haben Erfindungen im Bereich der medizinisch/kosmetische Anwendungen (A61K) an Bedeutung verloren, während sie in Österreich weiterhin einen relativ hohen Stellenwert relativ zur Bedeutung anderer Erfindungen mit österreichischer Beteiligung haben.¹¹ International haben hingegen Anwendungen im Bereich der Bioanalytik (z.B. Immunassay), die in der Technologieklasse C12P zusammengefasst werden, an Relevanz gewonnen. Dies entspricht auch der Entwicklung in Österreich. Gemeinsam ist der internationalen, wie auch der österreichischen Entwicklung, dass Erfindungen im Bereich der Technologieklasse C12M (Vorrichtungen für Enzymologie oder Mikrobiologie) moderat wichtiger geworden sind. Österreichspezifisch ist dagegen die Entwicklung der Bedeutung der Technologieklasse G01N (Untersuchen/Analysieren von Stoffen durch Bestimmen ihrer chemischen/physikalischen Eigenschaften) in den österreichischen Erfindungen im Vergleich zur internationalen Entwicklung relativ stark an Bedeutung gewonnen haben. Tabelle 3 bietet eine noch detailliertere Auflistung der IPC Technologiefelder, in die die Biotechnologie-Patentanmeldungen fallen, die den stärksten Einfluss auf spätere Erfindungen ausgeübt haben.¹²

Insgesamt bestätigt diese Evidenz, dass sich Technologiefelder über die Zeit ausdifferenzieren, und dass sich dies auch in den PR-Bedeutungsgewichten niederschlägt. Dies wird auch durch ökonometrische Analysen von Reinstaller und Reschenhofer (2017) untermauert, die zeigen, dass das PR-Bedeutungsgewicht eines Patenten umso schwächer mit den zentralen Wissensgebieten bzw. Technologieklassen des Wissensraumes korreliert, je jünger das Patent ist.¹³ PR-Bedeutungsgewichte vollziehen also die Diversifizierung bzw. die Verästelung von Entwicklungspfaden in einem Technologiefeld nach und sind damit imstande wichtige Eigenschaften technologischer Entwicklung und die Bedeutung einzelner Erfindungen zu dieser Entwicklung zu identifizieren.

Ein Patentanzeiger der Bedeutung der erfinderischen Tätigkeit eines Landes auf dem Gebiet der Biotechnologie

Wie die Ausführungen bislang gezeigt haben, bilden die PR-Bedeutungsgewichte von Patenten den Beitrag einzelner Erfindungen für ein Technologiefeld und die Entwicklung unterschiedlicher technologischer Pfade darin gut ab. Sie ermöglichen die Erstellung einer konsistenten Reihung auf der Grundlage ihrer Bedeutung. Diese Eigenschaft kann ausgenutzt werden, um einen Patentanzeiger auf Länderebene zu konstruieren, der die Bedeutung unterschiedlicher Länder aufgrund ihres Beitrages zur technologischen Entwicklung in dem Technologiefeld abbildet. Ein solcher Anzeiger sollte drei Kriterien erfüllen: Er sollte sowohl eine

¹¹ Im Sinne der zugrundeliegenden PR-Bedeutungsgewichte ist der Begriff „Bedeutung“ hier so aufzufassen, dass „bedeutendere“ Erfindungen einen höheren Einfluss auf nachfolgende Erfindungen haben, als jene, für die eine geringeres Bedeutungsgewicht berechnet wurde.

¹² Die Spalte mit dem „Wert“ in Tabelle 3 zeigt die aggregierten PR-Bedeutungsgewichte, der einer Technologieklasse zugeordneten Patente. Vergleicht man hier die Bedeutungsgewichte in identen Technologieklassen, z.B. C12Q 1/68 in der ersten Zeile, so sieht man, dass die PR-Bedeutungsgewichte der Erfindungen mit österreichischer Beteiligung sich im Umfang von rund zwei Größenordnungen (10^2) von den wichtigsten Erfindungen in dem Bereich, die in der globalen Berechnung eingehen, unterscheiden. Dies legt nahe, dass österreichischer Erfindungen doch eine wesentlich geringere Bedeutung und damit auch einen geringeren wirtschaftlichen Wert, als die international wichtigsten Erfindungen in den gleichen Technologieklassen haben.

¹³ Dabei kontrollieren sie für das Alter der Patente und eine Reihe anderer Indikatoren, die mit der Qualität bzw. dem Wert von Patenten und der Zitationswahrscheinlichkeit durch spätere Patente in Zusammenhang gebracht werden.

konsistente Rangordnung zwischen den beobachteten Ländern, als auch eine konsistente Rangordnung über die Zeit wiedergeben und er sollte am aktuellen Rand möglichst früh wichtige Entwicklungen abbilden.

Die PR-Bedeutungsgewichte ermöglichen das Erstellen einer konsistenten Rangordnung zwischen allen Patenten, die in einem Technologiefeld angemeldet wurden, unabhängig davon bei welchem Patentamt sie eingereicht wurden. Bei der länderweisen Aggregation der PR-Bedeutungsgewichte sollten jedoch aufgrund unterschiedlicher rechtlicher Bestimmungen nur Erstanmeldungen bei den gleichen Patentämtern, bzw. nach dem gleichen Anmeldeverfahren miteinander verglichen werden. Dadurch soll einerseits sichergestellt werden, dass alle in den Vergleich eingehenden Patente den gleichen rechtlichen und administrativen Rahmenbedingungen unterlegen waren. Andererseits sollen mögliche Unterschiede in Patentierungsneigung ausgeschlossen werden.¹⁴ Aus diesem Grund hat sich bei internationalen Vergleichen der OECD oder der EU die Praxis etabliert Anmeldungen beim Europäischen Patentamt (EPA) oder Anmeldungen, die der Grundlage des Vertrages über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens (PCT – Patent Cooperation Treaty) erfolgen, miteinander zu vergleichen. Dieser Praxis folgt auch diese Studie. In der Aggregation werden zudem die mit dem PR-Bedeutungsgewicht gewogenen Patente entsprechend des Anteils der Erfinder eines Landes diesem zugeteilt und aufsummiert. Damit gibt der Patentanzeiger eine konsistente Rangordnung zwischen den verglichenen Ländern wieder.

Hinsichtlich des Anspruchs an den Patentanzeiger, eine zeitkonsistente Rangordnung zwischen den Ländern zu bieten, haben die Ausführungen in dieser Studie gezeigt, dass das PR-Verfahren eine bedeutende Schwäche aufweist. Die zeitliche Dimension und die Tatsache, dass es sich bei dem Patentzitationsnetzwerk um ein stetig wachsendes Netzwerk handelt, wird nicht berücksichtigt und damit dominieren ältere wichtige Patente die Rangordnung. Dadurch können spätere wichtige Erfindungen die Rangordnung der Patente, aber auch jene auf Länderebene eigentlich nicht mehr verändern. Trotz dieser Einschränkung, ist die Rangordnung, die sich durch Anwendung des PR-Verfahrens ergibt, in sich konsistent, denn aufgrund des kumulativen Charakters des technischen Wandels stehen spätere wichtige Patente sozusagen auf den Schultern früherer paradigmatischer Patente und sollten daher grundsätzlich eine geringere Bedeutung für die Entwicklung eines Technologiefeldes haben. Dies wird vom PR-Verfahren korrekt abgebildet. Wie in Textkaste 3 jedoch dargelegt, kann das beschriebene Problem gelöst werden indem ausgehend von der konsistenten Rangordnung der Patente, auf Basis der PR-Bedeutungsgewichte, lediglich Teilaggregate von Patentanmeldungen in einem spezifischen Zeitfenster, berechnet und verglichen werden. Je weiter das Zeitfenster in die Vergangenheit reicht, umso stärker ist der Einfluss der frühen paradigmatischen Patente auf die Rangordnung. Je kürzer das Zeitfenster ist, desto stärker werden spätere wichtige Patente berücksichtigt, die, z.B. in der Entwicklung neuer Entwicklungspfade innerhalb des Technologiefeldes eine bedeutende Rolle spielen, oder relativ rasch Vorwärts-Zitationen auf sich ziehen und damit möglicherweise auf emergente Entwicklungen hindeuten. Dadurch wird auch (teilweise) der Anspruch erfüllt, dass der Patentanzeiger am aktuellen Rand ein Bild neuer Entwicklungen vermittelt.

Grundsätzlich haben Patentdaten am aktuellen Rand aber immer ein Problem mit unterschiedlichen zeitlichen Verzögerungen, die sich kumulieren. So liegt i.d.R. zwischen der

¹⁴ Die Patentierungsneigung, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass ein Antrag auf Patenterteilung gestellt wird, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Neben technologischen Faktoren, der Wettbewerbskonstellation des Anmelders, sowie dessen Ursprungsland spielt auch die möglichen geographische Breite des Schutzes der Erfindung, die durch die Anmeldung erlangt werden kann, eine bedeutende Rolle.

Antragstellung und der Veröffentlichung eines Patentantrages achtzehn Monate. Nicht alle dieser veröffentlichten Anträge finden sofort Eingang in Datenbank. Zuletzt vergeht noch Zeit, bis auch Vorwärts-Zitationsdaten über ein Patent vorliegen, sodass es mehrere Jahre dauern kann, bis eine Anmeldung in den Patentanzeiger einfließt. Diese Probleme bleiben auch bei dem vorliegenden Patentanzeiger weiterhin bestehen. Aus diesem Grund wird der aktuelle Rand als gleitendes Fenster über die letzten fünf Jahre im Datensatz angezeigt. In diesem Zeitraum gehen schon direkte und indirekte Vorwärts-Zitationen in die Berechnung ein.¹⁵

Textkasten 3: Konstruktion des Patentanzeigers aus den PR-Bedeutungsgewichten

Zur Berücksichtigung der zeitlichen Dimension in dem Patentanzeiger bei gleichzeitiger Wahrung der Konsistenz der Rangordnung zwischen den einzelnen Patenten, die innerhalb eines Technologiefeldes durch die auf der Grundlage des PR-Verfahrens ermittelten Bedeutungsgewichte ermittelt wurde, wird ein gleitendes Zeitfenster folgendermaßen berechnet:

$$C_z^d = \sum_j s_z^j x_j^{F(d)} p_j^{F(d)} = \sum_{j \text{ neuer als } d} s_z^j x_j^{PR},$$

d.h. der Wert des Anzeigers für ein Land z im Zeitraum, der vom aktuellen Rand der Beobachtungen (2015) bis zum Zeitpunkt d reicht, ergibt sich aus der Summe der durch das PR-Verfahren berechneten Bedeutungsgewichte aller in diesem Zeitraum angemeldeten Patente eines Landes. Der Vektor der Bedeutungsgewichte x_j^{PR} selbst wird über alle Patente und ohne Einschränkung des Zeitrahmens berechnet. Damit wird sichergestellt, dass einerseits die Rangordnung der Patente unabhängig vom Beobachtungszeitraum konsistent bleibt, und andererseits die Bedeutung der Erfindungen anhand der Bedeutungsgewichte nur für das eingeschränkte Zeitfenster $F(d)$ erfolgt, was wiederum sicherstellt, dass die ermittelte Rangordnung zwischen den verglichenen Ländern ebenso konsistent ist. Wie bei Patentzählungen üblich werden die Patente dem Anteil der Erfinder oder der Anmelder aus einem Land z an allen in der Patentschrift aufgelisteten Erfindern oder Anmeldern s_z^j zugerechnet. Der Vektor $p_j^{F(d)}$ zeigt an, welche Patente jünger als Zeitpunkt d sind.

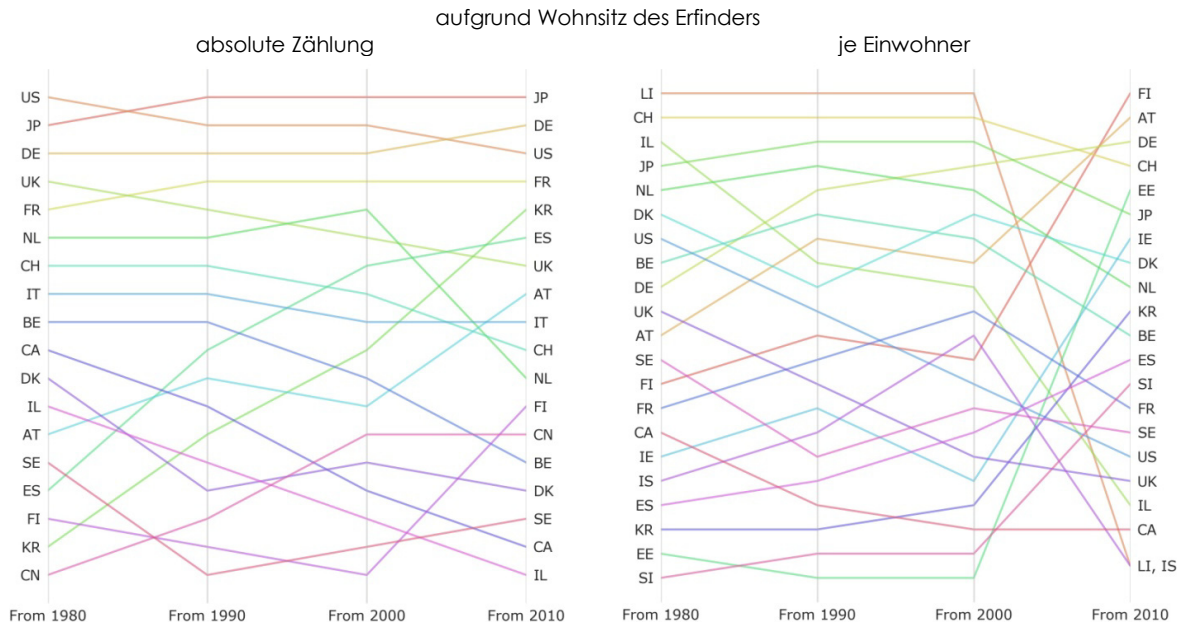
Abbildung 3 stellt nun den Patentanzeiger zur Bedeutung der erfinderischen Tätigkeit eines Landes in der Biotechnologie über die Zeit dar. Im linken Bild wird die Rangordnung aufgrund einer absoluten Zählung dargestellt. Im rechten Bild wird diese anhand der Bevölkerungszahl der jeweiligen Länder normiert, um mögliche Effekte der Größe eines Landes auf die Anzahl der Patentanmeldungen zu bereinigen. Die bereinigte Zahl wird dann zur Berechnung der Rangordnung herangezogen. In beiden Fällen wurden Anmeldungen beim EPA für die Berechnung verwendet und die Patente den Ländern aufgrund des Wohnsitzes der in den Patentschriften angeführten Erfinder zugeteilt. Die angegebenen Zeitpunkte geben das untere Jahr des betrachteten Zeitfensters an. So wurde für die Berechnung der Rangordnung für das Jahr 2000, z.B., alle Erfindungen herangezogen, die zwischen dem Jahr 2000 und dem Jahr 2015, dem aktuellen Rand der Beobachtungen, liegen. Lieben zwei Länder aufgrund der Bedeutungsgewichte im Patentanzeiger sehr eng beieinander, so werden sie ex-aequo auf den gleichen Rang gesetzt.

Betrachtet man nun die Ergebnisse im Detail, so erkennt man, dass in absoluten Zahlen die USA, Japan und Deutschland die wichtigsten Erfindernationen im Bereich der Biotechnologie sind und sich diese Führungsposition schon seit geraumer Zeit teilen. Die USA haben jedoch ihre ursprüngliche Spitzenposition an Japan und Deutschland abgegeben. Es zeigt sich auch, dass einige Länder über die Zeit rapide an Bedeutung gewonnen haben. Dies trifft auf

¹⁵ Sofern keine Zitationsdaten vorliegen gibt der Patentanzeiger die Rangordnung wieder, die sich aufgrund einer einfachen Zählung ergeben würde. Liegen direkte, aber keine indirekte Vorwärts-Zitationen vor, so entspricht die ermittelte Rangordnung des Patentanzeigers jener, die sich durch eine zitationsgewichtete Zählung ergeben würde. Sobald jedoch auch indirekte Vorwärts-Zitationen vorliegen, weicht der Indikator ab.

Spanien (ES), Südkorea (KR), China (CN) und auch Österreich (AT) zu. Kanada (CA), Israel (IL), die Schweiz (CH) und die Niederlande (NL) haben hingegen an Bedeutung eingebüßt.

Abbildung 3: Bedeutung österreichischer Erfindungen in der Biotechnologie im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen.

Beim Vergleich aufgrund der bereinigten Zählungen zeigt sich ein wesentlich dynamischeres Bild, vor allem am aktuellen Rand. Kleine Länder wie Österreich oder Finnland rangieren nun an den Spitzenpositionen und das aufstrebende, doch bevölkerungsreiche China fällt aus dem Ranking, während die USA gemessen an ihrer Bevölkerungszahl wesentlich stärker an Bedeutung verlieren, als dies aus den absoluten Zählungen hervorgehen würde. Der Nachteil der Bereinigung der Zählung mit der Ländergröße ist, dass einzelne kleine Länder temporär aber auch längerfristig in der Rangordnung eine wichtige Rolle spielen, obwohl die Erfinder der maßgeblichen Patente in einem angrenzenden größeren Land arbeiten. Dies trifft, z.B. für Monaco und Frankreich, oder Liechtenstein und die Schweiz zu. Im Falle von Auswertungen auf der Grundlage der Anmelder und nicht der Erfinder, tritt zudem noch das Problem nochmals verschärft auf, da Steueroasen, in denen intellektuelles Eigentum aus steuerlichen Gründen angemeldet wird, im Ranking wichtige Positionen einnehmen können. Damit bieten bereinigte Zählungen ein wesentlich unstetigeres Bild und korrelieren vor allem für Kleinststaaten kaum mit deren Forschungsaufwendungen und Innovationssystem.

Für Österreich geht aus dem Anzeiger hervor, dass es sich über die Zeit zu einer wichtigen Technogenation im Bereich der Biotechnologie entwickelt hat. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Bedeutungsgewichte jüngerer Patentanmeldungen weit unter jenen früheren Anmeldungen liegen. Die Beobachtungen am aktuellen Rand bilden somit ab, in welchen Ländern wichtige neuere Entwicklungen in dem Technologiefeld stattfinden, wobei diese jedoch im Vergleich zu den wichtigsten, früheren Erfindungen, eine insgesamt untergeordnete Rolle spielen. Teilweise sind die Ergebnisse am aktuellen Rand auch von Vorwärts-Zitationen getrieben, in denen Erfinder in späteren Patenten ihre eigenen früheren Arbeiten zitieren, die aber vom EPA nicht als Technologiefamilie identifiziert worden sind. Diese Effekte verschwinden aber mit der Länge des Beobachtungszeitraumes.

Der österreichische Beitrag zur Entwicklung wichtiger Schlüsseltechnologien

Der im vorangegangenen Abschnitt anhand der Biotechnologie dargestellte Ansatz, wird nun auf sechs weitere strategische Schlüsseltechnologien umgelegt. Dies sind nach Definition der Europäischen Kommission die industrielle Biotechnologie, Mikro- und Nanoelektronik, Nanotechnologie, Photonik, fortschrittliche Fertigungstechnologien und fortschrittliche Materialtechnik. Für jedes dieser Technologiefelder werden nun in weiterer Folge der Patentanzeiger, die Liste der Technologiefelder der Patentanmeldungen mit dem höchsten PR-Bedeutungsgewicht, sowie eine Liste der höchstgereihten Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt (EPA) ausgewiesen. Netzwerkgraphiken zur Entwicklung des Wissensraumes über die Zeit für jedes Technologiefeld werden ebenfalls präsentiert. Damit ist es auch möglich einen Überblick zu gewinnen, welches die wichtigsten Erfindungen und Technologieklassen sind, die hinter den Ergebnissen des Patentanzeigers stehen.

Der Patentanzeiger wird für alle Technologiefelder nach dem Wohnsitz der Erfinder und nach dem Sitz des Anmelders ausgewertet. Da dem Anmelder zunächst im Falle der Erteilung eines Patentes auch das Recht auf das geistige Eigentum zusteht, unterscheiden sich diese beiden Anzeiger also dahingehend, dass die Auswertung nach Erfinderwohnsitz eher die erfinderische Leistung im Land abbildet, während die Auswertung nach Anmeldersitz eher die Rechte auf geistiges Eigentum in einem Technologiefeld darstellt, die in einem Land vorliegen. Die Liste der höchstgereihten Patente wird einerseits für die Erfindungen mit dem höchsten PR-Bedeutungsgewicht seit 1980 bzw. seit 2010 ausgewiesen. Andererseits, werden die wichtigsten internationalen und österreichischen Anmeldungen beim EPA einander gegenübergestellt. Zur besseren Einordnung werden die durch die PR-Bedeutungsgewichte in der jeweiligen Unterliste (r_pr50), sowie in der globalen Liste aller Erfindungen auf dem Gebiet (ra_pr50) abgebildet.¹⁶ Diese Listen beziehen sich auf die Auswertung des Patentanzeigers nach dem Erfinderwohnsitz.

