

IMPULS



Die Entwicklung der
Patentanmeldungen des
deutschen Maschinen-
und Anlagenbaus im
internationalen
Vergleich

Stiftung für den Maschinenbau,
den Anlagenbau und die Informationstechnik



ISI

Bericht

Die Entwicklung der Patentanmeldungen des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus im internationalen Vergleich

Autoren:

Rainer Frietsch, Christian Lerch, Oliver Rothengatter, Peter
Neuhäusler

Veröffentlichung: April 2025

Stand der Daten: November 2024

Inhalt

1	English Summary and Conclusions	1
1.1	Summary	1
1.2	Conclusions	2
2	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	4
2.1	Zusammenfassung	4
2.2	Schlussfolgerungen	5
3	Einleitung	7
4	Die Entwicklung der Patente im Bereich Maschinenbau- Technologien.....	9
4.1	Deutschland im internationalen Vergleich	9
4.2	Anteile von computer-implementierten Erfindungen unter den Patentanmeldungen im Maschinenbau	17
4.3	Qualität und Wettbewerbsfähigkeit der Patente im Maschinenbau	19
5	Die sektorale Perspektive auf den Maschinenbau -Unternehmen innerhalb und außerhalb der WZ28	23
5.1	Die Patentanmeldungen des Maschinenbau-Sektors (WZ-28).....	23
5.2	Die Anmelder von Patenten im Bereich von Maschinenbau- Technologien	28
5.3	Unternehmensgrößen	30
6	Zitierte Literatur	34

Abbildungen

Abbildung 1:	Transnationale* Patentanmeldungen bei Maschinenbau-Technologien in ausgewählten Ländern, 2005-2021	10
Abbildung 2:	Gesamte transnationale Patentanmeldungen in ausgewählten Ländern, 2005-2021	10
Abbildung 3:	Anteile ausgewählter Länder an den weltweiten Maschinenbau-Patenten, 2005-2021	11
Abbildung 4:	Anteilen an den weltweiten Maschinenbau-Patenten nach Teilbereichen, 2019-2021	12
Abbildung 5:	Spezialisierungsindex* von Deutschland, Japan und China bei Patenten im Bereich Maschinenbau-Technologien, 2019-2021	13
Abbildung 6:	Anteile Deutschlands an der Welt bei Maschinenbau-Patenten nach Teilbereichen, 2005-2021	14
Abbildung 7:	Anteile des Maschinenbaus an allen nationalen Patentanmeldungen in ausgewählten Ländern, 2005-2021	15
Abbildung 8:	Anteile* der einzelnen Teilbereiche an allen Maschinenbau-Patenten aus Deutschland, 2005-2021	16
Abbildung 9:	Anteile von Computer-implementierten Erfindungen (CIE) an allen Maschinenbau-Patenten ausgewählter Länder, 2005-2021	18
Abbildung 10:	CIE-Index (CIE-Patente in einem Land in Relation zu den CIE-Patenten weltweit (Total)), 2005-2021	19
Abbildung 11:	Erteilungsquoten* von EPA-Patentanmeldungen im Bereich Maschinenbau-Technologien, 2005-2018**	20
Abbildung 12:	Anzahl der Patente (alle Technologien) von Unternehmen aus der Hauptbranche Maschinenbau (WZ28), 2005-2021	24
Abbildung 13:	Anteile des Maschinenbau-Sektors (WZ28) eines Landes an den weltweiten Anmeldungen des Sektors, 2005-2021	25
Abbildung 14:	Anteile des Maschinenbau-Sektors (WZ28) an allen nationalen Patenten, 2005-2021	26

Abbildung 15:	Anteile von fünf Technologiebereichen an allen Patentanmeldungen des Maschinenbau-Sektors im internationalen Vergleich, 2019-2021.....	27
Abbildung 16:	Anteile des Maschinenbau-Sektors an den Patentanmeldungen in fünf Technologiebereichen im internationalen Vergleich, 2019-2021.....	28
Abbildung 17:	Anteile der Sektoren an den Patentanmeldungen im Bereich Maschinenbau-Technologien in Deutschland und weltweit, 2019-2021.....	29
Abbildung 18:	Anteile der Patentanmeldungen im Bereich Maschinenbau-Technologien in Deutschland nach Art der Anmelder, 2005-2021.....	31
Abbildung 19:	Anteile von KMU an den Patentanmeldungen im Bereich von Maschinenbau-Technologien in ausgewählten Ländern, 2005-2021.....	32
Abbildung 20:	Anteile von KMU an den Patentanmeldungen im Bereich von Maschinenbau-Technologien in Deutschland nach Teilbereichen, 2005-2021.....	33

1 English Summary and Conclusions

1.1 Summary

Germany has shown a stable trend in mechanical engineering technologies over the entire observation period, reaching a level of just under 10,000 patents per year in the recent past from 2018 onwards. This corresponds to just under a third of all patents from Germany. The mechanical engineering sector is responsible for around a third of all mechanical engineering technology patents in Germany and around 17% of all German patents. Companies from the electrical engineering, trade, scientific and business services, automotive and other sectors also register significant shares of German mechanical engineering patents. SMEs play a special role in mechanical engineering patents in Germany, although at 25% their share of all mechanical engineering patents is below the global share of 31%. Italy has the highest share of SMEs by far, with a value of 59% in 2021.

Nevertheless, the analyses also point to challenges with regard to patent applications in the field of mechanical and plant engineering. Although a stable number of mechanical engineering patents were realised, Germany's share of global mechanical engineering patents has fallen continuously since the end of the 2000s. While Germany's patent figures have stagnated, other countries, in particular China, Japan and Korea, have been able to increase their mechanical engineering patents during this period, in some cases significantly. This trend can be observed for all sub-sectors of mechanical engineering patents. The German share of global mechanical engineering technologies has stabilised at around 15% since 2021. However, in 2020, China registered more patents in the field of mechanical engineering technologies at the transnational level than Germany for the first time. In the sub-sectors, it is primarily machine elements and machine tools where Germany achieves high shares of global patent applications.

Various reasons for this overall trend can be deduced from the available analyses. For example, Germany has a significantly weaker development in computer-implemented inventions than most other countries. While Japan and the USA realise shares of over 25 percent of all mechanical engineering patents, the share of CII (computer-implemented inventions) in Germany is only just over 15 percent. There is also still a lot of room for improvement when it comes to future-oriented technologies within mechanical engineering - especially Industry 4.0, in the sense of Advanced Manufacturing and Robotics. It is true that patents that can be assigned to the Industry 4.0 sub-sector now account for the highest proportion compared to the other technology fields. However, there is still a gap of over five percentage points to the other leading countries in mechanical engineering. The patent gap for such future-oriented

technologies, both hardware and software, certainly contributes in part to the fact that the development of mechanical engineering patents in Germany has been less dynamic in recent years than in other countries.

Furthermore, the mechanical and plant engineering sector in Germany has a disproportionately high share of patents for mechanical engineering technologies compared to the rest of the world. On the one hand, this speaks in favour of a strong mechanical and plant engineering sector from a sectoral perspective. On the other hand, however, it also means that sectors in other countries apply for patents in mechanical engineering technologies much more frequently than comparable sectors in Germany. The sectors outside of mechanical engineering therefore contribute more to mechanical engineering patents in other countries than in Germany, which suggests challenges in cross-sector inventions and patents. Here, too, cross-sector patent applications could contribute to a more dynamic development of mechanical engineering patents in the future.

1.2 Conclusions

German mechanical and plant engineering is a key pillar of the German innovation system and accounts for a large proportion of technological output, documented in patents. Not only is Germany strongly specialised in the technology fields of mechanical engineering, but mechanical engineering also makes a significant contribution to patented inventions in Germany, accounting for around a third of all national patent applications. However, it should not be overlooked that the mechanical engineering sector is not solely responsible for mechanical engineering technologies, but that other sectors also play a technological role here. Conversely, mechanical engineering companies also register numerous patents in other fields of technology.

- A stronger focus should be placed on future-oriented technologies in mechanical engineering, particularly in the area of Industry 4.0 (advanced manufacturing and robotics) and computer-implemented inventions (software patents). Companies should therefore be more strongly empowered to develop inventions and new applications in the field of Industry 4.0. This can be achieved not only through cooperation with research institutions, but also with companies from other sectors.
- Patent applications for mechanical engineering technologies from other sectors are also underrepresented in an international comparison. This is another reason why companies should seek to join forces with companies from other sectors and other organisations whose challenges are usually of a similar nature and where synergy potential appears possible.

- SMEs should also be more closely integrated into the innovation system of the German mechanical and plant engineering industry. Although Germany has a highly competitive and innovative SME sector, this potential still appears to have room for improvement, especially in the mechanical and plant engineering sector. Consequently, SMEs should also be empowered to participate more strongly in the invention and patenting of mechanical engineering technologies. Various federal and EU funding programmes can provide support and advice in both the research and patenting process.

2 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

2.1 Zusammenfassung

Deutschland zeigt bei Maschinenbau-Technologien über den gesamten Beobachtungszeitraum einen recht stabilen Trend, der in der jüngeren Vergangenheit ab dem Jahr 2018 ein Niveau von knapp 10.000 Patenten pro Jahr erreicht hatte. Dies entspricht knapp einem Drittel aller Patente aus Deutschland. Der Maschinenbau-Sektor zeichnet in Deutschland für etwa ein Drittel aller Maschinenbau-Technologie-Patente und ca. 17% aller deutschen Patente verantwortlich. Auch Unternehmen aus der Elektrotechnik, dem Handel, den wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Dienstleistungen, dem Automobilbau sowie in der Summe weitere Branchen melden nennenswerte Anteile der deutschen Maschinenbau-Patente an. KMU spielen bei Patenten im Bereich von Maschinenbau-Technologien in Deutschland eine besondere Rolle, wenngleich der Anteil an allen Maschinenbau-Patenten mit 25% unterhalb des weltweiten Anteils von 31% liegt. Die deutlich höchsten KMU-Anteile hat Italien mit einem Wert von 59 % im Jahr 2021. Trotz Deutschlands auch im internationalen Vergleich starker KMU-Landschaft wird der Großteil der Maschinenbau-Patente demnach von Großunternehmen angemeldet.

Dennoch weisen die Analysen auch auf Herausforderungen hinsichtlich der Patentanmeldungen im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus hin. So konnte zwar eine stabile Anzahl an Maschinenbau-Patenten realisiert werden, allerdings sank der Anteil Deutschlands an den weltweiten Maschinenbau-Patenten seit Ende der 2000er Jahre kontinuierlich. Denn während Deutschland stagnierende Patentzahlen aufweist, konnten andere Länder, insbesondere China, Japan und Korea, ihre Maschinenbau-Patente in diesem Zeitraum zum Teil deutlich erhöhen. Dieser Trend ist für alle Teilbereiche der Maschinenbau-Patente festzustellen. Der deutsche Anteil an den weltweiten Maschinenbau-Technologien konnte ab dem Jahr 2021 bei etwa 15 % stabilisiert werden. Allerdings hat im Jahr 2020 China erstmals mehr Patente im Bereich von Maschinenbau-Technologien auf der transnationalen Ebene angemeldet als Deutschland. In den Teilbereichen sind es vor allem Maschinenelemente und Werkzeugmaschinen bei denen Deutschland hohe Anteile an den weltweiten Patentanmeldungen erreicht.

Aus den vorliegenden Analysen lassen sich unterschiedliche Ursachen für diesen Gesamttrend ableiten. So weist Deutschland eine deutlich schwächere Entwicklung bei Computer-implementierten Erfindungen auf als die meisten anderen Länder. Während Japan und USA hier Anteile von über 25 Prozent an allen Maschinenbau-Patenten realisieren, liegt der Anteil der CIE in Deutschland bei lediglich knapp über 15 Prozent.

Bei den zukunftsweisenden Technologien innerhalb des Maschinenbaus - insbesondere bei Industrie 4.0, i.S. von Advanced Manufacturing and Robotics - ist ebenso noch viel Luft nach oben. Zwar nehmen Patente, die sich dem Teilbereich Industrie 4.0 zuordnen lassen, im Vergleich mit den anderen Technologiefeldern mittlerweile den höchsten Anteil ein. Allerdings klafft auch hier ein Abstand von über fünf Prozentpunkten zu den anderen führenden Ländern des Maschinenbaus. Die Patentlücke bei solchen zukunftsweisenden Technologien, sowohl bei Hard- als auch Software, trägt sicherlich in Teilen dazu bei, dass die Entwicklung in Deutschland bei Maschinenbau-Patenten eine geringere Dynamik in den vergangenen Jahren entfaltet hat als in anderen Ländern.

Weiterhin weist der Sektor Maschinen- und Anlagenbau in Deutschland bei den Patenten der Maschinenbau-Technologien einen stark überproportionalen Anteil im weltweiten Vergleich auf. Dies spricht einerseits für einen starken Maschinen- und Anlagenbau aus sektoraler Perspektive. Andererseits bedeutet dies jedoch auch, dass die Sektoren anderer Länder sehr viel häufiger Patente bei Maschinenbau-Technologien anmelden, als die vergleichbaren Sektoren in Deutschland. Die Sektoren jenseits des Maschinenbaus tragen folglich in anderen Ländern mehr zu den Maschinenbau-Patenten bei als in Deutschland, was auf Herausforderungen bei sektorübergreifenden Erfindungen und Patenten schließen lässt. Auch hier könnten zukünftig sektorübergreifende Patentanmeldungen zu einer dynamischeren Entwicklung der Maschinenbau-Patente beitragen.

2.2 Schlussfolgerungen

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau ist eine wesentliche Säule des deutschen Innovationssystems und steht für einen großen Teil des technologischen Outputs, dokumentiert in Patenten. So ist Deutschland nicht nur stark auf die Technologiefelder des Maschinenbaus spezialisiert, auch trägt der Maschinenbau mit rund einem Drittel aller nationalen Patentanmeldungen maßgeblich zu den patentierten Erfindungen in Deutschland bei. Dabei sollte man nicht verkennen, dass der Maschinenbau-Sektor nicht alleine für die Maschinenbau-Technologien verantwortlich zeichnet, sondern auch andere Branchen hier technologisch eine Rolle spielen. Umgekehrt melden Maschinenbau-Unternehmen auch zahlreiche Patente in anderen Technologiefeldern an.

