



Innovationsanalyse zur Circular Economy

Focus Paper | #32

Impressum

© Bertelsmann Stiftung, Gütersloh
Februar 2026

Bertelsmann Stiftung
Carl-Bertelsmann-Straße 256
33311 Gütersloh

Marc Wolinda
Senior Project Manager
Telefon +49 5241 81-81438
marc.wolinda@bertelsmann-stiftung.de

Dr. Marcus Wortmann
Senior Expert
Telefon +49 5241 81-81549
marcus.wortmann@bertelsmann-stiftung.de

bertelsmann-stiftung.de

© InfiniteFlow - stock.adobe.com

DOI: 10.11586/2026019

Innovationsanalyse zur Circular Economy

Wo steht Deutschland im internationalen Vergleich?

Jannis Lambert (Prognos AG)

Yanik Moldt (Prognos AG)

Johanna Thierstein (Prognos AG)

Philipp Hutzenthaler (Prognos AG)

Inhalt

Abbildungen.....	5
Textboxen	6
Tabellen.....	6
1 Der Weg zur Circular Economy: Hintergründe und Zielstellung	7
2 Analyseergebnisse zum internationalen und nationalen Innovationsgeschehen.....	9
2.1 Deutschland als Top-Player der globalen Circular Economy – Innovationen mit regionalen Hotspots und global führenden Akteuren.....	11
2.2 Acht globale und acht nationale Technologie- und Innovationstrends prägen die Circular Economy und weisen inhaltliche Überschneidungen auf	24
2.3 Deep Dive Deutschland – Ein Blick in die deutsche Themen- und Akteurslandschaft zeigt große Unternehmen und zahlreiche Cluster mit Fokus auf Industriezentren und Großstädte	33
3 Ist Deutschland auf dem richtigen Weg der Transformation? – Zusammenfassung und Fazit.....	42
3.1 Die deutsche Innovationsleistung steht im internationalen Vergleich gut da, muss sich aber an die Dynamik der aufstrebenden Akteure anpassen.....	42
3.2 Skizzierte Handlungsansätze zielen auf die Stärkung der Circular- Economy-Innovationslandschaft in Deutschland.....	45
4 Literatur	48
5 Anhang.....	50
5.1 Methodik	50

Abbildungen

Abbildung 1: Die R-Strategien als Bausteine der Circular Economy.....	11
Abbildung 2: Anzahl der Patentanmeldungen nach Circular-Economy-Bereichen der acht wichtigsten Anmelde­länder, 2010–2024.....	12
Abbildung 3: Verteilung der restlichen Patente (exkl. Top 8) auf die Weltregionen, 2010–2024.....	14
Abbildung 4: Anteile der Patente aus den Jahren 2019–2024 an den gesamten Patenten 2010–2024 für die Top-8-Anmelde­länder.....	15
Abbildung 5: Indexierte Entwicklung der Patentanmeldungen der vier wichtigsten Anmelde­länder, plus Südkorea und China, 2010–2024.....	16
Abbildung 6: Messung Patentrelevanz durch Größe der Patentfamilien und Patentzitationen je Patent für die Top-8-Anmelde­länder, 2010–2024.....	18
Abbildung 7: Verteilung der Patente der Top-8-Anmelde­länder auf die Akteurskategorien, 2010–2024.....	20
Abbildung 8: Weltpatentanteil Deutschlands nach Circular-Economy-Bereichen, 2010–2024.....	21
Abbildung 9: Wichtigste Patentthemen in Deutschland nach Circular-Economy-Bereichen, 2010–2024.....	22
Abbildung 10: Top-5-Innovationshotspots des deutschen Circular-Economy-Sektors nach Patentanmeldungen, 2010–2024.....	24
Abbildung 11: Verfahren zur Identifikation und Clusterung von Technologie- und Innovationstrends auf globaler Ebene.....	27
Abbildung 12: Verfahren zur Identifikation und Clusterung von Technologie- und Innovationstrends für Deutschland.....	30
Abbildung 13: Batterietechnologien und -recycling.....	34
Abbildung 14: Biobasierte Chemie.....	35
Abbildung 15: Digitaler Produktpass und Life Cycle Assessment (LCA).....	36
Abbildung 16: Kunststoffherstellung und -recycling.....	37
Abbildung 17: Zirkuläre Geschäftsmodelle.....	38
Abbildung 18: Rückgewinnung und Recycling von seltenen Erden und Metallen.....	39
Abbildung 19: Werkstoffinnovationen.....	40

Abbildung 20: Zirkuläres Bauen.....	41
-------------------------------------	----

Textboxen

Box 1: Disclaimer zum Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI)	9
Box 2: Die R-Strategien der Circular Economy.....	10
Box 3: Die nationale und internationale Patentanalyse zur Circular Economy.....	12
Box 4: Hintergrund Patentzitationen und Patentfamilien	17
Box 5: Relevanz akademischer Akteure bei den Patentanmeldungen.....	19
Box 6: Vergleich Patentschwerpunkte anderer Länder	22
Box 7: Das Analyse-Toolset InSciT (Innovation, Science, Technology)	25
Box 8: Zukunftsscore	26

Tabellen

Tabelle 1: Top-Circular-Economy-Anmelder in Deutschland, 2010–2024	23
Tabelle 2: Übersicht Datenquellen.....	50
Tabelle 3: Beschreibung der R-Strategien	51

1 Der Weg zur Circular Economy: Hintergründe und Zielstellung

Das Konzept der Circular Economy verfolgt das Ziel, Ressourcen möglichst lange im Kreislauf zu halten und Abfälle zu vermeiden. Anstelle des linearen Modells „Produzieren – Nutzen – Entsorgen“ folgt die Circular Economy dem Prinzip „Vermeiden – Wiederverwenden – Reparieren – Recyceln“, also dem Schließen der Stoffkreisläufe. Produkte sollen langlebig, reparierbar und recyclingfähig gestaltet werden, um den Einsatz von Primärrohstoffen zu reduzieren, den Wert der eingesetzten Materialien zu erhalten und Umweltbelastungen zu minimieren. Sie erfordert nicht nur ein Umdenken bei der Produktgestaltung, sondern auch bei den Geschäftsmodellen – Sharing, Leasing oder Produkt-as-a-Service ermöglichen die effiziente und nachhaltige Nutzung von Produkten.

In den letzten Jahren hat das Konzept der Circular Economy enorm an Bedeutung gewonnen, da es ein zentraler Hebel für die internationale Wettbewerbsfähigkeit und das nachhaltige Wachstum von Volkswirtschaften ist (OECD, 2025). Die Verlängerung von Produktlebenszyklen sowie das Recycling reduzieren die Abhängigkeiten von knapper werdenden Primärrohstoffen sowie von einzelnen Bezugsstaaten. Dadurch können unternehmerische Risiken reduziert und der Ausbau von innovativen Geschäftsmodellen gefördert werden.

Treiber der Circular Economy war und ist vor allem die europäische Gesetzgebung, die verstärkt strategische Initiativen aufgesetzt hat (Europäische Kommission, o. D. a). Auf EU-Ebene zielen der Circular Economy Action Plan (CEAP) und der aktuell im Entstehen begriffene Circular Economy Act (CEA) als Bestandteile des Green Deals auf die Transformation der europäischen Wirtschaft hin zu mehr Ressourcenschutz, Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit. Der auf dem CEAP aufbauende CEA soll bis Ende 2026 verabschiedet werden und die Circular Economy als umfassende Verordnung in der EU rechtlich verankern. Bestehende Initiativen wie die Waste Framework Directive (WFD), die Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) oder die Packaging and Packaging Waste Regulation (PPWR) sollen in einem zentralen Rahmenwerk zusammengefasst werden, um den Verkehr von kreislauffähigen Produkten, Sekundärrohstoffen und Abfällen zu erleichtern und die Nachfrage nach hochwertigen Recyclingmaterialien in der EU zu steigern (Europäische Kommission, o. D. b).

Auf deutscher Ebene steckt die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) den Rahmen für die Fortentwicklung der deutschen Wirtschaft sowie der traditionell starken Abfall- und Kreislaufwirtschaft hin zu einer Circular Economy¹ ab. Zu den Zielen gehören die Reduktion des Primärrohstoffverbrauchs und die Stärkung von Sekundärrohstoffen, die Schließung von Materialkreisläufen und die Vermeidung von Abfällen sowie die Gewährleistung der Versorgungssicherheit mit Rohstoffen. Die NKWS soll die Innovationskraft, Wettbewerbsfähigkeit und damit letztendlich auch die Resilienz des Industriestandortes Deutschland stärken (BMUKN, 2024).

¹ Begriffsabgrenzung Kreislaufwirtschaft und Circular Economy: Der in Deutschland geprägte Begriff der Kreislaufwirtschaft bezeichnet traditionell die Prozesse der Sammlung, Verwertung und des Recyclings von Abfällen und setzt am Ende des Produktlebenszyklus an. Die Circular Economy ist ein ganzheitlicherer Ansatz, der neben der End-of-Life- auch die Design- und Nutzungsphase betrachtet und das Ziel verfolgt, möglichst keine Abfälle entstehen zu lassen. Die NKWS versteht die Kreislaufwirtschaft im Sinne der Circular Economy, sodass die klassische Kreislaufwirtschaft begrifflich immer mehr in der Circular Economy aufgeht.

Die wachsende Bedeutung der Circular Economy macht ein umsetzungsorientiertes Handeln notwendig, stößt jedoch in der Praxis auf Herausforderungen wie bspw. unklare gesetzliche Rahmenbedingungen, fehlende wirtschaftliche Anreize, technologische Defizite und das unzureichende gesellschaftliche Bewusstsein. Zudem mangelt es an empirischen Daten, die die tatsächlichen Transformationsaktivitäten und deren Ergebnisse dokumentieren. Diese Aktivitäten finden sowohl bei Unternehmen als auch bei Forschungseinrichtungen statt. Dort werden zum einen wirtschaftlich relevante Prozesse, Produkte und Strategien in Form von Patenten (weiter-)entwickelt und zum anderen die Forschungsfragen der Zukunft in Form von Publikationen bearbeitet. Dieses Innovationsgeschehen ist vielschichtig und bleibt in der Breite meist unbemerkt. Die vorliegende Untersuchung soll dabei helfen, zu **verstehen, mit welchen Ideen und Themen Deutschland die Transformation vorantreibt**.

Daher geht die vorliegende Studie der Fragestellung nach:

Wie schneidet die deutsche Innovationsleistung – gemessen an Patenten und wissenschaftlichen Publikationen – im Bereich der Circular Economy im internationalen Vergleich ab und auf welchen Technologiefeldern finden die zentralen Innovationstrends statt?

Um die Innovationsaktivitäten systematisch zu bewerten, wurde eine Methodik verfolgt, die sowohl quantitative als auch qualitative Ansätze umfasst. Sie besteht zum einen aus der **Patentanalyse** mittels der Abgrenzung und Auswertung der Patentdatenbank PATSTAT. Die Patente stehen dabei für die potenzielle, technologische und umsetzungsgetriebene Innovationskraft der anmeldenden Organisationen (zumeist Unternehmen), deren Auswertung eine quantitative Analyse des Innovationsgeschehens erlaubt. Zum anderen beinhaltet die Herangehensweise die Analyse unstrukturierter Daten aus verschiedenen Datenquellen mittels eines auf künstlicher Intelligenz (KI) gestützten Verfahrens zur Clusterung und Identifikation neuer Themencluster und Trends. Mit dieser explorativen **Innovationsanalyse** lässt sich sowohl eine qualitative Auswertung von umfassenden Daten und Informationen als auch die Identifikation von potenziellen Zukunftsthemen der Circular Economy realisieren. **Die Kombination dieser beiden Methoden ermöglicht durch die Annäherung von zwei Seiten eine tiefgehende Untersuchung der Innovationslandschaft und bietet wertvolle Einblicke in die Dynamik der Circular Economy.**

Das Themenspektrum der Circular Economy fokussiert sich in dieser Untersuchung auf wirtschaftliche und technologische Innovationen, die vor allem auf Produkte, Materialien und Ressourcen ausgerichtet sind. Ein zentrales Anliegen der vorliegenden Studie ist es, die Innovationsleistungen in der Circular Economy sichtbar zu machen und relevante Themen und Schnittstellen für die zukünftige Entwicklung zu identifizieren.

Die Publikation widmet sich zunächst der ausführlichen Darstellung der Untersuchungsergebnisse, beginnend mit der Patentauswertung hin zur breiter angelegten Innovationsanalyse, jeweils von der globalen auf die nationale Ebene übergehend. Für die in der Innovationsanalyse identifizierten und priorisierten Technologie- und Innovationstrends werden Deep Dives in die deutsche Innovationslandschaft durchgeführt. Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst und Schlussfolgerungen in Form von skizzierten Handlungsempfehlungen gezogen. Eine ausführliche Beschreibung der Methodik findet sich im Anhang.

Insgesamt zielt das Vorhaben darauf ab, eine fundierte Basis für politische Entscheidungen und strategische Initiativen zu schaffen, die die Entwicklung und Implementierung von Lösungen in der Circular Economy fördern.

Box 1: Disclaimer zum Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI)

Für die vorliegende Studie wurden von der Prognos AG entwickelte KI-gestützte Verfahren verwendet. Mithilfe verschiedener Algorithmen wurden umfangreiche unstrukturierte Informationen aus unterschiedlichen Quellen (z. B. wissenschaftlichen Publikationen, Berichten, Unternehmens- und Politikdokumenten) systematisch erfasst, strukturiert und ausgewertet. Ziel dieser KI-basierten Schritte war es, Themencluster, Trends und potenzielle Zukunftsfelder der Circular Economy zu identifizieren.

Ergänzend und davon methodisch getrennt erfolgte eine Patentdatenanalyse auf Basis der Datenbank PATSTAT. Diese diente der quantitativen Einordnung technologischer Innovationsaktivitäten und wurde ohne KI-gestützte Auswertungsschritte durchgeführt.

Der kombinierte Ansatz ermöglicht es einerseits, eine sehr große Datenmenge zu berücksichtigen, und andererseits, bei Bedarf die den Themen zugrunde liegenden Quellen nachzuvollziehen. Etwaige Unschärfen einzelner Ergebnisse wurden – soweit möglich – durch die Breite der Datengrundlage sowie durch eine manuelle Plausibilisierung und Qualitätssicherung durch das Projektteam ausgeglichen. Eine ausführliche Beschreibung der Methodik findet sich im Anhang der Studie.

Abschließend ist festzuhalten: Künstliche Intelligenz wurde für die automatisierte Erhebung, Strukturierung und Voranalyse semi- und unstrukturierter Daten eingesetzt. Die Patentdatenauswertung, die inhaltliche Interpretation der Ergebnisse sowie Schlussfolgerungen und Abbildungen wurden von Menschen erstellt.

2 Analyseergebnisse zum internationalen und nationalen Innovationsgeschehen

Die Darstellung der Untersuchungsergebnisse erfolgt in Abstufungen von der Patentperspektive zum breiteren Innovationsfokus sowie von der globalen auf die nationale Ebene. Im ersten Schritt wird das globale Patentgeschehen betrachtet und die Position Deutschlands darin eingeordnet. Außerdem werden die deutschen Patentaktivitäten näher betrachtet und die wichtigsten Patentcodes, Akteure sowie deren geografische Verteilung herausgearbeitet.

Im zweiten Schritt werden die mittels der KI-Analyse identifizierten globalen und nationalen Technologie- und Innovationstrends dargestellt. Die nationalen Trends werden im Weiteren als Grundlage für die im Anschluss durchgeführten Deep Dives genutzt, in denen die Trends tiefergehend für Deutschland ausgewertet werden.

Die Ergebnisdarstellung wird durch kurze Informations- und Hinweiskästen zur angewendeten Methodik sowie zu Hintergründen ergänzt. Eine ausführliche Beschreibung der Methodik kann im Anhang nachgelesen werden.

Strukturgebend für die methodischen Herangehensweisen in dieser Untersuchung waren die R-Strategien der Circular Economy. Sie wurden sowohl für die Abgrenzung der für die Circular Economy relevanten Patentcodes in der PATSTAT-Datenbank genutzt als auch für die Suchontologie, die der KI-Analyse zugrunde gelegt wurde.

Box 2: Die R-Strategien der Circular Economy

Die R-Strategien sind zentrale Prinzipien der Circular Economy und beschreiben u. a. Maßnahmen zur Vermeidung von Ressourcenverschwendung, zur Verlängerung der Lebensdauer von Produkten und zum Recycling von Ressourcen. Folgende Prinzipien gehören dazu: (1) Refuse, (2) Rethink, (3) Reduce, (4) Reuse, (5) Repair, (6) Refurbish, (7) Remanufacture, (8) Repurpose, (9) Recycle und (10) Recover (vgl. Abbildung 1).

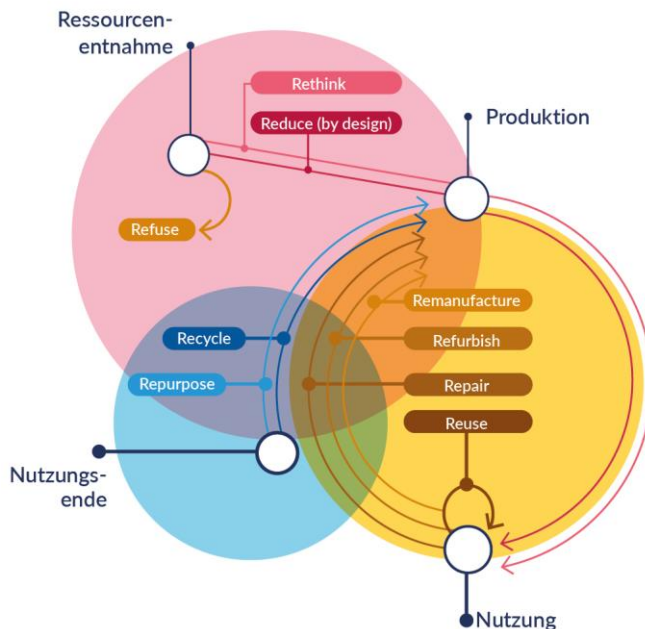
Die R-Strategien lassen sich in drei Bereiche unterteilen:

- (1–3) Effizientere Herstellung und Nutzung von Produkten
- (4–8) Verlängerung der Lebensdauer von Produkten und Einzelteilen
- (9–10) Wiederverwendung der einzelnen Materialien

Weitere Details und Angaben zur Nutzung im Rahmen dieser Untersuchung sind im Anhang zu finden.