Industrielle Biotechnologie

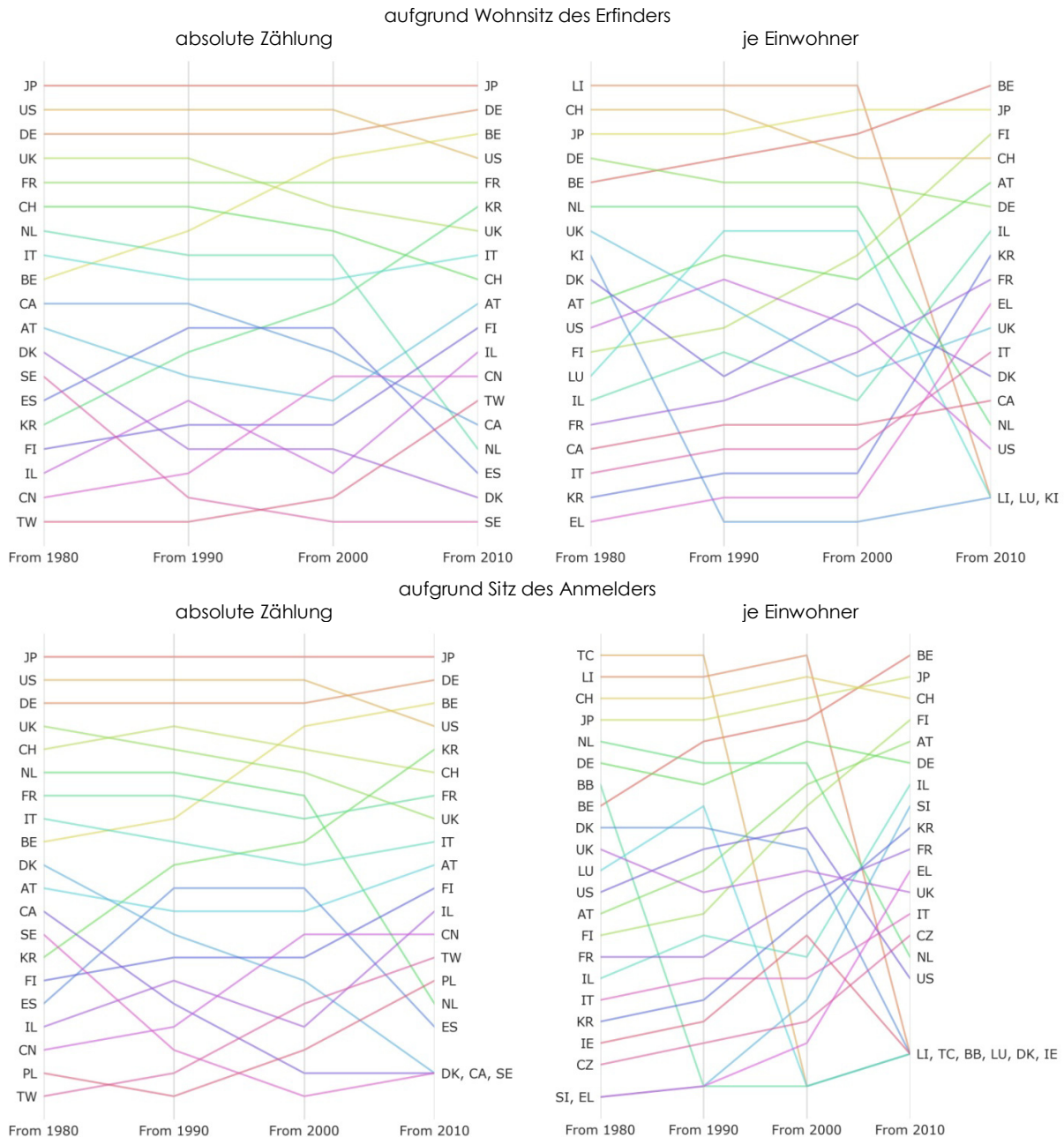
Die industrielle Biotechnologie ist ein Untergebiet der Biotechnologie, die grob in die medizinische (rote), industrielle (weiße) und die agrarische (grüne) Biotechnologie unterteilt wird. Die Industrie (und deren Nutzung von Patenten) in Österreich wurde umfassend in Reinstaller und Schwarz (2012) charakterisiert. Dabei hat sich gezeigt, dass der Schwerpunkt der öffentlichen und privaten Forschung und damit einhergehende Patentaktivitäten in der Biotechnologie in Österreich auf dem Bereich der medizinischen, also der roten, Biotechnologie liegt. Insofern, bilden die hier präsentierten Ergebnisse ein relativ schmales Teilgebiet der erfinderischen Tätigkeit im Bereich der Biotechnologie in Österreich ab.

Abbildung 4 stellt den Patentanzeiger zur Bedeutung der erfinderischen Tätigkeit in der industriellen Biotechnologie über die Zeit dar. Im linken Bild wird wieder die Rangordnung aufgrund einer absoluten Zählung dargestellt, im rechten Bild die durch die Bevölkerungsgröße normierte Anzahl der Patentanmeldungen bereinigte Rangordnung. Bei der Rangordnung nach der absoluten Zählung sind ähnlich den Ergebnissen bei der Biotechnologie, Japan, die USA und Deutschland die Länder mit den wichtigsten Patentanmeldungen in der industriellen Biotechnologie. Dies spiegelt sich sowohl im Ranking aufgrund des Wohnsitzes der Erfinder als jenem aufgrund des Sitzes der Anmelder wieder.

¹⁶ Da nur EPA Anmeldungen verglichen werden, ist der Rang in der Spalte ra_pr50 zuweilen sehr hoch, da z.B. US Anmeldungen oder Anmeldungen bei anderen nationalen Patentämtern sich auf den vordersten Plätzen des globalen Rankings befinden.

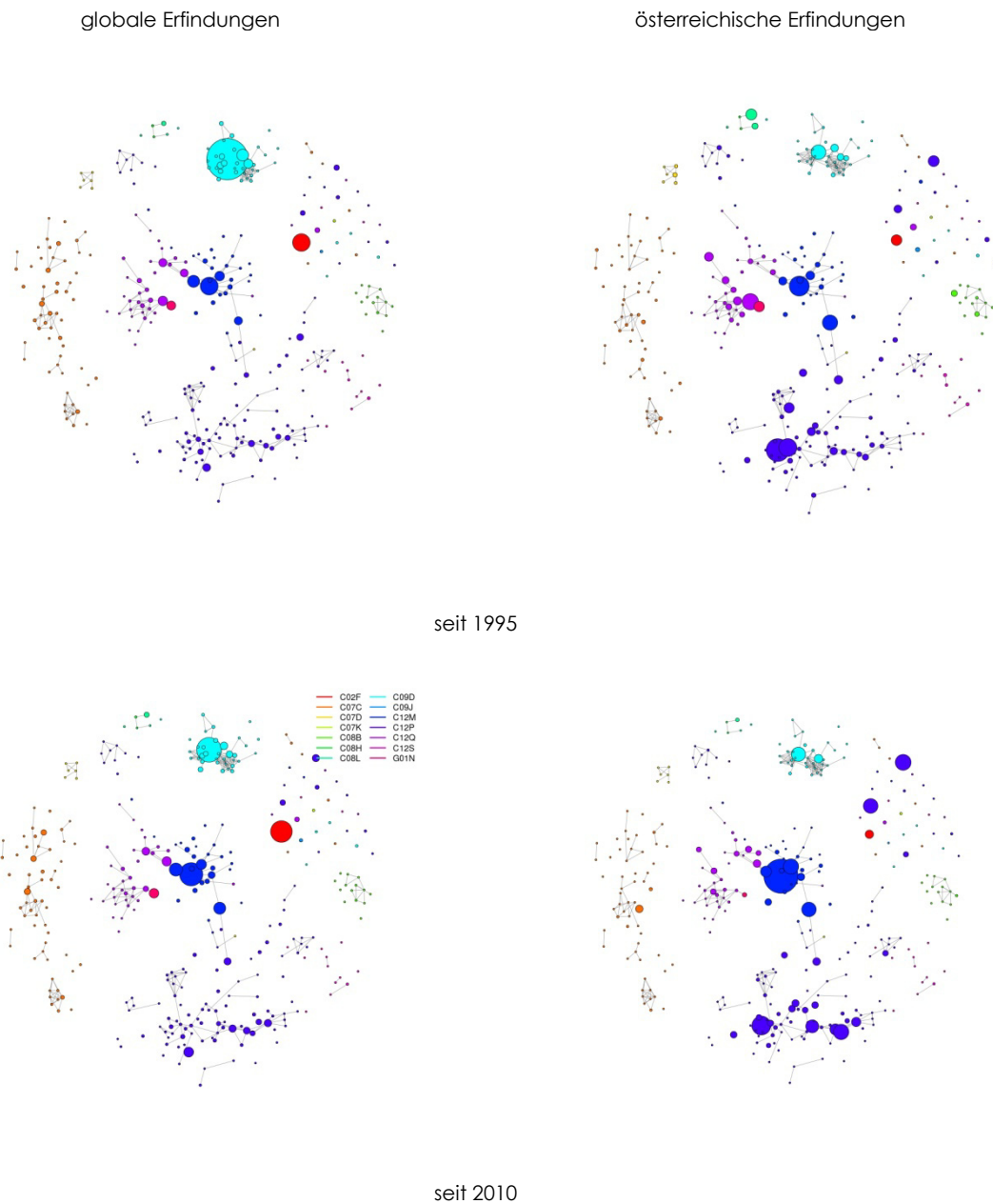
Belgien (BE) und Südkorea (KR) sind die Länder, die über die Zeit am stärksten an Bedeutung gewonnen haben. Österreich nimmt eine mittlere Position im Feld der zwanzig wichtigsten Technonationen in der industriellen Biotechnologie ein.

Abbildung 4: Bedeutung österreichischer Erfindungen in der industriellen Biotechnologie im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die Linien stellen die Entwicklung in einem gleitenden Fenster dar, in dem vom letzterverfügbaren Datenpunkt (Q4 2015) bis zum in der Darstellung angegebenen Zeitpunkt zurückgeblickt wird. Sie beziehen sich aufgrund der Vergleichbarkeit der Anmeldungen ausschließlich auf Anmeldungen beim EPA.

Abbildung 5: Entwicklung des Wissensraumes in der industriellen Biotechnologie



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die Größe der Blasen entspricht der mit PageRank gewichteten Anzahl der Patente in einer aggregierten Technologieklasse. Die Größenverhältnisse beziehen sich auf das jeweilige Netzwerk. Damit ist die Größe der Blasen zwischen Netzwerkabbildungen nicht direkt vergleichbar.

Tabelle 4: Wichtigste Technologiefelder in der industriellen Biotechnologie seit 2010. EPA Anmeldungen global und mit österreichischer Beteiligung; vgl. Abbildung 5

Rang	Insgesamt			Wert	Österreich			Wert
	IPC	gekürztes IPC - Label			IPC	gekürztes IPC - Label		
1	C09D 11/00	Tinten		0.0115	C12M 1/00	Vorrichtungen für Enzymologie oder Mikrobiologie		0.00007
2	C12M 1/00	Vorrichtungen für Enzymologie oder Mikrobiologie		0.0108	C12P 13/00	Herstellung von Stickstoff enthaltenden organischen Verbindungen		0.00004
3	C02F 3/34	Biologische Behandlung von Wasser, kommunalem oder industriellem Abwasser, die durch die verwendeten Mikroorganismen gekennzeichnet		0.0100	C12P 21/06	Herstellung von Peptiden oder Proteinen durch Hydrolyse einer Peptidbindung		0.00003
4	C12M 1/34	Vorrichtungen für Enzymologie oder Mikrobiologie: Messen oder Untersuchen mit Einrichtungen zum Messen oder Wahrnehmen der Verfahrensbedingungen		0.0057	C12P 19/02	Herstellung von Verbindungen, die Saccharidreste enthalten: Monosaccharide		0.00003
5	C12M 1/107	Vorrichtungen für Enzymologie oder Mikrobiologie mit Einrichtungen zur Sammlung der Fermentationsgase		0.0052	C12M 3/00	Vorrichtungen zur Kultur von Gewebe, menschlichen, tierischen oder pflanzlichen Zellen, oder von Viren		0.00003
6	C12M 3/00	Vorrichtungen zur Kultur von Gewebe, menschlichen, tierischen oder pflanzlichen Zellen, oder von Viren		0.0042	C12P 21/00	Herstellung von Peptiden oder Proteinen		0.00003
7	C12P 7/64	Herstellung von Sauerstoff enthaltenden organischen Verbindungen: Fette; fette Öle; Wachse auf Esterbasis; höhere Fettsäuren, d.h. solche, die mindestens sieben Kohlenstoffatome in ununterbrochener Kette an eine Carboxylgruppe gebunden enthalten; oxidierte Öle oder Fette		0.0041	C12M 1/107	Vorrichtungen für Enzymologie oder Mikrobiologie mit Einrichtungen zur Sammlung der Fermentationsgase		0.00003
8	G01N 27/327	Untersuchen von Stoffen durch elektrochemischer Größen; Anwendung der Elektrolyse oder der Elektrophorese; Anordnung von zwei oder mehr Messsystemen oder Messzellen in einer Baugruppe, wobei jede für eine andere Messgröße bestimmt ist und wobei jeder Messwert unabhängig oder zur Bestimmung davon abgeleiteter Messgrößen verwendet wird; Elektroden zum Nachweis biochemischer Verbindungen		0.0039	C09D 11/00	Tinten		0.00003
9	C12Q 1/02	Mess- oder Untersuchungsverfahren unter Einbeziehung von Enzymen oder Mikroorganismen, Zusammensetzungen hierfür und Verfahren zum Herstellen derartiger Zusammensetzungen unter Einbeziehung von vermehrungsfähigen Mikroorganismen		0.0038	C12P 7/18	Herstellung von Sauerstoff enthaltenden organischen Verbindungen, die eine Hydroxylgruppe enthaltend: mehrwertige acyclische		0.00002
10	C12Q 1/04	Mess- oder Untersuchungsverfahren unter Einbeziehung von Enzymen oder Mikroorganismen, Zusammensetzungen hierfür und Verfahren zum Herstellen derartiger Zusammensetzungen unter Einbeziehung von vermehrungsfähigen Mikroorganismen zur Bestimmung der Anwesenheit oder der Art von Mikroorganismen; Verwendung von selektiven Medien zur Untersuchung von Antibiotika oder Bakteriziden; chemische Indikatoren hierfür enthaltende Zusammensetzungen		0.0031	C12P 7/10	Herstellung von Sauerstoff enthaltenden organischen Verbindungen, die eine Hydroxylgruppe enthaltend; acyclische; Ethanol, d.h. nicht für die Getränkeherstellung, hergestellt als Nebenprodukt aus Substraten, die cellulosehaltige Stoffe enthalten		0.00002

Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die IPC ist ein hierarchisches Klassifikationssystem, wodurch die Inhalte der höheren Ebenen bei der Benennung der IPC mitberücksichtigt werden müssen. Die hier verwendeten Labels wurden individuelle gekürzt und haben nicht den Anspruch vollständig zu sein. Für die genaue Bezeichnung der jeweiligen IPC siehe <https://depatisnet.dpma.de/ipc/ipc.do>. Für die genaue Erläuterung, wie die IPC aufgebaut ist und folglich wie sie zu lesen ist siehe https://www.dpma.de/docs/service/klassifikationen/ipc/handbuch_ipc2016.pdf.

Tabelle 5: Höchstgereichte Patente in der industriellen Biotechnologie. EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung

Industrielle Biotechnologie											
Anmeldenummer	Prioritätsdatum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50	Anmeldenummer	Prioritätsdatum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50
Top 10 Patente beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente beim EPA; seit 2010					
EP19890904212	29.01.1988	BIOSENSOR AND PROCESS FOR ITS PRODUCTION	JP (4)	1	76	EP20100848946	31.03.2010	NOVEL CELLULOSE GENE	JP (1)	1	125
EP19830100065	16.01.1982	APPARATUS FOR PHOTOSYNTHESIS	JP (1)	2	82	EP20100153195	10.02.2010	Method for the removal of salts and surfactants from wastewaters	IT (6)	2	192
EP19820105162	14.06.1982	SEMICONDUCTOR DEVICE, SENSOR AND METHOD FOR DETERMINING THE CONCENTRATION OF AN ANALYTE IN A MEDIUM	US (1)	3	116	EP20100196244	21.12.2010	A dispersion comprising metallic, metal oxide or metal precursor nanoparticles	BE (3)	3	252
EP19840901016	11.03.1983	BIOSENSOR	JP (3)	4	214	EP20110151571	20.01.2011	Novel Fucosyltransferases and their applications	DE (5)	4	257
EP19870309691	31.10.1986	TEST DEVICES WITH REAGENT LAYERS FORMED BY PRINTING PROCESSES	UK (2)	5	259	EP20110193943	16.12.2011	Curable liquids and inkjet inks for food packaging applications	BE (2)	5	260
EP19930101701	20.02.1992	Aqueous dispersions containing ABC triblock polymer dispersants	US (3)	6	265	EP20100823465	16.10.2009	WASTE WATER CLEANING SYSTEM, WASHING DEVICE, AND INK JET PRINTER SYSTEM	JP (1)	6	307
EP19840300725	11.02.1983	ENHANCED LUMINESCENT OR LUMINOMETRIC ASSAY	UK (3)	7	270	EP20110167243	26.05.2010	Ink composition for ink jet textile printing and ink jet textile printing process	JP (3)	7	348
EP19820302265	07.05.1981	FAT PROCESSING	UK (2)	8	295	EP20100197455	31.12.2010	Efficient lignocellulose hydrolysis with integrated enzyme production	DE (6)	8	363
EP19820303214	18.11.1980	COPOLYESTERS AND PROCESS FOR THEIR PRODUCTION	UK (3)	9	304	EP20100181145	30.09.2009	Method of removing color bodies from a fermentation broth	US (1)	9	379
EP19820305597	23.10.1981	Sensor for components of a liquid mixture	UK (3)	10	321	EP20120382301	25.07.2012	Fermentation method and apparatus	ES (2)	10	432
Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 2010					
EP19850810103	15.03.1984	PROCESS AND APPARATUS FOR THE CULTURE OF HUMAN, ANIMAL, PLANT AND HYBRID CELLS AND MICROORGANISMS	AT (2)	1	1352	EP20110185833	19.10.2011	Horseradish peroxidase isoenzymes	AT (5)	1	1866
EP19900890304	12.05.1989	Method and apparatus for detecting biological activities in a specimen	AT (1), US (2)	2	2591	EP20110007360	10.09.2010	Biogas assembly, method for its operation and reactor unit for same	AT (3)	2	3249
EP19970890110	20.06.1996	Intaglio printing process using a water-dilutable printing ink	AT (3)	3	2810	EP20110170011	15.06.2011	Enzymatic amination	AT (2), DE (2)	3	4122
EP19890111285	07.07.1988	Extraction agent for poly-D(-)-3-hydroxybutyric acid.	AT (4)	4	4141	EP20100450065	22.04.2009	Process for producing methane by fermentation of biomass, wherein hydrogen ions released during the acidification are reduced at a cathode and gaseous hydrogen is removed	AT (1)	4	5767
EP19890122477	09.12.1988	Slime and deposits controlling process in industrial plants	AT (1), DE (1)	5	4174	EP20100183799	30.09.2010	Method for the production of erythritol	AT (2)	5	5816
EP19880890039	05.03.1987	APPARATUS FOR THE CULTURE OF MICROORGANISMS IN THE DORMANT STATE, PARTICULARLY FILAMENTOUS MICROORGANISMS	AT (3)	6	6744	EP20120165574	25.04.2012	Fermentation device and method comprising a stirring device	AT (1)	6	7549
EP19940102080	10.02.1993	Process for detecting luciferase	AT (1)	7	7818	EP20110150772	12.01.2011	Pipe holder for holding a pipe section and fermenter comprising the pipe holder	AT (3)	7	8295
EP19840109115	13.08.1983	CHROMOGENE AND FLUOROGENE CARBOXYLIC-ACID ESTERS, METHOD FOR THEIR PREPARATION AND AGENTS FOR THE DETECTION AND DETERMINATION OF HYDROLASES	AT (1), DE (1)	8	7821	EP20110161510	09.04.2010	Method for producing a multi-coloured surface on glass	AT (1)	8	8320
EP19860201209	27.02.1985	ENZYMATIC PRODUCTION OF OPTICAL ISOMERS OF 2-HALOPROPIONIC ACIDS	AT (1), US (1)	9	11146	EP20100156411	12.03.2010	Radiation curable aqueous coating compositions	AT (1), BE (2)	9	9629
EP19850890246	09.10.1984	PROCESS FOR PREPARING CELLULOSE CARBAMATES	AT (4)	10	11593	EP20100000900	20.11.2009	Assembly and method for three-dimensional distribution of electromagnetic radiation in a fluid medium	AT (2), DE (1)	10	10894

Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. r_pr50 entspricht der Rangordnung aufgrund der PR-Bedeutungsgewichte innerhalb der in der Teiltabelle zusammengefassten Untergruppe, ra_pr50 entspricht der globalen Rangordnung über alle Patente im betrachteten Technologiefeld hinweg.