Die Erkenntnisse dieser Studie lassen einige Schlüsse zu, um der stagnierenden Patententwicklung der letzten Jahre neue Dynamik zu verleihen:

- So ist ein stärkerer Fokus auf die zukunftsweisenden Technologien im Maschinenbau zu legen, insbesondere im Bereich Industrie 4.0 (Advanced Manufacturing and Robotics) sowie der computer-implementierten Erfindungen

(Software-Patente). Unternehmen, sollten daher stärker dazu befähigt werden, Erfindungen und neue Anwendungen im Bereich der Industrie 4.0 zu entwickeln. Dies kann nicht nur durch Kooperationen mit Forschungseinrichtungen, sondern auch mit Unternehmen aus anderen Sektoren erfolgen.

- Ebenso sind die Patentanmeldungen von Maschinenbau-Technologien aus anderen Sektoren im internationalen Vergleich unterrepräsentiert. Auch daher sollte man den Schulterschluss mit Unternehmen aus anderen Branchen und anderen Verbänden suchen, deren Herausforderungen meist ähnlicher Natur sind, und wo Synergiepotenziale möglich erscheinen.
- Auch KMU sollten stärker in das Innovationssystem des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus integriert werden. Obwohl Deutschland über einen hoch wettbewerbsfähigen und innovativen Mittelstand verfügt, scheint dieses Potenzial, gerade für den Maschinen- und Anlagenbau, noch ausbaufähig. Folglich sollten auch KMU stärker dazu befähigt werden, am Erfindungs- und Patentgeschehen von Maschinenbau-Technologien teilzuhaben. Verschiedene Förderprogramme des Bundes und der EU können Unterstützung und Beratung sowohl im Forschungs- wie auch im Patentierungsprozess leisten.

3 Einleitung

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau gehört zu den größten und wettbewerbsfähigsten Branchen bzw. Technologiefeldern in Deutschland. Eine der Grundlagen dieser Wettbewerbsfähigkeit ist die technologische Kompetenz der Unternehmen, die sich unter anderem in Patentanmeldungen niederschlägt. Allerdings zeigen Patentstatistiken der jüngeren Vergangenheit deutliche Verschiebungen der weltweiten Patentanteile, die sowohl durch Veränderungen der technologischen Schwerpunkte bspw. hin zur Digitalisierung als auch durch das Aufkommen von technologisch kompetenten Wettbewerbern, insbesondere in China, Japan und Südkorea, begründet werden können. Gleichzeitig haben sich aber auch das strategische Patentverhalten und die Marktausrichtung der Branche geändert.

Ziel des hier vorgelegten empirischen Berichts ist die Erfassung und Analyse von Patentanmeldungen im Bereich von Maschinenbau-Technologien und deren internationale Einordnung. Hierbei wird somit eine technologische Perspektive eingenommen, unabhängig davon, wer diese Patente anmeldet. Es werden also Patentanmeldungen erfasst, die bspw. Werkzeugmaschinen, Fördertechnik oder auch Motoren, Pumpen oder Turbinen zum Gegenstand haben. Diese Patente stammen in nennenswert großer Zahl auch von Unternehmen, die aufgrund ihrer hauptsächlich wirtschaftlichen Tätigkeit nicht primär der Maschinenbau-Branche zugeordnet werden können. Daneben wird auch eine sektorale Perspektive eingenommen und es werden nur jene Unternehmensanmelder betrachtet, die der Maschinenbau-Branche angehören. Der Maschinenbau wird dabei als (Haupt-)Branche definiert, d.h. es werden alle Unternehmen betrachtet, die in der überwiegenden wirtschaftlichen Tätigkeit der Maschinenbau-Branche zugeordnet werden (Wirtschaftszweig 28, Herstellung von Maschinen und Anlagen). Eine ganzheitliche Betrachtung der Patentaktivitäten des deutschen Maschinenbaus schließt also sowohl die sektorale wie auch die technologische Abgrenzung des Maschinenbaus ein. Patentstatistische Analysen nutzen meist ausschließlich die technologische Perspektive, da in den Patentdaten eine Information über die Branchenzugehörigkeit der anmeldenden Unternehmen nicht enthalten ist. Durch eine Erweiterung der hier zugrunde gelegten Patente durch Unternehmensdaten können an dieser Stelle beide Perspektiven eingenommen werden und bieten somit sowohl eine technologische wie auch eine branchenspezifische Sicht auf den Maschinenbau.

In Kapitel 2 werden ausschließlich Patente zu Maschinenbau-Technologien analysiert, unabhängig davon, aus welcher Branche die Anmelder stammen. In Kapitel 3 werden die Branchen als Analysedimension hinzugenommen. In Abschnitt 3.1 werden zunächst alle Patente von Unternehmen betrachtet, die der Branche Maschinenbau zugeordnet sind. Dabei werden sowohl Maschinenbau-Technologien wie auch andere

Technologiefelder betrachtet. In Abschnitt 3.2. werden dann die Branchen der Unternehmen dargestellt, die Maschinenbau-Technologien anmelden, d.h. es wird untersucht, welche anderen Branchen Patente im Bereich von Maschinenbau-Technologien anmelden. In Abschnitt 3.3 werden schließlich die Unternehmensgrößenklassen - unabhängig von der Hauptbranche der Anmelder - der Anmelder aller Maschinenbau-Technologien untersucht.

4 Die Entwicklung der Patente im Bereich Maschinenbau-Technologien

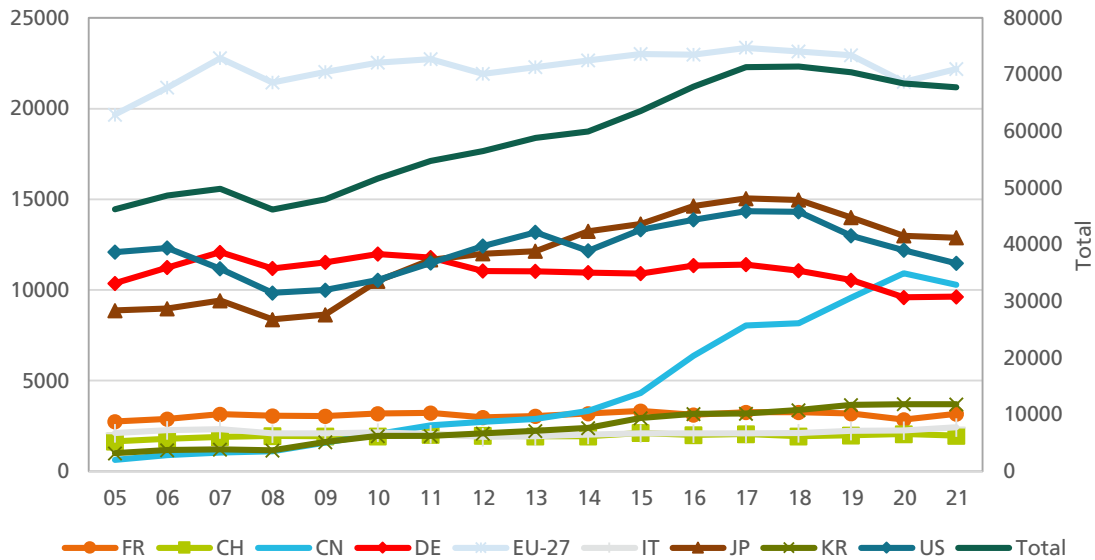
Wie bereits ausgeführt, wird in diesem Bericht unterschieden zwischen Patentanmeldungen im Technologiefeld Maschinenbau und Patentanmeldungen der Branche Maschinenbau. In diesem Kapitel richtet sich der Blick ausschließlich auf Maschinenbau-Technologien¹, ungeachtet der Branche, der die Unternehmen angehören, welche diese Patente anmelden.

4.1 Deutschland im internationalen Vergleich

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der transnationalen Patentanmeldungen im Maschinenbau in ausgewählten Ländern im Zeitraum 2005-2021. Transnationale Patentanmeldungen sind dabei definiert als Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung am Europäischen Patentamt (EPA) oder über das PCT-Verfahren (Patent Cooperation Treaty) bei der World Intellectual Property Organization (WIPO). Diesen Patenten kann im Durchschnitt ein höherer technologischer oder ökonomischer Wert unterstellt werden als dies bei rein nationalen Anmeldungen der Fall ist (Frietsch und Schmoch 2010). Die Skala auf der rechten Seite von Abbildung 1 bezieht sich auf die weltweiten Patentanmeldungen im Bereich Maschinenbau. Die zugehörige Linie ist in dunkelgrün dargestellt. Seit Mitte der 2000er Jahre bis ca. zum Ende der Finanzkrise lagen die jährlichen Patentanmeldungen stabil bei ca. 50.000. Seit dem Ende des Jahrzehnts begannen die Patentanmeldungen kontinuierlich zu steigen bis zum Jahr 2017. Seitdem zeigt sich ein leicht abfallender Trend. Betrachtet man die Entwicklung der einzelnen Länder, deren Skala auf der linken Seite abgetragen ist, dann sind in erster Linie Unternehmen aus Japan, Südkorea und ab der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrzehnts insbesondere aus China für den Aufwärtstrend verantwortlich. Deutschland zeigt über den gesamten Beobachtungszeitraum einen recht stabilen Trend von gut 11.000 Patentanmeldungen jährlich, der erst in der jüngeren Vergangenheit ab dem Jahr 2018 nach unten zeigt und zuletzt ein Niveau von knapp 10.000 Patenten pro Jahr erreicht hatte. Die steile Entwicklung Chinas hat dazu geführt, dass Unternehmen aus der Volksrepublik China im Jahr 2020 erstmals mehr Patente im Bereich von Maschinenbau-Technologien auf der transnationalen Ebene angemeldet haben als Unternehmen aus Deutschland.

¹ Eine Liste der dem Maschinenbau zugeordneten Technologien sowie ihrer Abgrenzung auf Basis der internationalen Patentklassifikation (IPC) findet sich im Anhang.

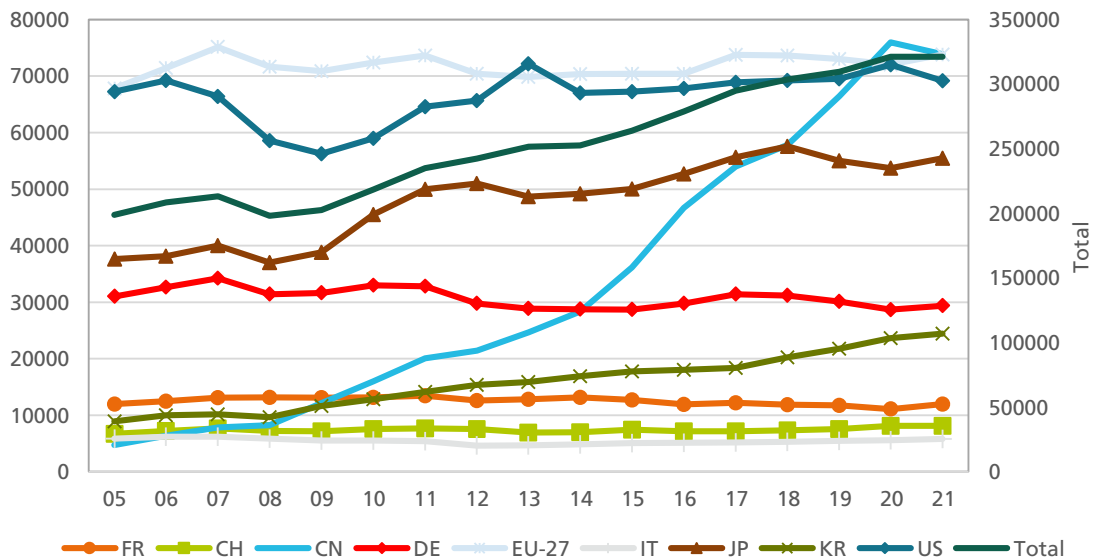
Abbildung 1: Transnationale* Patentanmeldungen bei Maschinenbau-Technologien in ausgewählten Ländern, 2005-2021



* Transnationale Patentanmeldungen sind Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung am EPA oder über das PCT-Verfahren bei der WIPO (Frietsch und Schmoch 2010).

Quelle: EPA - PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Abbildung 2: Gesamte transnationale Patentanmeldungen in ausgewählten Ländern, 2005-2021



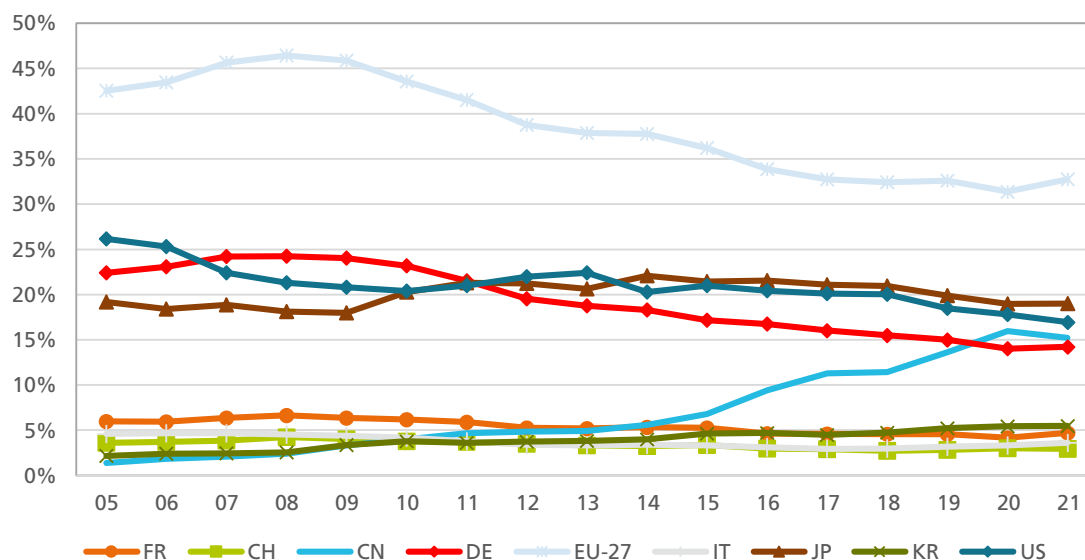
Quelle: EPA - PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Zum Vergleich sind in Abbildung 2 die gesamten Patentanmeldungen der ausgewählten Länder dargestellt. Hier ist das Wachstum der chinesischen Patentanmeldungen seit

dem Ende der 2010er Jahre noch deutlicher ausgeprägt und unterstreicht den technologischen Aufholprozess, der im Reich der Mitte stattgefunden hat. Auch in Südkorea und über weite Strecken auch Japan lässt sich ein deutlich positiver Gesamttrend erkennen. Demgegenüber haben die Patente in Frankreich im Zeitverlauf abgenommen. Die deutschen Werte bleiben über die Zeit auf einem ähnlichen Niveau und schwanken zuletzt weniger stark um ca. 30.000 Anmeldungen pro Jahr.