Zur Verifizierung der Ergebnisse wurden mehrere Iterationsschleifen angewendet, die sowohl KI-gestützte Verfahren als auch die Einbindung von Prognos-Expert:innen beinhalteten. So wurde das weite Feld der Circular Economy für diese Untersuchung operationalisiert und spezifiziert, um den Schwerpunkt auf wirtschaftliche und technologische Innovationen mit Material- und Produktfokus zu legen. Dabei wurden Themen wie bspw. die Wasseraufbereitung oder die Erzeugung regenerativer Energien ausgeklammert, auch wenn sich hier Anknüpfungspunkte zu einer Circular Economy finden ließen. Grundsätzlich wurden die Abgrenzung der Circular Economy sowie die Zuordnung von Themen zu bestimmten R-Strategien oder Themenclustern so objektiv wie möglich vorgenommen. Aufgrund nicht immer trennscharfer oder doppelt zuordenbarer Attribute weist diese Zuordnung Limitationen auf, die letztendlich auf Grundlage der Erfahrung und Einschätzung von Prognos-Expert:innen finalisiert wurden.

ABBILDUNG 1: Die R-Strategien als Bausteine der Circular Economy



Quelle: Eigene Adaption, basierend auf DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2023.

| BertelsmannStiftung

2.1 Deutschland als Top-Player der globalen Circular Economy – Innovationen mit regionalen Hotspots und global führenden Akteuren

Damit der deutsche Circular-Economy-Sektor in der nationalen und globalen wirtschaftlichen Entwicklung mithalten kann, sind technologische Lösungen und innovative Ansätze eine wichtige Voraussetzung. Die Analyse betrachtet die Innovationsaktivitäten in Deutschland und im internationalen Vergleich sowie die jeweilige Fokussierung auf bestimmte Technologien. Für die Analyse der Innovationen der vergangenen Jahre im Circular-Economy-Sektor wurde eine Auswertung internationaler Patentanmeldungen² vorgenommen. Der detaillierte Datensatz des Europäischen Patentamts (EPO) ermöglicht es, technologische Innovationen auf nationaler und internationaler Ebene zu vergleichen und Trends, Stärken und Potenziale zu identifizieren.

² Patente bieten eine der aussagekräftigsten Datenbasen für Innovationsoutput. Gleichzeitig beinhaltet die Interpretation dieser Datenbasis viele Herausforderungen, da ein Patent nicht das Gleiche ist wie eine Produktinnovation und ein grundlegendes Konzept, eine inkrementelle Verbesserung oder ein völlig neuartiges Produkt beinhalten kann.

Box 3: Die nationale und internationale Patentanalyse zur Circular Economy

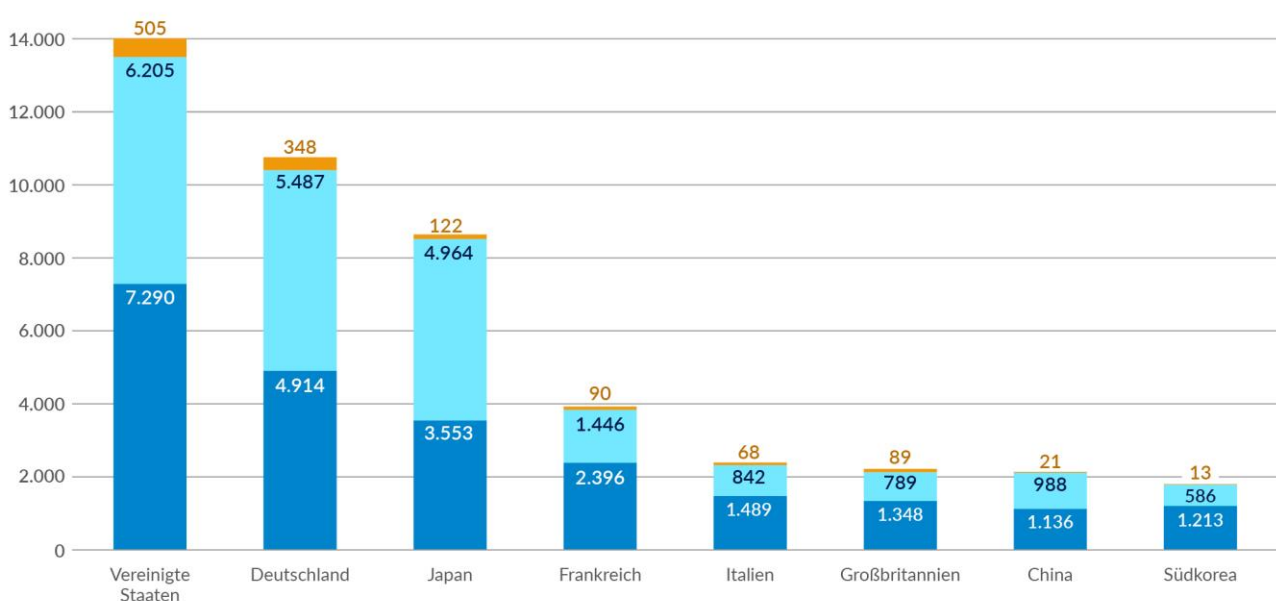
Auf Basis der globalen Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt (EPO) für die Jahre 2010 bis 2024 werden die internationalen und nationalen Innovationsentwicklungen in der Circular Economy analysiert.

Für die Analyse wurden ca. 1.700 relevante Patentcodes vollständig berücksichtigt und für über 100 relevante Länder ausgewertet. Die Daten enthalten neben Jahr und Herkunftsland auch Informationen zu Anmelder:innen, Erfinder:innen, Patentzitationen und zur Patentfamiliengröße sowie inhaltliche Kurzbeschreibungen (Abstracts). Außer jahresspezifischen Auswertungen erfolgt eine Aggregation über den Gesamtzeitraum 2010 bis 2024, da Patente durch ihre Schutzdauer eine langfristige Relevanz aufweisen.

2.1.1 Globale Dominanz der USA, Deutschlands und Japans – China und Südkorea holen im Zeitverlauf stark auf

Der deutsche Circular-Economy-Sektor gehört zu den innovativsten weltweit und steht im internationalen Vergleich bei den Patentanmeldungen von 2010 bis 2024 hinter den USA an zweiter Stelle (vgl. Abbildung 2). Von den weltweit insgesamt 62.000 Patenten der Circular Economy im Untersuchungszeitraum wurden über 10.700 Patente in Deutschland angemeldet. Das entspricht knapp 17 Prozent. Japan, das in anderen Transformationsmärkten wie der Energieerzeugung und -speicherung häufig vor Deutschland hinsichtlich der Patentanmeldungen steht, ist in der Circular Economy etwas hinter Deutschland angesiedelt. Mit einigem Abstand folgen die weiteren großen europäischen Volkswirtschaften Frankreich, Italien und Großbritannien.

ABBILDUNG 2: Anzahl der Patentanmeldungen nach Circular-Economy-Bereichen der acht wichtigsten Anmeldeländer, 2010 – 2024



CE-Bereich: ■ Wiederverwendung ■ Effizientere Herstellung und Nutzung ■ Verlängerung der Lebensdauer

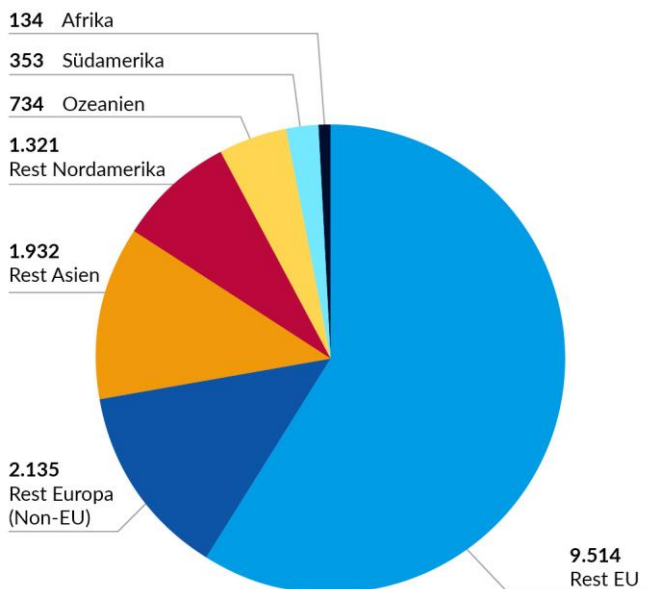
Quelle: PATSTAT. Eigene Darstellung.

Die Patente der Analyse sind in die drei Bereiche der Circular Economy aufgeteilt, die zwei, drei und fünf R-Strategien zusammenfassen. Die Verteilung der Patente auf diese drei übergeordneten Kategorien ist grundsätzlich in allen Ländern ähnlich, es lassen sich jedoch einige Spezialisierungen erkennen.

- Der Bereich *Effizientere Herstellung und Nutzung von Produkten* ist in Deutschland der wichtigste Bereich der Circular-Economy-Innovationen und macht über 50 % der Patentanmeldungen aus. Hier geht es insbesondere um Prozessoptimierungen in der Herstellung von Produkten. In Japan und Schweden ist dies ebenfalls der wichtigste Bereich und stellt über 50 % der Patente. In den übrigen europäischen Ländern der Grafik und in Südkorea liegt der Anteil nur bei rund einem Drittel.
- Die *Verlängerung der Lebensdauer von Produkten und Einzelteilen* ist u. a. wegen struktureller Probleme bei der Zuordnung von Patentcodes vergleichsweise wenig stark vertreten. In Deutschland liegt der Anteil mit über 3 % relativ hoch. Den größten Anteil, der damit etwas höher liegt als in Deutschland, hat dieser Circular-Economy-Bereich in Großbritannien und der Schweiz mit 4 % oder mehr. In den meisten anderen Ländern liegt der Anteil mit ca. 1 % oder weniger deutlich niedriger.
- Circa 46 % der deutschen Patentanmeldungen der Circular Economy gehen auf den Bereich *Wiederverwendung der einzelnen Materialien* zurück. Hier sind insbesondere die klassischen Recyclingtechnologien enthalten. In den USA ist dieser Bereich mit 52 % etwas zentraler als in Deutschland. In Südkorea und den Niederlanden machen diese Wiederverwertungstechnologien sogar über zwei Drittel der Patente aus.

Die restlichen ca. 16.000 Patente aus über 100 weiteren Ländern verteilen sich ungleichmäßig auf die Weltregionen. 9.500 oder fast 60 % der Patentanmeldungen der Circular Economy außerhalb der Top-8-Anmeldeländer gehen auf weitere EU-Länder zurück (vgl. Abbildung 3). Hierunter fallen auch Anmeldungen von großen Anmeldern wie den Niederlanden, Finnland, Schweden, Österreich, Belgien und Spanien. Das restliche Non-EU-Europa, insbesondere die Schweiz, Norwegen und Russland, macht nochmals weitere 13 % der Patente aus. Im restlichen Asien gibt es ebenfalls relevante Akteure wie Israel, Indien, Saudi-Arabien und Taiwan, die in der Summe zwischen 2010 und 2024 über 1.900 Patente gemeldet haben. Ozeanien ist mit ca. 750 Patenten im Vergleich nicht unbedeutend, ca. 85 % dieser Patente werden von Australien angemeldet. Kanada steht stellvertretend für einen Großteil der restlichen Patente aus Nordamerika (> 90 %). Südamerika ist nur mit einer geringen Anzahl von weniger als 400 Patenten seit 2010 in der Circular Economy vertreten. Hier sind Brasilien und Chile die relevantesten Länder. In Afrika wurden im Beobachtungszeitraum noch keine relevanten Patentaktivitäten beobachtet, insbesondere außerhalb von Südafrika, woher 110 der 134 Patente kommen.

ABBILDUNG 3: **Verteilung der restlichen Patente (exkl. Top 8) auf die Weltregionen, 2010 – 2024**



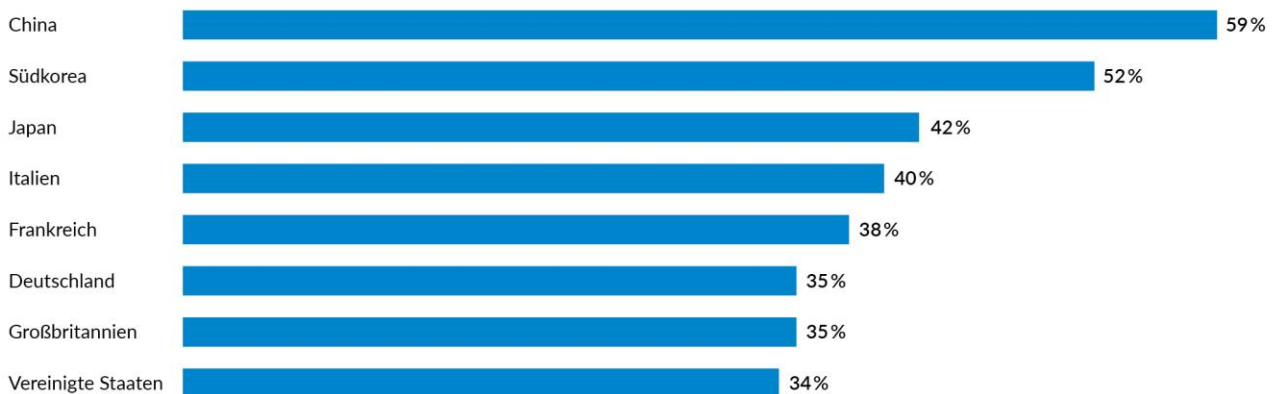
Quelle: PATSTAT.
Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

Der Blick auf den gesamten Untersuchungszeitraum seit 2010 zeigt die langfristige Lage bei den Schutzrechten in der Circular Economy. Um stärker auf die aktuellsten Entwicklungen einzugehen, wurde auch eine Betrachtung der Patentanmeldungen in dem Zeitraum von 2019 bis 2024 vorgenommen. Abbildung 4 zeigt für jedes Land den Anteil an Patenten seit 2019 an den gesamten Patenten des Untersuchungszeitraums. Je höher dieser Anteil ist, desto stärker ist die Patentaktivität des Landes in den letzten Jahren und der Trend für dieses Land, in Zukunft eine noch stärkere Rolle einzunehmen³. Am höchsten ist dieser Anteil für die Volksrepublik China mit ca. 58 %. Das heißt: Von den gesamten über 2.100 Patenten Chinas wurden 58 % oder ca. 1.250 Patente seit 2019 angemeldet. In diesem Zeitraum liegt China im Ranking daher bereits vor Italien und Großbritannien. Auch aus Südkorea wurde mehr als die Hälfte der Patente seit 2019 gemeldet, und das Land kann somit weiter zu den Top 5 aufschließen. Die USA, Deutschland und auch Großbritannien liegen mit einem Anteil von 34 bis 35 % deutlich niedriger und müssen dadurch relative Einbußen in der Positionierung gegenüber den anderen Top-Anmeldern hinnehmen. Global weist der durchschnittliche Anteil der Patente aus den Jahren 2019 bis 2024 mit 39 % auf eine stärkere Innovationsdynamik in den letzten Jahren hin als bspw. in den USA und in Deutschland.

³ Methodik-Hinweis: Aufgrund von Geheimhaltungsfristen und langwierigen Genehmigungsverfahren sind die Patentdaten für die letzten ca. drei Jahre noch nicht vollständig. Vor allem für die Jahre 2023 und 2024 zeigt die zeitliche Entwicklung der Patentanmeldungen für fast alle Länder scheinbar drastisch fallende Zahlen (siehe dazu auch Abbildung 5), die aber vor allem die Unvollständigkeit der Anmeldedaten in diesen Jahren zeigen. Daher kann bspw. für den Anteil der Patentanmeldungen der Jahre 2019 bis 2024 nicht davon ausgegangen werden, dass ein Anteil von 40 %, der auch dem zeitlichen Anteil der Jahre 2019 bis 2024 am gesamten Beobachtungszeitraum entsprechen würde, eine Stagnation ausdrückt. Stattdessen drücken Anteile von über 40 % typischerweise bereits eine deutliche Dynamik aus.

ABBILDUNG 4: Anteile der Patente aus den Jahren 2019 – 2024 an den gesamten Patenten 2010 – 2024 für die Top-8-Anmeldeländer



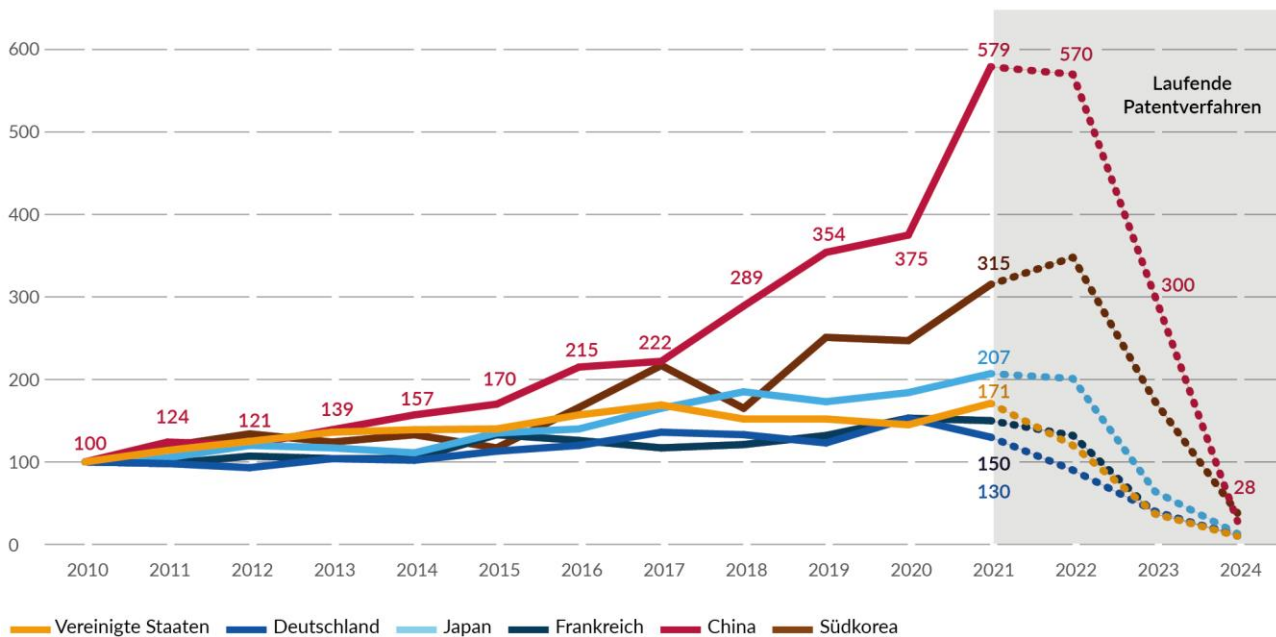
Quelle: PATSTAT. Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

China liegt, anders als bei manch anderen Auswertungen der aktuellen Innovationsleistungen, bezogen auf die Circular Economy mit einem Anteil von ca. 3 % nur auf Rang 7 des globalen Vergleichs. Zum einen führt der lange Analysezeitraum seit 2010 dazu, dass die westlichen Volkswirtschaften noch über einen Vorsprung aus der ersten Hälfte der 2010er-Jahre verfügen. Zum anderen führt das für die Patentierung erforderliche einheitliche Qualitätsniveau der EPO-Datenbank dazu, dass national geprägte Patentierungspraxen, die bspw. wie im Falle Chinas durch einen Fokus auf Quantität geprägt sind, außen vor bleiben und die Statistik dadurch nicht zugunsten Chinas verzerrt wird. Diese einheitliche Datenbasis der EPO-Datenbank ermöglicht somit einen Ländervergleich auf einem gleichen Qualitätsniveau.