Die Rankings auf der Grundlage der bereinigten Zahlen zeigen wiederum eine Verschiebung zugunsten kleiner Länder. Belgien (BE), Finnland (FI), Israel (IL), Slowenien (SI) und auch Österreich (AT) gehören zu den Ländern, deren Patentaktivitäten über die Zeit zunehmend an Bedeutung gewonnen haben, wenn man dies auf die Bevölkerung umlegt. Ein sehr typisches Muster des größten bereinigten Anzeigers nach dem Sitz des Anmelders ist, dass sehr kleine Länder, die als Steueroasen gelten, im Ranking der zwanzig wichtigsten Länder in Erscheinung aufscheinen. Dies trifft z.B. für die Turks und Caicos Inseln zu (TC), bei denen es sich um Britische Überseeterritorien handelt. Ähnliches gilt auch für Barbados (BB), Kiribati (KI), und mit gewissen Einschränkungen auch Luxemburg (LU) oder Lichtenstein (LI).¹⁷ Diese und andere Steueroasen sind in Spitzenrängen des bereinigten Patentanzeigers auf der Grundlage des Unternehmenssitzes auch in den anderen hier analysierten Technologiefeldern anzutreffen. Im Bereich der industriellen Biotechnologie haben sie aber über die Zeit an Bedeutung verloren.

Abbildung 5 und Tabelle 4 zeigen die Technologieklassen, denen am aktuellen Rand der Beobachtungen im Wissensraum die höchsten PR-Bedeutungsgewichte zugerechnet wurden als auch wie sich diese im Wissensraum miteinander verbunden sind. Aus der Betrachtung des Wissensraumes geht hervor, dass in der internationalen Entwicklung in der Biotechnologie die Technologiekategorie C12M in der „Vorrichtungen der Enzymologie oder Mikrobiologie“ klassifiziert werden, eine wichtige Rolle spielt, während in Österreich eine größere Anzahl von Patenten mit einem höheren PR-Bedeutungsgewicht in der Technologiekategorie C12P zugeordnet wird. In dieser Technologiekategorie werden „Gärungsverfahren oder Verfahren unter Verwendung von Enzymen zur gezielten Synthese von chemischen Verbindungen“ u.dgl. klassifiziert. Damit liegt eine etwas unterschiedliche Spezialisierung im Wissensraum vor. Die beiden Technologiekategorien besetzen aber die zentralen Teile des Wissensraumes der industriellen Biotechnologie und sind miteinander verbunden. Dies deutet darauf hin, dass sich die Schlüsselkompetenzen wenig voneinander unterscheiden.

Zwei weitere erkennbare Unterbereiche im Wissensraum der industriellen Biotechnologie ist zum einen der Cluster um die Technologiekategorie C09D, die Überzugsmittel wie Anstriche, Tinten oder Pasten zum Färben umfasst. Dieser Teilbereich stellt eine Enklave im Wissensraum der industriellen Biotechnologie dar, die kaum mit anderen Bereichen verbunden ist und damit auf unterschiedliche Kompetenzen aufbaut. Sie hat aber sowohl international als auch in Österreich eine hohe Bedeutung. Eine weitere leicht identifizierbare Enklave liegt um die Technologiekategorie C07C, die acyclische und carbocyclische Verbindungen umfasst. Sie spielt sowohl international als auch bei den österreichischen Erfindungen eine untergeordnete Rolle.

Tabelle 5 zeigt die Patentanmeldungen mit den höchsten PR-Bedeutungsgewichten. Es zeigt sich das über die meisten Schlüsseltechnologiefelder konsistente Bild, dass die PR-Bedeutungsgewichte (ra_pr50) sowohl bei langfristiger als auch bei kurzfristiger Betrachtung unter denen der wichtigsten internationalen Patentanmeldungen beim EPA liegen. Folglich liegen auch die Patente mit österreichischen Erfindern im Rang relativ weit hinter den bedeutendsten Anmeldungen.

¹⁷ Diese Evidenz spiegelt die bekannte Praxis wieder, dass aus Steueroptimierungsgründen zumeist international agierende Unternehmen ihr intellektuelles Eigentum an Tochtergesellschaften in diesen Gebieten übertragen, die dies dann an andere Tochtergesellschaften lizenzieren. Letztere können diese Aufwendungen in ihren Heimatländern steuerwirksam absetzen, während die Lizenzerträge der Töchter in den Steueroasen diese nur zu einem minimalen Steuersatz besteuern müssen. Diese Praxis kann einen Beitrag dazu leisten, das konsolidierte Steueraufkommen von international agierenden Konzernen zu minimieren.

Nanotechnologie

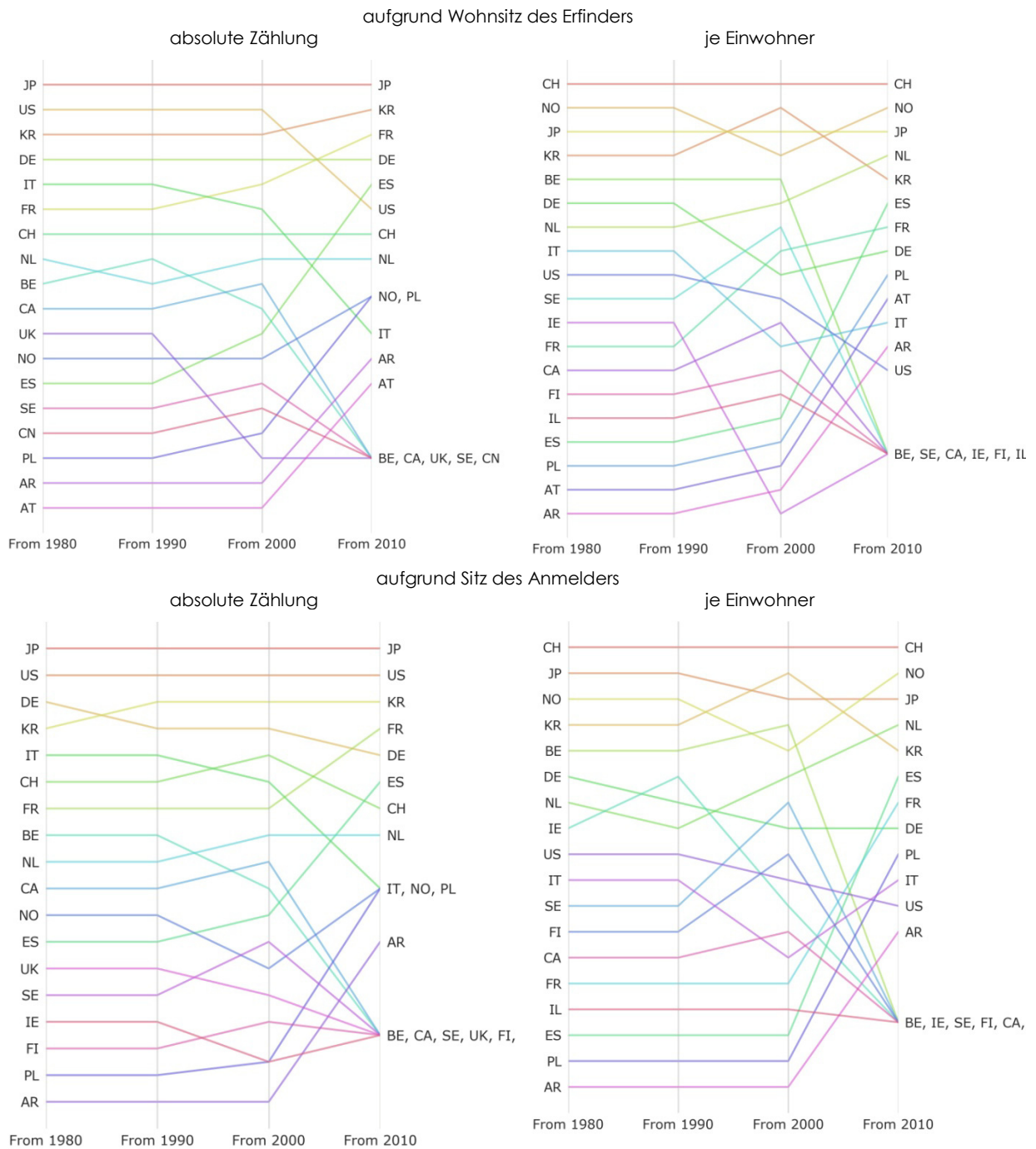
Abbildung 6 stellt den Patentanzeiger zur Bedeutung der erfinderischen Tätigkeit in der Nanotechnologie über die Zeit dar. Japan, die USA, Südkorea und Deutschland sind in absoluten Zahlen gesehen, die Länder mit den wichtigsten Patentanmeldungen in dem Technologiefeld. Italien (IT), Belgien (BE), Kanada (CA) und das Vereinigte Königreich (UK) haben über die Zeit hingegen stark an Bedeutung eingebüßt, während Spanien stark an Bedeutung gewonnen hat (ES). Österreich reiht sich unter den wichtigsten Erfindernationen in den unteren Bereichen des Rankings ein. Bereinigt man das Ranking aufgrund der Bevölkerungsgröße, so verschiebt sich das Bild. Nun führen die Schweiz (CH), Norwegen (NO) und Japan (JP) die Rangordnung an. Österreich zählt zusammen mit Spanien (ES), Argentinien (AR), Polen (PL) und Frankreich (FR) zu den Ländern, die relativ zu ihrer Größe über die Zeit an Bedeutung gewonnen haben.

In der Rangordnung auf der Grundlage des Sitzes des Anmelders fällt Österreich aus dem Ranking der zwanzig wichtigsten Länder. Das deutet darauf hin, dass Erfindungen auf dem Gebiet der Nanotechnologie primär in Unternehmen mit Sitz im Ausland getätigt werden. So sind die beiden wichtigsten Patente, in Abbildung 10, die sowohl die langfristige als auch die kurzfristige Liste der Top 10 Patente unter Beteiligung in Österreich ansässiger Erfinder mit großem Abstand anführen, Anmeldern aus Lichtenstein (Ivoclar Vivadent AG) und Deutschland (Infineon AG) zuzuordnen.¹⁸

Tabelle 6 und Abbildung 7 zeigen, dass sich im Wissensraum der Nanotechnologie die österreichische Spezialisierung von den internationalen Schwerpunkten unterscheidet. Österreichische Erfindungen mit einem hohen PR-Bedeutungsgewicht sind primär in der Mikrostrukturtechnik bzw. Verfahren oder Geräten, die zur Herstellung von Mikrostrukturbauelementen (B81C) vorzufinden. Dieser Bereich bildet einen abgegrenzten Bereich im überschaubaren Wissensraum der Nanotechnologie. International werden die bedeutendsten Erfindungen im Bereich der Nanotechnik (B82B) und spezifischen Anwendungen von Nanostrukturen (B82Y) angemeldet.

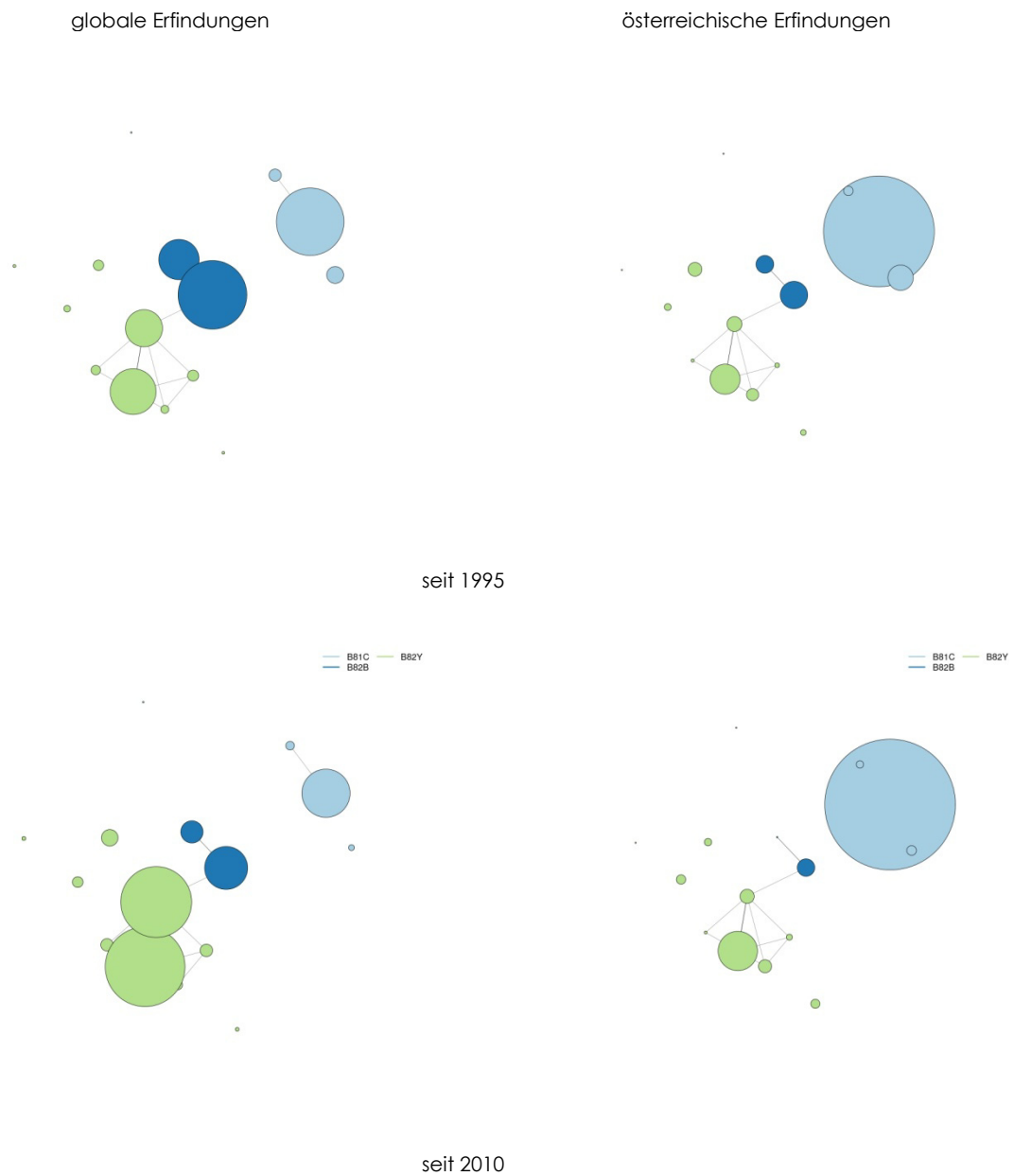
¹⁸ Für alle gelisteten Patente können unter Angabe der Anmeldenummer Details zu den Patente auf <https://worldwide.espacenet.com> abgefragt werden. In den Tabellen werden die anmeldenden Unternehmen zwecks Übersicht nicht angeführt, können aber leicht über den Online-Zugang beim EPA ermittelt werden.

Abbildung 6: Bedeutung österreichischer Erfindungen in der Nanotechnologie im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die Linien stellen die Entwicklung in einem gleitenden Fenster dar, in dem vom letztverfügbaren Datenpunkt (Q4 2015) bis zum in der Darstellung angegebenen Zeitpunkt zurückgeblickt wird. Sie beziehen sich aufgrund der Vergleichbarkeit der Anmeldungen ausschließlich auf Anmeldungen beim EPA.

Abbildung 7: Entwicklung des Wissensraumes in der Nanotechnologie



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die Größe der Blasen entspricht der mit PageRank gewichteten Anzahl der Patente in einer aggregierten Technologieklasse. Die Größenverhältnisse beziehen sich auf das jeweilige Netzwerk. Damit ist die Größe der Blasen zwischen Netzwerkabbildungen nicht direkt vergleichbar.

Tabelle 6: Wichtigste Technologiefelder in der Nanotechnologie seit 2010. EPA Anmeldungen global und mit österreichischer Beteiligung; vgl. Abbildung 7

Rang	IPC	Insgesamt gekürztes IPC - Label	Wert	IPC	Österreich gekürztes IPC - Label	Wert
1	B82Y 30/00	Nanotechnologie für Werkstoffe oder die Oberflächenwissenschaften	0.1049	B81C 1/00	Herstellung oder Behandlung von Bauelementen oder Systemen in oder auf einem Substrat	0.00061
2	B82Y 40/00	Herstellung oder Behandlung von Nanostrukturen	0.0930	B82B 3/00	Herstellung oder Behandlung von Nanostrukturen	0.00008
3	B81C 01/00	Herstellung oder Behandlung von Bauelementen oder Systemen in oder auf einem Substrat	0.0625	B82Y 40/00	Herstellung oder Behandlung von Nanostrukturen	0.00007
4	B82B 1/00	Nanostrukturen gestaltet durch die Manipulation von einzelnen Atomen oder Molekülen oder einer begrenzten Ansammlung von Atomen oder Molekülen als einzelne Einheiten	0.0277	B82Y 10/00	Nanotechnologie für die Datenverarbeitung, Datenspeicherung oder Datenversendung	0.00006
5	B82Y 5/00	Nanobiotechnologie oder Nanomedizin	0.0201	B81C 99/00	Sachverhalte, soweit nicht in anderen Gruppen der Unterklasse (Verfahren oder Geräte besonders ausgebildet zur Herstellung oder Behandlung von Mikrostrukturbauelementen oder -systemen) vorgesehen	0.00005
6	B82Y 99/00	Sachverhalte, soweit nicht in anderen Gruppen der Unterklasse (Bestimmter Gebrauch oder bestimmte Anwendung von Nanostrukturen; Messung oder Analyse von Nanostrukturen; Herstellung oder Behandlung von Nanostrukturen) vorgesehen	0.0147	B82Y 15/00	Nanotechnologie für eine Wechselwirkung, eine Abtastung oder einen Antrieb	0.00005
7	B82Y 20/00	Nanooptik	0.0145	B82Y 25/00	Nanomagnetismus	0.00005
8	B82Y 15/00	Nanotechnologie für eine Wechselwirkung, eine Abtastung oder einen Antrieb	0.0122	B81C 3/00	Zusammenbau von Bauelementen oder Systemen aus individuell hergestellten Teile	0.00004
9	B82Y 10/00	Nanotechnologie für die Datenverarbeitung, Datenspeicherung oder Datenversendung	0.0112	B82Y 5/00	Nanobiotechnologie oder Nanomedizin	0.00004
10	B81C 03/00	Zusammenbau von Bauelementen oder Systemen aus individuell hergestellten Teile	0.0095	B82Y 99/00	Sachverhalte, soweit nicht in anderen Gruppen der Unterklasse (Bestimmter Gebrauch oder bestimmte Anwendung von Nanostrukturen; Messung oder Analyse von Nanostrukturen; Herstellung oder Behandlung von Nanostrukturen) vorgesehen	0.00003

Quelle: EPA PATSTAT Daten; WIFO-Berechnungen. Die IPC ist ein hierarchisches Klassifikationssystem, wodurch die Inhalte der höheren Ebenen bei der Benennung der IPC mitberücksichtigt werden müssen. Die hier verwendeten Labels wurden individuell gekürzt und haben nicht den Anspruch vollständig zu sein. Für die genaue Bezeichnung der jeweiligen IPC siehe <https://depatisnet.dpma.de/ipc/ipc.do>. Für die genaue Erläuterung, wie die IPC aufgebaut ist und folglich wie sie zu lesen ist siehe https://www.dpma.de/docs/service/klassifikationen/ipc/handbuch_ipc2016.pdf.