Betrachtet man die Anteile an den weltweiten Maschinenbau-Patenten der hier analysierten Länder (Abbildung 3), dann zeigen sich mit Ausnahme von China und Südkorea negative oder nahezu stabile Trends. Der Anteil der EU-27 Mitgliedsländer ist von seinem Höchstwert im Jahr 2008 (46 %) auf zuletzt 33 % zurückgegangen. Auch der deutsche Anteil ging gegenläufig zum chinesischen Trend und im Wesentlichen dadurch begründet ab dem Jahr 2008 stetig zurück. Er konnte erst im Jahr 2021 bei etwa 15 % stabilisiert werden, wobei sich in der Zukunft erst zeigen muss, wie stabil sich diese Trendumkehr tatsächlich darstellt. Japan erreicht im Jahr 2021 knapp 20 % der weltweiten Maschinenbau-Technologie-Patente und die USA kommen auf 17 %, liegen damit also leicht vor Deutschland. Südkorea, Frankreich mit jeweils ca. 5 % und Italien und die Schweiz mit jeweils ca. 4 % liegen bei den weltweiten Anteilen im Maschinenbau in dieser Vergleichsgruppe am unteren Ende.

Abbildung 3: Anteile ausgewählter Länder an den weltweiten Maschinenbau-Patenten, 2005-2021

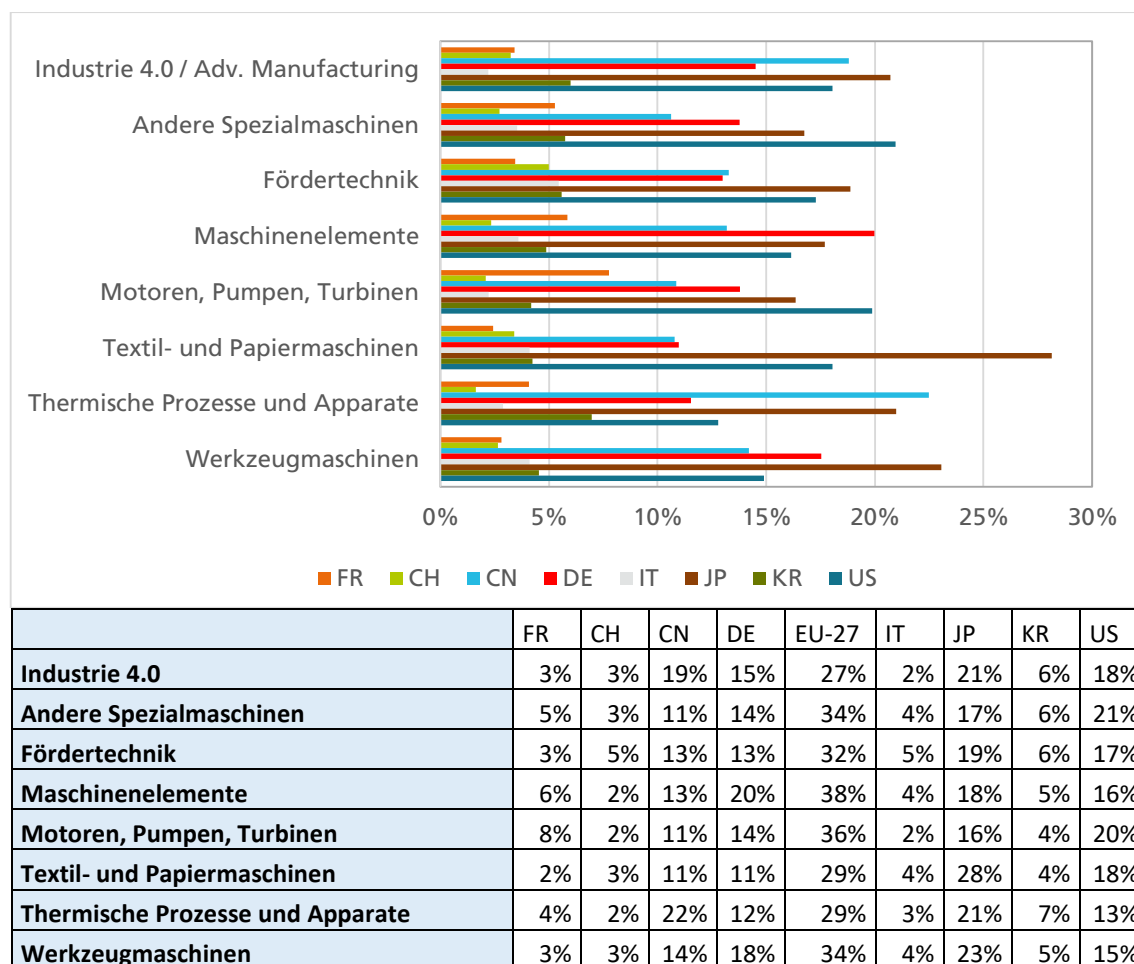


Quelle: EPA - PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Eine Differenzierung der weltweiten Maschinenbaupatente nach Teilbereichen ist in Abbildung 4 dargestellt. Demnach liegt Deutschland bei Maschinenelementen weltweit

an erster Stelle mit einem Anteil von 20 %. Bei Werkzeugmaschinen erreicht Deutschland einen Anteil von knapp 18 %, deutlich hinter Japan mit ca. 23 % und noch vor den USA, die knapp 15 % der weltweiten Patentanmeldungen im Bereich Werkzeugmaschinen verantworten. In allen anderen Technologiefeldern (Spezialmaschinen, Fördertechnik, Motoren/Pumpen/Turbinen, Textil- und Papiermaschinen, Thermische Prozess und Anlagen) liegt Deutschland jeweils an dritter oder vierter Stelle hinter Japan, China und den USA. Im Bereich Industrie 4.0 (Advanced Manufacturing and Robotics) sind die drei großen Länder nahezu gleichauf, mit leichten Vorteilen für Japan, das 21 % der weltweiten Patente der Periode 2019-2021 in diesem Bereich angemeldet hat. Auch Deutschland kann sich mit einem Anteil von 15 % hinter den drei großen Ländern behaupten.

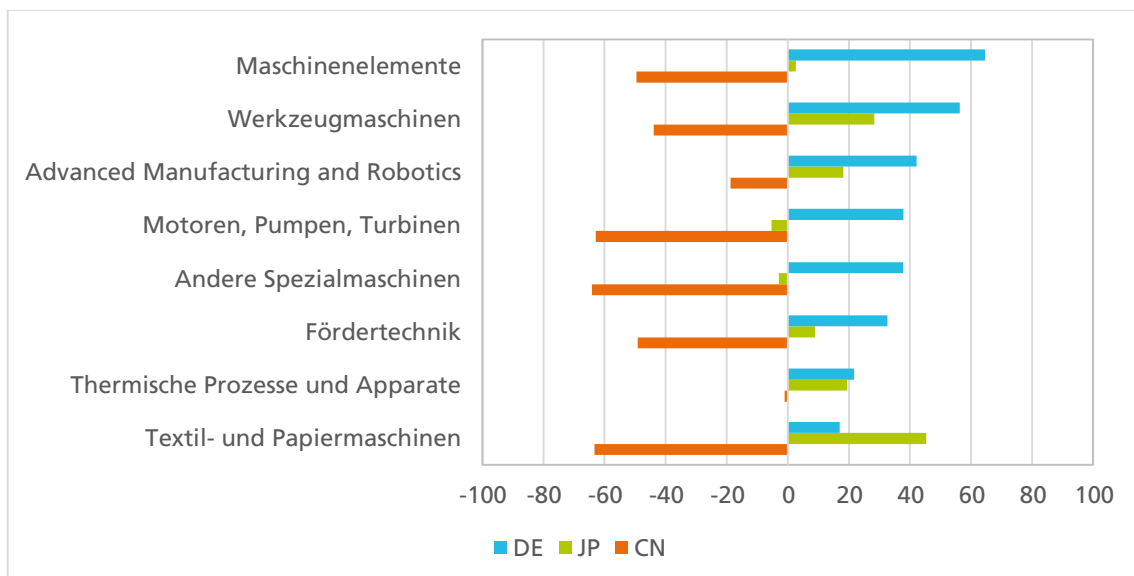
Abbildung 4: Anteilen an den weltweiten Maschinenbau-Patenten nach Teilbereichen, 2019-2021



Quelle: EPA - PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Noch deutlicher als bei den reinen Anteilen lässt sich die Bedeutung eines Technologiefeldes in einem Land mithilfe des sogenannten Spezialisierungsindex darstellen (siehe Abbildung 5). Der Index zeigt größenunabhängig das Gewicht eines Technologiefeldes im Portfolio eines Landes, indem er den jeweiligen Anteil in Relation zum weltweiten Anteil setzt. Demnach ist Deutschland auf alle hier dargestellten acht Teilbereiche von Maschinenbau-Technologien spezialisiert, d.h. sie nehmen im deutschen Patentportfolio ein vergleichsweise höheres Gewicht ein als im Vergleich zu den weltweiten Anmeldungen in diesen Technologiefeldern. Anders ausgedrückt: der Maschinenbau spielt im deutschen Technologieprofil eine hervorgehobene Rolle. Die deutlichsten Schwerpunkte im deutschen Portfolio liegen dabei bei Maschinenelementen und Werkzeugmaschinen, gefolgt von Industrie 4.0-Technologien, anderen Spezialmaschinen und der Fördertechnik. Leicht oberhalb des weltweiten Durchschnitts ist Deutschland auch auf thermische Prozesse und Apparate sowie Textil- und Papiermaschinen spezialisiert.

Abbildung 5: Spezialisierungsindex* von Deutschland, Japan und China bei Patenten im Bereich Maschinenbau-Technologien, 2019-2021



* Der Spezialisierungsindex ist ein Maß zur Bewertung der Ausrichtung eines Landes auf einzelne Technologiefelder, unabhängig von der Größe der Länder und der Felder. Er wird – vereinfacht ausgedrückt – als Anteil des Maschinenbaus in Deutschland geteilt durch den Anteil des Maschinenbaus in der Welt berechnet.

Formal errechnet er sich folgendermaßen:

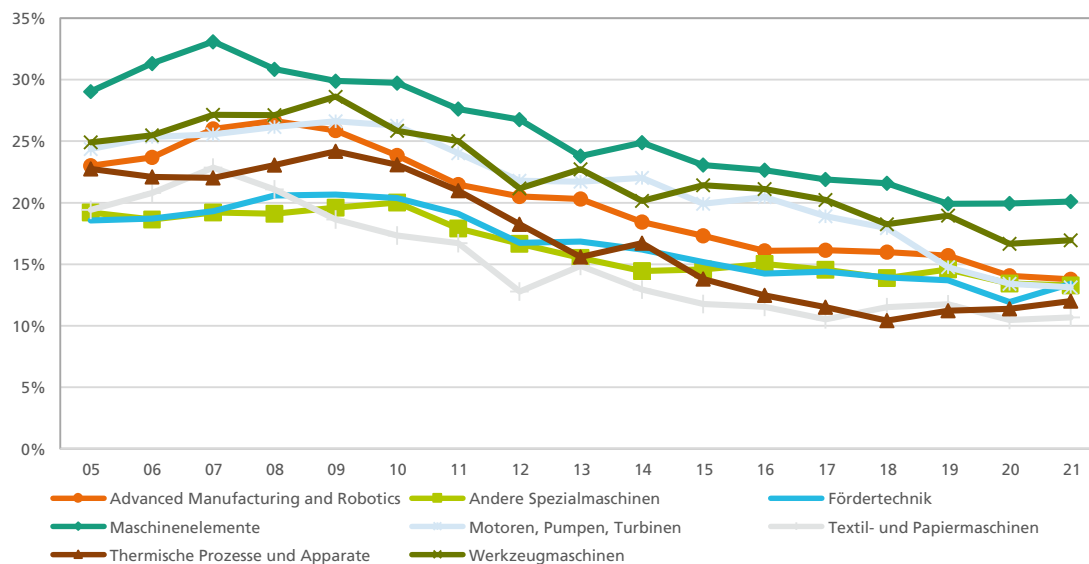
$$RPA_{ij} = 100 \tanh \ln \left[\frac{(\text{Pat}_{ij} / \sum_i \text{Pat}_{ij})}{(\sum_j \text{Pat}_{ij} / \sum_{ij} \text{Pat}_{ij})} \right]$$

Darin steht i für das Land und j für das Feld. Positive Vorzeichen bedeuten, dass ein Technologiefeld ein höheres Gewicht im Technologieportfolio eines Landes als in der Welt einnimmt. Dementsprechend stellt ein negatives Vorzeichen eine unterdurchschnittliche Spezialisierung dar.