Allerdings holt China im zeitlichen Verlauf rasant auf (vgl. Abbildung 5). Die Zahl der Patente in der Circular Economy stieg seit dem Jahr 2010 äußerst dynamisch und erreichte im Jahr 2021 fast 600 % des Startwertes. Hält diese Dynamik weiter an, wird es nicht lange dauern, bis China zu den drei Spitzenreitern USA, Deutschland und Japan aufgeschlossen hat. Auch Südkorea fällt mit einer sehr dynamischen Entwicklung der Patentanmeldungen in der Circular Economy auf. 2021 meldete das Land mehr als dreimal so viele Patente wie 2010 und auch das Jahr 2022, für das bisher noch nicht alle Daten vollständig vorliegen, zeigt bereits eine nochmals beschleunigte Entwicklung (ca. 350 %). Bei den drei bisherigen Innovationsspitzenreitern sind die Anmeldezahlen deutlich weniger dynamisch. Japan konnte seine Anmeldezahlen im Jahr 2021 im Vergleich zu 2010 immerhin noch fast verdoppeln (207 %). Mit einem Anmeldeniveau von 130 % im Vergleich zu 2010 verlor Deutschland im Beobachtungszeitraum im internationalen Vergleich dagegen nicht nur gegenüber China und Südkorea, sondern auch im Vergleich zu den anderen drei wichtigsten Patentanmeldern an Boden. Um seinen globalen Rang 2 in Zukunft zu verteidigen, müssen die Innovationsanstrengungen wieder intensiviert werden.

ABBILDUNG 5: Indexierte Entwicklung der Patentanmeldungen der vier wichtigsten Anmelde­länder, plus Südkorea und China, 2010 – 2024



Ab dem Jahr 2022 zeigen die Zeitverläufe deutliche Rückgänge, die auf die patentrechtbedingte Unvollständigkeit der Daten zurückzuführen sind und daher nur eine sehr eingeschränkte Aussagekraft haben. Quelle: PATSTAT. Eigene Darstellung.

BertelsmannStiftung

Andere Patentanalysen von Klimaschutz- bzw. Green-Tech-Technologien (z. B. Bertelsmann Stiftung, 2023) weisen der Volksrepublik China bereits eine deutlich dominantere Rolle zu. Dies liegt an unterschiedlichen methodischen Zugängen und Datengrundlagen der Patentanalysen sowie an einer anderen Anmelde- und Genehmigungspraxis. Bei chinesischen Patenten ist auffällig, dass der Anteil der bei internationalen Ämtern wie der EPO angemeldeten Patenten im Vergleich zu den rein national angemeldeten Patenten geringer ausfällt. Dafür gibt es verschiedene Erklärungsansätze, wie die politische Dimension von Patenten in China (CIGI, 2021). Für einen überdurchschnittlichen Anteil national in China genehmigter Patente ist der Aufwand für eine internationale Patentanmeldung, also bspw. bei der EPO, scheinbar noch nicht wirtschaftlich.

Die andere Patentierungspraxis in China weist aber auch auf die übergeordnete Herausforderung bei Patentanalysen hin, dass die Patente teils einen sehr unterschiedlichen Innovationsgehalt aufweisen. Teilweise handelt es sich um kleinteilige, inkrementelle Verbesserungen, während andere Patente für bahnbrechende Neuerungen stehen, die langfristig Produkte transformieren. Gute Indikatoren für die Relevanz eines Patents innerhalb des globalen Innovationsfeldes sind daher die Anzahl der Patentzitationen und die Größe der Patentfamilie.

Box 4: Hintergrund Patentzitationen und Patentfamilien

Patentzitationen messen, wie häufig ein Patent bei anderen, später angemeldeten Patentanmeldungen in den eingereichten und veröffentlichten Unterlagen zitiert bzw. darauf verwiesen wird. Je höher die Anzahl der Zitationen der Patente eines Landes liegt, desto wichtiger sind dessen Patentanmeldungen für weitere Innovationsleistungen. In der Analyse des Zitationsschnitts wurden nur Patente mit mindestens einem Patentzitat gewertet, da das Fehlen eines Wertes sowohl für null Patentzitationen als auch für fehlende Informationen stehen kann.

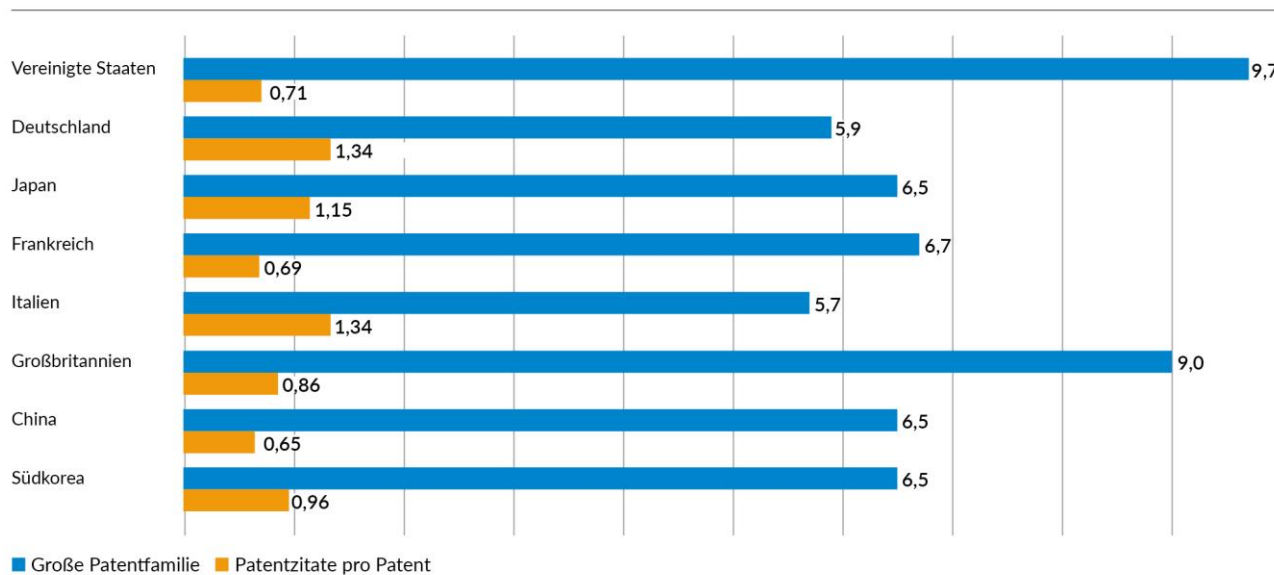
Die Größe der **Patentfamilie** drückt die Häufigkeit aus, mit der eine Innovation bei verschiedenen globalen Patentämtern gemeldet und zugelassen wurde. Dabei werden nur Patente, die exakt dieselben Innovationen enthalten, der Patentfamilie zugerechnet. Wenn also ein Patent nicht nur bei der EPO, sondern auch beim US-amerikanischen und dem indischen Patentamt gemeldet ist, ist die Patentfamiliengröße drei. Die Patentfamilie zeigt also an, wie groß die regionale Abdeckung der Gültigkeit einer Erfindung ist. Dadurch, dass jede weitere Anmeldung bei einem weiteren Patentamt einen gewissen Aufwand und erwarteten wirtschaftlichen Nutzen bedeutet, können eine große Patentfamilie und damit eine breite globale Gültigkeit eine hohe Innovationskraft und ein großes ökonomisches Potenzial anzeigen.

Deutsche Patente der Circular Economy weisen in absoluten Zahlen die höchste Zitationshäufigkeit im globalen Vergleich auf. Der Grund dafür ist, dass die deutschen Patente zwischen 2010 und 2024 mit 1,34 Zitationen pro Patent deutlich häufiger zitiert wurden als die USA und Japan als direkte Wettbewerber an der Spitze der Anmelder (vgl. Abbildung 6). Die US-amerikanischen Patente wurden mit 0,71 im Schnitt nur knapp halb so häufig in anderen Patenten bei der EPO zitiert. Italien steht im Ranking der Zitationshäufigkeit mit einem Zitationsschnitt pro Patent wie Deutschland ebenfalls etwas besser da als bei den absoluten Patentanmeldungen. Der Spitzenreiter bei der durchschnittlichen Zitationszahl ist die Schweiz mit 1,86 Zitaten pro Patent. China weist auf der anderen Seite mit nur 0,65 Zitationen pro Patent die niedrigste Zitationsrate auf. Die USA und Frankreich liegen bei dem Mittelwert pro Patent nur geringfügig höher. Das deutet darauf hin, dass deutsche Patente maßgeblich für nachfolgende Innovationsaktivitäten sind und eine höhere Strahlkraft aufweisen als bspw. chinesische Patente, die nach der Anmeldung bisher deutlich seltener bei neuen Innovationen erneut eine Rolle spielen.

Die durchschnittliche Größe der Patentfamilie je Patent zeigt dagegen ein anderes Bild. Die Größe der deutschen Patentfamilien, also die globale Abdeckung der Schutzrechte außerhalb der EPO, gehört mit 5,9 zu den geringsten unter den wichtigsten neun Patentanmeldern und der globalen Restgröße (vgl. Abbildung 6). Die USA und Großbritannien weisen mit einer durchschnittlichen Patentfamiliengröße von 9,7 bzw. 9,0 um fast 50 % höhere Werte auf. Dies dürfte neben einem hohen Innovationsgrad der Patente dieser Länder auch an der historisch breiten internationalen Ausrichtung der jeweiligen Unternehmen, der häufigen Nutzung von internationalen Patenten über das Patent Cooperation Treaty System (PCT) (die sog. „Internationale Patentanmeldung“) und an einer starken Gewinnerwartung an die Innovationen liegen. Mit der grundsätzlichen Aussagekraft von Patentfamiliengrößen und Erklärungsansätzen zu den unterschiedlichen durchschnittlichen Familiengrößen haben sich bereits einige Studien beschäftigt (z. B. Dechezleprêtre, Ménière & Mohnen, 2017; Harhoff, Scherer & Vopel, 2003; de Rassenfosse, Dernis & Boedt, 2014). Der

unterdurchschnittliche Wert für Deutschland kann darauf hindeuten, dass deutsche Patentanmelder hier wirtschaftliche Potenziale ungenutzt lassen, weil viele Patente nicht in die größtmögliche Gültigkeit besitzen. Auch für die Anmeldeländer mit dynamischer Zunahme der jährlichen Patentanmeldungen wie China, Südkorea und Japan liegt der Wert nur leicht höher. Generell zeigt der Indikator, dass globale Patentanmeldungen weiterhin einige administrative Hindernisse aufweisen und strukturelle Hürden abgebaut werden sollten.

ABBILDUNG 6: Messung Patentrelevanz durch Größe der Patentfamilien & Patentzitationen je Patent für die Top-8-Anmeldeländer, 2010 – 2024



Quelle: PATSTAT. Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

Unternehmen melden mit weitem Abstand die meisten Patente an. Dies trifft auf alle Länder zu, es zeigen sich jedoch nuancierte Unterschiede (vgl. Abbildung 7). In Deutschland liegt der Anteil von Unternehmen bei fast 83 % und in Japan sogar bei ca. 89 %. Dagegen sind es zwar in Frankreich und China immer noch mehr als die Hälfte, aber mit je 55 % deutlich weniger als in den meisten anderen Ländern, was aber auch daran liegen kann, dass der Anteil „unbekannter“ Patentanmelder besonders hoch ist. Universitäten spielen in Deutschland nahezu keine Rolle bei den Patentanmeldungen und stellen nur 1,5 % der Patentanmelder. In den USA liegt der Anteil mit 3,3 % bereits deutlich höher, aber nur in Großbritannien (5,7 %) und China (5,2 %) liegen die Anteile über 5 %. In der Restgröße für die Länder außerhalb der Top-15-Anmeldeländer liegt der Anteil bei 7,7 %.

Box 5: Relevanz akademischer Akteure bei den Patentanmeldungen

In der Analyse zeigt sich insbesondere für Deutschland, aber auch für andere Länder, ein niedriger Anteil von Universitäten und akademischen Akteuren in der Patentierung. Dies kann vielfältige Ursachen haben und ist für sich allein nicht Ausdruck dafür, dass die akademische Forschung keine Relevanz im Patentgeschehen hat. Die Zahl der Patente, an denen universitäre Erfinder:innen beteiligt sind, dürfte deutlich höher liegen, als die Ergebnisse zeigen. Denn häufig beauftragen Unternehmen Hochschulen mit Forschung, die zu Patenten führen, die jedoch durch die Unternehmen angemeldet werden.

Eine Studie des Fraunhofer ISI hat über eine komplexe Methodik berechnet, dass der Anteil der Patente mit akademischer Beteiligung über mindestens eine:n Erfinder:in bei bis zu 16 % der EPO-Patente liegt (Frietsch & Neuhäusler, 2025). Damit dürfte auch der Anteil in der Circular Economy wohl deutlich höher liegen. Wichtig ist hierbei aber, dass in dieser Studie, anders als in der hier durchgeführten Analyse der Circular-Economy-Patente, keine Gewichtung über die Anzahl der Erfinder:innen vorgenommen wurde. Das heißt: Auch wenn nur eine:r von zehn Erfinder:innen eines Patents akademisch zugeordnet wurde, zählt das Patent voll mit dem Gewicht 1 in den Anteil der genannten 16 % mit akademischer Beteiligung.

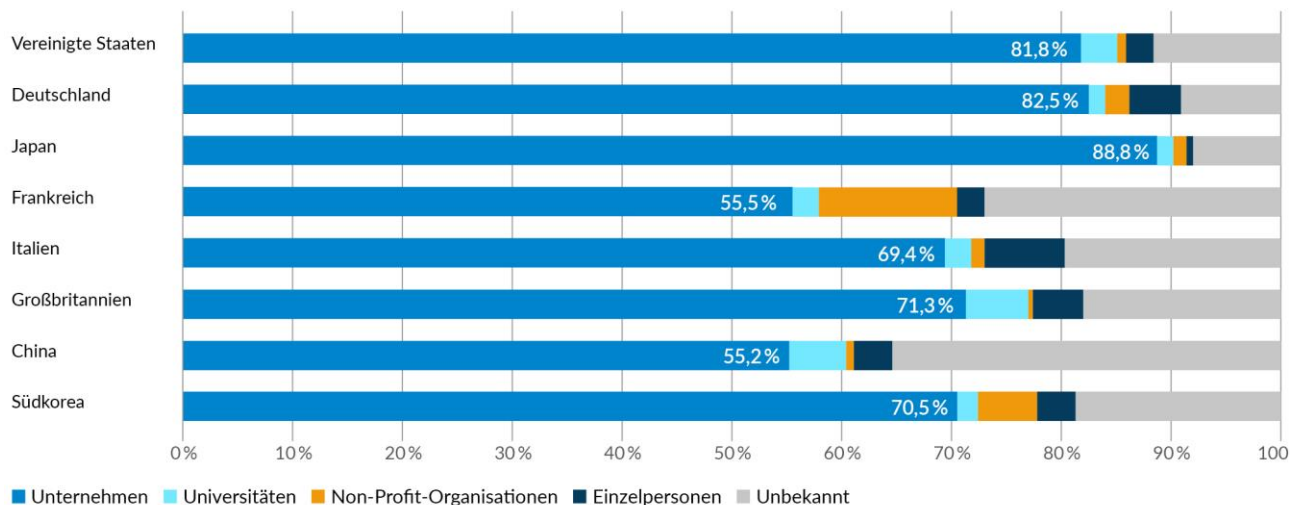
In der für diese Studie durchgeführten Untersuchung wurde jede:r Erfinder:in über die Anzahl der weiteren Erfinder:innen gewichtet, und daher zählen für diesen Fall nur 10 % des Patents zu der akademischen Kategorie. Zudem bleiben Unternehmen bei diesen Auftragsforschungen mit akademischer Beteiligung die Patenteigner sowie finanziellen Entscheider und geben die Innovationsrichtung vor. Für die wirtschaftliche Perspektive ist eine Zurechnung zu dem Unternehmen als Anmelder also sinnvoll.

Patente von Non-Profit-Organisationen, zu denen auch staatlich finanzierte Forschungseinrichtungen zählen, spielen in Deutschland mit 2,2 % – wie auch in den meisten übrigen Ländern – keine nennenswerte Rolle. Lediglich in Frankreich nehmen sie mit 13 % einen außergewöhnlich hohen Anteil unter den Anmeldern ein. Hinter diesem hohen Anteil stehen vor allem zwei Akteure: das Commissariat à l'Energie Atomique und das IFP Energies nouvelles. Beides sind Forschungsinstitute, die mindestens z. T. aus staatlichen Geldern finanziert werden.