Tabelle 7: Höchstgereichte Patente in der Nanotechnologie. EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung

Nanotechnologie											
Anmeldungsnummer	Prioritätsdatum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50	Anmeldungsnummer	Prioritätsdatum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50
Top 10 Patente beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente beim EPA; seit 2010					
EP20000308873	18.10.1999	Article comprising aligned nanowires and process for fabricating article	US (4)	1	72	EP20100167629	03.07.2009	Method for manufacturing and testing microfluidic chips	NL (2)	1	90
EP19930306702	21.09.1992	Micro-miniature structure fabrication	US (2)	2	144	EP20110154558	26.02.2010	Manufacturing method of combined sensor	JP (4)	2	185
EP19990307243	21.09.1998	Device comprising a carbon nanotube field emitter structure and process for forming device	US (3)	3	189	EP20100766978	23.04.2009	PHthalocyanine nanowires, ink composition and electronic element each containing same, and method for producing phthalocyanine nanowires	JP (6)	3	514
EP19950300521	31.01.1994	Process for manufacturing a microstructure	JP (2)	4	205	EP20100794138	01.07.2009	Device for manufacturing aligned carbon nanotube assembly	JP (3)	4	517
EP20000900814	19.01.2000	MICRODEVICE AND ITS PRODUCTION METHOD	JP (5)	5	210	EP20100155606	06.03.2009	Fluorescent colloidal nanocapsules, a process for their production and use in cells selection assays	IT (5), DE (1)	5	919
EP19900125214	21.12.1990	Integrated pneumatically and electrostatically controlled scanning tunneling microscope and method of making the same.	DE (3)	6	229	EP20100160162	16.04.2010	Composite ceramic material comprising zirconia	AT (2), FR (3), LI (3), CH (2)	6	920
EP19990650033	09.04.1998	Composition including nanotubes and an organic compound	IE (3)	7	258	EP20100168988	09.07.2010	Manufacturing method for multi-level metal parts through an LIGA type method and parts obtained using the method	CH (2)	7	924
EP19990106041	27.03.1998	Nanostructure, electron emitting device, carbon nanotube device, and method of producing the same	JP (2)	8	267	EP20100761774	10.04.2009	METAL COMPLEX AND COMPOSITION CONTAINING SAME	JP (4)	8	969
EP19960850075	12.04.1995	Sealed cavity arrangement	NO (2)	9	299	EP20100012585	31.08.2010	Apparatus for detecting one or more analytes comprising an elongated nano-structure and method for manufacturing said apparatus	DE (6)	9	971
EP19990305759	31.07.1998	Method for producing nanoparticles of transition metals	UK (2)	10	342	EP20100769495	30.04.2009	MOLD AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR	JP (4)	10	978
Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 2010					
EP20100160162	16.04.2010	Composite ceramic material comprising zirconia	AT (2), FR (3), LI (3), CH (2)	1	8166	EP20100160162	16.04.2010	Composite ceramic material comprising zirconia	AT (2), FR (3), LI (3), CH (2)	1	920
EP20120162888	31.03.2011	Micromechanical sound transducer having a membrane support with tapered surface	AT (1), DE (6)	2	8894	EP20120162888	31.03.2011	Micromechanical sound transducer having a membrane support with tapered surface	AT (1), DE (6)	2	1350
EP20080004908	23.03.2007	Security elements with luminescent characteristics	AT (1)	3	18231	EP20100450020	09.03.2009	Global point spreading function in multi-beam patterning	AT (3)	3	4618
EP20070005791	21.03.2007	Method and device for generating a nanostructured disc	AT (1)	4	18232	EP20100754293	30.09.2009	METHOD FOR ELECTROCHEMICAL COATING OF A SUBSTRATE BY MEANS OF BRUSH PLATING AND DEVICE FOR CARRYING OUT SAID METHOD	AT (3), DE (6)	4	5089
EP20030768879	13.11.2002	A CHUCKING SYSTEM AND METHOD FOR MODULATING SHAPES OF SUBSTRATES	AT (1), US (7)	5	18265	EP20110166216	16.05.2011	Method for the production of precipitated calcium carbonate from pulp mill waste	AT (2)	5	6413
EP20030013423	26.06.2002	Dental material on the basis of hydroxyalkyl acrylamides	AT (1), LI (3)	6	18304	EP20110723036	26.05.2010	MAGNETICALLY RESPONSIVE MEMBRANE STRUCTURES	AT (1), CH (2)	6	6706
EP20070716104	08.03.2006	METHOD FOR METAL-FREE SYNTHESIS OF EPITAXIAL SEMICONDUCTOR NANOWIRES ON SI	AT (1), SE (3), DE (1)	7	18426	EP20110738974	30.07.2010	A POLYMERIC SUBSTRATE HAVING A GLASS-LIKE SURFACE AND A CHIP MADE OF SAID POLYMERIC SUBSTRATE	AT (3), DE (4)	7	7334
EP20070723216	28.03.2006	DEVICE AND METHOD FOR COATING A MICRO- AND/OR NANO-STRUCTURED STRUCTURAL SUBSTRATE AND COATED STRUCTURAL SUBSTRATE	AT (3)	8	18590	EP20110757194	12.08.2010	METHOD FOR PRODUCING A MEMS APPARATUS WITH A HIGH ASPECT RATIO, AND CONVERTER AND CAPACITOR	AT (1)	8	7936
EP20010271537	21.12.2000	METHOD FOR PRODUCING THIN FILM SENSORS, ESPECIALLY HOT FILM ANEMOMETERS AND HUMIDITY SENSORS	AT (1)	9	25476	EP20110796958	06.12.2011	METHOD FOR PRODUCING A STAMP FOR NANOIMPRINTING	AT (3)	9	9630
EP20020713932	04.04.2001	PROCESS AND APPARATUS FOR THE PRODUCTION OF CARBON NANOTUBES	AT (2), AU (4)	10	25694	EP20110195811	27.12.2010	Method for fabricating a cavity for a semiconductor structure and a semiconductor microphone fabricated by the same	AT (3), DE (2)	10	9632

Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. r_pr50 entspricht der Rangordnung aufgrund der PR-Bedeutungsgewichte innerhalb der in der Teiltabelle zusammengefassten Untergruppe, ra_pr50 entspricht der globalen Rangordnung über alle Patente im betrachteten Technologiefeld hinweg.

Mikro- und Nanoelektronik

Der Patentanzeiger zur Bedeutung der erfinderischen Tätigkeit in der Mikro- und Nanoelektronik in Abbildung 8 zeigt sowohl nach den absoluten als auch nach den bereinigten Zählungen, dass sich die Bedeutung der österreichischen Erfindungen im Mittelfeld der zwanzig wichtigsten Technologienationen in dem Gebiet bewegt. Damit unterscheidet sich das Ergebnis einigermaßen von dem KETs Anzeiger der Europäischen Kommission, die Österreich im Bereich der „Technologieproduktion“ zu den fünf wichtigsten Ländern zählt. Im vorliegenden Patentanzeiger liegt Österreich an siebenter Stelle und im internationalen Vergleich liegt es im hinteren Mittelfeld der wichtigsten Technologienationen. Die bedeutendsten Erfindungen auf dem Gebiet stammen aufgrund der absoluten Zählung aus Japan, den USA und Deutschland. Das Vereinigte Königreich hat stetig an Bedeutung verloren, während für China auch in diesem Gebiet ein stark aufstrebender Trend beobachtet werden kann.

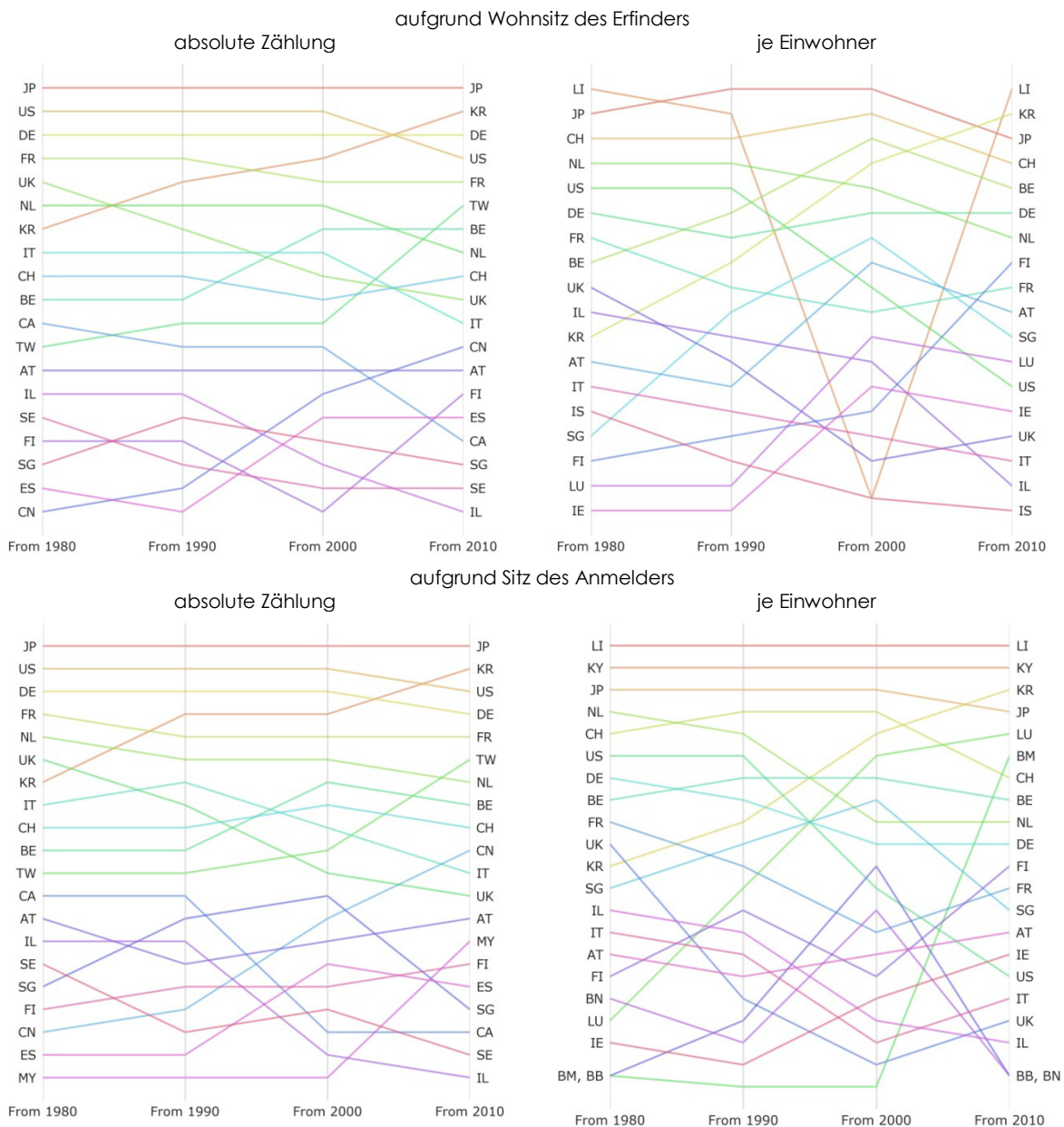
Nach der bereinigten Zählung stammen die wichtigsten Erfindungen – sieht man von Lichtenstein ab – aus Südkorea (KR), Japan (JP), der Schweiz (CH) und Belgien (BE). Dabei hat Südkorea über die Zeit sehr stark an Bedeutung gewonnen, während die Niederlande (NL), die USA und Israel (IL) sehr stark an Bedeutung eingebüßt haben. Österreich hat sich in diesem Ranking über die Zeit verbessert und liegt im Mittelfeld der wichtigsten Technologienationen. Im bereinigten Anzeiger aufgrund des Sitzes des Anmelders scheinen im Ranking sehr prominent Steueroasen wie die Cayman Inseln (KY), Lichtenstein (LI), die Bermuda Inseln (BM) und Barbados (BB) auf.

Aus Tabelle 9 geht hervor, dass die wichtigsten österreichischen Erfindungen aufgrund des berechneten PR-Bedeutungsgewichtes relativ weit hinter den wichtigsten EPA Anmeldungen in dem Technologiefeld rangieren.

Abbildung 8 und Tabelle 8 zeigen, dass sich das Technologiefeld der Mikro- und Nanoelektronik im Wissensraum sehr ausdifferenziert darstellt. Es handelt sich um ein eng verbundenes Netzwerk, in dem einige Cluster erkennbar sind, die aber untereinander verbunden sind. Dies deutet auf überlappende Kompetenzen und starke Diversifizierungsmöglichkeiten in dem Technologiefeld hin. Der zentrale Bereich des Wissensraumes wird von unterschiedlichen, Halbleiterbauelementen (H01L) zuordenbaren Unterklassen dominiert, der sich seinerseits auf einzelne stark konzentrierte Teilnetzwerke aufteilt. Auf der linken Seite des Netzwerkes ist ein relativ isolierter Bereich zu erkennen, in dem Technologieklassen für Halbleiterbauelemente mit Technologieklassen, die Vorrichtungen, die stimulierte Emission (z.B. Laser) verwenden, verknüpft sind. Hier scheint es sich um einen Bereich der Mikro- und Nanoelektronik zu handeln, der auf sehr spezifische Kompetenzen aufbaut. Eine weitere kleinere isolierte Enklave i.S. eines schwach verknüpften Teilnetzwerkes befindet sich um die Technologieklasse H05K, in der gedruckte Schaltungen und Verfahren zu deren Herstellung klassifiziert werden.

Wie aus Tabelle 8 hervorgeht, ist die erfinderische Tätigkeit in Österreich sehr stark im Bereich von Halbleiterbauelementen, Vorrichtungen in der Handhabung von Wafern und gedruckten Schaltungen konzentriert. International sind in der Technologieklasse, in der Festkörperbauelemente mit organischen Materialien oder Kombinationen davon klassifiziert sind, die Erfindungen mit den höchsten PR-Bedeutungsgewichten anzutreffen.

Abbildung 8: Bedeutung österreichischer Erfindungen in der Mikro- und Nanoelektronik im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die Linien stellen die Entwicklung in einem gleitenden Fenster dar, in dem vom letztverfügbaren Datenpunkt (Q4 2015) bis zum in der Darstellung angegebenen Zeitpunkt zurückgeblückt wird. Sie beziehen sich aufgrund der Vergleichbarkeit der Anmeldungen ausschließlich auf Anmeldungen beim EPA.

Abbildung 9: Entwicklung des Wissensraumes in der Mikro- und Nanoelektronik



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die Größe der Blasen entspricht der mit PageRank gewichteten Anzahl der Patente in einer aggregierten Technologieklasse. Die Größenverhältnisse beziehen sich auf das jeweilige Netzwerk. Damit ist die Größe der Blasen zwischen Netzwerkabbildungen nicht direkt vergleichbar.

Tabelle 8: Wichtigste Technologiefelder in der Mikro- und Nanoelektronik seit 2010. EPA Anmeldungen global und mit österreichischer Beteiligung; vgl. Abbildung 9

Rang	IPC	Insgesamt gekürztes IPC - Label	Wert	IPC	Österreich gekürztes IPC - Label	Wert
1	H01L 51/50	Festkörperbauelemente, die organische Materialien oder eine Kombination von organischen mit anderen Materialien als aktives Medium aufweisen; Verfahren oder Geräte, besonders ausgebildet für die Herstellung oder Behandlung von derartigen Bauelementen oder Teilen davon, die besonders ausgebildet zur Lichtemission oder polymere lichtemittierende Bauelemente sind	0.0068	H01L 21/67	Vorrichtungen, besonders ausgebildet zur Handhabung von Wafern während der Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen, elektrischen Festkörperbauelementen oder einzelnen Schaltungselementen	0.00004
2	H01L 21/027	Verfahren oder Geräte zur Herstellung von Masken auf Halbleiterkörpern für ein folgendes fotolithografisches Verfahren	0.0052	H01L 21/683	Vorrichtungen, besonders ausgebildet zur Handhabung von Wafern während der Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen, elektrischen Festkörperbauelementen oder einzelnen Schaltungselementen zum Aufnehmen oder Greifen	0.00003
3	H01L 31/18	Halbleiterbauelemente, die auf Infrarot-Strahlung, Licht, elektromagnetische Strahlung kürzerer Wellenlänge als Licht oder Korpuskularstrahlung ansprechen und besonders ausgebildet sind, entweder für die Umwandlung der Energie einer derartigen Strahlung in elektrische Energie oder für die Steuerung elektrischer Energie durch eine derartige Strahlung eingerichtet sind; Verfahren oder Vorrichtungen, besonders ausgebildet für die Herstellung oder Behandlung dieser Bauelemente oder Teile davon	0.0045	H01L 41/083	Piezoelektrische Bauelemente allgemein; Elektrostriktive Bauelemente allgemein; Magnetostriktive Bauelemente allgemein; Verfahren oder Vorrichtungen, besonders ausgebildet für die Herstellung oder Behandlung dieser Bauelemente oder von Teilen davon; Einzelheiten dieser Bauelemente: Piezoelektrische oder elektrostriktive Bauelemente, die stapelförmig oder mehrschichtig aufgebaut sind	0.00003
4	H01L 31/042	Halbleiterbauelemente, die auf Infrarot-Strahlung, Licht, elektromagnetische Strahlung kürzerer Wellenlänge als Licht oder Korpuskularstrahlung ansprechen und besonders ausgebildet sind, entweder für die Umwandlung der Energie einer derartigen Strahlung in elektrische Energie oder für die Steuerung elektrischer Energie durch eine derartige Strahlung eingerichtet sind; Einzelheiten dieser Bauelemente eingerichtet für die photovoltaische Energie-Umwandlung; PV-Module oder Anordnungen von einzelnen PV-Zellen	0.0045	H01L 29/78	Halbleiterbauelemente, besonders ausgebildet zum Gleichrichten, Verstärken, Schalten oder zur Schwingungserzeugung mit wenigstens einer Potenzialsprung-Sperrschicht oder Oberflächensperrschicht; Kondensatoren oder Widerstände mit wenigstens einer Potenzialsprung-Sperrschicht oder Oberflächensperrschicht; Typen von Halbleiterbauelementen steuerbar allein durch den einer Elektrode, die nicht den gleichzurichtenden, zu verstärkenden oder zu schaltenden Strom führt, zugeführten elektrischen Strom oder durch das an eine solche Elektrode angelegte elektrische Potenzial; Unipolar-Bauelemente; Feldeffekt-Transistoren mit Feldeffekt, der durch ein isoliertes Gate hervorgerufen ist	0.00002
5	H01L 21/02	Verfahren oder Geräte zur Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen oder Teilen davon	0.0031	H05K 1/02	Gedruckte Schaltungen; Einzelheiten	0.00002
6	H05K 1/02	Gedruckte Schaltungen; Einzelheiten	0.0030	H01L 21/02	Verfahren oder Geräte zur Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen oder Teilen davon	0.00002
7	H01L 21/336	Verfahren oder Geräte zur Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen oder Teilen davon: Bauelemente mit mindestens einer Potenzialsprung-Sperrschicht oder Oberflächensperrschicht; Bauelemente mit Halbleiterkörpern aus Elementen der Gruppe IV des Periodensystems oder AIIIBV-Verbindungen mit oder ohne Fremstoffe: Mehrstufenprozess zur Herstellung von unipolaren Bauelementen; Feldeffekt-Transistoren mit einem isolierten Gate	0.0028	H01L 29/06	Halbleiterbauelemente, besonders ausgebildet zum Gleichrichten, Verstärken, Schalten oder zur Schwingungserzeugung mit wenigstens einer Potenzialsprung-Sperrschicht oder Oberflächensperrschicht; Kondensatoren oder Widerstände mit wenigstens einer Potenzialsprung-Sperrschicht oder Oberflächensperrschicht; Einzelheiten von Halbleiterkörpern oder von Elektroden auf diesen Halbleiterkörpern; Halbleiterkörper gekennzeichnet durch ihre Form; gekennzeichnet durch die Formen, relativen Größen oder Anordnungen der Halbleiterbereiche	0.00002
8	H01L 27/146	Strahlungsgesteuerte Bauelemente; Strukturen für Bildaufnahmeeinheiten	0.0027	H01L 31/048	Halbleiterbauelemente, die auf Infrarot-Strahlung, Licht, elektromagnetische Strahlung kürzerer Wellenlänge als Licht oder Korpuskularstrahlung ansprechen und besonders ausgebildet sind, entweder für die Umwandlung der Energie einer derartigen Strahlung in elektrische Energie oder für die Steuerung elektrischer Energie durch eine derartige Strahlung eingerichtet sind; Einzelheiten dieser Bauelemente eingerichtet für die photovoltaische Energie-Umwandlung PV-Module oder Anordnungen von einzelnen PV-Zellen; Einkapselung von Modulen	0.00002
9	H01L 31/04	Halbleiterbauelemente, die auf Infrarot-Strahlung, Licht, elektromagnetische Strahlung kürzerer Wellenlänge als Licht oder Korpuskularstrahlung ansprechen und besonders ausgebildet sind, entweder für die Umwandlung der Energie einer derartigen Strahlung in elektrische Energie oder für die Steuerung elektrischer Energie durch eine derartige Strahlung eingerichtet sind; Einzelheiten dieser Bauelemente eingerichtet für die photovoltaische Energie-Umwandlung	0.0027	H01L 21/687	Vorrichtungen, besonders ausgebildet zur Handhabung von Wafern während der Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen, elektrischen Festkörperbauelementen oder einzelnen Schaltungselementen zum Aufnehmen oder Greifen mit mechanischen Mitteln	0.00002
10	H01L 21/304	Herstellung von Elektroden auf Halbleiterkörpern unter Verwendung von Verfahren oder Vorrichtungen	0.0026	H05K 1/18	Gedruckte Schaltungen, die baulich mit nichtgedruckten elektrischen Schaltelementen vereinigt sind	0.00002

Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die IPC ist ein hierarchisches Klassifikationssystem, wodurch die Inhalte der höheren Ebenen bei der Benennung der IPC mitberücksichtigt werden müssen. Die hier verwendeten Labels wurden individuell gekürzt und haben nicht den Anspruch vollständig zu sein. Für die genaue Bezeichnung der jeweiligen IPC siehe <https://depatisnet.dpma.de/ipc/ipc.do>. Für die genaue Erläuterung, wie die IPC aufgebaut ist und folglich wie sie zu lesen ist siehe https://www.dpma.de/docs/service/klassifikationen/ipc/handbuch_ipc2016.pdf.