Quelle: EPA - PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Interessant sind auch die Spezialisierungsprofile der beiden anderen hier dargestellten Länder, nämlich Japan und China. Während China in keinem der hier untersuchten Teilbereiche des Maschinenbaus positive Indices erreicht und damit keine ausgeprägte Ausrichtung auf den Maschinenbau nachweisen kann, ist Japan auf einzelne Teilbereiche spezialisiert. Bei Textil- und Papiermaschinen, Werkzeugmaschinen, thermische Prozesse und Apparate sowie bei Industrie 4.0 lassen sich nennenswerte positive Ausschläge im japanischen Patentprofil erkennen. In den übrigen Feldern ist Japan nur in etwa in dem Maße engagiert, wie dies auch der weltweite Durchschnitt erwarten ließe. Im chinesischen Technologieprofil weisen die meisten Maschinenbau-Teilbereiche deutlich in den negativen Bereich, bei thermischen Prozessen und Apparaten sowie bei Industrie 4.0 erreicht China hingegen nahezu durchschnittliche Spezialisierungswerte. Einschränkend muss an dieser Stelle betont werden, dass das chinesische Portfolio sehr deutlich von Informations- und Kommunikationstechnologien dominiert wird, die gleichzeitig eine der höchsten Patentintensitäten unter allen Technologiefeldern haben, wodurch die nur leicht negativen Ausschläge in den beiden genannten Bereichen ein durchaus relevantes Gewicht widerspiegeln.

Abbildung 6: Anteile Deutschlands an der Welt bei Maschinenbau-Patenten nach Teilbereichen, 2005-2021



Quelle: EPA - PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

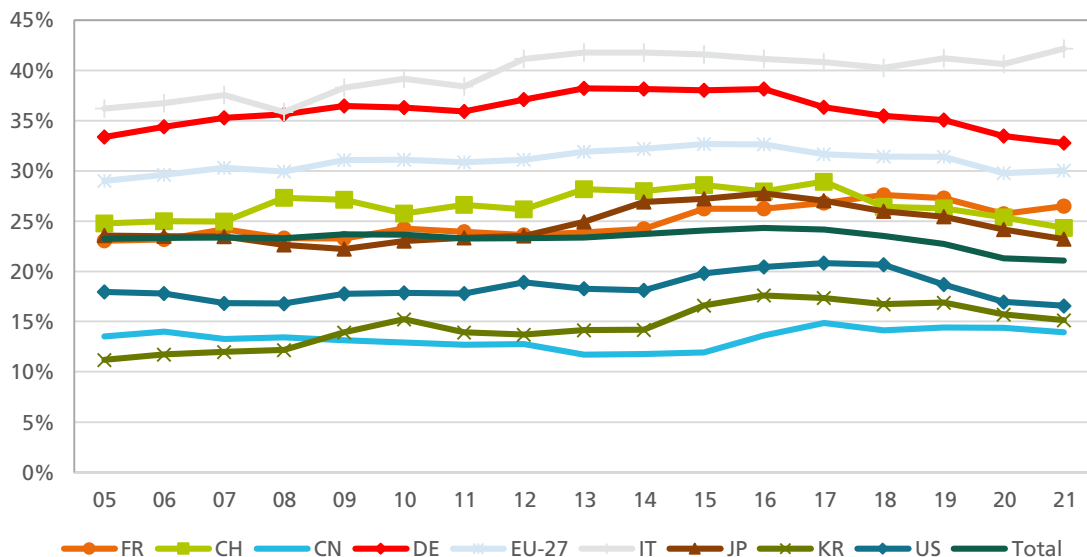
Die Entwicklung des deutschen Anteils in den einzelnen Teilbereichen des Maschinenbaus ist in Abbildung 6 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass in allen Teilbereichen die Anteile im Zeitverlauf deutlich zurückgegangen sind. Im Bereich thermische Prozesse und Apparate, aber auch bei Textil-/Papiermaschinen hat sich der deutsche Anteil an den weltweiten Patentanmeldungen seit der zweiten Hälfte der

2000er Jahre halbiert. Auch die weltweiten Anteile bei Industrie 4.0 gingen im Zeitverlauf nahezu auf die Hälfte zurück, trotz eines deutlichen Anstiegs der absoluten jährlichen Patentanmeldungen in diesem Bereich. Dies bedeutet, dass andere Länder, allen voran China und Japan, diesen Teilbereich des Maschinenbaus ebenfalls für sich entdeckt und ihre Aktivitäten stark ausgeweitet haben.

Die Bedeutung von Maschinenbau-Technologien im gesamten Technologieportfolio eines Landes lassen sich an den Anteilen, wie sie in Abbildung 7 dargestellt sind, gut ablesen. Interessant ist, dass von wenigen Ausschlägen abgesehen, die Anteile des Maschinenbaus in den jeweiligen Ländern langfristig recht stabil sind. In Frankreich und ebenso in Korea sind die Anteile gegenüber den 2000er Jahren etwas angestiegen. In Deutschland sind sie zunächst bis zur Mitte der 2010er Jahre leicht angestiegen, um dann wieder auf das Niveau der 2000er Jahre bzw. leicht darunter zu sinken.

Die Abbildung zeigt die ausgeprägte Bedeutung des Maschinenbaus in Deutschland, wo sich ca. ein Drittel aller Patente diesem Technologiebereich zuordnen lassen. Nur in Italien ist die Bedeutung mit über 40 % noch ausgeprägter. Die EU als Ganzes rangiert mit ca. 30 % an dritter Stelle in diesem Vergleich (hierin ist Deutschland ebenfalls enthalten), während der Maschinenbau in China mit 15 % und in Korea sowie den USA mit etwas mehr als 15 % eine eher untergeordnete Rolle spielt.

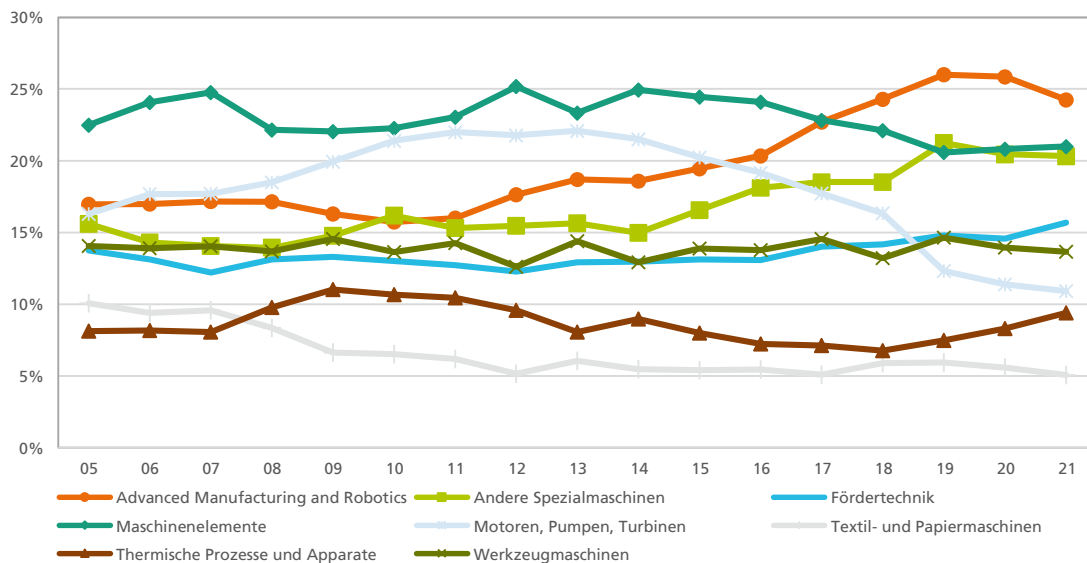
Abbildung 7: Anteile des Maschinenbaus an allen nationalen Patentanmeldungen in ausgewählten Ländern, 2005-2021



Quelle: EPA - PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Wie Abbildung 8 zeigt, haben innerhalb des deutschen Maschinenbaus Patente, die sich dem Teilbereich Industrie 4.0 zuordnen lassen, deutlich zugenommen und nehmen im Vergleich mit den anderen Technologiefeldern mittlerweile den höchsten Anteil ein. Ein Viertel aller deutschen Maschinenbau-Patente gehört zu diesem Teilbereich. Maschinenelemente und andere Spezialmaschinen rangieren mit ca. 20 % an zweiter bzw. dritter Stelle. Fördertechnik, Werkzeugmaschinen und im Zeitverlauf mit deutlich abnehmenden Anteilen Motoren, Pumpen und Turbinen erreichen jeweils Anteile von 10-15 %, während thermische Prozesse und Textil- und Papiermaschinen jeweils Anteile im einstelligen Bereich auf sich vereinen. Damit hat sich im Zeitverlauf das Technologieprofil Deutschlands im Maschinenbau deutlich verändert, was darauf schließen lässt, dass nicht nur die technologischen Entwicklungen in Richtung Digitalisierung zugenommen haben, sondern sich auch die Märkte und die Marktanteile verschoben haben und die deutschen Maschinenbau-Unternehmen sich entsprechend angepasst haben bzw. anpassen mussten.

Abbildung 8: Anteile* der einzelnen Teilbereiche an allen Maschinenbau-Patenten aus Deutschland, 2005-2021



* Die Anteile der sieben Bereiche (andere Spezialmaschinen bis Werkzeugmaschinen) addieren sich - von Rundungsfehlern abgesehen - zu 100% auf. Die Anteile von Industrie 4.0 (Advanced Manufacturing and Robotics) entstammen einer anderen Abgrenzung und liegen quer zu den sieben Bereichen, können also nicht hinzuaddiert werden.

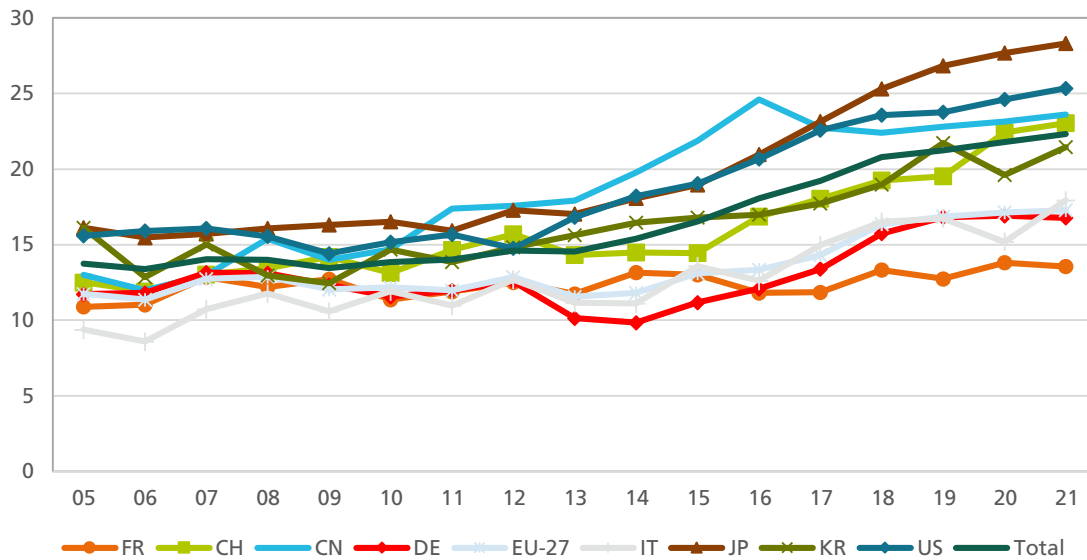
Quelle: EPA - PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

4.2 Anteile von computer-implementierten Erfindungen unter den Patentanmeldungen im Maschinenbau

Die Digitalisierung der Maschinen und Anlagen spielt eine immer wichtigere Rolle. Zwar können am Europäischen Patentamt (und am DPMA) keine expliziten Software-Patente angemeldet werden, aber computer-implementierte Erfindungen (CIE; u.a. eingebettete Software) kann sehr wohl zum Patent angemeldet werden und bildet mittlerweile einen nicht unerheblichen Teil der Erfindungen (Frietsch, Melullis, Neuhäusler 2015). In diesem Abschnitt wird über eine Algorithmen-basierte Methode der Anteil von CIE an allen Maschinenbau-Patenten ermittelt. Da sich um eine andere Form der Datenermittlung handelt sind die Patente nicht notwendigerweise deckungsgleich mit dem was im vorangegangenen Abschnitt unter Advanced Manufacturing and Robotics (Industrie 4.0) erfasst wurde, eine hohe Überschneidung ist aber gegeben. Während im vorangegangenen Abschnitt die technologische Lösung selbst im Mittelpunkt des Interesses stand (also das Was), ist das zentrale Anliegen dieses Abschnitts auf Basis der Computer-implementierten Erfindungen eher die Form der technologischen Lösung (also das Wie) von Bedeutung.

Die Anteile Computer-implementierter Erfindungen (CIE; bisweilen auch Softwarepatente genannt) steigen in nahezu allen hier betrachteten Ländern seit dem Beginn der 2010er Jahre deutlich an. Lediglich in Frankreich sind deren Anteile nur geringfügig gestiegen. Unser westliches Nachbarland liegt im Vergleich der hier betrachteten Länder mit einem Anteil von etwa 13 % an letzter Stelle. In Japan hingegen haben sich die Anteile nahezu verdoppelt und das ostasiatische Land liegt bei CIE-Anteilen an erster Stelle. In den USA, in China, in der Schweiz, und auch in Südkorea nehmen Computer-implementierte Erfindungen unter den Maschinenbau-Patenten einen deutlich höheren Anteil ein als dies in Deutschland, Italien oder der EU 27 insgesamt der Fall ist. Hier offenbaren sich deutliche Potenziale für zukünftige Entwicklungen oder dokumentiert sich die Rückständigkeit Europas gegenüber den asiatischen und nordamerikanischen Konkurrenten.