Patente können auch auf Privatpersonen angemeldet werden, auch wenn diese Kategorie typischerweise ebenfalls eher sehr selten vorkommt. Trotzdem sind im deutschen Circular-Economy-Sektor fast 5 % der Anmelder Einzelpersonen – also mehr als Universitäten oder Non-Profit-Organisationen. In Italien liegt der Anteil bei 7,3 % und in Österreich sogar bei 9 %. In Japan ist es dagegen mit nur 0,6 % äußerst ungewöhnlich, dass Einzelpersonen Patente anmelden.

Je nach Land ist auch die Qualität der Einordnungen in diese Kategorien unterschiedlich, denn teilweise können, wie im Fall von China, über 35 % der Patentanmeldungen keiner Kategorie zugeordnet werden und sind daher „Unbekannt“. In Deutschland befinden sich nur ca. 9 % der Anmelder in der Kategorie „Unbekannt“. Im Nachbarland Frankreich sind es aber auch immerhin über 27 %.

ABBILDUNG 7: Verteilung der Patente der Top-8-Anmeldeländer auf die Akteurskategorien, 2010 – 2024



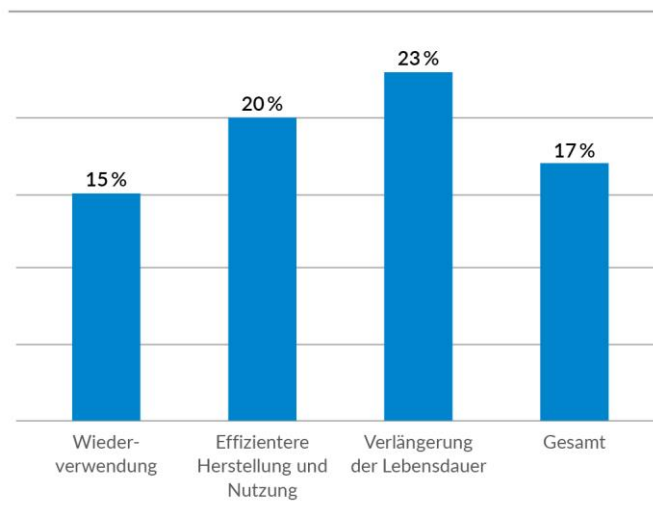
BertelsmannStiftung

2.1.2 Deutschland stellt globale Top-Akteure mit Schwerpunkten im Thema „Prozesseffizienz“

Um zu verstehen, woraus Deutschlands globale Spitzenposition im Innovationswettbewerb der Circular Economy resultiert, lohnt sich ein genauerer Blick auf die regionalen und thematischen Schwerpunkte der Patentanmeldungen sowie auf die deutsche Position in den Circular-Economy-Bereichen.

Deutschland hat seit 2010 im Schnitt 17 % der gesamten Circular-Economy-Patente bei der EPO angemeldet. Dieser starke Anteil ist durch hohe Weltpatentanteile in allen drei Circular-Economy-Bereichen geprägt. Im global patentstärksten Bereich *Wiederverwendung der einzelnen Materialien* ist der deutsche Anteil mit 15 % niedriger als in dem für die deutschen Innovationsakteure noch zentraleren Bereich *Effizientere Herstellung und Nutzung von Produkten* mit 20 %. In dem für Deutschland und auch global deutlich weniger gewichtigen Bereich *Verlängerung der Lebensdauer von Produkten und Einzelteilen* liegt der deutsche Anteil am höchsten und erreicht fast ein Viertel aller globalen Patente seit 2010.

ABBILDUNG 8: **Weltpatentanteil Deutschlands nach Circular-Economy-Bereichen, 2010 – 2024**



Quelle: PATSTAT.
Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

Der wichtigste Patentschwerpunkt der deutschen Circular-Economy-Patentanmelder ist die industrielle „Prozesseffizienz in der Metallindustrie“ aus dem Bereich *Effizientere Herstellung und Nutzung von Produkten* mit 1.751 Patentanmeldungen zwischen 2010 und 2024 (vgl. Abbildung 9). In diesem Patentcode sind vielseitige Verbesserungen in der Gestaltung und Umsetzung von Produktionsprozessen in der Metallindustrie enthalten. Beispiele für Innovationen aus diesem Patentcode sind:

- **Direktreduktionsverfahren für Eisenschwamm:** Verwendung von reformiertem Kokereigas und Erdgas zur Produktion von Reduktionsgas, was die Effizienz der Eisenschwammproduktion erhöht.
- **Laserauftragsschweißen:** Einteilige Formgebung und Dämpferaufbau mittels präziser Lasertechnologie verbessern die Effizienz und Lebensdauer der Gasturbinenschaufeln.
- **Generative Fertigungsprozesse:** Effiziente Herstellung von Bauteilen durch schichtweises Aufbringen von Material, was den Materialbedarf und den Energieeinsatz minimiert.

Vor allem die großen deutschen Innovationsakteure wie Siemens, EOS Electro Optical Systems und MTU Aero Engines sind auf diesen Innovationsbereich spezialisiert. Leider lassen die internationalen Patentcodes in solchen Querschnittsbereichen oft keine weitere Konkretisierung zu und bleiben auf einer übergeordneten Ebene.

Im Bereich *Wiederverwendung der einzelnen Materialien* sind die Patentcodes spezialisierter. Deshalb ist keine so deutliche Häufung in einem einzelnen Innovationsschwerpunkt zu beobachten. Mit 348 Patentanmeldungen ist die „Nutzung von Abfallstoffen als Füllstoffe für Zement“ hier der patentstärkste Bereich. Die wichtigsten Anmeldeakteure in diesem Bereich sind BASF, Construction Research & Technology, Heidelberg Materials und Hilti.

In dem kleinsten Circular-Economy-Bereich *Verlängerung der Lebensdauer von Produkten und Einzelteilen* liegt der wichtigste Innovationsschwerpunkt in der „Reparatur von Turbinenteilen

(additive Methoden)“. Dieser Code ist zwar nicht allein auf Turbinen für Windenergieanlagen spezialisiert, enthält diese aber neben anderen. Hier wurden seit 2010 59 Patente gemeldet. Die dominierenden deutschen Akteure sind dabei Siemens und Siemens Energy mit ca. zwei Dritteln der Patente. Zu einem geringeren Teil spielen auch Akteure für Flugzeugturbinen wie Lufthansa Technik und MTU Aero Engines eine Rolle.

ABBILDUNG 9: Wichtigste Patentthemen in Deutschland nach Circular-Economy-Bereichen, 2010 – 2024



CE-Bereich: Wiederverwendung
Nutzung von Abfallstoffen als Füllstoffe für Zement

Y02W30/91 – 348 Patentanmeldungen



CE-Bereich: Effizientere Herstellung und Nutzung
Prozesseffizienz in der Metallindustrie

Y02P10/25 – 1.751 Patentanmeldungen



CE-Bereich: Verlängerung der Lebensdauer
Reparatur von Turbinenteilen (additive Methoden)

B23P6/007 – 59 Patentanmeldungen

Quelle: PATSTAT.
Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

Box 6: Vergleich Patentschwerpunkte anderer Länder

Einige weitere globale Top-Anmeldeländer haben denselben Innovationsschwerpunkt in der Circular Economy wie Deutschland – das Thema „Prozesseffizienz in der Metallindustrie“. China setzt dagegen stärker auf das Patentthema „Smarte Fabriken, flexible und integrierte Produktion“. Auch die Niederlande und Finnland haben ihre Schwerpunkte in anderen Bereichen wie „Bio-Feedstocks für die Industrie“ und „Cellulose-Materialien“.

Insgesamt ist Siemens, exklusive eigenständiger Tochterfirmen wie Siemens Energy, der national und international wichtigste Patentakteur der Circular Economy (vgl. Tabelle 1). Mit knapp unter 1.000 Patenten seit 2010 kamen ca. 10 % der deutschen und ca. 1,6 % der globalen Patente von Siemens. Die wichtigsten Innovationsfelder von Siemens sind „Smarte Fabriken, flexible und integrierte Produktion“, wo das Unternehmen ca. 70 % der deutschen Patente und ca. 15 % der globalen Patente stellt, sowie das deutsche Top-Thema „Prozesseffizienz in der Metallindustrie“.

An zweiter Stelle für Deutschland und global auf Rang 3 steht die BASF mit 416 Patenten zwischen 2010 und 2024. Die BASF ist bezogen auf die Patentierungsbereiche breiter aktiv, z. B. „Recycling von unreaktierten Starter- oder Intermediate-Materialien“, „Smarte Fabriken, flexible und integrierte Produktion“ und „Prozesseffizienz in der Chemieindustrie“.

Fraunhofer ist der einzige Akteur in der deutschen Top 10, der kein Unternehmen, sondern als Non-Profit-Organisation verzeichnet ist. Mit 138 Patenten liegt Fraunhofer auf Rang 5 in Deutschland. Die wichtigsten Patentcodes umfassen „Prozesseffizienz in der Metallindustrie“, „Herstellung von Lignocellulose-Materialien“ und „Plastikrecycling“.

TABELLE 1: Top-Circular-Economy-Anmelder in Deutschland, 2010 – 2024

Inkl. Anmeldungen und internationalem Rang

1.	Siemens	977	(Int. Rang 1)
2.	BASF	416	(Int. Rang 3)
3.	SMS Group	268	(Int. Rang 11)
4.	CL Schutzrechtsv.*	161	(Int. Rang 30)
5.	Fraunhofer	138	(Int. Rang 39)
6.	Linde	130	(Int. Rang 19)
7.	MTU Aero Engines	129	(Int. Rang 46)
8.	EOS Electro Optical S.	115	(Int. Rang 45)
9.	Robert Bosch	115	(Int. Rang 38)
10.	Evonik Operations	108	(Int. Rang 50)

*CL Schutzrechtsverwaltung: Professionelle Patentverwaltung mit verschiedenen Klienten. Tritt aber nicht selbst als Innovationsakteur auf.

Quelle: PATSTAT. Eigene Darstellung.

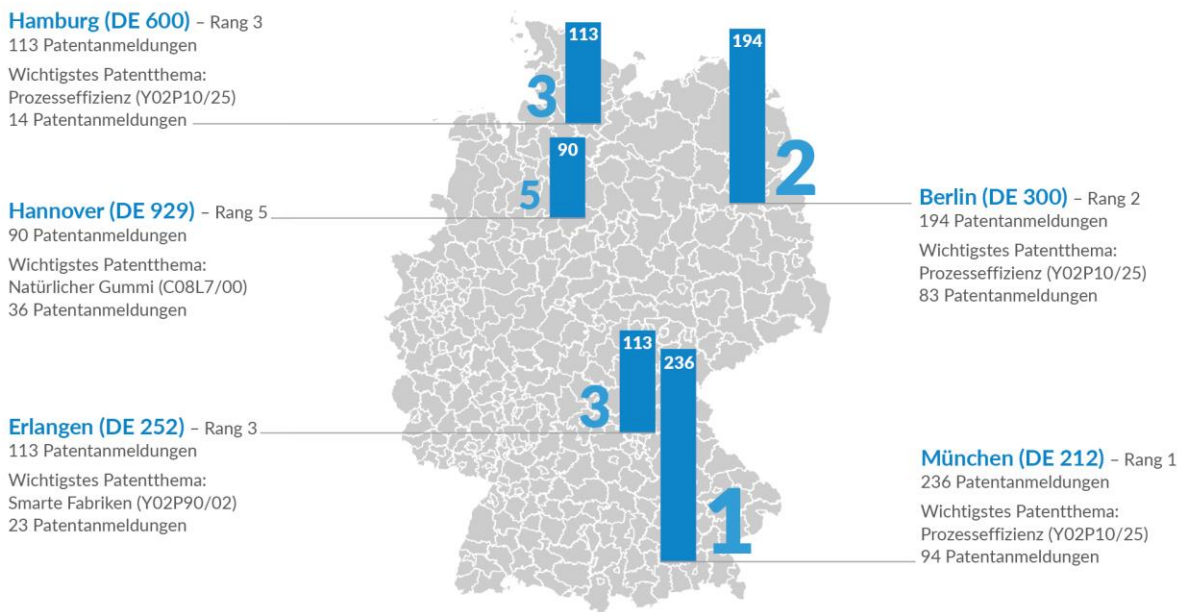
| BertelsmannStiftung

Die deutsche Innovationslandschaft in der Circular Economy ist breit auf die Städte und Kreise verteilt. Insgesamt waren Erfinder:innen aus 398 von 401 deutschen Stadt- und Landkreisen an mindestens einem Patent beteiligt. Dementsprechend stellen die Top-5-Patentanmelde-Kreise auch nur ca. 7,5 % der gesamten deutschen Patente. Die drei größten deutschen Städte München, Berlin und Hamburg stehen an der Spitze und haben ihren Innovationsschwerpunkt alle bei der „Prozesseffizienz in der Metallindustrie“ (vgl. Abbildung 10). In Hamburg ist trotzdem der Circular-Economy-Bereich *Wiederverwertung der einzelnen Materialien* größer als der Bereich *Effizientere Herstellung und Nutzung von Produkten*, der in München und Berlin deutlich vorne steht. Wichtigster Akteur in München ist MTU Aero Engines, in Berlin ist es Siemens.

Erlangen und Hannover sind vor allem durch die Präsenz einzelner Akteure in den Top 5 Deutschlands vertreten. In Erlangen wurden zwischen 2010 und 2024 113 Patente in der Circular Economy angemeldet, und Siemens dominiert in allen Bereichen den Innovationsoutput. Der Fokus liegt auf dem Patentbereich „Smarte Fabriken, flexible und integrierte Produktion“. In Hannover ist insbesondere Continental Reifen mit dem Patentthema „Natürlicher Gummi“ entscheidend für den starken Innovationsstandpunkt der Region.

ABBILDUNG 10: **Top-5-Innovationshotspots des deutschen Circular-Economy-Sektors nach Patentanmeldungen, 2010 – 2024**

Nach NUTS-3-Regionen)



Quelle: PATSTAT. Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

2.2 Acht globale und acht nationale Technologie- und Innovationstrends prägen die Circular Economy und weisen inhaltliche Überschneidungen auf

Die Patentanalyse ermöglicht aufgrund der strukturierten Datenbank als Datengrundlage eine quantitative Betrachtung des Innovationsgeschehens über die letzten Jahre. Um darüber hinaus weitere spezifische internationale und nationale Themen der Circular Economy zu identifizieren, die auf zusätzlichen Datenquellen beruhen, wurde das explorative Verfahren der KI-Analyse angewendet. Dadurch konnten die Themen mit einem hohen Stellenwert im Innovationsgeschehen und besonderen Zukunftspotenzialen herausgearbeitet werden. Die methodische Grundlage bietet das von Prognos entwickelte Analyse-Toolset InSciT, das für die Analyse genutzt wurde.

Box 7: Das Analyse-Toolset InSciT (Innovation, Science, Technology)

InSciT ist eine Gruppe von Analysewerkzeugen, die auf der Grundlage quantitativer und KI-gestützter Methoden Millionen von Forschungs- und Entwicklungsdokumenten hinsichtlich Technologietrends im Bereich „Circular Economy“ analysiert. Mithilfe von InSciT können Trendthemen der Circular Economy präzise identifiziert und hinsichtlich ihrer zukünftigen Relevanz bewertet werden.

Der sich stetig vergrößernde Dokumentenkörper bildet sich aus umfangreichen etablierten und stetig aktualisierten Datenquellen, darunter die Publikationsdatenbank OpenAlex, die Patentdatenbank PATSTAT sowie die Unternehmensdatenbank Crunchbase. Diese Datenbanken decken zentrale Informationsquellen zu Forschungs- und Entwicklungsdaten im Technologiebereich ab.

Die Auswertung der Datenquellen basiert auf wissenschaftlich etablierten Verfahren der Bibliometrie, wie z. B. Clusteranalysen und Matching-Algorithmen, sowie auf neuesten State-of-the-Art-Methoden der künstlichen Intelligenz, wie z. B. Large-Language-Modellen. Durch die Kombination von bibliometrischen Methoden mit KI-Verfahren wird sichergestellt, dass die Ergebnisse der Trendanalyse über hinterlegte und zitierfähige Dokumente jederzeit nachvollziehbar bleiben. Ausführliche Informationen zur Methodik sind im Anhang (Abschnitt 5.1) zu finden.

Zunächst erfolgte die Identifizierung von Technologietrends durch eine **systematische Auswertung unstrukturierter Daten** aus verschiedenen Datenbanken (siehe Methodik-Kasten zum Toolset InSciT). Dabei wurden mehrere Hunderttausend Publikationen und Zehntausende Patente mittels KI aus umfangreichen Datenquellen in Themenfelder geclustert und durch den Einsatz KI-gestützter Verfahren sowie durch die qualitative Begleitung von Prognos-Expert:innen bewertet. Anschließend wurden die Themenfelder in einen umfassenderen Kontext eingeordnet, um ihre Relevanz und die Interdependenzen innerhalb des Innovationsökosystems zu verdeutlichen. Ausführliche Informationen zur Methodik sind im Anhang (Abschnitt 5.1) zu finden.

Schließlich wurde eine KI-gestützte Analyse der als relevant identifizierten Themenfelder durchgeführt. Eine innovative Bewertungsmethodik, u. a. basierend auf der Anzahl der Zitationen und weiteren Kriterien, ermöglichte die Ermittlung eines **Zukunftsscores** für jedes Themenfeld.