Tabelle 9: Höchstgereichte Patente in der Mikro- und Nanoelektronik. EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung

Mikro- und Nanoelektronik											
Anmeldenummer	Prioritätsdatum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50	Anmeldenummer	Prioritätsdatum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50
Top 10 Patente beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente beim EPA; seit 2010					
EP19950119100	14.12.1994	TFT-EL display panel using organic electroluminescent media	US (2)	1	137	EP20100014517	30.11.2009	Piezoelectric ceramic, method for making the same, piezoelectric element, liquid discharge head, and ultrasonic motor	JP (6)	1	97
EP19890306509	27.06.1988	ELECTROLUMINESCENT DEVICES	US (1)	2	156	EP20100154545	24.02.2010	Modified graphene structure and method of manufacture thereof	DE (1), IE (3)	2	123
EP19890810038	12.02.1988	Photoelectrochemical cell, process for making such a cell and use of this cell.	CH (2)	3	161	EP20100156678	19.03.2009	Thermoelectric device	DE (4)	3	416
EP19980905827	12.03.1997	PIXEL CIRCUIT, DISPLAY DEVICE AND ELECTRONIC EQUIPMENT HAVING CURRENT-DRIVEN LIGHT-EMITTING DEVICE	JP (3)	4	279	EP20100007553	23.07.2009	Photovoltaic modules using an adhesive integrated heat resistant multi-layer backsheet	BE (1)	4	714
EP19840301899	25.03.1983	ORGANIC ELECTROLUMINESCENT DEVICES HAVING IMPROVED POWER CONVERSION EFFICIENCIES	US (2)	5	305	EP20100156350	19.03.2009	Semiconductor device and method of manufacturing the same, and electronic apparatus	JP (3)	5	799
EP19900124841	08.02.1990	New polythiophene dispersions, their preparation and their use	DE (2)	6	464	EP20100009221	17.09.2009	Floating photovoltaic unit	CH (1)	6	1058
EP19810303209	17.07.1980	Organic electroluminescent cell, process for manufacturing the cell and its use.	US (1)	7	487	EP20110193897	15.12.2010	Power generation using a thermoelectric generator and a phase change material	US (2)	7	1060
EP19940115776	12.10.1993	Current-controlled luminous element array and method for producing the same	JP (2)	8	566	EP20100151848	02.02.2009	Multi-channel imaging devices	US (2)	8	1204
EP19960111992	21.08.1995	Active driven led matrices	US (3)	9	599	EP20100161920	04.05.2010	Photoactive device with organic layers	DE (3)	9	1245
EP19920402520	18.09.1991	Process for manufacturing thin film layers of semiconductor material	FR (1)	10	629	EP20100166011	26.08.2009	Light-mixing LED package structure for increasing color render index and brightness	TW (3)	10	1295
Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 2010					
EP19850112775	14.11.1984	METHOD FOR PRODUCING A SUPERCONDUCTING WIRE USING CHEVREL PHASES	AT (1)	1	29359	EP20110720794	28.05.2010	ULTRASHORT PULSE MICROCHIP LASER, SEMICONDUCTOR LASER, LASER SYSTEM, AND PUMP	AT (1)	1	10787
EP19910104986	09.11.1987	Holder device for processing disc-like articles.	AT (1)	2	30799	EP20100450056	09.04.2009	METHOD FOR THIN LASER MEDIA OFET-based sensor for detecting an analyte	AT (4)	2	15480
EP19820890087	24.06.1981	PIEZO ELECTRIC ELEMENT	AT (2)	3	33893	EP20100015569	13.12.2010	Device, assembly and method for detecting alignment errors	AT (1)	3	20101
EP19970121841	12.12.1996	Method and apparatus for polishing semiconductor substrates	AT (2), DE (6)	4	33940	EP20120152485	25.01.2012	Semiconductor device with internal substrate contact and method of production	AT (4)	4	50019
EP19960103698	30.03.1995	DRAM trench capacitor with insulating collar	AT (1), DE (2)	5	43294	EP20100173526	25.08.2009	Light emitting device	AT (1)	5	50751
EP19980890135	19.01.1998	Optical element comprising LED and two lenses for the generation of pointlike light sources for traffic signs and display panels	AT (3)	6	44365	EP20100006920	05.07.2010	Symmetric LDMOS transistor and method of production	AT (2)	6	64852
EP19900111599	22.06.1989	Piezoelectric bending transducer and its usage	AT (1), DE (1)	7	69751	EP20100007643	23.07.2010	Solar collector	AT (2)	7	72771
EP19890890285	16.12.1988	LIGHT-EMITTING DIODE	AT (2)	8	88393	EP20130154816	11.02.2013	Carrier for electronic components	AT (1)	8	95276
EP19980112319	03.07.1998	Photovoltaic module and method of fabrication	AT (1), DE (1)	9	90169	EP20100006806	01.07.2010	P-channel LDMOS transistor and method of producing a p-channel LDMOS transistor	AT (2)	9	99860
EP20000113520	29.06.1999	Piezoelectric actuator with a conductive multilayer foil	AT (1), DE (6)	10	94463	EP20100700172	14.01.2009	SEMICONDUCTOR-BASED SUBMOUNT WITH ELECTRICALLY CONDUCTIVE FEED-THROUGHS	AT (1), DK (1)	10	103764

Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. r_pr50 entspricht der Rangordnung aufgrund der PR-Bedeutungsgewichte innerhalb der in der Teiltabelle zusammengefassten Untergruppe, ra_pr50 entspricht der globalen Rangordnung über alle Patente im betrachteten Technologiefeld hinweg.

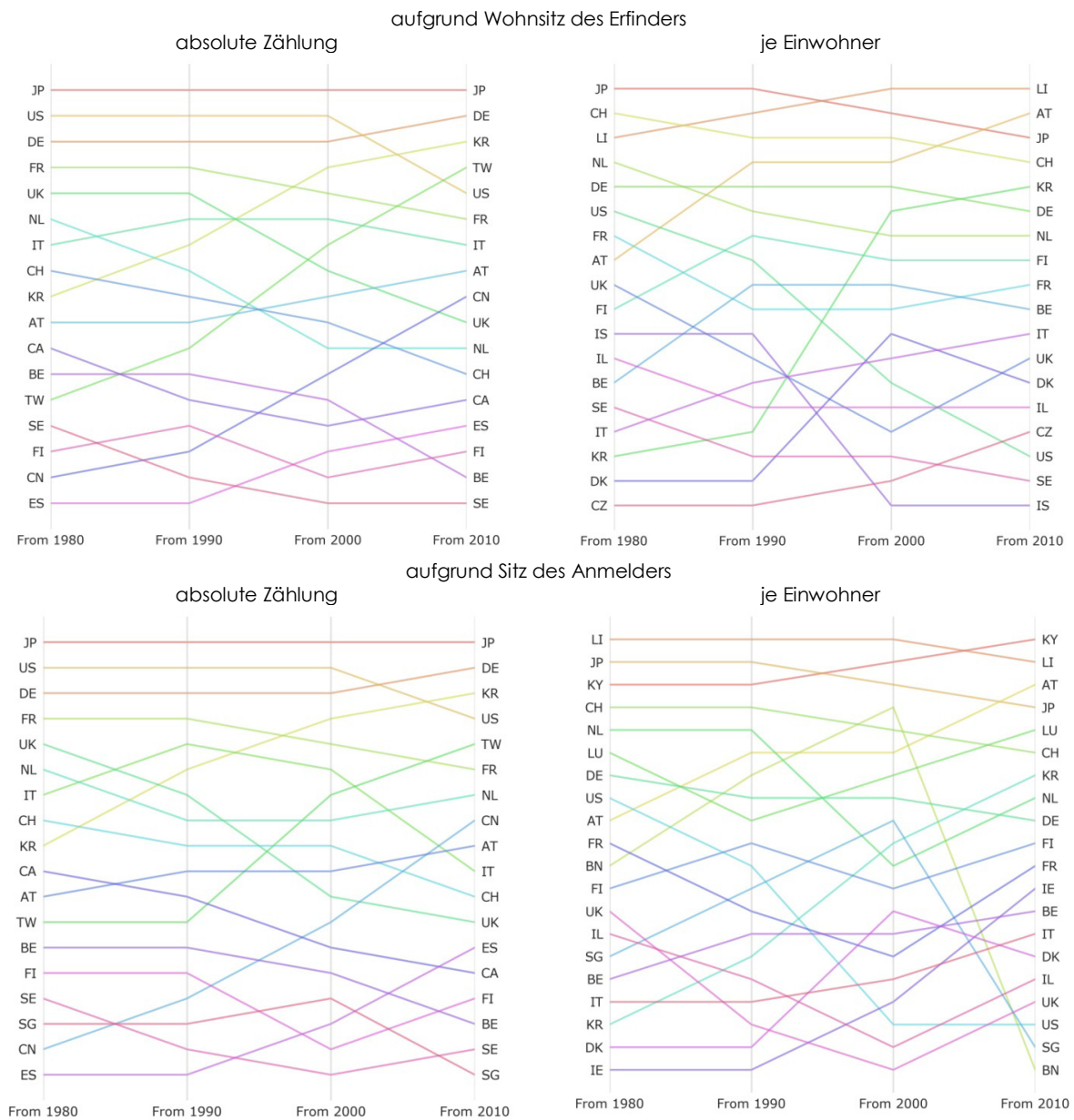
Photonik

Im KETs Anzeiger der Europäischen Kommission wird Österreich als einer der bedeutendsten „Technologieproduzenten“ in der EU im Bereich der Photonik identifiziert. Im entsprechenden Ranking reiht sich Österreich an zweiter Stelle hinter den Niederlanden ein. Der Patentanzeiger aufgrund der PR-Bedeutungsgewichte bestätigt dieses Bild weitgehend, wenngleich die wichtigsten Erfindungen in dem Gebiet aus Japan (JP), Deutschland (DE) und Südkorea (KR) sowie Taiwan (TW) und damit größtenteils nicht aus Europa kommen, wenn der Anzeiger aufgrund der absoluten Zählungen betrachtet wird. Chinesische Erfindungen (CN) haben über die Zeit ebenfalls stark an Bedeutung gewonnen, wohingegen die Schweiz (CH), das Vereinigte Königreich (UK) und die Niederlande (NL) am stärksten an Positionen eingebüßt haben.

Bei dem Anzeiger aufgrund der bereinigten Zählungen, zeigt Österreich einen Aufwärtstrend, in Bezug auf die Bedeutung der österreichischen Erfindungen. Dies ist in Einklang mit den Ergebnissen des Europäischen KETs Anzeigers. Ein Blick auf Tabelle 11 mit den wichtigsten EPA Patentanmeldungen zeigt aber wieder das vertraute Bild, dass sich die österreichischen Patente unabhängig relativ weit hinter den wichtigsten EPA Anmeldungen im jeweiligen Zeitfenster einreihen. Die Dynamik von Südkorea (KR) im bereinigten Anzeiger unterstreicht hingegen nochmals den starken Zuwachs in der Bedeutung dieses Landes im Bereich der Photonik.

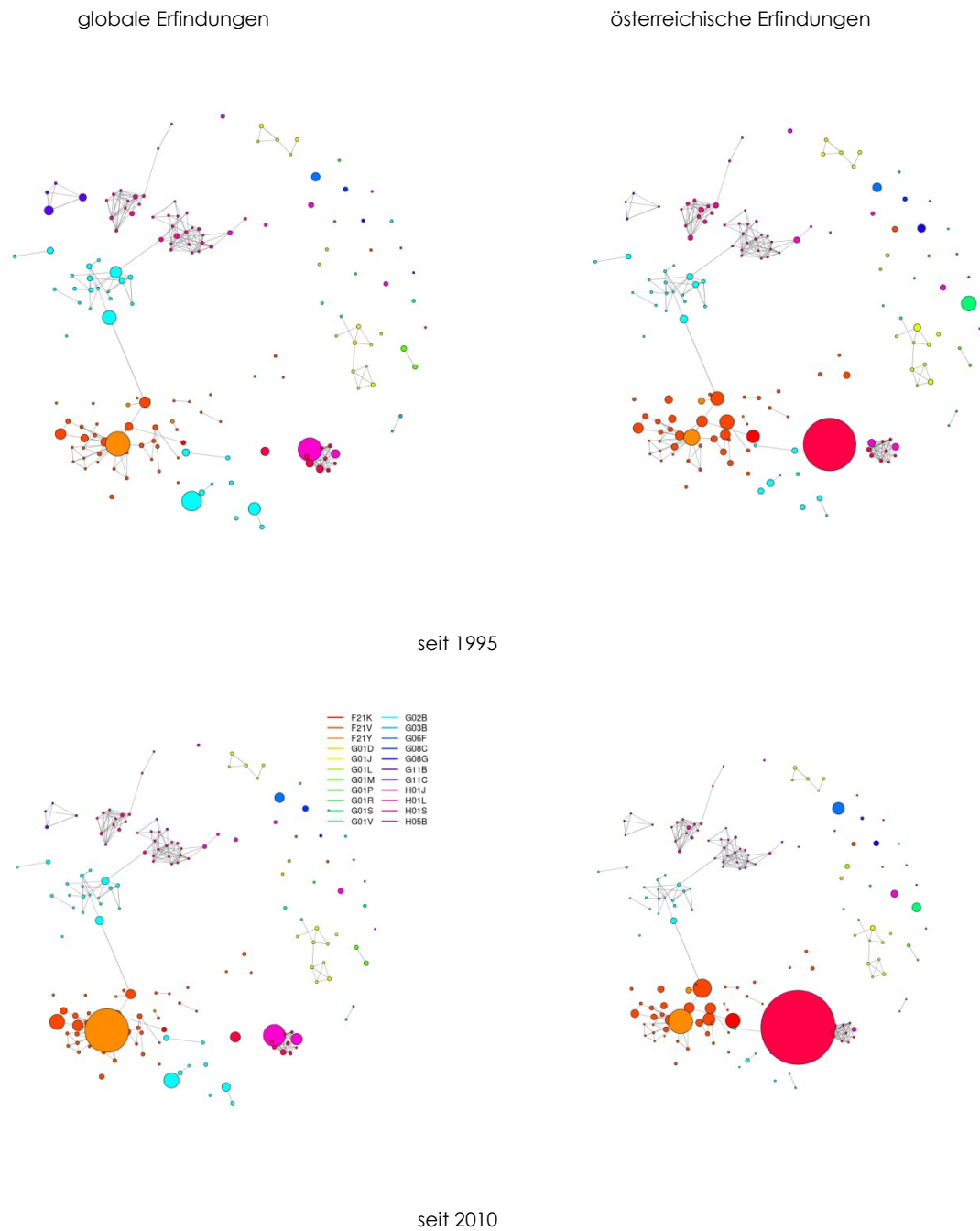
Abbildung 11 zeigt, dass sich der Wissensraum der Photonik in relativ isoliert voneinander entwickelnden technologischen Enklaven unterteilt. Diversifizierungspotentiale in andere Teilgebiete der Photonik sind bei einer gegebenen Spezialisierung kaum gegeben. Daher sollten diese Cluster innerhalb des Gebietes getrennt untersucht werden. Die Technologieklassen mit dem höchsten Bedeutungsgewicht in Österreich stimmen, wie aus Tabelle 10 hervorgeht, weitgehend mit den internationalen technologischen Schwerpunkten überein. Auf dem Gebiet der Photonik hat Österreich die internationale Entwicklung nachvollzogen. Die Technologieklasse „Elektroluminiszierenden Lichtquellen“ (H05B) hat aber im Vergleich zu dieser Entwicklung ein höheres relatives Gewicht, wobei dieses Ergebnis auf einige wenige Patentanmeldungen zurückzuführen ist. Die österreichischen Bestenlisten werden von Patenten einiger weniger Unternehmen dominiert (Zumtobel, Zizala, Swarco Futurit, AVL List).

Abbildung 10: Bedeutung österreichischer Erfindungen in der Photonik im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die Linien stellen die Entwicklung in einem gleitenden Fenster dar, in dem vom letztverfügbaren Datenpunkt (Q4 2015) bis zum in der Darstellung angegebenen Zeitpunkt zurückgeblickt wird. Sie beziehen sich aufgrund der Vergleichbarkeit der Anmeldungen ausschließlich auf Anmeldungen beim EPA.

Abbildung 11: Entwicklung des Wissensraumes in der Photonik



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die Größe der Blasen entspricht der mit PageRank gewichteten Anzahl der Patente in einer aggregierten Technologieklasse. Die Größenverhältnisse beziehen sich auf das jeweilige Netzwerk. Damit ist die Größe der Blasen zwischen Netzwerkabbildungen nicht direkt vergleichbar.

Tabelle 10: Wichtigste Technologiefelder in der Photonik seit 2010. EPA Anmeldungen global und mit österreichischer Beteiligung; vgl. Abbildung 11

Rang	IPC	Insgesamt gekürztes IPC - Label	Wert	IPC	Österreich gekürztes IPC - Label	Wert
1	F21Y 101/02	Punktförmige Lichtquellen: Miniaturlichtquelle, z.B. lichtemittierende Dioden [LED]	0.0225	H05B 33/08	Elektrolumineszierende Lichtquellen: Schaltungsanordnungen, die nicht für eine bestimmte Anwendung ausgebildet sind	0.00018
2	H01L 51/50	Festkörperbauelemente, die organische Materialien oder eine Kombination von organischen mit anderen Materialien als aktives Medium aufweisen; Verfahren oder Geräte, besonders ausgebildet für die Herstellung oder Behandlung von derartigen Bauelementen oder Teilen davon, die besonders ausgebildet zur Lichtemission oder polymere lichtemittierende Bauelemente sind	0.0108	F21Y 101/02	Punktförmige Lichtquellen: Miniaturlichtquelle, z.B. lichtemittierende Dioden [LED]	0.00006
3	G02B 5/30	Optische Elemente außer Linsen: Polarisationsselemente	0.0072	F21V 8/00	Verwendung von Lichtleitern in Beleuchtungsanordnungen oder -systemen	0.00004
4	F21V 33/00	Bauliche Kombinationen von Leuchten mit anderen Gegenständen, soweit nicht anderweitig vorgesehen	0.0072	F21K 99/00	Sachverhalte, soweit nicht in anderen Gruppen dieser Unterklasse (Lichtquellen unter Verwendung von Halbleiterbauelementen als licht erzeugende Elemente, z.B. unter Verwendung von Leuchtdioden [LEDs] oder Lasern) vorgesehen	0.00003
5	F21V 19/00	Befestigen von Lichtquellen oder Lampenfassungen	0.0055	F21V 5/00	Refraktoren für Lichtquellen	0.00003
6	H01L 51/52	Festkörperbauelemente, die organische Materialien oder eine Kombination von organischen mit anderen Materialien als aktives Medium aufweisen; Verfahren oder Geräte, besonders ausgebildet für die Herstellung oder Behandlung von derartigen Bauelementen oder Teilen davon, die besonders ausgebildet zur Lichtemission oder polymere lichtemittierende Bauelemente sind: Einzelheiten der Bauelemente	0.0051	G06F 3/042	Eingabeeinrichtungen oder kombinierte Eingabe- und Ausgabeeinrichtungen für den Dialog zwischen Benutzer und Rechner; Anordnungen zur Umsetzung der Lage oder Lageveränderung eines Gegenstandes in eine codierte Form: Digitalisiergeräte (digitizer), die durch opto-elektronische Mittel gekennzeichnet sind	0.00003
7	F21V 23/00	Anordnung der elektrischen Teile in oder an Leuchten	0.0049	F21V 7/00	Reflektoren für Lichtquellen	0.00002
8	H05B 33/08	Elektrolumineszierende Lichtquellen: Schaltungsanordnungen, die nicht für eine bestimmte Anwendung ausgebildet sind	0.0045	F21V 19/00	Befestigen von Lichtquellen oder Lampenfassungen	0.00002
9	F21V 29/00	Schutz von Leuchten vor thermischen Beschädigungen; Kühl- oder Heizeinrichtungen besonders ausgebildet für Leuchten	0.0045	F21V 29/00	Schutz von Leuchten vor thermischen Beschädigungen; Kühl- oder Heizeinrichtungen besonders ausgebildet für Leuchten	0.00002
10	G06F 3/042	Eingabeeinrichtungen oder kombinierte Eingabe- und Ausgabeeinrichtungen für den Dialog zwischen Benutzer und Rechner; Anordnungen zur Umsetzung der Lage oder Lageveränderung eines Gegenstandes in eine codierte Form: Digitalisiergeräte (digitizer), die durch opto-elektronische Mittel gekennzeichnet sind	0.0043	G01S 7/481	Einzelheiten von Systemen gemäß der Gruppe G01S 17/00: Konstruktive Merkmale, z.B. Anordnungen von optischen Elementen	0.00002

Quelle: EPA PATSTAT Daten; WIFO-Berechnungen. Die IPC ist ein hierarchisches Klassifikationssystem, wodurch die Inhalte der höheren Ebenen bei der Benennung der IPC mitberücksichtigt werden müssen. Die hier verwendeten Labels wurden individuell gekürzt und haben nicht den Anspruch vollständig zu sein. Für die genaue Bezeichnung der jeweiligen IPC siehe <https://depatisnet.dpma.de/ipc/ipc.do>. Für die genaue Erläuterung, wie die IPC aufgebaut ist und folglich wie sie zu lesen ist siehe https://www.dpma.de/docs/service/klassifikationen/ipc/handbuch_ipc2016.pdf.