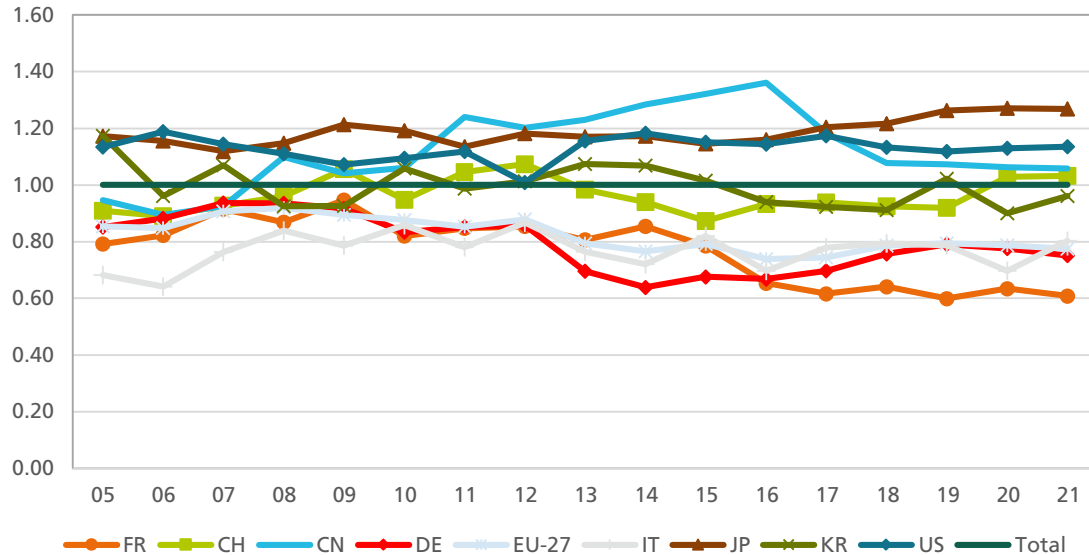
Abbildung 9: Anteile von Computer-implementierten Erfindungen (CIE) an allen Maschinenbau-Patenten ausgewählter Länder, 2005-2021



Quelle: EPA - PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Noch deutlicher lässt sich dieser Rückstand in Abbildung 10 ablesen, wo der weltweite Anteil Computer-implementierter Erfindungen den Benchmark darstellt (Durchschnittswert von 1,0). Frankreich, Italien, die EU, aber auch Deutschland sowie in der jüngeren Vergangenheit in Teilen auch Südkorea und die Schweiz liegen unterhalb des weltweiten Durchschnitts, während China, die USA und Japan darüber bzw. deutlich darüber liegen.

Abbildung 10: CIE-Index (CIE-Patente in einem Land in Relation zu den CIE-Patenten weltweit (Total)), 2005-2021



Quelle: EPA - PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

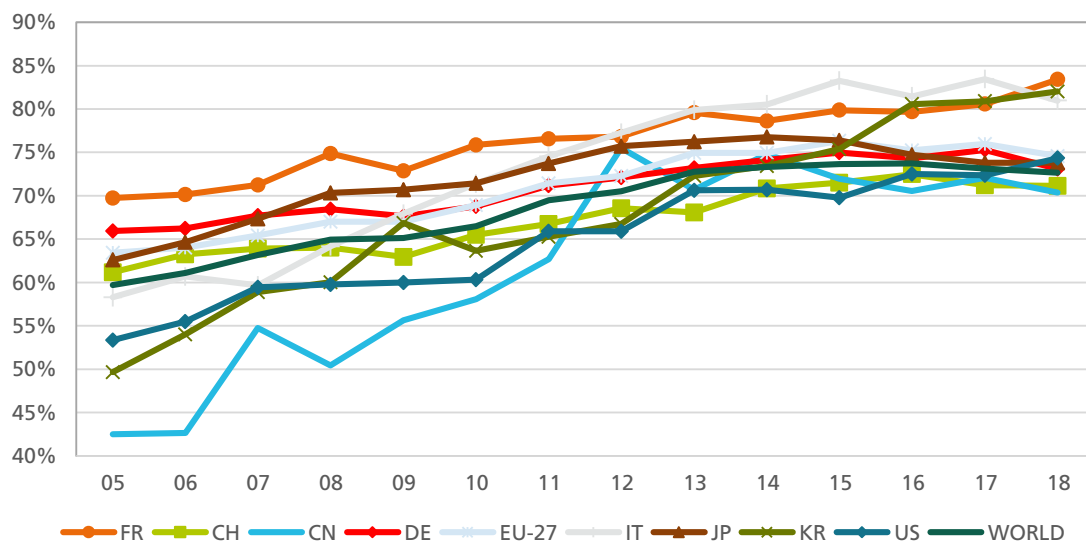
4.3 Qualität und Wettbewerbsfähigkeit der Patente im Maschinenbau

Nicht alle angemeldeten Patente werden auch tatsächlich erteilt bzw. bis zur Erteilung aufrechterhalten. In diesem Modul werden die Erteilungsquoten der Maschinenbau-Patente ermittelt und sowohl im Zeitverlauf wie auch im internationalen Vergleich dargestellt. Die Erteilungsquoten werden dabei auf alle bereits prozessierten Patente eines Jahrganges bezogen berechnet, d. h. es werden die Anteile der erteilten Patente an allen Patenten ermittelt, die bis zum Analysezeitpunkt entweder erteilt, zurückgezogen oder zurückgewiesen wurden. Da in der jüngeren Vergangenheit Patente entweder noch nicht veröffentlicht wurden (18-monatige Veröffentlichungsfrist) oder noch nicht in größeren Mengen bzw. Anteilen prozessiert wurden – der Erteilungsprozess dauert bei einigen Patenten durchaus 5 Jahre oder mehr –, enden die statistischen Analysen in diesem Fall mit dem Jahrgang 2018.

Die weltweiten Erteilungsquoten im Bereich Maschinenbau haben sich demnach in den vergangenen Jahren bei ca. 74 % stabilisiert (siehe Abbildung 11). Einige Länder, darunter Deutschland, erreichen etwas höhere Erteilungsquoten, während manche Länder auch niedrigere Erteilungsquoten erzielen. Hierzu gehören China, die USA und auch die Schweiz. Die Gründe für die niedrigen Erteilungsquoten können im Detail an dieser Stelle nicht analysiert werden, zumal es sehr unterschiedliche strategische und auch politische Einflussfaktoren gibt. So melden beispielsweise Unternehmen aus den

USA weiterhin zahlreiche Patente aus strategischen Gründen an, um sich die jeweiligen technologischen Optionen auf den weltweiten Märkten zu sichern. Einige der Patente werden dann jedoch vor der Erteilung zurückgezogen, da entweder der strategische Nutzen erreicht ist (beispielsweise die Dokumentation des Stands der Technik) oder die ökonomischen Erwartungen sich derart relativiert haben, dass sich eine Fortführung der Anmeldung nicht lohnt. Für chinesische Anmelder kommen politische Gründe hinzu, dass nämlich die chinesische Zentralregierung internationale Patentanmeldungen über das PCT-Verfahren subventioniert, indem Anmeldegebühren übernommen werden und in den planwirtschaftlichen Zielen verschiedener Unternehmen die Anzahl dieser Patente eine Rolle spielt. Die Erteilung dieser Patente bzw. eine Subventionierung der Aufrechterhaltungsgebühren ist nicht gegeben, weshalb zahlreiche dieser Patente, die für die jeweiligen Unternehmen keinen unmittelbaren ökonomischen Nutzen erwarten lassen, über die Anmeldung hinaus nicht weitergeführt werden.

Abbildung 11: Erteilungsquoten* von EPA-Patentanmeldungen im Bereich Maschinenbau-Technologien, 2005-2018**



* Die Erteilungsquoten errechnen sich als Anteil der erteilten Patente an allen prozessierten (erteilt, zurückgezogen, zurückgewiesen) Patentanmeldungen eines Prioritätsjahrganges, also dem Jahr ihrer weltweiten Erstanmeldung. Da auch nach längerer Frist nicht alle Patente abschließend bearbeitet sind, sind die Daten der prozessierten statt aller Patentanmeldungen die sinnvollere Bezugsgröße.

** Da in den jüngeren Jahrgängen die Anteile insbesondere der zurückgezogenen Patente in Relation zu den erteilten Patenten recht hoch ist, sind hier nur Werte bis zum Jahrgang 2018 ausgewiesen. Die jüngeren Jahrgänge vermitteln sonst den fälschlichen Eindruck sinkender Erteilungsquoten.

Quelle: EPA - PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Insgesamt spiegelt sich in dem im Zeitverlauf steigenden Trend der Aufrechterhaltungsquoten ein selektiveres Anmeldeverhalten vieler Unternehmen wider als dies noch in den 1990er und insbesondere den 2000er Jahren der Fall war. Während in den früheren Dekaden das strategische Patentieren eine deutlich größere Rolle gespielt hat, waren nach der Finanzkrise und angetrieben durch das deutliche Patentwachstum gerade der asiatischen Länder, viele westliche Unternehmen zu einem stärker auf Kostenreduktion und ökonomischen Erwartungen basierendem Anmeldeverhalten motiviert. Bei strategischem Patentieren werden viele Patente angemeldet, um nicht nur das Hauptmotiv, nämlich den direkten Schutz der Technologie zu erreichen, sondern auch um weitere Ziele zu erfüllen. Hierzu gehört beispielsweise ein passiver Schutz zur Aufrechterhaltung der eigenen Handlungsspielräume, d. h. der Etablierung eines Stands der Technik, der von anderen nicht länger patentiert werden kann und damit die Gefahr der Einschränkung der eigenen technischen Möglichkeiten geringer ist. Daneben wurden Patente auch als Signale beispielsweise für Finanzmärkte oder nach innen zur Mitarbeitermotivation verwendet. Der rein ökonomische bzw. technologische Nutzen wurde also ergänzt um weitere Nutzendimensionen (Blind et al. 2006). Aufgrund des Kostendrucks – Patentanmeldungen inklusive der Patentanwaltskosten können auf der internationalen Ebene leicht höhere fünf- bzw. niedrige sechsstelligen Beträge erreichen – traten strategische Ziele wieder stärker in den Hintergrund und ökonomische bzw. technologische Ziele erhielten mehr Gewicht.

Im Fall der USA sind die niedrigen Erteilungsquoten neben der erhöhten strategischen Motivation in Einzelfällen auch immer wieder durch einfache Fehler im Anmeldeprozess gerade bei kleineren bzw. unerfahrenen Anmeldern begründet. Trotz Anpassungen zu Beginn der 2010er Jahre unterscheidet sich das US-amerikanische Patentsystem weiterhin deutlich von den Systemen, wie sie in weiten Teilen im Rest der Welt angewendet werden. Softwarepatente und auch Geschäftsmodelle sind außerhalb der USA (genauer, dem US-Patent- und Markenamt USPTO) nicht patentierbar. Daneben unterscheidet sich der Patentprozess selbst auch derart, dass Erstanmeldungen aus den USA nicht in allen Fällen 1:1 übertragen werden können und beispielsweise sowohl die Zitierungen des Stands der Technik, die Akzeptanz dessen, was als patentierbar angesehen wird, oder schlichtweg die Formulierung der Patentansprüche von den Patentprüfer:innen in den anderen Ämtern nicht unmittelbar akzeptiert werden.

Frankreich und Italien sowie in der jüngeren Vergangenheit auch Südkorea erreichen Erteilungsquoten im Bereich von Maschinenbau-Technologien deutlich oberhalb der 80%-Marke, was ein auf ökonomischen und technologischen Nutzen ausgerichtetes Portfoliomanagement widerspiegelt.

Durch die unterschiedlichen Erteilungsquoten relativieren sich also die absoluten Anmeldezahlen der verschiedenen Länder ein wenig. Die niedrigen absoluten Zahlen in Frankreich und Italien erhalten ein höheres Gewicht aufgrund der hohen Erteilungsquoten, während beispielsweise die hohen Anmeldezahlen in China sich vor dem Hintergrund der niedrigeren Erteilungsquoten als etwas weniger gewichtig darstellen.

Die deutschen Erteilungsquoten der Maschinenbau-Patente liegen leicht über dem weltweiten und auch dem EU-weiten Durchschnitt. Sie hatten sich im Nachgang der Finanzkrise in Relation zu den Durchschnittswerten ein wenig reduziert und sind in der jüngeren Vergangenheit wieder leicht angestiegen. Vor dem Hintergrund leicht sinkender absoluter Patentanmeldezahlen Deutschlands im Technologiefeld Maschinenbau könnten die steigenden Erteilungsquoten ein Indiz für ein selektiveres und weiterhin weniger strategisch, sondern technologie- bzw. markt-orientiertes Anmeldeverhalten sein.

5 Die sektorale Perspektive auf den Maschinenbau - Unternehmen innerhalb und außerhalb der WZ28

Der Maschinenbau lässt sich sowohl technologisch wie auch über die überwiegende wirtschaftliche Tätigkeit von Unternehmen (Klassifikation der Wirtschaftszweige bzw. NACE) abgrenzen. In diesem Kapitel betrachten wir alle Patentanmelder (Unternehmen) aus dem Maschinenbau - dies sind die Unternehmen der WZ-Klasse 28 - und ermitteln so auch die Patentanmeldungen, die aus technologischer Perspektive nicht originär dem Maschinenbau zuzuordnen sind. Umgekehrt analysieren wir zusätzlich, aus welchen Branchen außerhalb des Maschinenbaus Maschinenbau-Patente angemeldet werden.

Die weltweite Unternehmensstatistik beruht auf dem sogenannten Schwerpunktprinzip, d. h. Unternehmen werden jenem Sektor zugeordnet, bei dem der höchste Wertschöpfungsanteil angesiedelt ist. In dieser Studie untersuchen wir den Maschinenbau-Sektor anhand der Hauptklasse, also dem jeweiligen Schwerpunkt von Unternehmen, der im Bereich Maschinenbau liegen muss, um hier berücksichtigt zu werden. Hat ein Unternehmen den höchsten Wertschöpfungsanteil beispielsweise mit 51 % im Bereich Maschinenbau und mit 49 % im Bereich der Metallherzeugung, dann wird es an dieser Stelle als Maschinenbauunternehmen berücksichtigt. Hat das Unternehmen jedoch beispielsweise umgekehrt 51 % im Bereich Metallherzeugung und 49 % im Bereich Maschinenbau, dann findet es an dieser Stelle keine Berücksichtigung. In der Realität werden Unternehmen statistisch mehreren Wirtschaftszweigen zugeordnet, da sie meist ein breites Tätigkeitsprofil aufweisen, das quer zu den statistischen Kategorien liegt. Der Schwerpunkt lässt sich aber meist recht eindeutig identifizieren und nicht wie in dem Beispiel hier mit nur wenigen Prozentunterschieden.