Box 8: Zukunftsscore

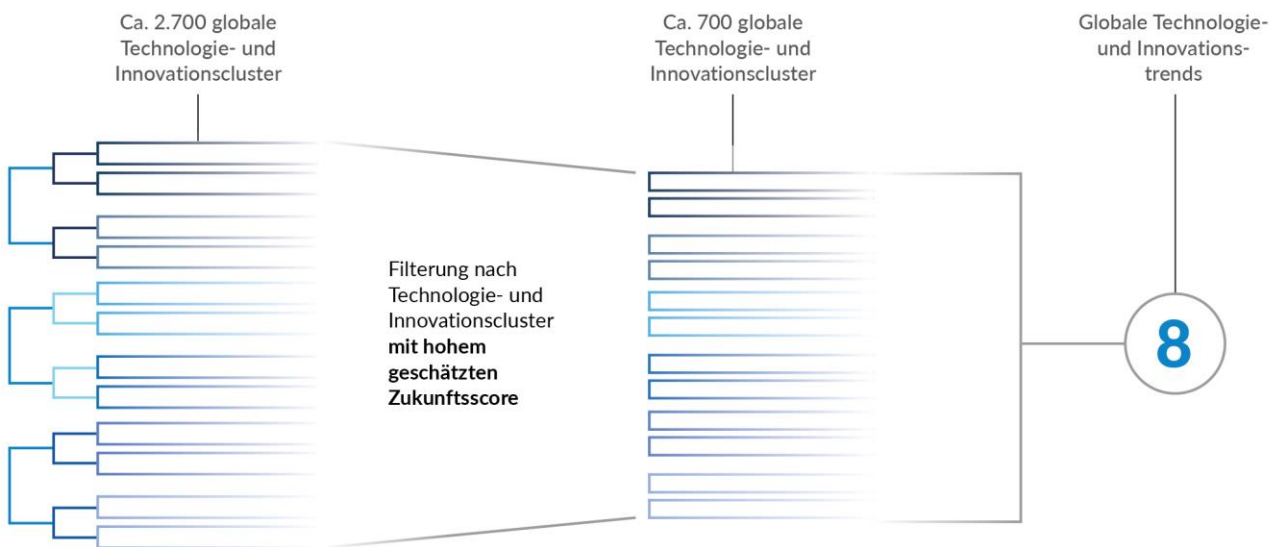
Um die Trendthemen in der Circular Economy zu identifizieren, wurden die Themenfelder, die durch das InSciT-Tool als besonders relevant bewertet wurden, systematisch auf ihre Entwicklungspotenziale untersucht. Ein zentraler Indikator dafür ist der durch das Tool vergebene Zukunftsscore, der es ermöglicht, das Entwicklungspotenzial eines Themas zu quantifizieren und die Dynamik unterschiedlicher Themenfelder zu vergleichen. Der Zukunftsscore wird durch ein KI-Modell der Prognos AG ermittelt, das mithilfe maschineller Lernverfahren auf historischen Daten trainiert wurde. Das Modell analysiert relevante Erfolgsmerkmale wissenschaftlicher Publikationen, wie Zitationen, Themenfelder, involvierte Organisationen und geografische Verortung, um zukünftige Wirkungszusammenhänge vorherzusagen. In diesem Kontext erhält jedes relevante Themenfeld einen individuellen Zukunftsscore, der dessen künftige Relevanz einordnet.

Mithilfe von maschinellem Lernen und historischen Daten prognostiziert der Score die **zukünftige Relevanz der Themen** und erlaubt eine Priorisierung. Für jedes Themenfeld wurden zudem die dazugehörigen Akteure wie Forschungsinstitutionen und Unternehmen extrahiert und geografisch lokalisiert, wodurch **Hotspots und Schwerpunktregionen sichtbar** gemacht wurden. Ausführliche Informationen zur Methodik sind im Anhang (Abschnitt 5.1) zu finden.

2.2.1 Acht globale Technologie- und Innovationstrends zeigen die Vielfältigkeit der Circular Economy und geben den Weg vor

Das InSciT-Tool hat insgesamt 2.700 Technologie- und Innovationscluster mit einem Bezug zur Circular Economy identifiziert. Jedes Cluster beinhaltet potenziell mehrere Zehntausend Publikationen. Mittels einer Relevanzbewertung mithilfe spezifischer Indizes und des Zukunftsscores (siehe Anhang 5.1.4) wurden 700 Technologie- und Innovationscluster priorisiert. Die KI-gestützte Auswertung und die weitere Clusterung dieser 700 Technologie- und Innovationscluster ergaben acht international bedeutende Technologie- und Innovationstrends, die aktuell in der Forschung bearbeitet werden und entscheidend für die zukünftige Weiterentwicklung und Implementierung von Lösungen in der Circular Economy sind. Abbildung 11 zeigt das Vorgehen.

ABBILDUNG 11: Verfahren zur Identifikation und Clusterung von Technologie- und Innovationstrends auf globaler Ebene



Quelle: Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

Die acht identifizierten Technologie- und Innovationstrends sind inhaltlich sehr breit gefasst. Die folgenden einzelnen Beschreibungen liefern einen zusammenfassenden Überblick zu den Trendthemen.



sigmund-dBu3wq2O5SM-unsplash_U-unsplash

Kreislaufkunststoffe

Das Trendthema „Kreislaufkunststoffe“ beinhaltet Verfahren wie das chemische Recycling und Upcycling, um hochwertige Rezyklate und Funktionsmaterialien aus Kunststoffabfällen zu gewinnen. Durch innovative chemische Prozesse werden Polymerstrukturen so behandelt, dass sie in ihre Ausgangsbestandteile zerlegt werden können, was eine Wiederverwertung in neuen Produkten ermöglicht.

- Beispiel: Entwicklung von Polymerschäumen, Folien und Beschichtungen aus PLA, PVOH, Chitosan oder Zellulose

Bioökonomie-Materialien

Bioökonomie-Materialien zielen darauf ab, fossile Rohstoffe durch nachwachsende Rohstoffe zu substituieren. Dies setzt die Entwicklung und Nutzung biologisch abbaubarer Materialien voraus, die durch nachhaltige Anbaupraktiken gewonnen werden. Durch die Integration von biogenen Materialien in Industrieprozesse wird eine nachhaltigere und ressourcenschonende Produktion angestrebt.



pierre-crs-AjllmFCARJA-unsplash

- Beispiel: Lipid-Produktion für biodieselnahe Brennstoffe



agenlaku-indonesia-SRFOOdORhKw-unsplash

Zirkuläre Verpackungen und Textilien

Zirkuläre Verpackungen und Textilien setzen auf die Verwendung rückführbarer, sicherer und aktiver Materialien, die eine Wiederverwendung und ein effizientes Recycling fördern. Durch innovative Designs und nachhaltige Produktionsmethoden wird der Lebenszyklus von Verpackungen und Textilien optimiert, sodass diese am Ende ihrer Nutzung nicht nur biologisch abbaubar sind, sondern auch in neue Produkte integriert werden können.

- Beispiel: Vernetzte Stärken (Zitronensäure-modifiziert) für aktive Verpackungen

Batterien und kritische Rohstoffe

Im Bereich „Batterien und kritische Rohstoffe“ stehen automatisierte Demontage, Second-Life-Nutzung und Recycling im Vordergrund. Durch den Einsatz fortschrittlicher Technologien wird die Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe aus gebrauchten Batterien optimiert, was die Kreislaufwirtschaft im Sektor erneuerbarer Energien unterstützt. Second-Life-Anwendungen ermöglichen die Wiederverwendung von Batterien in neuen, weniger anspruchsvollen Anwendungen, während integrierte Recyclingprozesse sicherstellen, dass wertvolle Materialien effizient zurückgewonnen und wieder in den Produktionszyklus eingegliedert werden.



john-cameron-F_EooJ3-uTs-unsplash

- Beispiel: Li-Ionen-Weiterentwicklung: Hochenergiedichte Kathoden, biomassebasierte Anoden, Leichtbau-Stromkollektoren



valentin-salja-nNNcV_BwFGA-unsplash

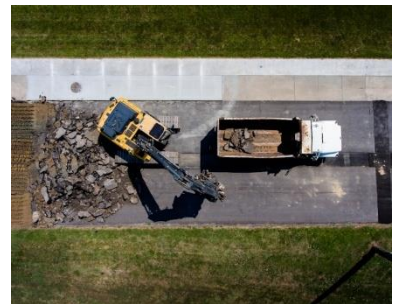
Zirkuläre Zemente und Betone

Zirkuläre Zemente und Betone integrieren nachhaltige Materialien wie Aschen, Schlacken und Geopolymere. Diese innovativen Materialien verringern den Bedarf an natürlichen Rohstoffen sowie die CO₂-Emissionen in der Bauindustrie. Selbstheilende Materialien erweitern die Lebensdauer von Betonstrukturen, indem sie Risse automatisch reparieren. Durch den Einsatz fortschrittlicher Technologien wird eine ressourcenschonende und nachhaltige Bauweise gefördert.

- Beispiel: Zementersatz durch rezykliertes Betonmehl, kalzinierte Tonminerale (LC3) oder Vulkanasche

Zirkulärer Straßenbau

Im zirkulären Straßenbau liegt der Fokus auf Asphaltrecycling, der Verwendung von Nano-Additiven und der Entwicklung kühlender Beläge. Durch das Recycling von alten Asphaltbelägen können wertvolle Materialien zurückgewonnen und in neuen Mischungen verwendet werden, was den Materialbedarf deutlich reduziert. Nano-Additive verbessern die Eigenschaften des Asphalts, erhöhen die Lebensdauer von Straßen und fördern die Widerstandsfähigkeit gegenüber extremen Witterungsbedingungen.



brandon-mowinkel-LlfiNrWeHUY-unsplash

- Beispiel: Selbstheilende Asphaltmischungen (z. B. mit Stahlschlacken oder Mikrowellen-aktivierbaren Zusatzstoffen)



gaas-rabbit-pKDDEZRmjl-unsplash

Urban Mining und industrielle Nebenprodukte als Primärrohstoff

Urban Mining befasst sich mit der Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe aus städtischen Infrastrukturen und Abfällen. Durch die gezielte Substitution von Primärrohstoffen durch industrielle Nebenprodukte wie Tailings, Schlacken und Aschen werden Sekundärrohstoffe effizient in den Produktionsprozess integriert.

- Beispiel: Geschlossene Kreisläufe (Closed-Loop-Recycling) für Bauabfälle und Rückbaumaterialien

Design for Circularity

Design for Circularity fokussiert sich auf die Entwicklung von Produkten mit dem Ziel, deren Lebensdauer zu verlängern und den Materialkreislauf zu schließen. Konzepte wie modulare Bauweisen ermöglichen eine einfache Demontage und Reparatur von Produkten, während 3D-Drucktechnologien eine maßgeschneiderte und ressourcenschonende Produktion fördern. Darüber hinaus ermöglicht Laser Repair das präzise und nachhaltige Reparieren von Komponenten, anstatt diese zu ersetzen.



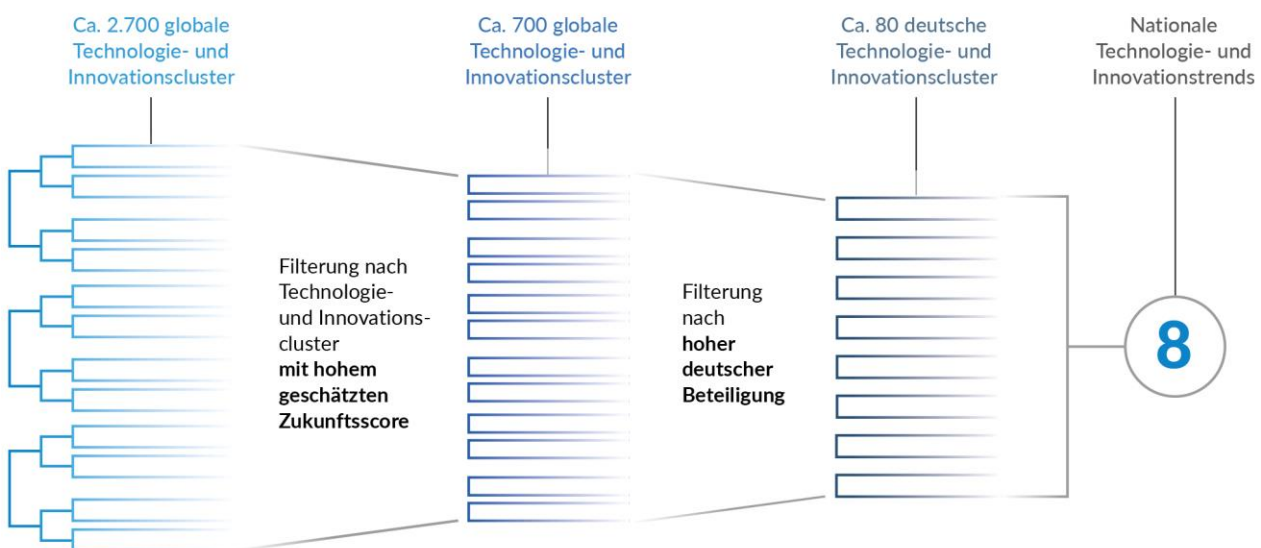
tstudio_lv-UudYE9pYx50-unsplash

- Beispiel: 3D Concrete Printing mit Recyclingzuschlägen (Bauschutt, Abfallaggregat)

2.2.2 Acht nationale Technologie- und Innovationstrends zeigen die Schwerpunkte Deutschlands und weisen inhaltliche Überschneidungen mit den globalen Trends auf

Um die deutsche Position im internationalen Innovationsgeschehen zu identifizieren, wurden die 700 globalen Technologie- und Innovationscluster nach Publikationen deutscher Institutionen sowie nach Publikationen mit deutscher Beteiligung gefiltert (vgl. Abbildung 12).

ABBILDUNG 12: Verfahren zur Identifikation und Clusterung von Technologie- und Innovationstrends für Deutschland



Quelle: Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

Im Ergebnis wurden 80 Technologie- und Innovationscluster identifiziert, die manuell nochmals nach ihrer Relevanz priorisiert und geclustert wurden. Aus der KI-Auswertung ergaben sich acht nationale Technologie- und Innovationstrends, die inhaltlich vielerlei Überschneidungen mit den globalen Trends aufweisen. Sie zeigen jedoch gleichzeitig die spezifischen Themenschwerpunkte, an

denen Deutschland arbeitet. Die nationale Fokussierung auf besondere Themen hängt vor allem von länderspezifischen Besonderheiten ab, etwa von der Wirtschaftsstruktur, den verfügbaren Ressourcen, den politischen und strategischen Prioritäten sowie von historischen und kulturellen Faktoren.

Die Technologie- und Innovationstrends sind wieder weit gefasst. In der folgenden Übersicht werden sie beschrieben und im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Circular Economy eingestuft.



roberto-sorin-ZZ3qxWFZNRg-unsplash

Batterietechnologien und -recycling

Dieser Themenbereich fokussiert sich auf innovative Batterietechnologien und das Batterierecycling (die Abgrenzung in dieser Studie umfasst nicht die Entwicklung und Herstellung von Batterien). Recyclingmethoden sind entscheidend, um wertvolle Rohstoffe aus alten Batterien zurückzugewinnen. Das schont die Umwelt und verringert die Abhängigkeit von neuen Ressourcen. Innovative Ansätze, wie die Automatisierung der Demontage und die Nutzung von Second-Life-Anwendungen, ermöglichen eine effiziente Wiederverwendung und einen geschlossenen Kreislauf für Batteriematerialien.

- Beispiel: Demontage und Recycling von Elektrofahrzeugbatterien

Biobasierte Chemie

Biobasierte Chemie bezieht sich auf die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen zur Herstellung von Chemikalien und Materialien. Diese Ansätze zielen darauf ab, fossile Brenn- und Einsatzstoffe zu ersetzen und umweltfreundlichere Produkte zu schaffen. Biobasierte Chemikalien können in verschiedenen Anwendungen eingesetzt werden – von Biokunststoffen bis hin zu nachhaltigen Verpackungen – und tragen zur Reduzierung von CO₂-Emissionen bei.



nathan-rimoux-H_w_OxZwZOW-unsplash

- Beispiel: Engineered Living Materials (ELM) zur Selbstheilung und Biodegradation



david-dvoracek-QiPe0UpCO_U-unsplash

Digitale Produktpässe und Life Cycle Assessment

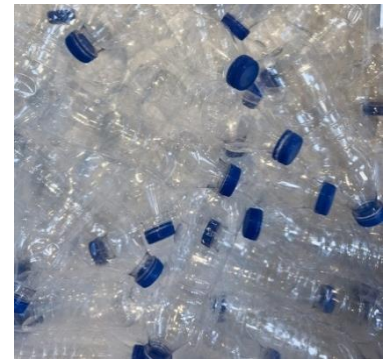
Ein digitaler Produktpass ermöglicht die lückenlose Rückverfolgbarkeit von Produkten über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg – von der Herstellung bis zur Entsorgung. Dies fördert die Transparenz und das Vertrauen in die Herkunft und in die Umweltauswirkungen von Produkten. Life Cycle Assessment (LCA) ist ein Werkzeug, das die ökologischen Auswirkungen eines Produktes über seinen gesamten Lebenszyklus bewertet, um umweltfreundlichere Entscheidungen zu treffen.

- Beispiel: Digitale Produktpässe zur Herkunfts- und Nutzungsverfolgung

Kunststoffherstellung und -recycling

Kunststoffherstellung und -recycling zielen darauf ab, die Lebensdauer von Kunststoffen zu verlängern und Abfälle zu minimieren. Innovative Recyclingtechnologien, wie chemisches Recycling und die Entwicklung von biologisch abbaubaren Kunststoffen, helfen, die Umweltbelastung zu reduzieren. Durch die Schaffung von geschlossenen Materialkreisläufen können Kunststoffe effizient wiederverwendet werden, was den Bedarf an neuen Rohstoffen verringert.

- Beispiel: Entwicklung von biologisch abbaubaren Kunststoffen aus Zellulose



engin-akyurt-wk1xLCG9TqM-unsplash



austin-distel-RX_OvwSPIWs-unsplash

Zirkuläre Geschäftsmodelle

Nachhaltige Geschäftsmodelle fördern die Nutzung von Produkten durch Miete, Leasing oder Sharing, anstatt sie zu verkaufen. Diese Modelle reduzieren den Ressourcenverbrauch und die Abfallproduktion, indem sie auf langlebige Produkte setzen. Durch die Integration von Nachhaltigkeitsprinzipien in Geschäftsstrategien können Unternehmen nicht nur ökonomischen, sondern auch ökologischen Mehrwert schaffen.