Tabelle 11: Höchstgereichte Patente in der Photonik. EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung

Photonik

Anmeldenummer	Prioritätsdatum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50	Anmeldenummer	Prioritätsdatum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50
Top 10 Patente beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente beim EPA; seit 2010					
EP19950119100	14.12.1994	TFT-EL display panel using organic electroluminescent media	US (2)	1	282	EP20100162502	19.05.2009	Control device for a constant current flyback converter	CZ (1)	1	108
EP19840301899	25.03.1983	ORGANIC ELECTROLUMINESCENT DEVICES HAVING IMPROVED POWER CONVERSION EFFICIENCIES	US (2)	2	301	EP20100169418	21.07.2009	Lighting module for headlamp for motor vehicle, and headlamp equipped with at least one of such a module	FR (2)	2	161
EP19940200026	11.01.1993	Cholesteric polarizer and the manufacture thereof	NL (2)	3	318	EP20100354047	22.09.2009	Detection circuit with improved anti-blooming circuit	FR (1)	3	166
EP19910301416	23.02.1990	Organic electroluminescence device	JP (5)	4	358	EP20100000706	30.01.2009	LED illumination fixture	JP (3)	4	197
EP19890306509	27.06.1988	ELECTROLUMINESCENT DEVICES	US (1)	5	359	EP20100173250	21.08.2009	Lighting circuit and illumination device	JP (7)	5	224
EP19970303414	31.05.1996	Article comprising a micro-structured optical fiber, and method of making such fiber	US (4)	6	417	EP20100170477	24.07.2009	Method and system for single-particle anemometry using LIDAR	FR (3)	6	261
EP19980905827	12.03.1997	PIXEL CIRCUIT, DISPLAY DEVICE AND ELECTRONIC EQUIPMENT HAVING CURRENT-DRIVEN LIGHT-EMITTING DEVICE	JP (3)	7	453	EP20110155586	27.09.2010	Assemblage structure for OLED lighting modules	TW (1)	7	292
EP19830306636	08.11.1982	OPTICAL FIBRE TRANSMISSION LINES	UK (2)	8	458	EP20110007382	09.09.2011	Mobile UV-intensity indicator	NA	8	419
EP19940300717	01.02.1993	Compound objective lens having two focal points and apparatus using the lens	JP (3)	9	478	EP20100166011	26.08.2009	Light-mixing LED package structure for increasing color render index and brightness	TW (3)	9	442
EP19810303209	17.07.1980	Organic electroluminescent cell, process for manufacturing the cell and its use.	US (1)	10	492	EP20110003847	20.05.2010	Optical sensor	DE (2)	10	459
Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 2010					
EP19930108652	17.06.1992	Through-shaped light fixture having a reflecting basket	AT (1)	1	9821	EP20100450098	26.06.2009	Lamp	AT (1)	1	1808
EP19940890077	03.05.1993	Converging lens for vehicle headlamp	AT (1)	2	12308	EP20110193962	22.12.2010	Spectrum for mesopic vision	AT (3)	2	2655
EP20000107568	07.04.1999	Lighting system for mounting to a room ceiling or wall	AT (2)	3	16057	EP20110161529	09.04.2010	Light fixture with LEDs and lenses assigned to the LEDs	AT (3)	3	3125
EP20000890305	08.10.1999	Signalling device comprising LED-arrays	AT (2)	4	21870	EP20100189368	30.10.2009	Cooling element for LED lights	AT (1), DE (1)	4	5515
EP20030450285	23.09.2003	Q-switched pumped solid-state laser	AT (5)	5	25407	EP20110185540	25.10.2010	Sound-absorbent lamp	AT (1)	5	6487
EP20030021446	23.09.2003	Laser ignition device for combustion engine	AT (5)	6	25680	EP20110161525	09.04.2010	Light strip system with retrofit lens	AT (2)	6	8515
EP19970890031	24.02.1997	Optical signal indicator with multiple light sources	AT (1)	7	36463	EP20100170740	26.07.2010	Driving circuit with a boost converter transformed into a buck converter for driving power LEDs	AT (1)	7	9240
EP20020450010	21.02.2001	Vehicle headlight	AT (3)	8	39395	EP20120153163	30.01.2012	Surveying device with scan functionality and single-point measuring mode	AT (1), CH (2)	8	9372
EP20020405206	18.03.2002	Electrooptical and axial parallel distance measuring system	AT (1), DE (4), LI (1)	9	40112	EP20100157307	23.03.2009	Assembly for emitting light with light elements	AT (1)	9	9793
EP19860890322	04.12.1985	Vehicle lights.	AT (4)	10	43717	EP20120181730	24.08.2012	Solid state lightening driver with mixed control of power switch	AT (1), DE (1)	10	11690

Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. r_pr50 entspricht der Rangordnung aufgrund der PR-Bedeutungsgewichte innerhalb der in der Teiltabelle zusammengefassten Untergruppe, ra_pr50 entspricht der globalen Rangordnung über alle Patente im betrachteten Technologiefeld hinweg.

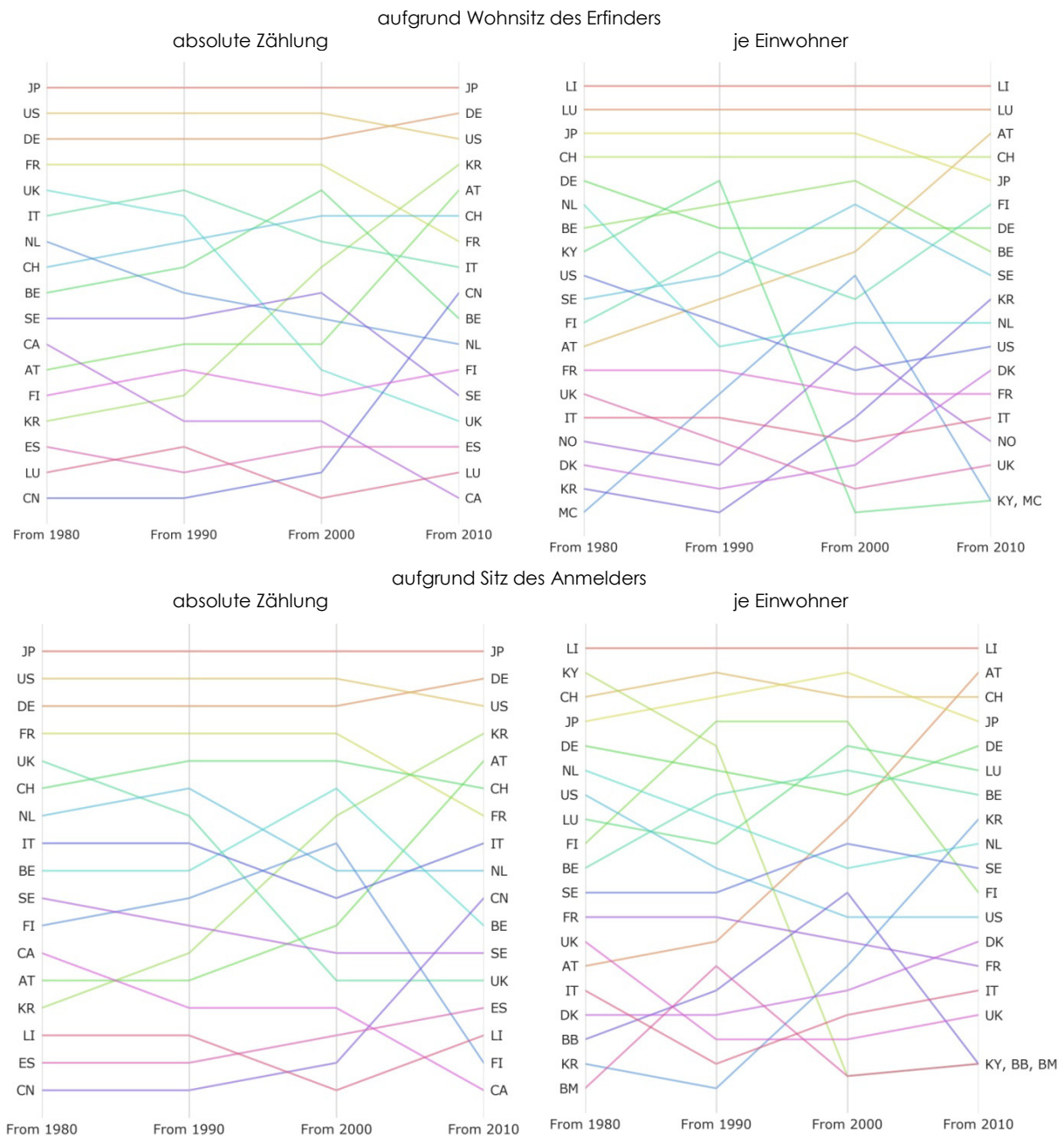
Fortschrittliche Werkstoffe

Ähnlich wie für die Photonik identifiziert der KETs Anzeiger der Europäischen Kommission Österreich im Bereich der fortschrittlichen Werkstoffe als einen der wichtigsten Europäischen Technologieproduzenten. Dies legen auch die Ergebnisse aus dem Patentanzeiger aufgrund der PR-Bedeutungsgewichte nahe. Am aktuellen Rand liegt Österreich in der Rangordnung nach absoluter Zählung hinter Japan, Deutschland, den USA, Südkorea auf dem weltweit fünften Rang und an zweiter Stelle der EU Länder hinter Deutschland. Umgelegt auf die Einwohnerzahl rangiert es hinter Lichtenstein und Luxemburg sogar an dritter Stelle. Wie in anderen Schlüsseltechnologiefeldern hat auch bei den fortschrittlichen Werkstoffen die Bedeutung sudkoreanischer und chinesischer Erfindungen über die Zeit stark an Bedeutung gewonnen. Zwischen dem Anzeiger auf der Grundlage des Sitzes der Anmelder aufgrund des Wohnsitzes und der Erfinder sind kaum Unterschiede zu erkennen.

Wie aus Abbildung 13 zur Entwicklung des Wissensraumes über die Zeit zu erkennen ist, ist er im Bereich der fortschrittlichen Werkstoffe stark fragmentiert und es würde sich eine detailliertere Analyse der einzelnen Bündel von Technologieklassen anbieten. Grundsätzlich deutet eine solche Fragmentierung auch darauf hin, dass das Technologiefeld zu allgemein spezifiziert ist und ein Anzeiger wie der KETs Anzeiger der Europäischen Kommission (aber auch der vorliegende Patentanzeiger) möglicherweise wenig aussagekräftig sind, da sich die unterschiedlichen Subcluster des Wissensraumes möglicherweise auch in der Patentneigung und der Zitationspraxis voneinander unterscheiden. Dies gilt auch für den Wissensraum der fortschrittlichen Fertigungstechniken im nächsten Abschnitt und sollte genauer untersucht werden.

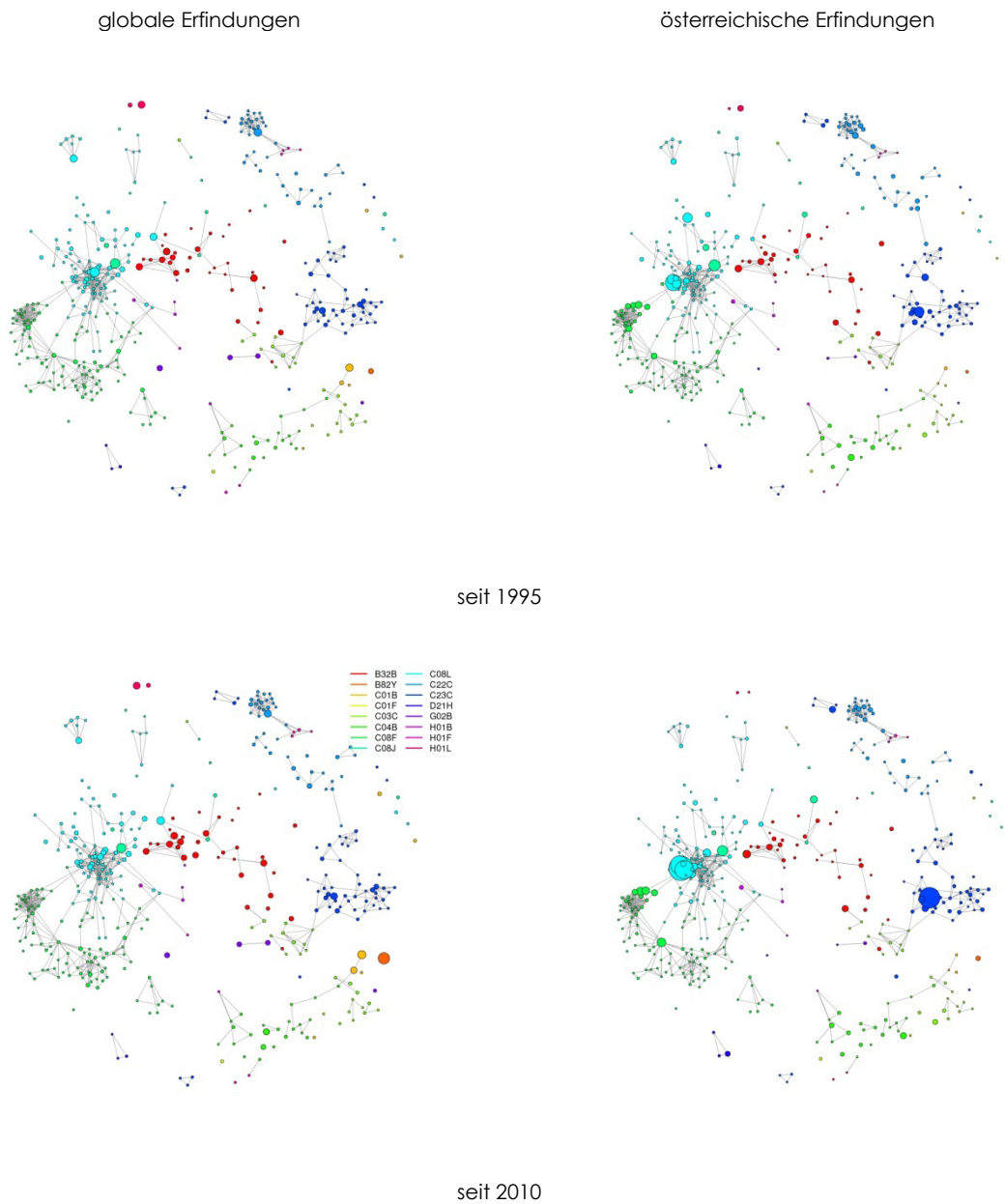
Aus Tabelle 12 geht hervor, dass es sich bei der Technologieklasse, für die am aktuellen Rand international die höchsten PR-Bedeutungsgewichte berechnet werden, um die „Nanotechnologie für Werkstoffe bzw. die Oberflächenwissenschaften“ handelt. Diese Technologieklasse spielt bei den österreichischen Erfindungen keine Rolle. Der Schwerpunkt liegt in Österreich bei der Herstellung oder chemischer Verarbeitung organischer makromolekularer Verbindungen (C08). Dies geht auch aus der Liste der bedeutendsten österreichischen Patentanmeldungen in Tabelle 13 hervor. Im kurzen Beobachtungszeitfenster bis 2010 können sieben von zehn Erfindungen einem bedeutenden Kunststoffhersteller (Borealis) zugeordnet werden.

Abbildung 12: Bedeutung österreichischer Erfindungen bei fortschrittlichen Werkstoffen im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die Linien stellen die Entwicklung in einem gleitenden Fenster dar, in dem vom letztverfügbaren Datenpunkt (Q4 2015) bis zum in der Darstellung angegebenen Zeitpunkt zurückgeblückt wird. Sie beziehen sich aufgrund der Vergleichbarkeit der Anmeldungen ausschließlich auf Anmeldungen beim EPA.

Abbildung 13: Entwicklung des Wissensraumes bei fortschrittlichen Werkstoffen



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die Größe der Blasen entspricht der mit PageRank gewichteten Anzahl der Patente in einer aggregierten Technologieklasse. Die Größenverhältnisse beziehen sich auf das jeweilige Netzwerk. Damit ist die Größe der Blasen zwischen Netzwerkkabbildungen nicht direkt vergleichbar.

Tabelle 12: Wichtigste Technologiefelder bei fortschrittlichen Werkstoffen seit 2010. EPA Anmeldungen global und mit österreichischer Beteiligung; vgl. Abbildung 13

Rang	IPC	Insgesamt gekürztes IPC - Label	Wert	IPC	Österreich gekürztes IPC - Label	Wert
1	B82Y 30/00	Nanotechnologie für Werkstoffe oder die Oberflächenwissenschaften	0.0030	C08L 23/10	Massen auf Basis von Homo- oder Mischpolymerisaten ungesättigter aliphatischer Kohlenwasserstoffe mit nur einer Kohlenstoff- Kohlenstoff-Doppelbindung; Massen auf Basis von Derivaten solcher Polymerisate; nicht modifiziert durch chemische Nachbehandlung: Homo- oder Mischpolymerisate des Propylens	0.00004
2	C08J 5/18	Herstellung von Folien oder Platten, die makromolekulare Stoffe enthalten	0.0023	C23C 14/34	Beschichten durch Vakuumbedampfen, durch Aufstäuben oder durch Ionenimplantation des Beschichtungsmaterials; gekennzeichnet durch das Beschichtungsverfahren Aufstäuben	0.00003
3	C01B 31/02	Herstellung von Kohlenstoff (durch Anwendung von Ultra-Hochdruck); Reinigung	0.0020	C08L 23/14	Massen auf Basis von Homo- oder Mischpolymerisaten ungesättigter aliphatischer Kohlenwasserstoffe mit nur einer Kohlenstoff- Kohlenstoff-Doppelbindung; Massen auf Basis von Derivaten solcher Polymerisate; nicht modifiziert durch chemische Nachbehandlung: Mischpolymerisate des Propylens	0.00003
4	C08L 63/00	Massen auf Basis von Epoxyharzen; Massen auf Basis von Derivaten von Epoxyharzen	0.0018	C08J 5/18	Herstellung von Folien oder Platten, die makromolekulare Stoffe enthalten	0.00001
5	C22C 38/00	Eisenlegierungen	0.0016	C08F 2/00	Polymerisationsverfahren	0.00001
6	H01L 51/54	Festkörperbauelemente, die organische Materialien oder eine Kombination von organischen mit anderen Materialien als aktives Medium aufweisen; Verfahren oder Geräte, besonders ausgebildet für die Herstellung oder Behandlung von derartigen Bauelementen oder Teilen davon die besonders ausgebildet zur Lichtemission oder polymere lichtemittierende Bauelemente sind: Materialauswahl	0.0016	C08F 10/06	Homo- oder Mischpolymerisate ungesättigter aliphatischer Kohlenwasserstoffe mit nur einer einzigen Kohlenstoff-Kohlenstoff- Doppelbindung: Propylen	0.00001
7	C23C 14/34	Beschichten durch Vakuumbedampfen, durch Aufstäuben oder durch Ionenimplantation des Beschichtungsmaterials; gekennzeichnet durch das Beschichtungsverfahren Aufstäuben	0.0016	B32B 27/32	Schichtkörper, die als wichtigen Bestandteil Kunstharz enthalten; enthaltend Polyolefine	0.00001
8	B32B 27/00	Schichtkörper, die als wichtigen Bestandteil Kunstharz enthalten	0.0016	C08L 23/06	Massen auf Basis von Homo- oder Mischpolymerisaten ungesättigter aliphatischer Kohlenwasserstoffe mit nur einer Kohlenstoff- Kohlenstoff-Doppelbindung; Massen auf Basis von Derivaten solcher Polymerisate; nicht modifiziert durch chemische Nachbehandlung: Polyethylen	0.00001
9	C01B 31/04	Herstellung von Kohlenstoff (durch Anwendung von Ultra-Hochdruck); Reinigung: Graphit	0.0015	C08F 210/06	Mischpolymerisate ungesättigter aliphatischer Kohlenwasserstoffe mit nur einer einzigen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung: Propylen	0.00001
10	B32B 15/08	Schichtkörper, die Metall als hauptsächlichen oder einzigen Bestandteil einer Schicht, die an einer anderen Schicht aus besonderem Werkstoff (Kunstharz) anliegt	0.0014	C08L 23/08	Massen auf Basis von Homo- oder Mischpolymerisaten ungesättigter aliphatischer Kohlenwasserstoffe mit nur einer Kohlenstoff- Kohlenstoff-Doppelbindung; Massen auf Basis von Derivaten solcher Polymerisate; nicht modifiziert durch chemische Nachbehandlung: Mischpolymerisate des Ethylens	0.00001

Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die IPC ist ein hierarchisches Klassifikationssystem, wodurch die Inhalte der höheren Ebenen bei der Benennung der IPC mitberücksichtigt werden müssen. Die hier verwendeten Labels wurden individuelle gekürzt und haben nicht den Anspruch vollständig zu sein. Für die genaue Bezeichnung der jeweiligen IPC siehe <https://depatisnet.dpma.de/ipc/ipc.do>. Für die genaue Erläuterung, wie die IPC aufgebaut ist und folglich wie sie zu lesen ist siehe https://www.dpma.de/docs/service/klassifikationen/ipc/handbuch_ipc2016.pdf.