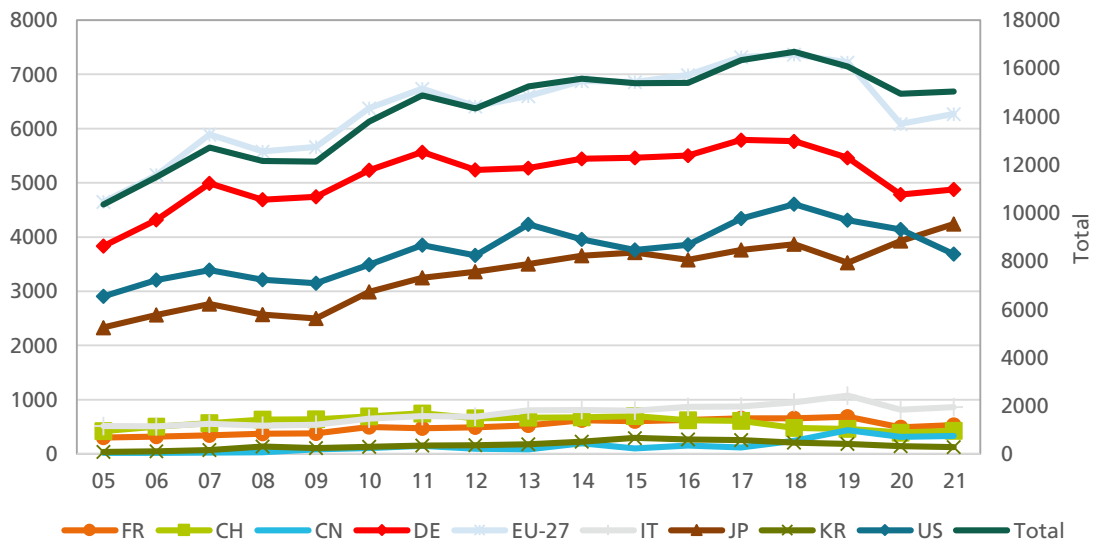
5.1 Die Patentanmeldungen des Maschinenbau-Sektors (WZ-28)

Abbildung 12 zeigt die absolute Anzahl von Patentanmeldungen im Zeitraum 2005-2021 der Unternehmen mit dem Schwerpunkt Maschinenbau in den ausgewählten Ländern. Weltweit melden Unternehmen, die dem Maschinenbau zugeordnet werden können, rund 15.000 Patente pro Jahr auf der transnationalen Ebene an. Darin enthalten sind nicht nur Patente zu Maschinenbau-Technologien, sondern auch Anmeldungen in anderen Bereichen (siehe unten). Die Zahlen waren bis 2018 angestiegen und sind seitdem leicht rückläufig, haben sich am aktuellen Rand jedoch scheinbar stabilisiert. Die EU-27-Länder (also inklusive Deutschland) sind mit gut 6.000 Patenten der größte Ursprung solcher Anmeldungen. Der Maschinenbau-Sektor in Deutschland hat dabei mit knapp 5.000 Patenten ein deutliches Gewicht. Auch in der Bundesrepublik waren die Patentanmeldungen des Maschinenbau-Sektors im Zeitverlauf angestiegen, wenngleich

mit etwas geringerer Dynamik als weltweit, und am aktuellen Rand leicht rückläufig. Unternehmen aus den USA und aus Japan zeichnen jeweils für ca. 4000 Patentanmeldungen pro Jahr verantwortlich. Demgegenüber liegen die Anmeldungen der anderen hier betrachteten Länder deutlich darunter im 3-stelligen Bereich.

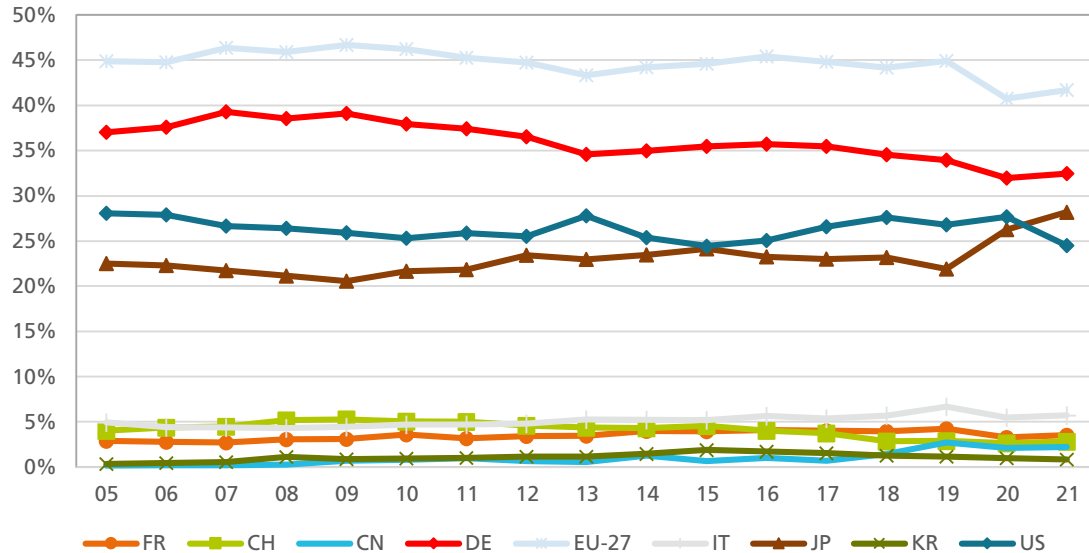
Im Unterschied zur Technologie-Perspektive (siehe Kapitel 2) liegt Deutschland bei Patenten des Maschinenbau-Sektors deutlich an der Spitze, während es bei den Patentanmeldungen der Maschinenbau-Technologien hinter Japan, den USA und zuletzt auch China zurückliegt. Dies unterstreicht die starke Stellung des Maschinen- und Anlagenbaus in Deutschland. Dies lässt sich unter anderem damit erklären, dass deutsche Maschinenbau-Unternehmen im Vergleich zu den amerikanischen oder japanischen Maschinenbau-Unternehmen deutlich stärker auf Maschinenbau-Technologien ausgerichtet sind. Anders formuliert, in anderen Ländern werden die Maschinenbau-Technologien weniger von Unternehmen des Maschinebau-Sektors als vielmehr von Unternehmen aus anderen Sektoren angemeldet.

Abbildung 12: Anzahl der Patente (alle Technologien) von Unternehmen aus der Hauptbranche Maschinenbau (WZ28), 2005-2021



Quelle: EPA - PATSTAT; Moody's - Orbis; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Abbildung 13: Anteile des Maschinenbau-Sektors (WZ28) eines Landes an den weltweiten Anmeldungen des Sektors, 2005-2021

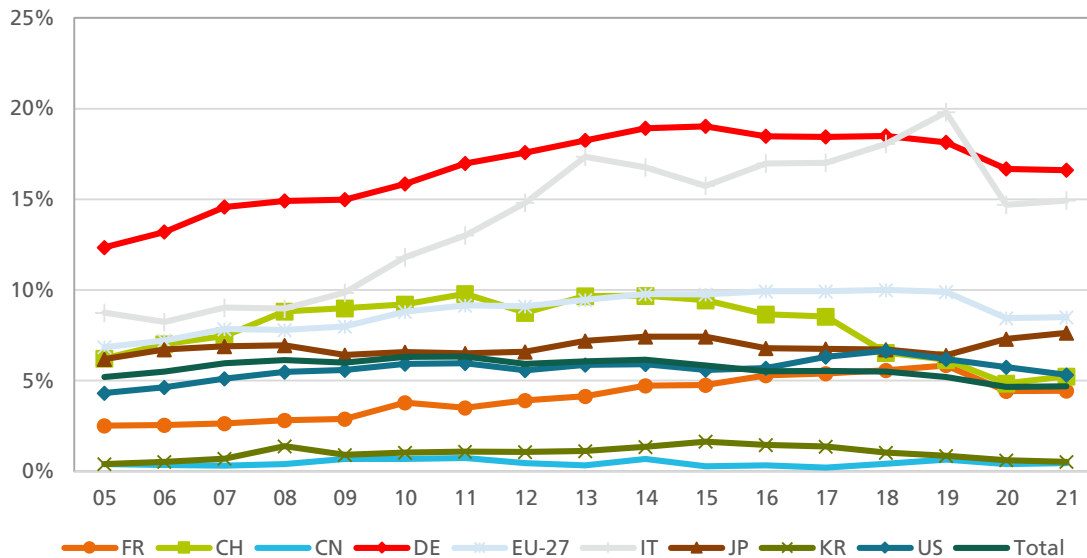


Quelle: EPA - PATSTAT; Moody's - Orbis; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Analysiert man die Patentanmeldungen aller Maschinenbau-Unternehmen weltweit (siehe Abbildung 13), dann stellt man fest, dass der deutsche Maschinenbau-Sektor für knapp ein Drittel der Patentanmeldungen dieses Sektors weltweit verantwortlich ist. In Hochzeiten in der zweiten Hälfte der 2000er Jahre waren dies sogar 39 %. Unternehmen aus den USA und Japan stehen jeweils für ca. ein Viertel der weltweiten Anmeldungen dieses Sektors. Die Anteile der übrigen Länder liegen jeweils deutlich unter 5 %, mit Ausnahme Italien, das 6 % erreicht.

Die Anteile des Maschinenbau-Sektors an allen nationalen Patenten sind in Abbildung 14 dargestellt. Demnach spielt der Maschinenbausektor im Vergleich der hier betrachteten Länder in Deutschland die stärkste Rolle mit zuletzt ca. 17 % aller Patentanmeldungen aus Deutschland. Lediglich in Italien, wo die Anteile an den nationalen Patentanmeldungen im Zeitverlauf deutlich zugenommen haben, nimmt der Maschinenbau-Sektor eine ähnlich herausgehobene Bedeutung ein. In der Schweiz waren es noch vor wenigen Jahren ca. 10 % aller Patentanmeldungen, die aus dem Maschinenbau-Sektor stammten. Dieser Anteil ist zuletzt auf 5 % zurückgegangen. In Japan sind es 8 %, in den USA ca. 6 % und in Frankreich rund 5 % aller nationalen Patentanmeldungen, die von Unternehmen mit dem Schwerpunkt Maschinenbau angemeldet werden.

Abbildung 14: Anteile des Maschinenbau-Sektors (WZ28) an allen nationalen Patenten, 2005-2021



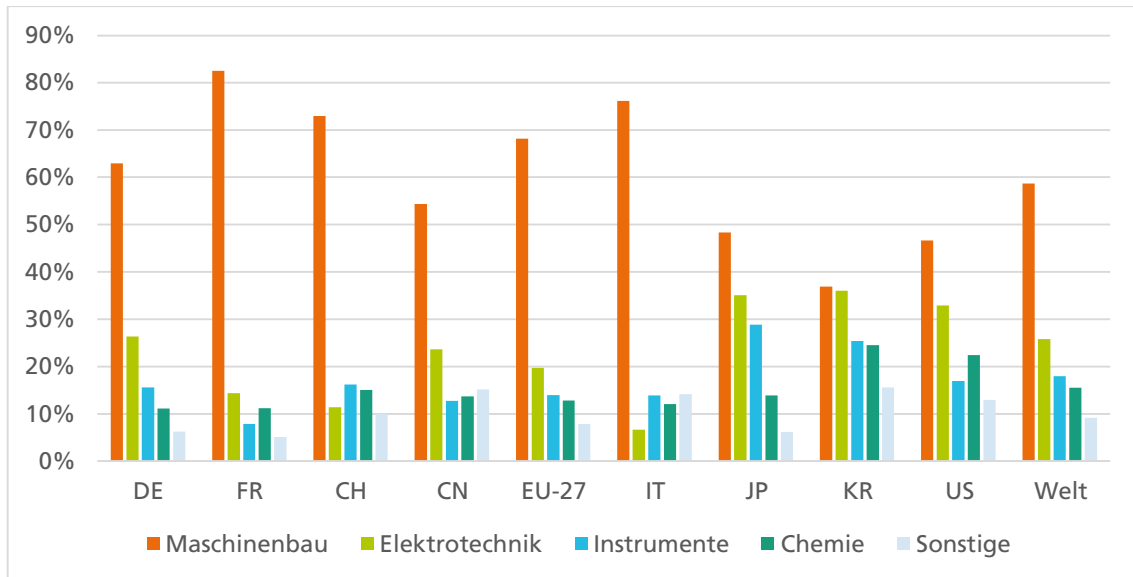
Quelle: EPA - PATSTAT; Moody's - Orbis; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Abbildung 15 zeigt die Anteile von fünf Technologiefeldern an allen Patenten des Maschinenbausektors im Zeitraum 2019-2021. In allen betrachteten Ländern nehmen - wie zu erwarten - Maschinenbau-Technologien den höchsten Anteil unter allen Patentanmeldungen des Maschinenbau-Sektors ein. Interessant ist dabei, dass in Frankreich, Schweiz, Italien und der EU-27 als Ganzes die Anteile von Maschinenbau-Technologien an allen Patenten höher sind als in Deutschland, während es in China, Japan, Südkorea, den USA und auch weltweit niedrigere Anteile sind. Dies bedeutet, dass in Asien und den USA eine stärkere technologische Diversifizierung des Maschinenbau-Sektors besteht, Deutschland im europäischen Vergleich hier aber ebenfalls eine höhere Diversifizierung vorweisen kann.