- Beispiel: P2P-Hosting-Plattformen, die den Austausch von Wohnraum fördern

Rückgewinnung und Recycling von seltenen Erden und Metallen

Die Rückgewinnung von seltenen Erden und Metallen ist entscheidend für die Herstellung moderner Technologien – von Smartphones bis hin zu Elektrofahrzeugen. Durch innovative Recyclingmethoden können wertvolle Materialien aus alten Geräten zurückgewonnen werden, was die Abhängigkeit von neuen Rohstoffen verringert und die Umwelt schont. Effiziente Trenn- und Recyclingtechnologien sind notwendig, um die Kreislaufwirtschaft in diesem Bereich zu fördern.

- Beispiel: Recycling von seltenen Erden aus NdFeB-Magneten



david-hofmann-GFt6VfdVdbk-unsplash



alexander-lunin-eokerSKBaJk-unsplash

Werkstoffinnovationen

Werkstoffinnovationen konzentrieren sich auf die Entwicklung neuer Materialien, die nachhaltiger und leistungsfähiger sind. Dazu gehören selbstheilende Materialien, biobasierte Verbundstoffe und dynamische Polymere, die sich an unterschiedliche Bedingungen anpassen können. Diese neuen Materialien tragen zur Reduzierung von Abfällen und zur Verbesserung der Ressourcennutzung in verschiedenen Industrien bei.

- Beispiel: Dynamische und selbstheilende Polymere in der Luft- und Raumfahrt

Zirkuläres Bauen

Zirkuläres Bauen fördert die Verwendung von nachhaltigen Materialien und die Wiederverwendung von Bauteilen und Baustellenabfällen. Durch die Planung von Gebäuden, die leicht abgebaut und wiederverwendet werden können, wird der Ressourcenverbrauch minimiert. Innovative Ansätze im zirkulären Bauen zielen darauf ab, langlebige und anpassungsfähige Strukturen zu schaffen, die umweltfreundlich sind und die Lebensdauer von Materialien maximieren.

- Beispiel: Wiederverwendung von RC-Platten und Stahlträgern



andrew-whitmore-P1amw9liRxo-unsplash

2.3 Deep Dive Deutschland – Ein Blick in die deutsche Themen- und Akteurslandschaft zeigt große Unternehmen und zahlreiche Cluster mit Fokus auf Industriezentren und Großstädte

Für den Deep Dive wurden die acht nationalen Technologie- und Innovationstrends näher unter die Lupe genommen. Dafür wurden die Ergebnisse der Patent- und der KI-Analyse verschnitten und jeweils die Anzahl der Patente und Publikationen sowie die Anzahl der beteiligten Institutionen ausgewertet. Basierend auf der Häufigkeit ihrer Beteiligung an Patenten bzw. Publikationen wurden zudem die jeweils drei Top-Akteure identifiziert und auf NUTS-3-Codeebene geografisch auf einer Karte verortet. Die Intensität der regionalen Färbung gibt Aufschluss über die Gesamtanzahl der dort verorteten patentierenden und publizierenden Akteure. Für eine inhaltliche Einordnung wurde pro Trendthema jeweils der am häufigsten verwendete Patentcode angegeben. Bei den Publikationen wurden Beispielthemen aufgeführt, die einen Einblick in das Forschungsspektrum erlauben.

Um die Position Deutschlands im internationalen Vergleich bewerten zu können, wurden die Patente als quantitativ auswertbares und vergleichbares Kriterium herangezogen. Die Anzahl der Patente sowie der deutsche Anteil an der globalen Verteilung wurden jeweils für den Zeitraum 2010 bis 2024 und 2019 bis 2024 aufgeführt. Dabei beinhaltet der letztgenannte Zeitraum auch die Patente des erstgenannten Zeitraums. Die Betrachtung des lang- und des kurzfristigen Zeitraums erlaubt Rückschlüsse auf die Dynamik des Patentgeschehens insgesamt sowie auf die Entwicklung der deutschen Position.

Die Trendthemen sind teils thematisch eng miteinander verwandt und haben inhaltliche Überschneidungsmengen. Dies gilt allerdings nicht für die dahinterliegenden Datensätze, sowohl bei der Analyse der Patente als auch der Publikationen. In den Analysen werden Patentcodes und Publikationen immer exakt einem Trendthema zugeordnet, zu dem die größte Passfähigkeit besteht. Bei der thematischen Nähe zu zwei oder mehreren Trendthemen erfolgt trotzdem immer eine eindeutige Zuordnung.

Die folgende Auswertung zeigt, dass zahlreiche Akteure patent- und forschungsseitig an der Gestaltung der Transformation beteiligt sind.

Batterietechnologie und -recycling

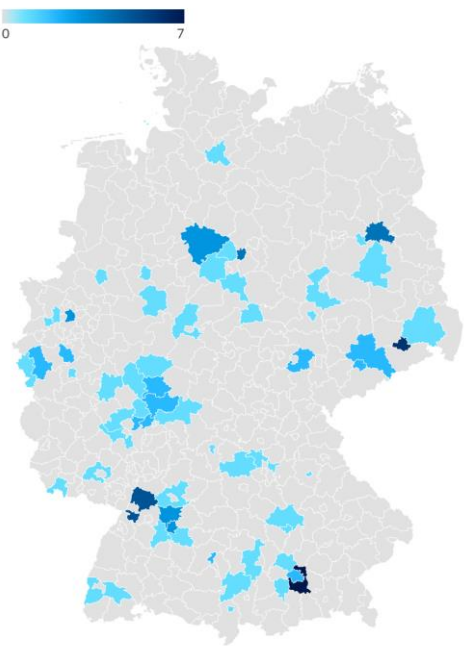
Vergleichsweise wenig Akteure, die punktuell verteilt sind und einen hohen und **zunehmenden globalen Anteil** haben. Die Batteriezentren nach Akteuren liegen um München, Ludwigshafen, Karlsruhe, Braunschweig und Dresden und zu ihnen gehören große Unternehmen.

Zukunftspotenzial: Zentrales Zukunftsthema dank E-Mobilitätsboom: Millionen Lithium-Ionen-Akkus kommen in den nächsten Jahren an ihr Lebensende. Wertvolle Metalle wie Lithium, Kobalt und Nickel sind begrenzt – Recycling kann Rohstoffengpässe entschärfen. Neue EU-Vorgaben verlangen hohe Rückgewinnungsquoten und Mindestzyklanteile, was den Markt antreibt.

Bestehende Herausforderungen: Recycling ist komplex und kostenintensiv; fehlende Standards, unterschiedliche Designs, geringe Lithium-Rückgewinnungsquoten. Hohe Sicherheitsanforderungen beim Transport und bei der Demontage.


ABBILDUNG 13: Batterietechnologien und -recycling

Akteure, Patente und Publikationen



Quelle: Eigene Darstellung.

BertelsmannStiftung

Anzahl Patente: 69	Anzahl Publikationen: 164
Anzahl Patentakteure: 48	Anzahl Publikationsakteure: 69
Top-3-Akteure: <ol style="list-style-type: none"> 1. BASF Ludwigshafen (DEB34) 2. Siemens München (DE212) 3. Duesenfeld Braunschweig (DE911) 	Top-3-Akteure: <ol style="list-style-type: none"> 1. Helmholtz-Institut Ulm (DE144) 2. Clausthal Universität (DE916) 3. KIT Karlsruhe (DE123)
Top-Patentcode (2010–2024): H01M10/54 – Reclaiming serviceable parts of waste accumulators	Beispielthemen aus Publikationen: <ul style="list-style-type: none"> • Nicht brennbare, hochstabile Ionic-Liquid-Elektrolyte • Battery Passports & Digital Twins für verlässliche Restwert- und RUL-Schätzung • Battery-as-a-service
Internationale Position Deutschlands (basierend auf Patenten): 2010–2024: 69 Patente (13,5 % an global) 2019–2024: 54 Patente (15,1 % an global) 	

Biobasierte Chemie

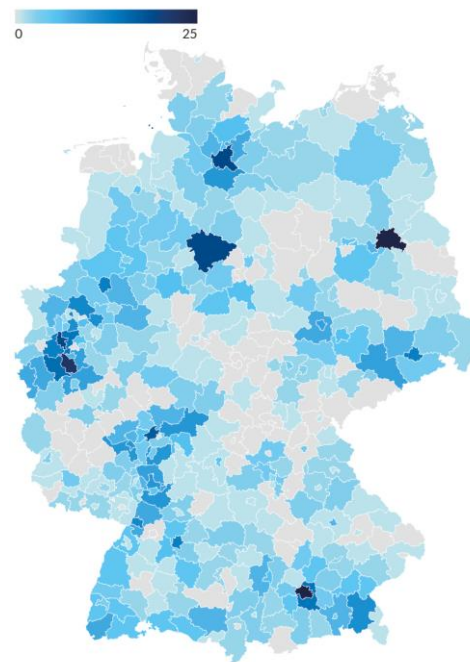
Viele Akteure in der Fläche und Ausbildung von Clustern mit Chemiezentren nach Akteuren u. a. in München, Hannover, Berlin und im Rhein-Ruhr-Gebiet. Dieses Trendthema ist das **patentstärkste**, der Anteil global ist allerdings abnehmend.

Zukunftspotenzial: Nutzung von Biomasse und CO₂ als Roh-stoff: Biotechnologie und grüne Chemie ersetzen fossile Rohstoffe. Bioraffinerien verwerten Reststoffe, Mikroben produzieren Biokunststoffe oder Chemikalien.

Bestehende Herausforderungen: Limitierte nachhaltige Biomasse, mögliche Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Höhere Kosten und teils geringere Leistung der Produkte im Vergleich zu petrochemischen Alternativen.

ABBILDUNG 14: **Biobasierte Chemie**

Akteure, Patente und Publikationen



Quelle: Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

Anzahl Patente: 1.237 Anzahl Patentakteure: 636	Anzahl Publikationen: 131 Anzahl Publikationsakteure: 45
Top-3-Akteure: 1. BASF Ludwigshafen (DEB34) 2. Continental Reifen Hannover (DE929) 3. Henkel Düsseldorf (DEA11)	Top-3-Akteure: 1. TU München (DE21H) 2. Universität Freiburg (DE132) 3. JGU Mainz (DEB35)
Top-Patentcode (2010–2024): Y02E50/30 – Fuel from waste, e.g. synthetic alcohol or diesel	Beispielthemen aus Publikationen: <ul style="list-style-type: none"> • Lignocellulose aus Reststoffen (Bagasse, Stroh, Holz-Lignin etc.) • Biomasse-Aufschluss • Chemo-/Biokatalytische Kaskaden für Hydroxymethylfurfural
Internationale Position Deutschlands (basierend auf Patenten): 2010–2024: 1.237 Patente (12,0 % an global) 2019–2024: 343 Patente (10,3 % an global)	



Digitaler Produktpass und Life Cycle Assessment (LCA)

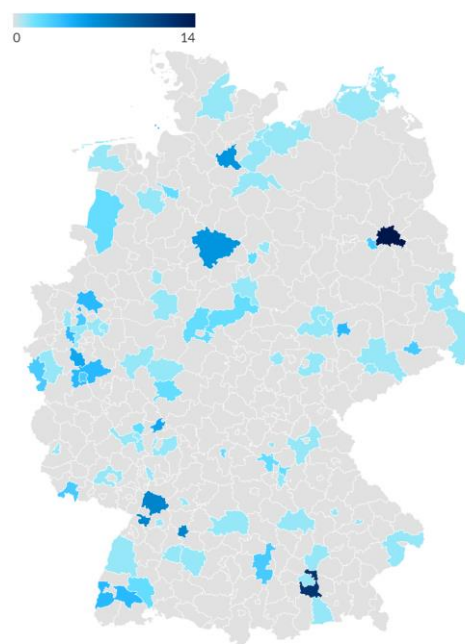
Regional verteilte Forschungsaktivitäten mit **vergleichsweise vielen Publikationen**, aber keine Patente zuordenbar⁴. Die Forschungszentren nach Akteuren liegen u. a. in München, Berlin, Hannover, Hamburg und Ludwigshafen, die Top-3-Akteure sind renommierte Institutionen.

Zukunftspotenzial: Datenbasierte Kreislaufwirtschaft: EU führt digitale Produktpässe ein, um Material- und Nachhaltigkeitsdaten über den Lebenszyklus bereitzustellen. Unterstützt Recycling, Reparatur und neue Geschäftsmodelle.

Bestehende Herausforderungen: Umsetzung unklar, Unternehmen oft nicht bereit oder fähig, nötige Daten bereitzustellen. Gefahr von Bürokratiekosten und Missbrauch sensibler Informationen.

ABBILDUNG 15: Digitaler Produktpass und Life Cycle Assessment (LCA)

Akteure, Patente und Publikationen



Quelle: Eigene Darstellung.

BertelsmannStiftung

Anzahl Patente: – Anzahl Patentakteure: –	Anzahl Publikationen: 326 Anzahl Publikationsakteure: 172
Top-3-Akteure: –	Top-3-Akteure: 1. RWTH Aachen (DEA2D) 2. TU München (DE21H) 3. KIT Karlsruhe (DE123)
Top-Patentcode (2010–2024): –	Beispielthemen aus Publikationen: <ul style="list-style-type: none"> • Seriennummern auf QR/NFC/RFID für fälschungssichere, portierbare Produktnachweise • Tokenisierung/Anreizmechanismen zur Aktivierung von Rückgabe/Recycling/Reverse Logistics • Szenariofähige LCA für Circular Loops inkl. Allokation und Substitution Credits

⁴ Dies ist methodisch bedingt und hängt von der vorgenommenen Patentabgrenzung ab. Das bedeutet jedoch nicht, dass es zu diesem Thema keine Patente gibt.

Kunststoffherstellung und -recycling

Vergleichsweise flächendeckende Verortung der Akteure mit Schwerpunkten in den Großstädten Berlin, Hamburg und München. Das Patentgeschehen hat in den letzten fünf Jahren eine **hohe Dynamik** entwickelt – mehr als 50 % der Patente entstanden in dieser Zeit, der globale Anteil ist hingegen rückläufig.

Zukunftspotenzial: Enormes

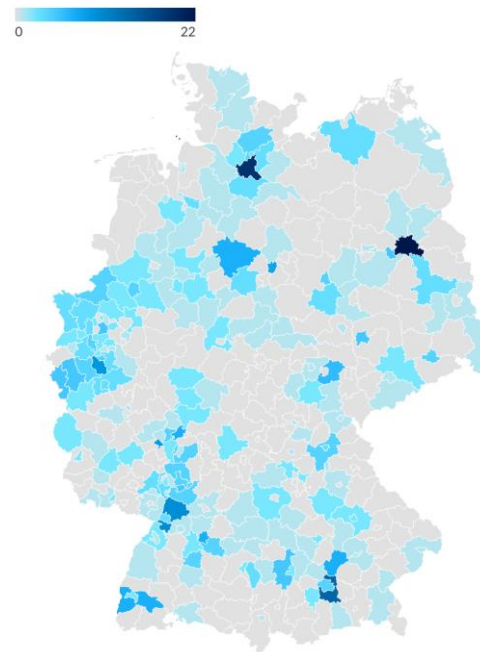
Verbesserungspotenzial: In Deutschland werden derzeit nur etwa 35 % der 5,7 Mio. Tonnen Kunststoffabfälle recycelt, während 64 % noch verbrannt werden. Politik und Industrie treiben Innovationen wie chemisches Recycling und biobasierte Kunststoffe voran, um Rohstoffe zu schonen und Plastikmüll sowie CO₂-Emissionen zu reduzieren.

Bestehende Herausforderungen:

Technologische und ökonomische Hürden: Nicht alle Kunststoffe lassen sich hochwertig wiederverwerten; chemische Verfahren sind oft energieintensiv. Ohne Reduktion des Verbrauchs bleibt das Mikroplastik- und Abfallproblem bestehen.

ABBILDUNG 16: Kunststoffherstellung und -recycling

Akteure, Patente und Publikationen



Quelle: Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

Anzahl Patente: 574 Anzahl Patentakteure: 313	Anzahl Publikationen: 285 Anzahl Publikationsakteure: 139
Top-3-Akteure: 1. BASF Ludwigshafen (DEB34) 2. Evonik Operations Essen (DEA13) 3. Covestro AG Leverkusen (DEA24)	Top-3-Akteure: 1. RWTH Aachen (DEA2D) 2. Universität Greifswald (DE80N) 3. Universität Hamburg (DE600)
Top-Patentcode (2010–2024): Y02W30/62 – Plastics recycling; Rubber recycling	Beispielthemen aus Publikationen: <ul style="list-style-type: none"> • Polymere designt für chemisches Recycling • Mechanisches und lösungsmittelbasiertes Recycling • Additive Fertigung als Zirkularitätshebel
Internationale Position Deutschlands (basierend auf Patenten): 2010–2024: 574 Patente (15,2 % an global) 2019–2024: 341 Patente (14,8 % an global)	



Zirkuläre Geschäftsmodelle

Vereinzelte Forschungsakteure mit regionalen Schwerpunkten, allerdings keine Patente zuordenbar⁵. Die Forschungszentren nach Akteuren liegen u. a. um München und in Berlin, und zu den Akteuren gehören renommierte Institutionen.

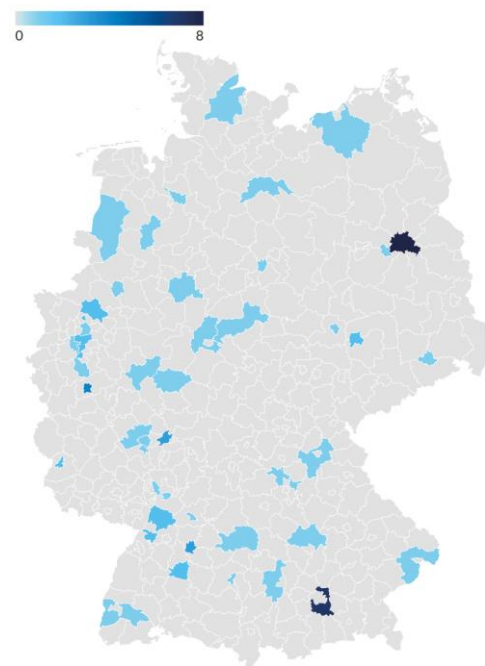
Zukunftspotenzial: Großer Wachstumsmarkt:

Zirkuläre Geschäftsmodelle stärken die Resilienz, senken Kosten, erfüllen neue gesetzliche Vorgaben und treffen den Nerv nachhaltigkeitsbewusster Konsument:innen. Besonders in Branchen wie Elektronik, Textil und Bau entstehen durch Digitalisierung und Kooperation neue Wachstumsfelder.