Tabelle 13: Höchstgereichte Patente in den fortschrittlichen Werkstoffen. EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung

Fortschrittliche Werkstoffe											
Anmeldungsnummer	Prioritätsdatum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50	Anmeldungsnummer	Prioritätsdatum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50
Top 10 Patente beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente beim EPA; seit 2010					
EP19880300699	30.01.1987	Catalysts, method of preparing these catalysts and method of using said catalysts.	US (1)	1	5	EP20100830022	12.11.2009	HAIR COSMETIC	JP (5)	1	160
EP19900309496	31.08.1989	Constrained geometry addition polymerization catalysts, processes for their preparation, precursors therefor, methods of use, and novel polymers formed therewith	US (8)	2	13	EP20100014517	30.11.2009	Piezoelectric ceramic, method for making the same, piezoelectric element, liquid discharge head, and ultrasonic motor	JP (6)	2	262
EP19840303804	06.06.1983	PROCESS AND CATALYST FOR PRODUCING POLY-ETHYLENE HAVING A BROAD MOLECULAR WEIGHT DISTRIBUTION	US (2)	3	19	EP20120197591	21.12.2011	Method of making a graft polymer, copolymer and tire	LU (2), DE (3)	3	350
EP19840303805	06.06.1983	Process and catalyst for polyolefin density and molecular weight control	US (2)	4	23	EP20110194599	31.12.2010	Paste composition for electrode of solar cell and solar cell including the same	KR (6)	4	386
EP19860302198	26.03.1985	Liquid ethylene-type random copolymer, process for production thereof, and use thereof	JP (4)	5	35	EP20100167055	25.06.2009	Method for keying metal surfaces	DE (2)	5	885
EP19860304806	21.06.1985	Supported polymerization catalyst	US (1)	6	44	EP20100001720	19.02.2009	Decorative product, method for producing a decorative product and use of same for producing a decorated support surface	DE (2)	6	1120
EP19880300698	30.01.1987	Catalysts, method of preparing these catalysts, and polymerization processes wherein these catalysts are used.	US (2)	7	47	EP20110160926	01.04.2011	Self-binding pigment hybrid	CH (4)	7	1156
EP19810101395	29.02.1980	PROCESS FOR PRODUCING POLYMERS AND COPOLYMERS OF ETHYLENE	DE (4)	8	55	EP20100170302	05.08.2009	Graphene base and method of preparing the same	KR (4)	8	1257
EP19820105962	09.07.1981	PROCESS FOR THE PRODUCTION OF POLYOLEFINS	DE (4)	9	63	EP20120166949	07.05.2012	Tough bainitic heat treatments on steels for tooling	DE (1)	9	1340
EP19890302675	21.03.1988	SILICON BRIDGED TRANSITION METAL COMPOUNDS	US (1)	10	138	EP20110159996	28.03.2011	Polypropylene composition for extrusion blown molded bottles	AT (3), BE (1), NL (1)	10	1410
Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 2010					
EP19850850215	27.06.1984	BODY WITH SUPERHARD COATING	AT (1), CH (2), SE (2)	1	2212	EP20110159996	28.03.2011	Polypropylene composition for extrusion blown molded bottles	AT (3), BE (1), NL (1)	1	1410
EP19890890209	16.08.1988	PROCESS FOR PRODUCING SOLUTIONS OF CELLULOSE	AT (5)	2	2591	EP20120167113	12.05.2011	Composite element	AT (1)	2	1439
EP19880103267	12.03.1987	Coreactive photoinitiators.	AT (1), DE (8)	3	2660	EP20100157223	22.03.2010	Heterophasic polypropylene with excellent creep performance	AT (1), FI (3)	3	2340
EP19870109508	08.07.1986	COMPOSITE PLATE WITH A LAYER OF NATURAL STONE	AT (1)	4	8542	EP20110169930	15.06.2011	In-situ reactor blend of a Ziegler-Natta catalysed, nucleated polypropylene and a metallocene catalysed polypropylene	AT (1), FI (2), DE (1)	4	3236
EP20020005953	15.03.2002	Polyolefin composition with improved properties	AT (3)	5	11530	EP20120159862	16.03.2012	METHOD FOR PRODUCING POROUS STRUCTURES	AT (1), SI (2)	5	4353
EP19870890219	03.10.1986	SINTERED ABRASIVE MATERIAL BASED ON ALPHA-ALUMINA	AT (2)	6	12644	EP20100160474	20.04.2010	Polypropylene bottles	AT (2)	6	4354
EP19870116502	14.11.1986	PROCESS FOR THE PREPARATION OF WATER DILUTABLE PAINT BINDERS DRYING IN THE AIR	AT (2)	7	14488	EP20100004990	11.05.2010	Polypropylene composition suitable for extrusion coating	AT (6), FI (1)	7	4358
EP19940100854	01.02.1993	Copolymers based on maleic acid derivatives and vinyl monomers, their preparation and their use	AT (5), CH (1)	8	15165	EP20100166089	16.06.2010	Propylene polymer compositions having superior hexane extractables/impact balance	AT (4)	8	4456
EP19930101762	14.02.1992	Process for the preparation of aqueous self-crosslinking polymer dispersions and their use as binders for storage-stable one-component paints	AT (3)	9	15645	EP20100168879	31.07.2009	Silicone materials which crosslink by condensation at room temperature	AT (1), DE (1)	9	5034
EP19900890335	20.04.1990	PROCESS FOR THE PREPARATION OF AN AQUEOUS N-METHYLMORPHOLINE N-OXIDE SOLUTION OF CELLULOSE	AT (7)	10	16285	EP20100013864	21.10.2010	A semiconductive polymer composition which contains epoxy-groups	AT (1), SE (2)	10	5040

Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. r_pr50 entspricht der Rangordnung aufgrund der PR-Bedeutungsgewichte innerhalb der in der Teiltabelle zusammengefassten Untergruppe, ra_pr50 entspricht der globalen Rangordnung über alle Patente im betrachteten Technologiefeld hinweg.

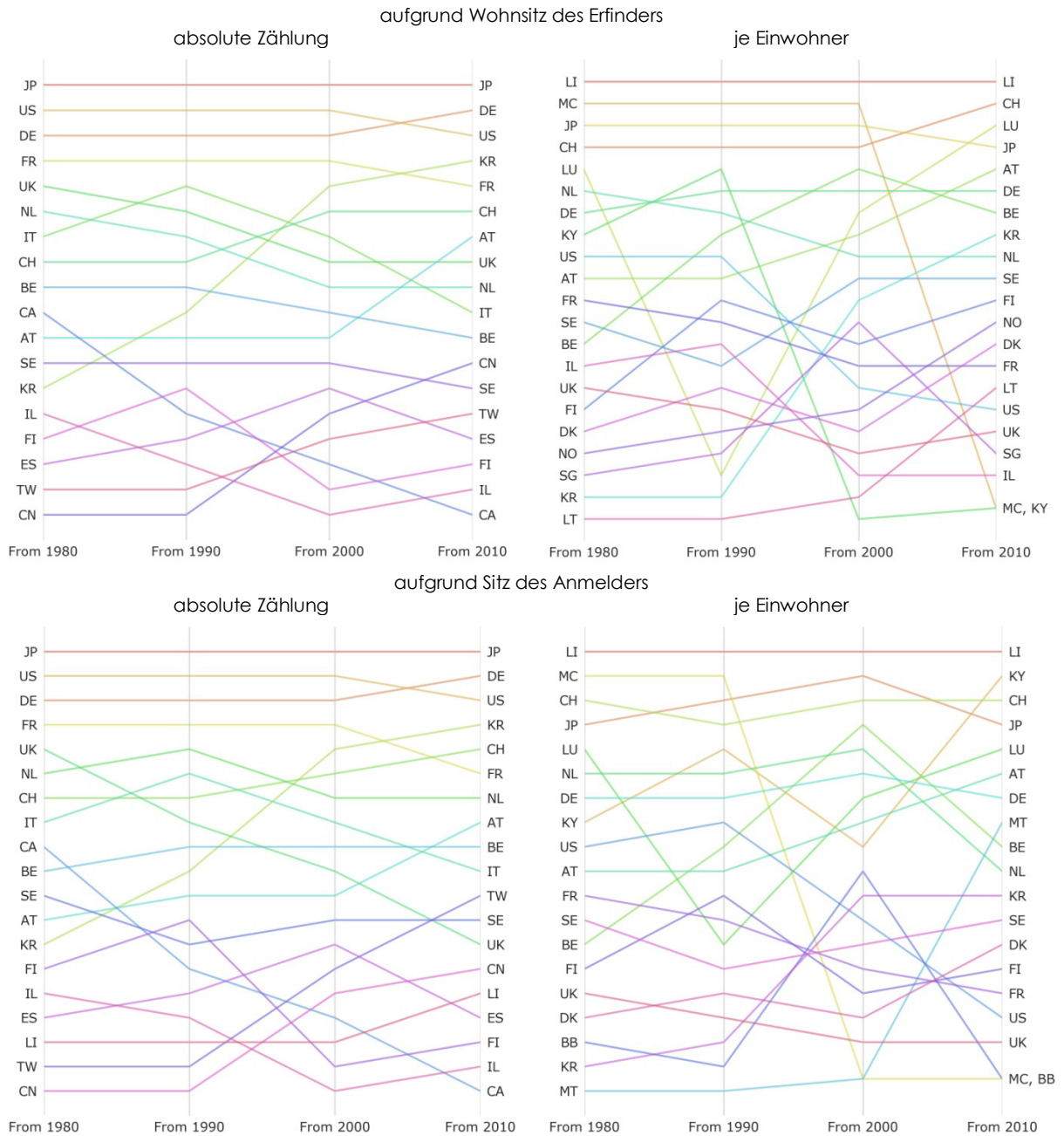
Fortschrittliche Fertigungstechniken

Das Technologiefeld der fortschrittlichen Fertigungstechnik ist ein weiterer Bereich, in dem Österreich stark verankert ist. Dementsprechend zählt das Land zu den wichtigsten europäischen Technologieproduzenten auf dem Gebiet, wie die Ergebnisse aus dem Patentanzeiger aufgrund der PR-Bedeutungsgewichte in Abbildung 14 nahelegen. Am aktuellen Rand liegt Österreich in der Rangordnung nach absoluter Zählung hinter Japan, Deutschland, den USA, Südkorea, Frankreich und der Schweiz auf dem siebten Rang. Unter den europäischen Nationen liegt es in diesem Ranking an dritter Stelle hinter Deutschland und Frankreich. Erfindungen aus Südkorea und China haben, wie in vielen anderen Schlüsseltechnologien auch, auf dem Gebiet der fortschrittlichen Fertigungstechnologie über die Zeit stark an Bedeutung gewonnen. Italien und vor allem Kanada haben hingegen stark an Bedeutung eingebüßt.

Wie in den meisten anderen Technologiefeldern auch rangiert Österreich bei den fortschrittlichen Fertigungstechniken vor Europäischen Ländern, die in unterschiedlichen Rankings als „Innovation Leader“ klassifiziert werden, wie Schweden oder Finnland. Dies wird besonders deutlich, wenn das aggregierte PR-Bedeutungsgewicht auf die Einwohnerzahl des Landes umgelegt wird. Gemessen an der Einwohnerzahl haben die österreichischen Erfindungen am aktuellen Rand auf dem Gebiet der fortschrittlichen Fertigungstechnologie die größte Bedeutung innerhalb der EU Länder. In diesem Technologiefeld ist dieser Indikator aber sehr starken Schwankungen unterworfen, die durch die wechselnde Bedeutung der Erfindungen von Kleinststaaten und Steueroasen auftreten.

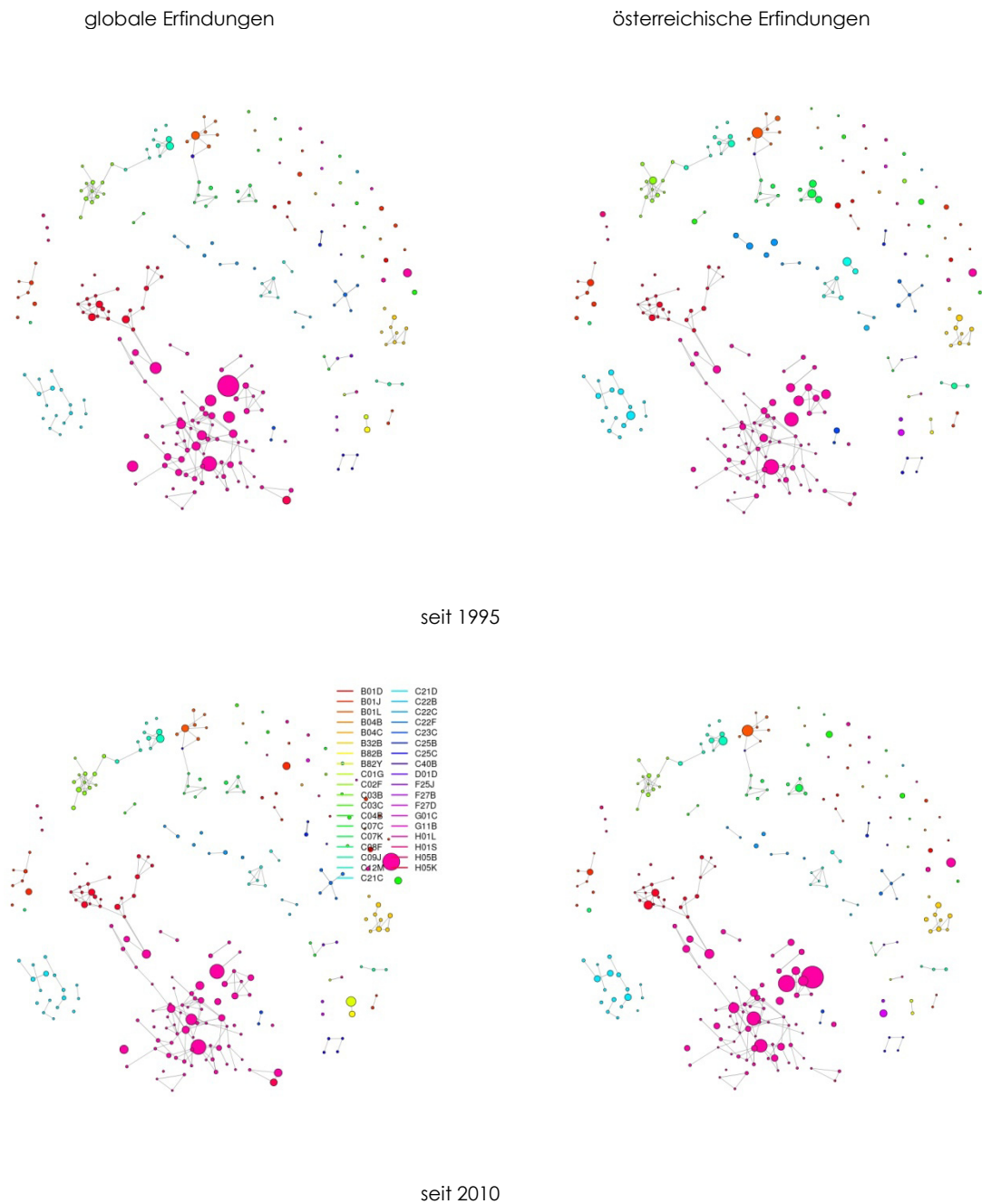
Wie aus Abbildung 15 zur Entwicklung des Wissensraumes im dem Gebiet der fortschrittlichen Fertigungstechnik zu erkennen ist, ist dieser stark fragmentiert. Der wichtigste Cluster in diesem Netzwerke besteht aus unterschiedlichen Untergruppen der Technologiekategorie H01L, die Halbleiterbauelemente und elektrische Festkörperbauelemente umfasst. In diesen Cluster fallen auch in Österreich die wichtigsten Patentanmeldungen. Im Vergleich zur internationalen Entwicklung in Bereich der fortschrittlichen Fertigungstechnik unterscheidet sich Österreich in einer höheren Bedeutung, in den dem Eisenhüttenwesen (C21) und den Zementen, Beton, udgl. (C04) zuordenbaren Technologieklassen. Letztere haben aber, wie aus Tabelle 14 ersichtlich, im Vergleich zu dem Cluster der Halbleiterbauelemente eine sehr untergeordnete Rolle. Anders als bei den fortschrittlichen Werkstoffen streut die Liste der Patente mit den höchsten PR-Bedeutungsgewichten in Tabelle 15 breit über Technologieklassen und Unternehmen.

Abbildung 14: Bedeutung österreichischer Erfindungen bei fortschrittlichen Fertigungstechniken im internationalen Vergleich über die Zeit, EPA Anmeldungen



Quelle: EPA-PATSTAT; WIFO Berechnungen. Die Linien stellen die Entwicklung in einem gleitenden Fenster dar, in dem vom letztverfügbaren Datenpunkt (Q4 2015) bis zum in der Darstellung angegebenen Zeitpunkt zurückgeblückt wird. Sie beziehen sich aufgrund der Vergleichbarkeit der Anmeldungen ausschließlich auf Anmeldungen beim EPA.

Abbildung 15: Entwicklung des Wissensraumes bei fortschrittlichen Fertigungstechniken



Quelle: EPA PATSTAT; WIFO-Berechnungen. Die Größe der Blasen entspricht der mit PageRank gewichteten Anzahl der Patente in einer aggregierten Technologieklasse. Die Größenverhältnisse beziehen sich auf das jeweilige Netzwerk. Damit ist die Größe der Blasen zwischen Netzwerkabbildungen nicht direkt vergleichbar.