Patentanmeldungen in der Elektrotechnik stehen mit 25% an zweiter Stelle, gefolgt von Instrumenten (16%) – hierin enthalten sind Optik, Messtechnik, Analyse von biologischen Materialien, Steuer- und Regeltechnik, Medizintechnik –, Chemie (11%) und Sonstige (6%) – hierzu gehören Möbel, Spielzeug, andere Konsumgüter und Bauwesen. Die Reihenfolge der Technologiefelder ist in den meisten Vergleichsländern ähnlich. In Frankreich und den USA nimmt die Chemie allerdings höhere Anteile ein als die Elektrotechnik und in der Schweiz steht die Elektrotechnik gar an vierter Stelle hinter der Chemie und den Instrumenten. In den asiatischen Ländern (mit Ausnahme Chinas) und den USA nimmt die Elektrotechnik (inkl. Informations- und Kommunikationstechnologien) nahezu ähnlich hohe Anteile bei den Patentanmeldungen des Maschinenbau-Sektors ein wie Maschinenbau-Technologien. Dies lässt sich auf

zwei Ursachen zurückführen. Einerseits nehmen in Frankreich und auch den USA die Chemie (inkl. Pharma) in deren Industriestruktur hohe Anteile ein. Andererseits sind innerhalb des Maschinenbaus die Gewichte der einzelnen Technologien unterschiedlich verteilt und folgen in Teilen auch diesen industriestrukturellen Verteilungen.

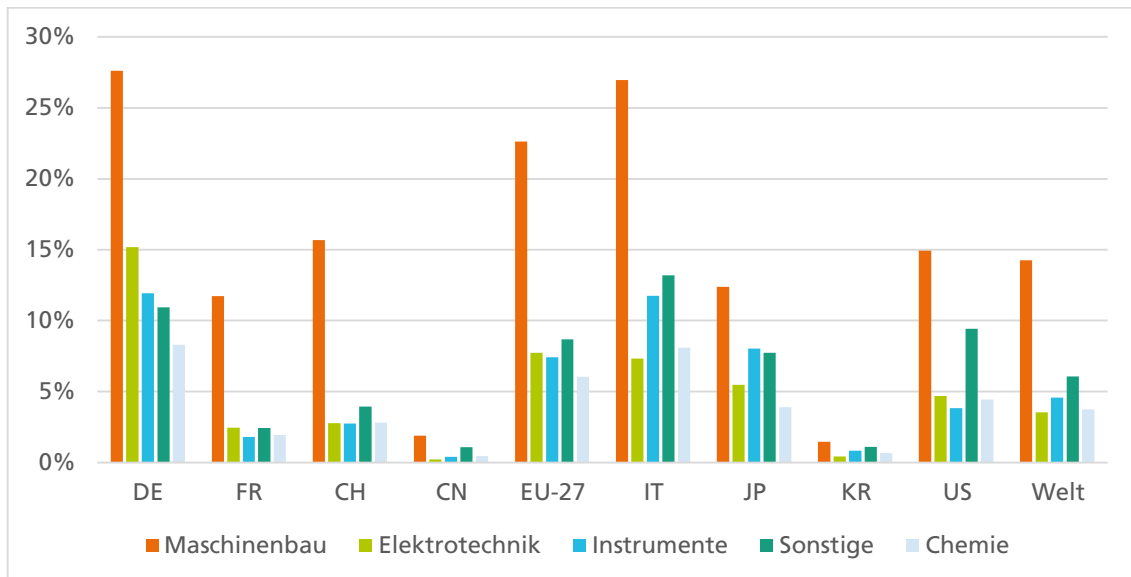
Abbildung 15: Anteile von fünf Technologiebereichen an allen Patentanmeldungen des Maschinenbau-Sektors im internationalen Vergleich, 2019-2021



Quelle: EPA - PATSTAT; Moody's - Orbis; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Abbildung 16 betrachtet die Patentanmeldungen des Maschinenbau-Sektors aus einer anderen Perspektive, nämlich nach den Anteilen an allen nationalen Anmeldungen im jeweiligen Technologiefeld. In Deutschland hat der Maschinenbau-Sektor demnach die höchsten Anteile an den Maschinenbau-Technologien, ähnlich wie auch in Italien. Vergleichsweise hohe technologische Beiträge leistet der deutsche Maschinenbau-Sektor aber auch an der Elektrotechnik. Dies kann auf eine höhere intra-sektorale Diversifizierung in diesen Ländern hindeuten. In nahezu allen anderen Ländern sind es vor allem Sonstige Technologien, bei denen der Maschinenbau-Sektor hohe Anteile an den nationalen Patentoutputs erreicht, die Anteile liegen aber in allen Technologiefeldern meist unter den entsprechenden Anteilen in Deutschland. Dies könnte darin begründet sein, dass der Maschinenbau-Sektor in diesen Ländern eine untergeordnete Rolle spielt - was sich in den insgesamt niedrigeren Anteilswerten in den einzelnen Technologiefeldern ablesen lässt - und Maschinenbau-Technologien als "Nebenprodukte" in anderen Sektoren entstehen.

Abbildung 16: Anteile des Maschinenbau-Sektors an den Patentanmeldungen in fünf Technologiebereichen im internationalen Vergleich, 2019-2021

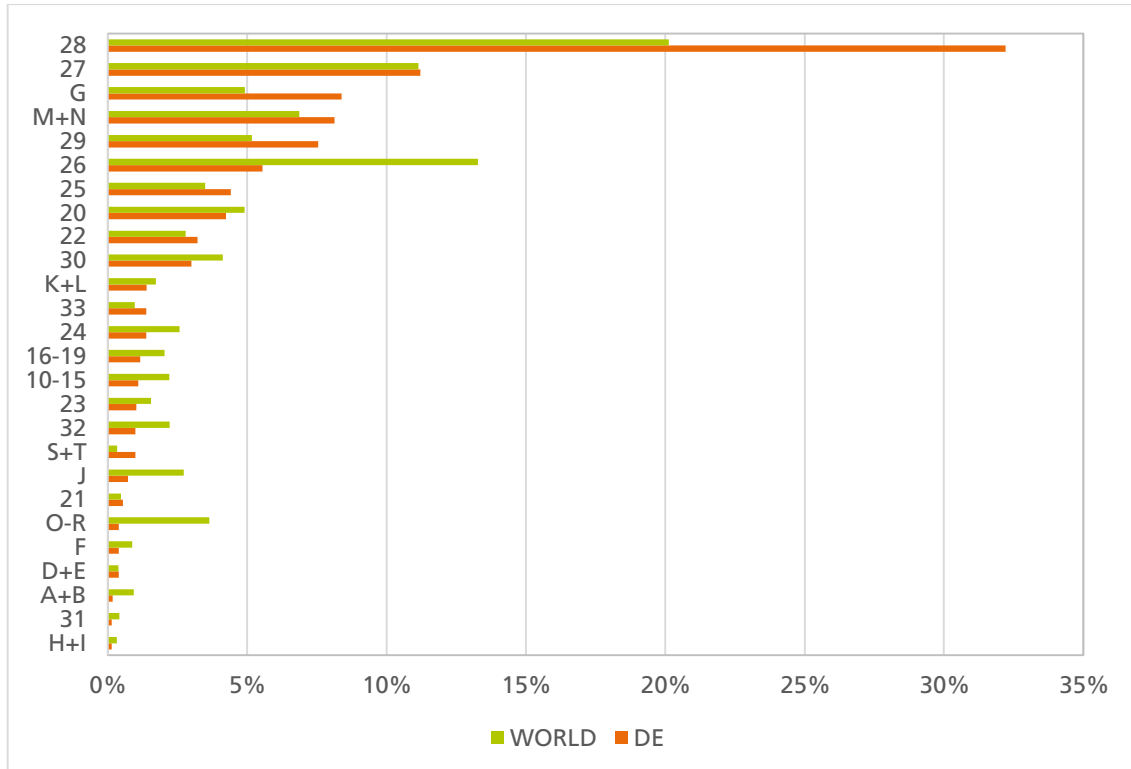


Quelle: EPA - PATSTAT; Moody's - Orbis; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

5.2 Die Anmelder von Patenten im Bereich von Maschinenbau-Technologien

In diesem Abschnitt untersuchen wir die Wirtschaftszweig-Zuordnung der Patentanmeldungen im Bereich Maschinenbau-Technologien, d. h. wir verändern erneut unsere Perspektive zurück auf die technologische Ebene und versuchen die Frage zu beantworten, welchem Sektor die Unternehmen zuzuordnen sind, die technologisch im Bereich Maschinenbau aktiv sind. Hierbei werden zunächst die 2-stelligen Sektor-Klassifikationen innerhalb des verarbeitenden Gewerbes und weiter aggregierte Kategorien außerhalb des verarbeitenden Gewerbes betrachtet.

Abbildung 17: Anteile der Sektoren an den Patentanmeldungen im Bereich Maschinenbau-Technologien in Deutschland und weltweit, 2019-2021



Quelle: EPA - PATSTAT; Moody's - Orbis; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Wie Abbildung 17 im Vergleich von Deutschland und der Welt belegt, sind die Anteile des Maschinenbausektors (WZ 28) an allen Maschinenbau-Technologien im Zeitraum 2018-2021 mit 32 % deutlich höher als im weltweiten Durchschnitt über alle Länder, d.h. Unternehmen der Hauptbranche Maschinenbau sind in Deutschland relativ häufiger vertreten und haben gleichzeitig ein etwas homogeneres bzw. stärker auf Maschinenbau-Technologien ausgerichtete Profile, sind also weniger in anderen Technologiefeldern aktiv als dies Maschinenbau-Unternehmen in anderen Ländern tun. An zweiter Stelle, mit ähnlichen Anteilen in Deutschland und der Welt, rangiert die Elektroindustrie, die für ca. 11 % der Patente von Maschinenbau-Technologien

verantwortlich sind. An dritter Stelle stehen Unternehmen die dem Handel² zugeordnet werden können und an vierter Stelle stehen Akteure aus dem Bereich wissenschaftliche und wirtschaftliche Dienstleistungen. Hier sind die Anteile mit jeweils rund 8 % in Deutschland etwas höher als weltweit. Auch der Wirtschaftszweig Fahrzeugbau (WZ 29) steht mit 7 % in Deutschland für einen höheren Anteil als dies weltweit der Fall ist. Die Branche "Datenverarbeitung/elektronische und optische Erzeugnisse" hat hingegen in Deutschland lediglich einen Anteil von 6 %, während sie weltweit für 13 % der Patentanmeldungen aller Maschinenbau-Technologien steht. Alle anderen Branchen haben deutlich unter 5 % Anteile an den Maschinenbau-Technologie-Patenten.

5.3 Unternehmensgrößen

Patente stellen ein Ergebnis (unter mehreren möglichen) von Innovationsprozessen in Unternehmen dar. Die Innovationsbeteiligung von kleinen und mittelgroßen Unternehmen (KMU) war in Deutschland in den vergangenen Dekaden rückläufig. Die Maschinenbau-Branche in Deutschland ist durch den sogenannten Mittelstand und insbesondere durch KMU geprägt. Wenn sich nun aber gerade KMU aus Innovationsprozessen zurückziehen, dann könnte dies eine Erklärung für einen Rückgang der Patentanmeldungen in diesem Bereich sein. In diesem Modul wird daher untersucht, wie sich die Trends der Patentanmeldungen von KMU und Großunternehmen darstellen und welche technologischen Schwerpunkte jeweils identifizierbar sind.

In diesem Abschnitt des Berichts untersuchen wir die Unternehmensgrößen der Patentanmelder von Maschinenbau-Technologien und unterscheiden dabei kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU; bis 500 Beschäftigte) und Großunternehmen (mehr als 500 Beschäftigte). Daneben berücksichtigen wir auch einerseits öffentliche und andererseits sonstige Anmelder (meist Einzelpersonen oder beispielsweise Stiftungen). Abbildung 16 zeigt die Anteile der vier Gruppen an allen Maschinenbau-Technologie-Patenten im Zeitraum 2005-2021. Es zeigt sich die besondere Rolle von KMU im Bereich des Maschinenbaus in Deutschland. Deren Anteile sind in der jüngeren Vergangenheit angestiegen und erreichten im Jahr 2021 25 %. Bezogen auf alle Patentanmeldungen

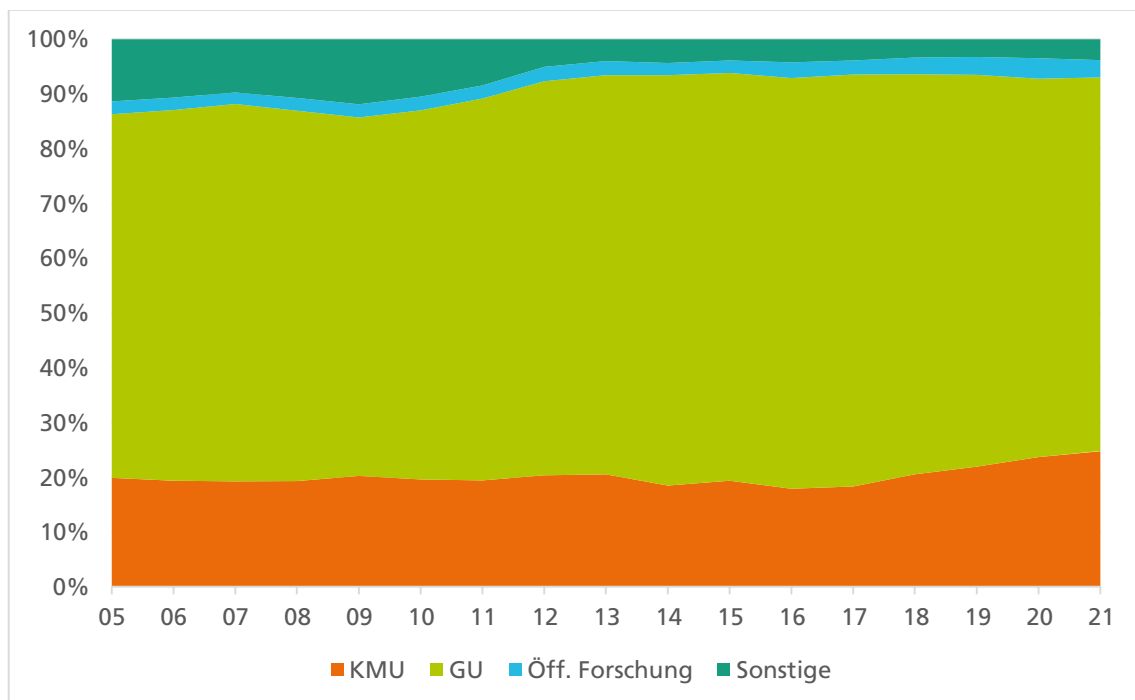
2 Wenn Unternehmen als erste Branche eine Klasse außerhalb des Verarbeitenden Gewerbes – bspw. aus dem Handel, wie Handel mit Kraftfahrzeugen, Großhandel, Einzelhandel oder Handelsvermittlung – angegeben haben, als weitere Klasse aber eine solche aus dem Verarbeitenden Gewerbe, dann ordnen wir diese Unternehmen der Klasse im Verarbeitenden Gewerbe zu. Fahrzeughersteller verkaufen ihre Fahrzeuge bisweilen selbst und lassen sich daher in den Handel (Fahrzeughandel) einordnen. Hier findet dann der größte Umsatz statt. Allerdings ist die wesentliche Tätigkeit, an der auch die Patentaktivität anknüpft, die Produktion der Fahrzeuge und erst in zweiter Linie der Handel mit den Fahrzeugen.

aus Deutschland betrug der Anteil 21 %, d. h. im Maschinenbau ist die Bedeutung von KMU deutlich größer als in anderen Branchen bzw. Technologiefeldern.