Bestehende Herausforderungen: Fehlendes Know-how, hohe Umstellungskosten, komplexe Lieferketten und mangelnde Nachfrage. Silostrukturen, geringe Kooperation und unklare rechtliche Rahmenbedingungen erschweren die Transformation. Digitale Tools und Leadership sind entscheidend.

ABBILDUNG 17: Zirkuläre Geschäftsmodelle

Akteure, Patente und Publikationen



Quelle: Eigene Darstellung.

BertelsmannStiftung

Anzahl Patente: – Anzahl Patentakteure: –	Anzahl Publikationen: 95 Anzahl Publikationsakteure: 70
Top-3-Akteure: –	Top-3-Akteure: 1. TU München (DE21H) 2. Universität Münster (DEA33) 3. Universität Stuttgart (DE111)
Top-Patentcode (2010–2024): –	Beispielthemen aus Publikationen: <ul style="list-style-type: none">• Cloud-native Plattformen, mobile Frontends, datengetriebenes Matching, dynamische Preise• Mobilität (Ride-/Car-/Bikesharing): Telematik, Routen-/Pool-Algorithmen, Nachfrageprognosen• Mode-/Fashion-Leihen und -Abos: Inventar-/Turnover-Optimierung, Fit Prediction, Condition Grading

⁵ Dies ist methodisch bedingt und hängt von der vorgenommenen Patentabgrenzung ab. Das bedeutet jedoch nicht, dass es zu diesem Thema keine Patente gibt.

Rückgewinnung und Recycling von seltenen Erden und Metallen

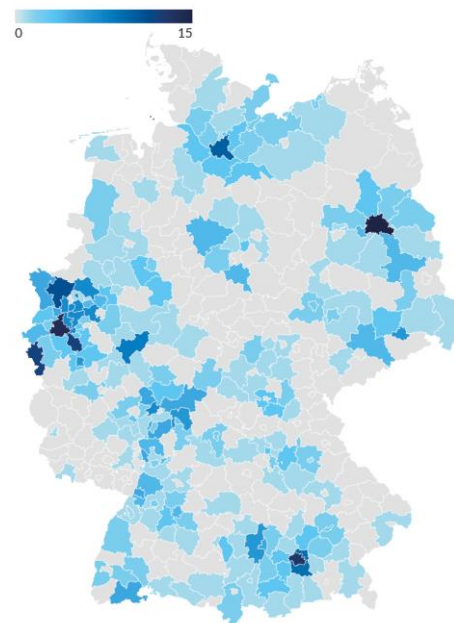
Viele Regionen mit einer Vielzahl an Akteuren und Clustern vor allem in den Zentren der Stahlproduktion im Ruhrgebiet sowie um Hamburg, München und Berlin. Deutschland hat einen **hohen globalen Anteil**, der rückläufig ist.

Zukunftspotenzial: Strategische Bedeutung für Hightech und Energiewende: Europa ist stark von Importen abhängig. Recycling aus Elektroschrott und Magneten erhöht Versorgungssicherheit. Die EU will bis 2030 25% des Bedarfs durch Recycling decken.

Bestehende Herausforderungen: Technisch anspruchsvoll, heute < 1% Recyclingquote für seltene Erden. Aufwendige, teure Prozesse mit toxischen Chemikalien. Ökonomisch oft nicht konkurrenzfähig gegenüber Primärabbau.


ABBILDUNG 18: Rückgewinnung und Recycling von seltenen Erden und Metallen

Akteure, Patente und Publikationen



Quelle: Eigene Darstellung.

BertelsmannStiftung

Anzahl Patente: 552 Anzahl Patentakteure: 314	Anzahl Publikationen: 285 Anzahl Publikationsakteure: 139
Top-3-Akteure: <ol style="list-style-type: none"> 1. Siemens München (DE212) 2. MTU Aero Engines München (DE212) 3. SMS Group Düsseldorf (DEA11) 	Top-3-Akteure: <ol style="list-style-type: none"> 1. Helmholtz-Zentrum Berlin (DE300) 2. LMU München (DE21H) 3. RWTH Aachen (DEA2D)
Top-Patentcode (2010–2024): B22F10/73 – Recycling of metallic powder in additive manufacturing	Beispielthemen aus Publikationen: <ul style="list-style-type: none"> • Lithium aus Mineralen/Clays/Schlacken • Prozessintensivierung (Mikrowelle, mechano-chemisch, Druck-/Autoklav-Leaching) verkürzt Verweilzeiten
Internationale Position Deutschlands (basierend auf Patenten): 2010–2024: 552 Patente (19,0 % an global) 2019–2024: 184 Patente (17,9 % an global) 	

Werkstoffinnovationen

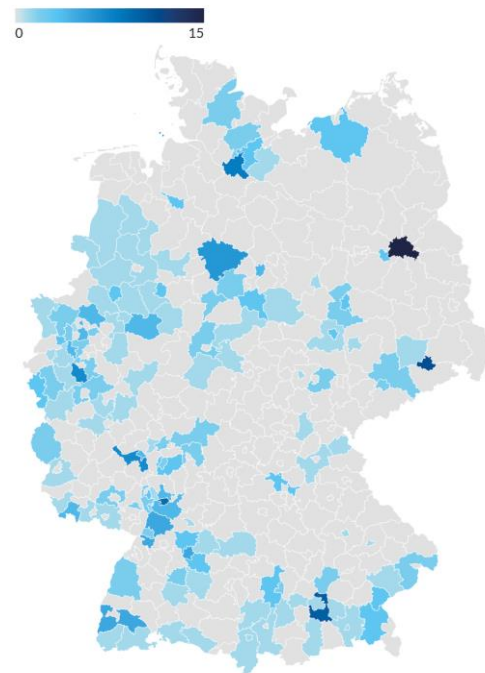
Viele verteilte Akteure in Westdeutschland und einzelne Zentren um München, Dresden, Hannover, Hamburg und Berlin. Es findet mehr Forschung als Patentierung statt.

Zukunftspotenzial: Neue Materialien wie biobasierte Polymere, recycelbare Verbundstoffe oder Debonding-on-Demand-Kleber ermöglichen langlebige, reparierbare und kreislauffähige Produkte. Sie senken den Rohstoffbedarf, fördern das Recycling und eröffnen neue Geschäftsmodelle in Textil, Bau, Elektronik und Mobilität.

Bestehende Herausforderungen: Neue Materialien scheitern an fehlender Recyclinginfrastruktur, hohen Entwicklungskosten, mangelnder Normung und Unsicherheit über Rezyklatqualität. Zielkonflikte mit Funktionalität und Nachhaltigkeit sowie geringe Marktakzeptanz bremsen Skalierung.


ABBILDUNG 19: **Werkstoffinnovationen**

Akteure, Patente und Publikationen



Quelle: Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

Anzahl Patente: 195 Anzahl Patentakteure: 115	Anzahl Publikationen: 396 Anzahl Publikationsakteure: 70
Top-3-Akteure: <ol style="list-style-type: none"> 1. Heidelberg Materials (DE125) 2. Construction Research & Technology Trostberg (DE21M) 3. K-free System Bergisch Gladbach (DEA2B) 	Top-3-Akteure: <ol style="list-style-type: none"> 1. FS-Universität Jena (DEG0J) 2. KIT Karlsruhe (DE123) 3. Max-Planck-Institut Tübingen (DE142)
Top-Patentcode (2010–2024): Y02P40/10 – Production of cement, e.g. improving or optimising the production methods; Cement grinding	Beispielthemen aus Publikationen: <ul style="list-style-type: none"> • Magnetisch aktive weiche Materialien und Softrobotik • Additive Fertigung und 4D-Printing: direkte Integration von Selbstheilung/Magnetik
Internationale Position Deutschlands (basierend auf Patenten):	
2010–2024: 195 Patente (15,4 % an global)	2019–2024: 77 Patente (11,8 % an global) 

Zirkuläres Bauen

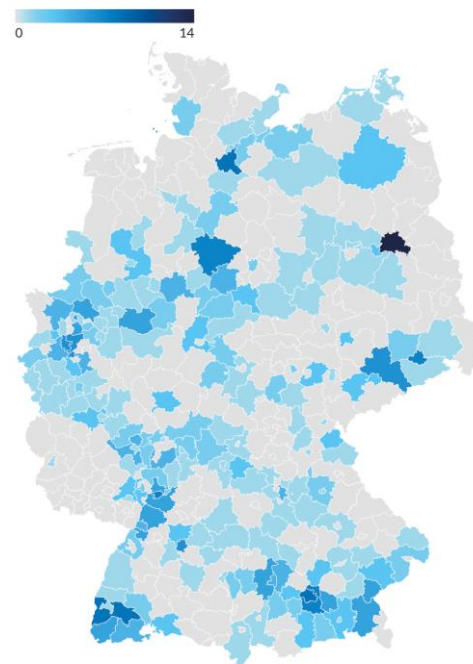
Viele Akteure in der Fläche mit einzelnen Hotspots, vor allem in Hamburg, Berlin, Dresden, Freiburg und München. Dies ist das Trendthema mit dem **höchsten globalen Anteil**, der leicht rückläufig ist.

Zukunftspotenzial: Große Hebelwirkung im Bausektor: Rund die Hälfte aller entnommenen Rohstoffe steckt in Gebäuden, über ein Drittel des Abfalls stammt aus Bau- und Abrissmaßnahmen. Wiederverwendung reduziert Primärmaterialbedarf und CO₂-Emissionen deutlich.

Bestehende Herausforderungen: Geringe hochwertige Wiederverwertungsquote, fehlende wirtschaftliche Anreize. Altlasten und fehlende Normen erschweren Wiederverwendung.


ABBILDUNG 20: Zirkuläres Bauen

Akteure, Patente und Publikationen



Quelle: Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

Anzahl Patente: 471 Anzahl Patentakteure: 226	Anzahl Publikationen: 227 Anzahl Publikationsakteure: 69
Top-3-Akteure: <ol style="list-style-type: none"> 1. Construction Research & Technology Trostberg (DE21M) 2. Heidelberg Materials (DE125) 3. BASF Ludwigshafen (DEB34) 	Top-3-Akteure: <ol style="list-style-type: none"> 1. TU Dresden (DED21) 2. TU Braunschweig (DE911) 3. TU München (DE21H)
Top-Patentcode (2010–2024): Y02W30/91 – Use of waste materials as fillers for mortars or concrete	Beispielthemen aus Publikationen: <ul style="list-style-type: none"> • Urban Mining: Ersatzstoffe wie Recyclingfeinsande, RC-Pasten, Ziegel-/Glas-/Keramikmehle, Schlacken • Demontierbare Systeme, 3D-Druck – erleichtern Rückbau, Reparatur
Internationale Position Deutschlands (basierend auf Patenten): 2010–2024: 471 Patente (21,0 % an global) 2019–2024: 152 Patente (20,0 % an global) 	

3 Ist Deutschland auf dem richtigen Weg der Transformation? – Zusammenfassung und Fazit

3.1 Die deutsche Innovationsleistung steht im internationalen Vergleich gut da, muss sich aber an die Dynamik der aufstrebenden Akteure anpassen

Deutschland steht aktuell bei den Innovationen in der Circular Economy im internationalen Vergleich sehr gut da und belegt bei den Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt nach den USA den zweiten Rang. Bei den Patentzitationen, einem Maß für die Wirkungskraft und Reichweite der patentierten Innovationen, liegt Deutschland sogar an der Spitze. Doch um diese herausragende globale Position in dem Sektor halten zu können, müssen die deutschen Innovationsakteure aktiv bleiben und ihre Anstrengungen intensivieren. Die Patentierungen in anderen Top-Innovationsländern wie Japan und auch den USA, aber insbesondere bei den aufsteigenden Akteuren China und Südkorea, verhalten sich teilweise deutlich dynamischer. Deutschland ist dadurch der Gefahr ausgesetzt, seine Top-Positionierung zu verlieren.

Die deutsche Spitzenposition bei den Patentzitationen zeigt den hohen Einfluss der Patente auf spätere Patentanmeldungen. Daraus kann geschlossen werden, dass diese Patente oft als Grundlage für weitere Patentanmeldungen dienen und deutsche Akteure damit in wichtiger Grundlagenforschung aktiv sind. Ein Teil der erfassten Zitationen je Patent umfasst auch spätere Patente desselben Akteurs, der die eigene Innovation weiterentwickelt. Das zeigt, dass einmal angemeldete Patente bzw. deren Innovationen oft länger relevant bleiben und weiterverfolgt werden.

Bei der Größe der Patentfamilien zeigen sich Defizite in der deutschen Innovationslandschaft. Die globale Gültigkeitsreichweite deutscher Patente ist im Vergleich zu anderen Top-Anmeldeländern unterdurchschnittlich. So sind Patente aus den USA und Großbritannien jeweils bei ca. 50 % mehr Patentämtern global gemeldet als die deutschen Patente. Ein Grund dafür könnte sein, dass deutsche Anmelder ihre Patente häufiger aus Kosten-Nutzen-Gründen primär für den deutschen und europäischen Markt anmelden und auf die internationale Ausdehnung verzichten. Zudem könnte dies auf unterschiedliche Patentierungskulturen hindeuten. Die Unternehmen der Länder mit großen Patentfamilien adressieren häufig viele verschiedene internationale Märkte gleichzeitig, um expandieren zu können.

Die deutsche Innovationslandschaft meldet die meisten Patente in dem Circular-Economy-Bereich *Effizientere Herstellung und Nutzung von Produkten (Refuse, Rethink, Reduce)* an. Das zeigt, dass Deutschland vor allem für die Herstellungsprozesse und die Nutzungsphase auf der Suche nach Optimierungspotenzialen ist. Die meisten anderen Top-Innovationsländer legen einen größeren Schwerpunkt auf die *Wiederverwendung von Produkten und Einzelteilen (Recycle, Recover)*. Im globalen Vergleich ist die Position Deutschlands am stärksten im Bereich der *Verlängerung der Lebensdauer von Produkten (Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose)* mit einem Weltpatentanteil von 23 %.

Grundsätzlich stammen Patentanmeldungen besonders häufig von Unternehmen – das gilt global wie auch in Deutschland. Da hinter Patentanmeldungen vor allem ökonomische und unternehmerische Motive stehen und ein gewisser administrativer und finanzieller Aufwand notwendig ist, erscheint dies zunächst auch nicht verwunderlich. Die statistische Auswertung verdeutlicht, dass Deutschland mit 1,5 % eine im internationalen Vergleich besonders niedrige Teilhabe von Universitäten und Forschungseinrichtungen an den gesamten Patentanmeldungen der Circular Economy verzeichnet. In anderen Ländern liegt der Anteil zwischen 3 und knapp 6 %. Eine Studie des Fraunhofer ISI Instituts zeigt aber auch, dass akademische Erfinder in Europa an einem deutlich höheren Anteil von Patenten beteiligt sind, als der unmittelbare Blick auf die formalen Patentanmelder suggeriert (Frietsch & Neuhäusler, 2025). Grund dafür ist vor allem Auftragsforschung im Namen von Unternehmen. Auf der einen Seite weist dies auf eine gute Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft hin. Andererseits lassen hiesige Universitäten und Hochschulen wirtschaftliche Potenziale ungenutzt, da sie zu selten eigene Patente anmelden oder unzureichend an der kommerziellen Verwertung ihrer Innovationen teilhaben.

Die Akteurslandschaft in Deutschland ist geprägt von starken Einzelakteuren mit meist auch führenden Positionen im globalen Vergleich. Besonders Siemens und BASF stechen als globale Nummer eins und drei hervor. Mittelständische und familiengeführte Unternehmen, als „Hidden Champions“ ein Markenzeichen der deutschen Unternehmenslandschaft, spielen aufgrund der verwendeten Bemessungsmethode anhand der Patentsumme pro Akteur keine Rolle als Patentanmelder unter den Top-Akteuren. Dies deckt sich mit Ergebnissen anderer Studien: Nur etwa 3 % der mittelständischen Unternehmen halten Patente. Patentanmeldungen konzentrieren sich bei forschungsintensiven, größeren und international tätigen Unternehmen (Zimmermann, 2025). Im Circular-Economy-Sektor sind die bedeutendsten Innovationsakteure in vielen verschiedenen Patentthemen aktiv, anstatt einen klaren Fokus auf ein einzelnes oder einige wenige Innovationsgebiete aufzuweisen. Auch daher tauchen die stark spezialisierten kleineren Unternehmen nicht unter den wichtigen Akteuren auf. Viele Mittelständler setzen eher auf Markenrechte, Prozessinnovationen oder schnelle Markteinführung statt auf den aufwendigeren formalen Patentschutz. Innovation wird hier oft pragmatisch umgesetzt und daher nicht immer patentiert (Zimmermann, 2025). Im Hinblick auf den globalen Innovationswettbewerb und die zunehmende internationale Konkurrenz kann das problematisch werden, wenn geistiges Eigentum ohne Erlaubnis kopiert und genutzt wird. Programme wie „Ideas Powered for business“ auf EU-Ebene vom European Union Intellectual Property Office (EUIPO, o. D.) und „WIPANO – Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE, o. D. a) bieten Unterstützung für kleinere und mittlere Unternehmen. Die Großkonzerne wie Siemens und BASF prägen hingegen die starken Innovationspositionen innerhalb der Circular Economy und sollten die bestehenden Stärken auch weiterhin bestmöglich einsetzen. Diese global führenden Top-Akteure fördern Deutschland als Circular-Economy-Innovationshotspot und stärken dadurch auch das Innovationsumfeld für kleinere und mittlere Unternehmen.