Tabelle 14: Wichtigste Technologiefelder in der fortschrittlichen Fertigungstechnologie seit 2010. EPA Anmeldungen global und mit österreichischer Beteiligung; vgl. Abbildung 15

Rang	IPC	Insgesamt gekürztes IPC - Label	Wert	IPC	Österreich gekürztes IPC - Label	Wert
1	H01L 31/18	Halbleiterbauelemente, die auf Infrarot-Strahlung, Licht, elektromagnetische Strahlung kürzerer Wellenlänge als Licht oder Korpuskularstrahlung ansprechen und besonders ausgebildet sind, entweder für die Umwandlung der Energie einer derartigen Strahlung in elektrische Energie oder für die Steuerung elektrischer Energie durch eine derartige Strahlung eingerichtet sind; Verfahren oder Vorrichtungen, besonders ausgebildet für die Herstellung oder Behandlung dieser Bauelemente oder Teilen davon	0.0053	H01L 21/67	Vorrichtungen, besonders ausgebildet zur Handhabung von Wafern während der Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen, elektrischen Festkörperbauelementen oder einzelnen Schaltungselementen	0.00003
2	H01L 21/336	Verfahren oder Geräte zur Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen oder Teilen davon: Bauelemente mit mindestens einer Potenzielsprung-Sperrschicht oder Oberflächensperrschicht; Bauelemente mit Halbleiterkörpern aus Elementen der Gruppe IV des Periodensystems oder AllIBV-Verbindungen mit oder ohne Fremdstoffe; Mehrstufenprozess zur Herstellung von unipolaren Bauelementen; Feldeffekt-Transistoren mit einem isolierten Gate	0.0045	H01L 21/683	Vorrichtungen, besonders ausgebildet zur Handhabung von Wafern während der Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen, elektrischen Festkörperbauelementen oder einzelnen Schaltungselementen zum Aufnehmen oder Greifen	0.00002
3	H01L 21/027	Verfahren oder Geräte zur Herstellung von Masken auf Halbleiterkörpern für ein folgendes fotolithografisches Verfahren	0.0044	H01L 21/02	Verfahren oder Geräte zur Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen oder Teilen davon	0.00002
4	H01L 21/02	Verfahren oder Geräte zur Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen oder Teilen davon	0.0031	H01L 21/336	Verfahren oder Geräte zur Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen oder Teilen davon: Bauelemente mit mindestens einer Potenzielsprung-Sperrschicht oder Oberflächensperrschicht; Bauelemente mit Halbleiterkörpern aus Elementen der Gruppe IV des Periodensystems oder AllIBV-Verbindungen mit oder ohne Fremdstoffe; Mehrstufenprozess zur Herstellung von unipolaren Bauelementen; Feldeffekt-Transistoren mit einem isolierten Gate	0.00002
5	B82Y 40/00	Herstellung oder Behandlung von Nanostrukturen	0.0027	B01L 3/00	Behälter oder Schalen für Laboratoriumszwecke	0.00002
6	H01L 21/60	Zusammenbau von Halbleiterbauelementen unter Verwendung von Verfahren oder Vorrichtungen: Anbringen von Anschlussleitungen oder anderen leitenden Teilen, die zur Stromleitung zu oder von einem in Betrieb befindlichen Bauelement diene	0.0023	H01L 21/768	Herstellung von integrierten Schaltungsanordnungen, die in oder auf einem gemeinsamen Substrat ausgebildet sind oder von bestimmten Teilen hiervon: Herstellung von bestimmten Teilen der in Gruppe H01L 21/70 definierten Bauelementanordnungen; Anbringen von Verbindungsleitungen, die zur Stromführung zwischen einzelnen Schaltungselementen innerhalb eines Bauelements dienen	0.00001
7	H01L 21/66	Prüfen oder Messen während der Herstellung oder Behandlung von Halbleiter- oder Festkörperbauelementen oder Teilen davon	0.0023	H01L 21/687	Vorrichtungen, besonders ausgebildet zur Handhabung von Wafern während der Herstellung oder Behandlung von Halbleiterbauelementen, elektrischen Festkörperbauelementen oder einzelnen Schaltungselementen zum Aufnehmen oder Greifen mit mechanischen Mitteln	0.00001
8	H01L 21/304	Herstellung von Elektroden auf Halbleiterkörpern unter Verwendung von Verfahren oder Vorrichtungen	0.0022	H01L 21/60	Zusammenbau von Halbleiterbauelementen unter Verwendung von Verfahren oder Vorrichtungen: Anbringen von Anschlussleitungen oder anderen leitenden Teilen, die zur Stromleitung zu oder von einem in Betrieb befindlichen Bauelement diene	0.00001
9	H01L 51/56	Festkörperbauelemente, die organische Materialien oder eine Kombination von organischen mit anderen Materialien als aktives Medium aufweisen; Verfahren oder Geräte, besonders ausgebildet für die Herstellung oder Behandlung von derartigen Bauelementen oder Teilen davon, die besonders ausgebildet für die Lichtemission oder polymere lichtemittierende Bauelemente sind; Verfahren oder Geräte, besonders ausgebildet für die Herstellung oder Behandlung von derartigen Bauelementen oder Teilen davon	0.0021	H01L 31/18	Halbleiterbauelemente, die auf Infrarot-Strahlung, Licht, elektromagnetische Strahlung kürzerer Wellenlänge als Licht oder Korpuskularstrahlung ansprechen und besonders ausgebildet sind, entweder für die Umwandlung der Energie einer derartigen Strahlung in elektrische Energie oder für die Steuerung elektrischer Energie durch eine derartige Strahlung eingerichtet sind; Verfahren oder Vorrichtungen, besonders ausgebildet für die Herstellung oder Behandlung dieser Bauelemente oder Teilen davon	0.00001
10	H01L 21/768	Herstellung von integrierten Schaltungsanordnungen, die in oder auf einem gemeinsamen Substrat ausgebildet sind oder von bestimmten Teilen hiervon: Herstellung von bestimmten Teilen der in Gruppe H01L 21/70 definierten Bauelementanordnungen; Anbringen von Verbindungsleitungen, die zur Stromführung zwischen einzelnen Schaltungselementen innerhalb eines Bauelements dienen	0.0021	H05K 3/46	Herstellen von Mehrschicht-Schaltungen	0.00001

Quelle: EPA PATSTAT; WIFO Berechnungen. Die IPC ist ein hierarchisches Klassifikationssystem, wodurch die Inhalte der höheren Ebenen bei der Benennung der IPC mitberücksichtigt werden müssen. Die hier verwendeten Labels wurden individuelle gekürzt und haben nicht den Anspruch vollständig zu sein. Für die genaue Bezeichnung der jeweiligen IPC siehe <https://depatisnet.dpma.de/ipc/ipc.do>. Für die genaue Erläuterung, wie die IPC aufgebaut ist und folglich wie sie zu lesen ist siehe https://www.dpma.de/docs/service/klassifikationen/ipc/handbuch_ipc2016.pdf.

Tabelle 15: Höchstgereichte Patente in der fortschrittlichen Fertigungstechnologie. EPA Anmeldungen seit 1980 und seit 2010; global und mit österreichischer Beteiligung

Fortschrittliche Fertigungstechnologie											
Anmelde- nummer	Prioritäts- datum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50	Anmelde- nummer	Prioritäts- datum	Patenttitel	Länder der Erfinder (Anzahl der Nennungen)	r_pr50	ra_pr50
Top 10 Patente beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente beim EPA; seit 2010					
EP19890300508	21.01.1988	Glass fibers coated with agarose for use as column packing or chromatographic media for bioseparations.	US (3)	1	39	EP20100153381	11.02.2010	Method and apparatus for depositing atomic layers on a substrate	NL (3)	1	341
EP19890108748	01.06.1988	Device having a specific support structure for receiving, analysing and treating samples.	DE (7)	2	47	EP20120166559	08.06.2011	Sealing system and sealing method	JP (3)	2	401
EP19820305521	19.10.1981	HUMAN IMMUNE INTERFERON	US (2)	3	185	EP20100003460	30.03.2010	Method for producing flat glass and glass pane produced according to this method	DE (2)	3	455
EP19900301061	03.02.1989	Containment cuvette for PCR and method of use.	US (6)	4	291	EP20120166949	07.05.2012	Tough bainitic heat treatments on steels for tooling	DE (1)	4	750
EP19970101017	29.01.1996	Organic thin film transistor with enhanced carrier mobility	US (3)	5	366	EP20110166622	18.05.2011	Extremely stable steel flat product and method for its production	DE (7), NL (1)	5	880
EP19830102288	15.03.1982	HYBRID DNA, BINDING COMPOSITION PREPARED THEREBY AND PROCESSES THEREFOR	US (2)	6	389	EP20110164886	24.06.2010	Method for producing a sheet metal part from a high tensile sheet metal material with a zinc-nickel coating applied by means of electrolysis	DE (2)	6	1244
EP19840400952	12.05.1983	MAGNETIC PARTICLES FOR USE IN SEPARATIONS	US (4)	7	400	EP20100825029	21.10.2009	METHOD FOR PRODUCING MODIFIED CONJUGATED DIENE RUBBER, MODIFIED CONJUGATED DIENE RUBBER, AND RUBBER COMPOSITION	JP (5)	7	1619
EP19830307840	22.12.1982	METHODS OF PURIFICATION AND REACTIVATION OF PRECIPITATED HETEROLOGOUS PROTEINS	US (8)	8	408	EP20110450055	12.05.2010	Method for producing a component and component from a gamma-titanium-aluminium base alloy	AT (3)	8	1656
EP19790302339	25.10.1978	LIQUID TRANSPORT DEVICE	US (1)	9	420	EP20100157844	25.03.2010	Process for the production of water and solvent-free nitrile rubbers	DE (6), CA (1), FR (1)	9	1660
EP19920402520	18.09.1991	Process for manufacturing thin film layers of semiconductor material	FR (1)	10	482	EP20100823465	16.10.2009	WASTE WATER CLEANING SYSTEM, WASHING DEVICE, AND INK JET PRINTER SYSTEM	JP (1)	10	1691
Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 1980						Top 10 Patente mit österreichischer Beteiligung beim EPA; seit 2010					
EP19940890133	04.08.1993	Process for producing a metal melt.	AT (2)	1	4182	EP20110450055	12.05.2010	Method for producing a component and component from a gamma-titanium-aluminium base alloy	AT (3)	1	1656
EP19850810103	15.03.1984	PROCESS AND APPARATUS FOR THE CULTURE OF HUMAN, ANIMAL, PLANT AND HYBRID CELLS AND MICROORGANISMS	AT (2)	2	10283	EP20100014325	05.11.2010	Method for connecting sheet metal to a sheet of stacks	AT (5)	2	2272
EP19900890304	12.05.1989	Method and apparatus for detecting biological activities in a specimen	AT (1), US (2)	3	17269	EP20100160162	16.04.2010	Composite ceramic material comprising zirconia	AT (2), FR (3), LI (3), CH (2)	3	3347
EP19890122477	09.12.1988	Slime and deposits controlling process in industrial plants	AT (1), DE (1)	4	18873	EP20110175231	25.07.2011	Muffle size recognition	AT (1), CH (1)	4	3724
EP19910104986	09.11.1987	Holder device for processing disc-like articles.	AT (1)	5	27168	EP20120150938	12.01.2012	Ruthenium-based complex catalysts	AT (1), CA (3), UK (1), US (1)	5	6943
EP19880102075	12.02.1987	PROCESS FOR THE PREPARATION OF WATER-REPELLENT GYPSUM ARTICLES AND GYPSUM POWDER CONTAINING A HYDROPHOBIC AGENT	AT (1), DE (4)	6	27333	EP20100188264	20.10.2010	Recovery of rare earth metals from waste material by leaching in non-oxidizing acid and by precipitating using sulphates	AT (2)	6	7798
EP19970121841	12.12.1996	Method and apparatus for polishing semiconductor substrates	AT (2), DE (6)	7	30704	EP20110720794	28.05.2010	ULTRASHORT PULSE MICROCHIP LASER, SEMICONDUCTOR LASER, LASER SYSTEM, AND PUMP METHOD FOR THIN LASER MEDIA	AT (1)	7	10695
EP19840114799	12.12.1983	GAS-PERMEABLE REFRACTORY PLUG	AT (2), LU (1)	8	30976	EP20120170852	22.06.2011	Device and method for the thermal treatment of corrosive gases	AT (1), DE (2)	8	12280
EP19850890194	09.03.1984	STRUCTURE WITH MEMBRANES HAVING PORES EXTENDING THROUGHOUT, PROCESS FOR PRODUCING THIS STRUCTURE AND ITS USES	AT (2)	9	32562	EP20100450090	05.06.2009	Method for producing a forged article from a gamma-titanium-aluminium base alloy	AT (3)	9	16144
EP19810890211	08.01.1981	PLASMA MELTING FURNACE	AT (3)	10	35722	EP20100450042	20.03.2009	Device for cleaning water from swimming pools or ponds	AT (1)	10	19375

Quelle: EPA PATSTAT Daten; WIFO-Berechnungen. r_pr50 entspricht der Rangordnung aufgrund der PR-Bedeutungsgewichte innerhalb der in der Teiltabelle zusammengefassten Untergruppe, ra_pr50 entspricht der globalen Rangordnung über alle Patente im betrachteten Technologiefeld hinweg.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Das Ziel der vorliegenden Studie war einerseits einen neuen Indikator auf der Grundlage von Zitationsdaten in Patentanmeldungen zu entwickeln, durch den ein genaueres Bild über die Bedeutung von Erfindungen aus Österreich zur technologischen Entwicklung in den einzelnen Technologiefeldern vermittelt werden kann. Andererseits, wurde dieser Indikator auf sechs strategischen Schlüsseltechnologien (Key Enabling Technologies, KETs) und der Biotechnologie angewendet, um die technologischen Leistungsfähigkeit Österreichs in diesen Bereichen zu analysieren und zu bewerten.

Die Ergebnisse zeigen, dass in allen Technologiefeldern österreichische Erfinder Patente mit einer hohen Bedeutung für das jeweilige Technologiefeld beigesteuert haben, und die Bedeutung von Erfindungen mit österreichischer Beteiligung in den vergangenen zehn Jahren auch in den Technologiefeldern teilweise stark zugenommen hat. Dies trifft vor allem in den Bereichen fortschrittliche Werkstoffe und fortschrittliche Fertigungstechnik sowie in geringerem Maße der Photonik zu. Auch in der Biotechnologie haben Erfindungen mit österreichischer Beteiligung stark an Bedeutung gewonnen. In diesen Bereichen hat sich Österreich in den vergangenen zwanzig Jahren zu einem wichtigen Akteur in Europa und international entwickelt. Zumeist rangiert Österreich am aktuellen Rand vor Europäischen Ländern, die in unterschiedlichen Rankings als „Innovation Leader“ klassifiziert werden, wie etwa Schweden, Finnland oder Dänemark, jedoch zumeist hinter Deutschland, der Schweiz, den USA oder Japan. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist jedoch einerseits zu bedenken, dass die berechneten Rangordnungen am aktuellen Rand noch Schwankungen und Anpassungen unterliegen können. Andererseits, bezieht sich der Patentanzeiger lediglich auf Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt, wodurch bedeutende Anmeldungen, z.B. beim US Patentamt, nicht berücksichtigt werden.

In Summe zeigt sich auch, dass trotz der steigenden Bedeutung österreichischer Beiträge zu diesen Technologien bahnbrechende, paradigmengestaltende Erfindungen, sogenannte „Superpatente“ nicht aus Österreich stammen. Solche „Superpatente“ liegen zumeist neuen Industrien zugrunde und erzielen auch die höchsten wirtschaftlichen Erträge. Österreich hat in der Vergangenheit selten eine Vorreiterrolle in der Entwicklung von Erfindungen von globaler Bedeutung gespielt, sondern eher die Rolle eines Nachzüglers eingenommen. Dies ist mit der hier präsentierten Evidenz konsistent, dass Erfindungen mit österreichischer Beteiligung in den meisten betrachteten Technologiefeldern erst relativ spät an Bedeutung gewonnen haben und gewinnen.

Aus der Analyse des Wissensraumes der unterschiedlichen strategischen Schlüsseltechnologien zeigt sich, dass diese vor allem im Fall der Photonik, der fortschrittlichen Werkstoffe und der fortschrittlichen Fertigungstechnik sehr stark fragmentiert sind. Dies deutet darauf hin, dass diese Technologiefelder zu allgemein definiert sind und der KETs Anzeiger der Europäischen Kommission und andere auf die zugrundeliegenden Technologieklassifikationen aufbauende Analysen möglicherweise wenig aussagekräftig sind, da sich die unterschiedlichen Subcluster des Wissensraumes möglicherweise auch in der Patentneigung und der Zitationspraxis voneinander unterscheiden. Eine detailliertere Analyse der einzelnen Bündel von Technologieklassen innerhalb dieser Technologiefelder würde sich daher anbieten.

Literatur

- Abrams, D., Akcigit, U., Popadak, J. (2013). *Understanding the link between patent value and citations: Creative destruction or defensive disruption*. mimeo., University of Pennsylvania.
- Acemoglu, D., Akcigit, U., Kerr, W. (2016). *Innovation network*. Working Paper 22783, National Bureau of Economic Research.
- Alcacer, J., Gittelman, M., Sampat, B. (2009). Applicant and examiner citations in u.s. patents: An overview and analysis. *Research Policy*, 38(2), S.15–427.
- Atallah, G., Rodriguez, G. (2006). Indirect patent citations. *Scientometrics*, 67, S.437–65.
- Brin, S., Page, L. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. *Computer Networks and ISDN Systems* 30, S.107–117.
- Castaldi C., Los B. (2012). Are new 'Silicon Valleys' emerging? *The changing distribution of superstar patents across US States*. Paper presented at the Danish Research Unit for Industrial Dynamics (DRUID) Summer Conference 2012.
- Castaldi C., Frenken K., Los, B. (2015). Related Variety, Unrelated Variety and Technological Breakthroughs: An analysis of US State-Level Patenting, *Regional Studies* 49(5), S. 767-781
- Dosi, G. (1982). Technological Paradigms and Technological Trajectories. *Research Policy* 11(3), S. 147–162
- Europäische Kommission (2009). „An die Zukunft denken: Entwicklung einer gemeinsamen EU-Strategie für Schlüsseltechnologien“, KOM(2009) 512 endgültig, Brüssel, den 30.09.2009.
- Gallini, N.T. (2002). The Economics of Patents: Lessons from Recent U.S. Patent Reform, *The Journal of Economic Perspectives* 16(2), S. 131-154
- Giuri, P., Mariani M., Brusoni S., Crespi G., Francoz D., Gambardella A., Garcia-Fontes W., Geuna, A., Gonzales, R., Harhoff, D., Hoisl K., Le Bas, C., Luzzi, A., Magazzini L., Nesta L., Nomaler, Ö., Palomeras, N., Patel, P., Romanelli, M., Verspagen, B. (2007). Inventors and invention processes in Europe: Results from the PatVal-EU survey. *Research Policy* 36(8), S.1107–1127.
- Hagedoorn, J., Cloudt, M. (2003). Measuring innovative performance: is there an advantage in using multiple indicators? *Research Policy* 32(8), S.1365–1379.
- Hall, B., Griliches, Z., Ales, A. (1991). R&d, patents, and market value revisited: Is there a second (technological opportunity) factor? *Economics of Innovation and New Technology* 1(1), S.183–202.
- Hall, B., Jaffe, A., Trajtenberg, M. (2005). Market value and patent citations. *RAND Journal of Economics* 36(1), S.16–38.
- Harhoff, D., Narin, F., Vopel, K. (1999). Citation frequency and the value of patented inventions. *Review of Economics and Statistics* 81(3), S.511– 515.
- Kogler, D., Rigby, D.L., Tucker, I. (2013). Mapping knowledge space and technological relatedness in US cities. *European Planning Studies* 21, S.1374–1391.
- Mariani, M. S., Medo, M., Zhang, Y.-C. (2015). Ranking nodes in growing networks: When PageRank fails. *Scientific Reports* 5:16181.
- Maslov, S., Redner, S. (2008). Promise and pitfalls of extending google's pagerank algorithm to citation networks. *Journal of Neuroscience* 28(4), S.11103–11105.
- Nagaoka, S., Motohashi, K. Goto, A. (2010). Patent Statistics as an Innovation Indicator. In: *Handbook of the Economics of Innovation* Vol. 2, Kap. 25, S. 1083–1127
- Reinstaller, A. (2014). *Technologiegeber Österreich. Österreichs Wettbewerbsfähigkeit in Schlüsseltechnologien und Entwicklungspotentiale als Technologiegeber*. WIFO Studie für das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- Reinstaller, A., Schwarz, S. (2012). *Die wirtschafts- und forschungspolitische Bedeutung der Umsetzung der Biopatentrichtlinie im österreichischen Patentgesetz*. WIFO Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien
- Reinstaller, A., Reschenhofer, P. (2017). *Using PageRank in the analysis of technological progress through patents. An illustration for biotechnological inventions*. Eingereichtes Manuskript.
- Sahal, D. (1985). Technological Guideposts and Innovation Avenues, *Research Policy* 14 (2), S. 61–82
- Scherer, F., Harhoff, D. (2000). Technology policy for a world of skew distributed outcomes. *Research Policy* 29, S.559–566.
- Silverberg, G. (2002). The discrete charm of the bourgeoisie: quantum and continuous perspectives on innovation and growth. *Research Policy* 31, S.1275–1289.
- Silverberg, G., Verspagen, B. (2003). Breaking the waves: A Poisson Regression Approach to Schumpeterian Clustering of Basic Innovations, *Cambridge Journal of Economics* 27(5), S. 671–693
- Silverberg, G., Verspagen, B. (2005). A percolation model of innovation in complex technology spaces, *Journal of Economic Dynamics and Control* 29, S. 225–244

- Silverberg, G., Verspagen, B. (2007). The size distribution of innovation revisited: An application of extreme value statistics to citation and value measures of patent significance. *Journal of Econometrics* 139(2), S.318–339.
- Schumpeter, J.A. (1912). *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Berlin.
- Trajtenberg, M. (1990). A penny for your quote: Patent citations and the value of innovations. *RAND Journal of Economics* 21(1), S.172–187.
- Valverde, S., Solé, R. V., Bedau, M. A., Packard, N. (2007). Topology and evolution of technology innovation networks. *Physical Review E* 76(5), 056118.
- Youn H., Strumsky D., Bettencourt L.M.A., Lobo J. (2015). Invention as a combinatorial process: evidence from US patents. *Journal of the Royal Society Interface* 12, 20150272.
- Walker, D., Xie, H., Yan, K.-K., Maslov, S. (2007). Ranking scientific publications using a model of network traffic. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2007(06):P06010.
- Watzinger, M., Fackler, T., Nagler, M., Schnitzer, M. (2017). *How antitrust enforcement can spur innovation: Bell Labs and the 1956 Consent Decree*.