Die Anteile von Großunternehmen an allen deutschen Patentanmeldungen bei Maschinenbau-Technologien lag im Jahr 2021 bei 68 % und war damit entsprechend dem Aufwuchs bei KMU im Zeitverlauf leicht rückläufig. Wissenschaftliche Einrichtungen und andere öffentliche Organisationen sowie sonstige Akteure zeichnen jeweils für 3 bis 4 % der jährlichen Patentanmeldungen im Bereich Maschinenbau verantwortlich. Die Anteile haben sich im Zeitverlauf nur unwesentlich verändert. Für die öffentliche Forschung sind sie tendenziell leicht angestiegen von 3 auf 4 %.

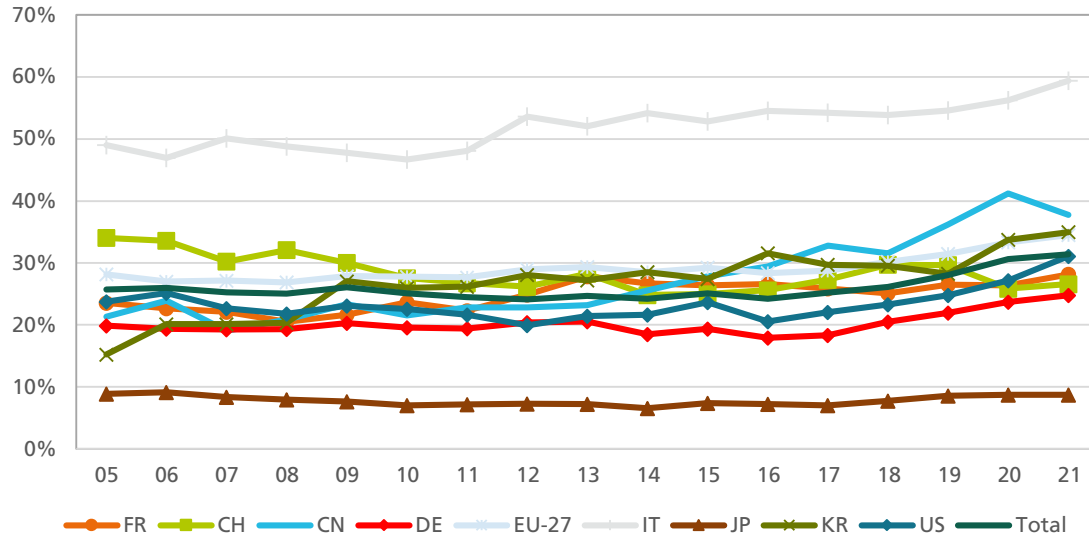
Der internationale Vergleich der KMU-Anteile bei Maschinenbau-Technologien ist in Abbildung 17 grafisch dargestellt. Die deutlich höchsten KMU-Anteile hat demnach Italien mit einem Wert von 59 % im Jahr 2021. Auch in China ist der Anteil angestiegen und erreichte zuletzt ein Niveau von 41 %. Der über alle Länder errechnete Durchschnitt liegt bei 31%. Damit liegt der Anteil von KMU in Deutschland unterhalb dieser Marke, ebenso wie in Frankreich und der Schweiz, die jedoch leicht höhere KMU-Anteile als Deutschland aufweisen. Lediglich in Japan liegt der KMU-Anteil deutlich niedriger als in Deutschland.

Abbildung 18: Anteile der Patentanmeldungen im Bereich Maschinenbau-Technologien in Deutschland nach Art der Anmelder, 2005-2021



Quelle: EPA - PATSTAT; Moody's - Orbis; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

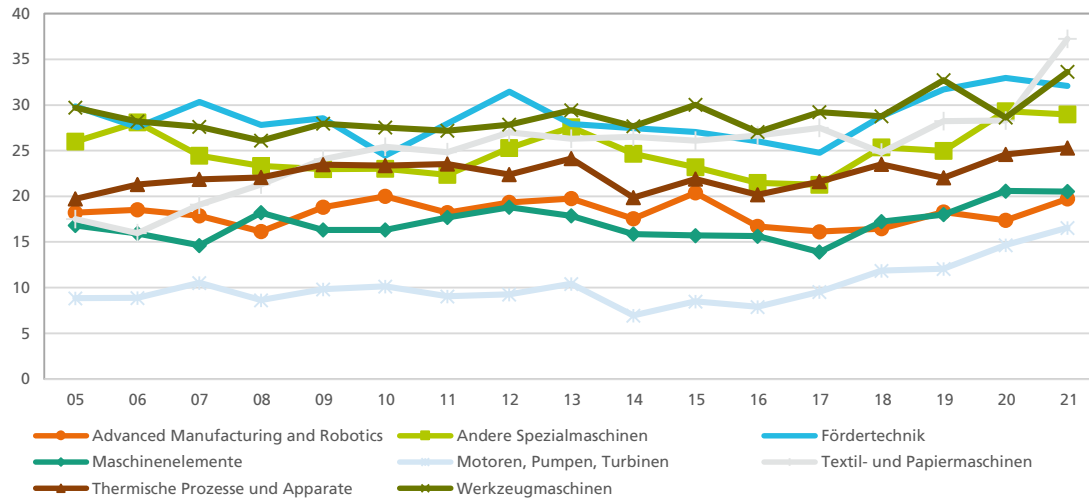
Abbildung 19: Anteile von KMU an den Patentanmeldungen im Bereich von Maschinenbau-Technologien in ausgewählten Ländern, 2005-2021



Quelle: EPA - PATSTAT; Moody's - Orbis; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Die Anteile von KMU innerhalb der Teil-Technologien des Maschinenbaus unterscheiden sich bisweilen deutlich (siehe Abbildung 18). In Deutschland liegt der KMU-Anteil trotz Anstiegs in den Jahren seit 2016 bei "Motoren, Pumpen und Turbinen" mit 17 % am niedrigsten. Knapp dahinter reihen sich Advanced Manufacturing and Robotics (Industrie 4.0) sowie Maschinenelemente ein, die jeweils auf 21 % KMU-Anteile kommen. Auch der KMU-Anteil bei allen Patentanmeldern aus Deutschland liegt auf diesem Niveau (21%), während der Anteil im Maschinenbau insgesamt bei 25% liegt. Im mittleren Bereich der KMU-Anteile innerhalb des deutschen Maschinenbaus finden sich andere Spezialmaschinen und thermische Prozesse und Apparate. Mit KMU-Anteilen von über 30 % führen die Fördertechnik, die Werkzeugmaschinen und die Papier- und Textilmaschinen diesbezüglich die Technologiefelder an. In allen Feldern sind die KMU-Anteile in den Jahren nach 2016 bzw. 2018 angestiegen, waren jedoch im gesamten Beobachtungszeitraum einigen kurzfristigen Schwankungen ausgesetzt.

Abbildung 20: Anteile von KMU an den Patentanmeldungen im Bereich von Maschinenbau-Technologien in Deutschland nach Teilbereichen, 2005-2021



Quelle: EPA - PATSTAT; Moody's - Orbis; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Seit Jahren kann in Deutschland in der Innovationsstatistik (Rammer, Schubert 2018) ein rückläufiger Trend der Innovationsbeteiligung von KMU quer über alle Branchen beobachtet werden, der erst in der jüngeren Vergangenheit gestoppt bzw. leicht umgekehrt werden konnte. Die steigenden Patentzahlen bzw. Anteile bei Maschinenbau-Technologien spiegeln diesen Trend nicht wider. Allerdings sind die Anteile bei den einzelnen Technologien über die Jahre etwas unstet, was auch daran liegen könnte, dass KMU in der Mehrheit dazu neigen, ihre FuE-Aktivitäten nicht kontinuierlich oder nicht in kontinuierlich hoher Intensität durchzuführen (Frietsch et al. 2019). Dies scheint in den einzelnen Technologiebereichen des Maschinenbaus durchaus Effekte zu haben. Auch lässt sich daraus ableiten, dass zwar immer weniger KMU FuE durchführen. Diejenigen, die jedoch weiterhin aktiv sind, scheinen dies dafür umso intensiver zu tun, was zumindest der leicht steigende Patentoutput suggeriert.

6 Zitierte Literatur

- Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Melullis, K.-J.; Rothengatter, O.; Conchi, S. (2015): The economic impacts of computer-implemented inventions at the European Patent Office. 4IP Council, Fraunhofer ISI.
- Frietsch, R.; Rammer, C.; Astor, M.; Berger, M.; Daimer, S.; Hud, M.; Klaus, C.; Lerch, C.; Limbers, J.; Neuhäusler, P.: Studie "Schrittweise Erhöhung der FuE-Quote auf bis zu 3,5% des BIP - Instrumente und Auswirkungen auf volkswirtschaftliche Kennzahlen": Abschlussbericht. Juni 2017. Aktualisierung: Januar 2019. Karlsruhe. Available at <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-531562.html>.
- Frietsch, R.; Schmoch, U. (2010): Transnational Patents and International Markets. In: *Scientometrics* 82 (1), S. 185-200.
- Rammer, Christian; Schubert, Torben (2018): Concentration on the few: mechanisms behind a falling share of innovative firms in Germany. In: *Research Policy* 47 (2), S. 379-389. DOI: 10.1016/j.respol.2017.12.002.
- Schmoch, Ulrich (2008): Concept of a Technology Classification for Country Comparisons. Final Report to the World Intellectual Property Organization (WIPO). Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Anhang

Tabelle 1: Teilbereiche des Maschinenbaus und IPC-Klassen zu deren Abgrenzung

Fördertechnik	B25J, B65B, B65C, B65D, B65G, B65H, B66B, B66C, B66D, B66F, B67B, B67C, B67D
Maschinenelemente	A62D, B21B, B21C, B21D, B21F, B21G, B21H, B21J, B21K, B21L, B23B, B23C, B23D, B23F, B23G, B23H, B23K, B23P, B23Q, B24B, B24C, B24D, B25B, B25C, B25D, B25F, B25G, B25H, B26B, B26D, B26F, B27B, B27C, B27D, B27F, B27G, B27H, B27J, B27K, B27L, B27M, B27N, B30B
Motoren, Pumpen, Turbinen	F01B, F01C, F01D, F01K, F01L, F01M, F01P, F02B, F02C, F02D, F02F, F02G, F02K, F02M, F02N, F02P, F03B, F03C, F03D, F03G, F03H, F04B, F04C, F04D, F04F, F23R, F99Z, G21B, G21C, G21D, G21F, G21G, G21H, G21J, G21K
Textil- und Papiermaschinen	A41H, A43D, A46D, B31B, B31C, B31D, B31F, B41B, B41C, B41D, B41F, B41G, B41J, B41K, B41L, B41M, B41N, C14B, D01B, D01C, D01D, D01F, D01G, D01H, D02G, D02H, D02J, D03C, D03D, D03J, D04B, D04C, D04G, D04H, D05B, D05C, D06G, D06H, D06J, D06M, D06P, D06Q, D21B, D21C, D21D, D21F, D21G, D21H, D21J, D99Z
Andere Spezialmaschinen	A01B, A01C, A01D, A01F, A01G, A01J, A01K, A01L, A01M, A21B, A21C, A22B, A22C, A23N, A23P, B02B, B28B, B28C, B28D, B29B, B29C, B29D, B29K, B29L, B99Z, C03B, C08J, C12L, C13C, C13G, C13H, F41A, F41B, F41C, F41F, F41G, F41H, F41J, F42B, F42C, F42D, C13B 5/%C13B 15/%C13B 25/%C13B 45/%
Thermische Prozesse und Apparate	F22B, F22D, F22G, F23B, F23C, F23D, F23H, F23K, F23L, F23M, F23N, F23Q, F24B, F24C, F24D, F24F, F24H, F24J, F25B, F25C, F27B, F27D, F28B, F28C, F28D, F28F, F28G
Werkzeugmaschinen	F15B, F15C, F15D, F16B, F16C, F16D, F16F, F16G, F16H, F16J, F16K, F16L, F16M, F16N, F16P, F16S, F16T, F17B, F17C, F17D, G05G

Quelle: Schmoch 2008.

I M P U L S -
S T I F T U N G

Dr. Johannes Gernandt
Geschäftsführender Vorstand

Stefan Röger
Geschäftsführender Vorstand

IMPULS-Stiftung
für den Maschinenbau,
den Anlagenbau und
die Informationstechnik

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt

Telefon +49 69 6603 1848
Internet www.impuls-stiftung.de
E-Mail info@impuls-stiftung.de