Im Vergleich der identifizierten globalen und nationalen Technologie- und Innovationstrends zeigt sich, dass die deutschen Themen eine Vielzahl von Überschneidungen mit den globalen Themen aufweisen. Zu den auf beiden Ebenen identifizierten Thementrends gehören Batterietechnologien,

Kunststoffe, biobasierte Materialien sowie der Baubereich. Trendthemen, die global relevant sind, jedoch national nicht explizit als Schwerpunkte hervorgehoben werden, sind der *zirkuläre Straßenbau*, das *Urban Mining*, *zirkuläre Verpackungen und Textilien* sowie das *Design for Circularity*. Einige der globalen Themen lassen sich allerdings deutschen Trendthemen zuordnen: der *zirkuläre Straßenbau* dem *zirkulären Bauen*, die *zirkulären Verpackungen und Textilien* den *Werkstoffinnovationen* und der *biobasierten Chemie* sowie das *Design for Circularity* den *zirkulären Geschäftsmodellen*. Grundsätzlich zeigt sich also, dass Deutschland auf die Themen setzt, die zukünftig global wichtig werden. Die nationalen Themenschwerpunkte weisen auf die für Deutschland historisch und kulturell prägenden Sektoren wie die Stahl- und Metall- sowie die Chemie- und Pharmaindustrie hin.

Die Patentierungs- und Publikationsaktivitäten in den identifizierten und priorisierten Technologie- und Innovationstrends sind inhaltlich breit gefächert und viele unterschiedliche, über Deutschland verteilte Institutionen daran beteiligt. Gleichzeitig stechen mehrere große Innovationszentren hervor. In allen Trendthemen sind die deutschen Großstädte wie München, Berlin und Hamburg stark vertreten, was auf die hohe Anzahl von Forschungseinrichtungen und Unternehmen zurückzuführen ist. Auch gibt es spezifische Hotspots, die historisch bedingt sind, bspw. das Rhein-/Ruhrgebiet im Bereich der Metallurgie und Chemie oder Ludwigshafen im Bereich der Chemie und der Kunststoffe. Erlangen und Hannover sind vor allem durch Einzelakteure mit dortigen Innovationsschwerpunkten weit oben unter den deutschen Städten und Kreisen zu finden. Mit Blick auf die Institutionen gibt es wiederkehrend Akteure, die in verschiedenen Themenbereichen aktiv sind. So sind bei den Universitäten die TU München und die RWTH Aachen häufig vertreten, bei den Forschungsinstituten das KIT Karlsruhe. Bei den Unternehmen stehen vor allem BASF Ludwigshafen, Siemens München sowie Heidelberg Materials an vorderster Stelle. Bei den Top-Akteuren wird deutlich, dass vor allem breit aufgestellte und große Akteure das Patentgeschehen bestimmen. Bei den forschenden Institutionen stechen Universitäten hervor, die aufgrund ihrer Lage und thematischen Ausrichtung eine große Nähe zur Wirtschaft haben und damit hohe Drittmittel einwerben können. Die RWTH Aachen verfügt über eine starke industrielle Verankerung im Maschinenbau sowie in der Produktionstechnik und die TU München über ein starkes Start-up-Förderumfeld mit direktem Technologietransfer.

Die geografischen Hotspots sowie die identifizierten Akteure weisen auf die in der deutschen Wirtschaft bestehenden industriellen Kernkompetenzen hin, die historisch gewachsen und immer noch prägend sind. Bestehende Stärken und Kompetenzprofile haben daher nach wie vor einen hohen Stellenwert und bieten auf der einen Seite eine gute Grundlage für innovative Weiter- und Neuentwicklungen. Auf der anderen Seite besteht das Risiko, dass sie das Innovationsgeschehen bremsen, indem zu sehr an alten Themen und Technologien festgehalten und versucht wird, diese in neue Geschäftsmodelle und Prozesse zu überführen. Die Transformation zur Circular Economy erfordert disruptive Anpassungen ganzer Wertschöpfungsketten – vom Design über die Nutzungsphase bis zur Wiederverwendung oder dem Recycling. Das unternehmerische Experimentieren sowie die Stärkung der Märkte für Sekundärrohstoffe sollten politisch gefördert werden, um die bestehenden Strukturen und Kompetenzen zu nutzen und auszubauen (Gandenberger, 2021).

Bei allen Trendthemen, denen Patente zugeordnet werden können, hat Deutschland einen herausragenden globalen Anteil von über 10 % – beim zirkulären Bauen zuletzt sogar über 20 %. Diese Anteile haben im Zeitraum der letzten fünf Jahre jedoch bei allen Trendthemen um 1 bis 2 Prozentpunkte abgenommen, nur nicht beim Thema „Batterietechnologie- und recycling“, das um 1,6 Prozentpunkte gestiegen ist. Dieser Trend in den deutschen Technologie- und Innovationsthemen korreliert mit den Ergebnissen der übergeordneten Patentanalyse. Hier zeigen sich vor allem China und Südkorea mit deutlichen Wachstumszahlen und einer starken Dynamik, während Deutschland und die anderen westlichen Volkswirtschaften ein weniger starkes Wachstum verzeichnen. Dabei baut Deutschland auf bestehenden Stärken auf, was zum einen ein Vorteil im Hinblick auf Know-how und Infrastruktur ist, zum anderen aber auch ein dynamikhemmender Nachteil sein kann, da sich bestehende Systeme langsamer verändern. Um auch weiterhin eine Top-Platzierung im internationalen Patentgeschehen einzunehmen, muss Deutschland seine Innovationsanstrengungen intensivieren.

3.2 Skizzierte Handlungsansätze zielen auf die Stärkung der Circular-Economy-Innovationslandschaft in Deutschland

Die vorliegende Untersuchung zeigt, wo Deutschlands Innovationsleistung, gemessen an Patenten und Publikationen, im internationalen Kontext steht und welche Akteure schwerpunktmäßig daran beteiligt sind. Sie liefert zudem einen inhaltlichen und strukturellen Einblick in die nationalen Themen und Aktivitäten.

Die Transformation zu einer Circular Economy stellt eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe dar, die tiefgreifende Veränderungen in Wertschöpfungsketten und Geschäftsmodellen erfordert. Sie erfolgt oft inkrementell, indem die bestehende technologische Leistungsfähigkeit genutzt wird. Vor allem Deutschland baut auf einer historisch und kulturell gewachsene Industriestruktur auf, die eine gute Grundlage für deren Weiterentwicklung bietet. Das Aufbauen auf bestehenden Strukturen ist wirtschaftlich sinnvoll, kann aber gleichzeitig die Dynamik des Innovationsgeschehens bremsen, da Widerstände aufgelöst werden müssen. Dies könnte ein Grund für die im internationalen Vergleich langsamere Patentedynamik Deutschlands sein.

Um die Innovationsdynamik zu stärken, sind weitere politische Weichenstellungen erforderlich. In der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) wird das Thema der Innovationen und der zielgerichteten Innovationsförderung bereits als zentraler Hebel für die Transformation zur Circular Economy gesehen. Demnach soll der Wert von Produkten und Rohstoffen möglichst lange erhalten bleiben und darüber die Resilienz und die Innovationskraft Deutschlands gestärkt werden. Gleichzeitig wird betont, dass auf dem Weg der Transformation Investitionen, technologische Innovationen und Kooperationen benötigt werden. Die NKWS verfolgt das Ziel, die dafür nötigen Maßnahmen anzustoßen und einen verlässlichen Rahmen zu schaffen. Bei der Umsetzung ist vor allem auf die rechtliche Verbindlichkeit zu achten, um eine Planungs- und Investitionssicherheit zu gewährleisten. Die NKWS ist somit Bestandteil einer strategisch ausgerichteten, **missionsorientierten Innovationspolitik**, mit der gezielt große gesellschaftliche Herausforderungen definiert und politisches Handeln ausgerichtet wird. Ihr fehlen jedoch verbindliche Ziele, ein klarer

Umsetzungsplan und klare Governance-Strukturen, wie die ambitionierten Ziele flächendeckend umgesetzt werden sollen.

Einen zentralen Hebel zur Transformation stellt die öffentliche Hand dar, die zirkuläre Kriterien in der **öffentlichen Beschaffung** verbindlich verankern könnte. Sie kann durch ihre Nachfragekraft von knapp 15 % des BIP (OECD, 2019) als Leitmarkt fungieren und Innovationen in allen Bereichen gezielt anstoßen. Dabei sollte der Fokus im Hinblick auf die Beschaffung nicht allein auf dem Preis liegen, sondern Nachhaltigkeitsstandards, Rezyklatquoten und Lebenszyklusbewertungen integrieren. Aktuell werden jedoch nur bei knapp 14 % der Vergaben Nachhaltigkeitskriterien berücksichtigt (Bertelsmann Stiftung, 2024; BMW, 2025). Mit dem Kompetenzzentrum innovative Beschaffung (KOINNO) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie sowie der Kompetenzstelle für nachhaltige Beschaffung (KNB) des Bundesinnenministeriums existieren allerdings bereits zentrale Anlaufstellen für alle Fragen rund um das Thema „Innovative und nachhaltige öffentliche Beschaffung“ (BMW, o. D. b; BMI, o. D.).

Weitere Schlüsselthemen auf dem Weg der Transformation sind die Querschnittsaufgaben der **Standardisierung** und **Digitalisierung**. Einheitliche Datenformate, digitale Produktpässe und vergleichbare Life Cycle Assessments sind Voraussetzungen für die Skalierung zirkulärer Geschäftsmodelle und die branchenübergreifende Zusammenarbeit. Unternehmen benötigen hierfür nicht nur technische Lösungen, sondern auch Wissen und Orientierung, etwa durch Materialdatenbanken oder Best-Practice-Kommunikation. Gute Beispiele liefern die Materialdatenbank „Ressource Deutschland“ des VDI ZRE und die Normungsroadmap von DIN, DKE und VDI. Erstere ist eine Plattform für Sekundärrohstoffe und Produktionsreststoffe für Unternehmen, die bisher wenig Erfahrung mit der Verwertung, dem Ankauf oder der Veräußerung dieser Stoffe haben (VDI ZRE, o. D.). Letztere gibt einen Überblick über den Status quo der Normungen im Circular-Economy-Bereich (DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 2023).

Eine besondere Herausforderung stellen **zirkuläre Geschäftsmodelle** dar – sowohl in ihrer Finanzierung als auch in ihrer Bewertung. Neue Narrative und Bewertungslogiken, die den langfristigen Wert von Produkten und Materialien über mehrere Nutzungszyklen hinweg sichtbar machen, sind dafür erforderlich. Beispiele wie Mehrwegverpackungssysteme oder Rücknahmemodelle über Pfand- oder Leasingssysteme, bspw. für Batterien, seltene Erden oder Baustoffe, verdeutlichen das Potenzial, aber auch die Komplexität solcher Ansätze. Es gibt bereits erfolgreiche Geschäftsmodelle, wie das Refurbishment von Elektrogeräten, die großen Erfolg haben. Neue Akteure wie „refurbed“ oder „rebuy“ kommen auf den Markt und verändern durch ihre Geschäftsmodelle sowohl die vorgelagerten Unternehmensstrukturen der Zulieferer als auch die Kaufentscheidungen der Kund:innen. Wenn Geschäftsmodelle nicht nur ökologisch sinnvoll, sondern auch wirtschaftlich sind, können Innovationen entstehen.

Ein zentraler Treiber können Programme für die **Forschungsförderung und Clusterbildung** sein. In ihnen werden regionale Synergien zwischen Unternehmen, Forschung und Politik gefördert und durch gezielte Investitionen die Entwicklung und Skalierung von Innovationen beschleunigt. Beispiele gibt es in der Batterietechnologie (BatteryCityMünster), in der biobasierten Chemie (Chemie-Cluster Bayern) oder in der Rückgewinnung kritischer Rohstoffe (geplantes Europäisches Zentrum für kritische Rohstoffe).

Die Stärkung der Innovationsleistung für die Circular Economy erfordert ein integriertes Zusammenspiel von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Die Innovationspolitik muss fokussiert und missionsorientiert gestaltet sein – mit klaren Zielen, sektorübergreifender Zusammenarbeit und einem gemeinsamen Verständnis für die ökologischen und ökonomischen Chancen der Circular Economy. Die öffentliche Hand sollte ihre Rolle als Impulsgeberin und Nachfragerin aktiv wahrnehmen, Standards setzen und Innovationsräume schaffen. Gleichzeitig müssen Unternehmen befähigt werden, zirkuläre Ansätze wirtschaftlich zu bewerten und umzusetzen. Die Digitalisierung und Standardisierung von Daten sowie die Förderung von Forschung in zentralen Technologie- und Innovationsfeldern sind dabei zentrale Pfeiler. Und auch das Lernen voneinander ist ein relevanter Baustein auf dem Weg der Transformation. Ein Blick zu unseren niederländischen Nachbarn zeigt bspw. viele gute Circular-Economy-Ansätze, die mit einer Circularity Rate (Anteil der Materialien, die nach dem Gebrauch wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden) von 30,6 % dastehen. Deutschland liegt hier im Jahr 2023 bei 13,9 % (Eurostat, 2025).

Die Untersuchung zeigt, dass Deutschland in der Patentierung global gesehen eine Vorreiterrolle innehat – vor allem in Themenbereichen wie dem „Zirkulären Bauen“ mit einem bereits hohen Anteil sowie im Bereich „Batterietechnologie und -recycling“ mit einem wachsenden Anteil. Eine Fokussierung auf den Ausbau einzelner bereits herausragender Themenfelder könnte ein Schlüssel für eine gelingende Transformation sein, die durch Erfolgserlebnisse und Best Practices auch weitere Akteure aus anderen Themenfeldern inspirieren und zum aktiven Handeln motivieren kann.

Um die Ergebnisse zu diskutieren, den Wissens- und Erfahrungsaustausch zu initiieren und weitere Handlungsempfehlungen zu entwickeln, wird der Aufbau eines Akteursnetzwerks empfohlen, in dem alle in dieser Untersuchung identifizierten forschenden und patentierenden Institutionen und Unternehmen einbezogen werden. Ein initialer Workshop kann dabei helfen, nächste Schritte zu konkretisieren, um gemeinsam an der Stärkung der deutschen Innovationsleistung im Zukunftsfeld der Circular Economy zu arbeiten.

4 Literatur

- Bertelsmann Stiftung (2023). Green Tech made in Germany: Wie zukunftsfit sind wir?
[W Studie Green Tech made in Germany final.pdf](#).
- Bertelsmann Stiftung (2024). Nachhaltigkeit in der öffentlichen Beschaffung.
[W Focus Paper 23 Nachhaltigkeit in der oeffentlichen Beschaffung.pdf](#).
- BMI (Bundesministerium des Innern) (o. D.). Die Kompetenzstelle für nachhaltige Beschaffung.
https://www.nachhaltige-beschaffung.info/DE/Allgemeines/1_0_KNB/1_0_Ueberuns_node.html.
- BMUKN (Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2024). Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS). [BMUKN: Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie \(NKWS\)](#).
- BMWE (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2025). Vergabestatistik: Bericht für das Gesamtjahr 2023.
https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/Downloads-Publikationsliste/vergabestatistik-bericht-fuer-das-gesamtjahr-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=4.
- BMWE (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (o. D. a). WIPANO.
<https://www.innovation-beratung-foerderung.de/INNO/Navigation/DE/WIPANO/wipano.html>.
- BMWE (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (o. D. b). Das Kompetenzzentrum innovative Beschaffung. <https://www.koinno-bmwk.de/>.
- CIGI (Centre of International Governance Innovation) (2021). What Do China's High Patent Numbers Really Mean? <https://www.cigionline.org/articles/what-do-chinas-high-patent-numbers-really-mean/>.
- Dechezleprêtre, Antoine, Yann Ménière & Myra Mohnen (2017). International patent families: from application strategies to statistical indicators. In: Scientometrics, 111, S. 793–828.
- de Rassenfosse, Gaétan, Hélène Dernis, Geert Boedt (2014): An Introduction to the Patstat Database with Example Queries. In: The Australian Economic Review, vol. 47, no. 3, pp. 395–408.
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2023). Deutsche Normungsroadmap Circular Economy.
<https://www.din.de/resource/blob/892606/06b0b608640aadd63e5dae105ca77d8/normungsroadmap-circular-economy-data.pdf>.
- EUIPO (European Union Intellectual Property Office) (o. D.) KMU-Fonds 2024 – Stärken Sie Ihr Unternehmen. <https://www.euipo.europa.eu/de/sme-corner/sme-fund>.
- Europäische Kommission (o. D. a). Circular Economy Act.
https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy_en#laws.
- Europäische Kommission (o. D. b). Circular Economy Act. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14812-Circular-Economy-Act_en.

Eurostat (2025). Circular economy - material flows. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?oldid=687078>.

Frietsch, Rainer, & Peter Neuhäusler (2025). Akademische Patente als neuer Indikator für den Technologietransfer von Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Fraunhofer ISI (Hrsg.) [Akademische Patente als neuer Indikator für den Technologietransfer von Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen - Fraunhofer ISI](#).

Gandenberger, Carsten (2021). Innovationen für die Circular Economy - Aktueller Stand und Perspektiven. Umweltbundesamt (Hrsg.). https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021_01_11_uib_01-2021_innovationen_circular_economy.pdf.

Harhoff, Dietmar, Frederic M. Scherer & Katrin Vopel (2003). Citations, family size, opposition and the value of patent rights. In: Research Policy, 8(32), S. 1343–1363.

OECD (2019). Öffentliche Vergabe in Deutschland: Strategische Ansatzpunkte für mehr Lebensqualität und Wachstum. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/de/publications/reports/2019/08/public-procurement-in-germany_2e617775/48df1474-de.pdf.

OECD (2025). The Circular Economy in Cities and Regions of the European Union. OECD Urban Studies, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/e09c21e2-en>.

PATSTAT (o. D.). PATSTAT Database of the European Patent Office.

VDI ZRE (o. D.). Materialdatenbank. <https://www.ressource-deutschland.de/werkzeuge/ressourceneffizienz-in-der-praxis/materialdatenbank/>.

Zimmermann, Volker (2025). Welche mittelständischen Unternehmen besitzen Patente und Markenrechte? KfW Research, Nr. 501, 13. Mai 2025. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2025/Fokus-Nr.-501-Mai-2025-Patente.pdf>.

5 Anhang

5.1 Methodik

5.1.1 Datenquellen

Die Analyse basiert auf der Verknüpfung mehrerer hochqualitativer Datenquellen, die in großem Umfang den wissenschaftlichen Diskurs, das unternehmerische Innovationsgeschehen und die ersten Phasen des Markttransfers abbilden. Diese Quellen zählen zu den besten verfügbaren Datengrundlagen für die Analyse von Forschung, Entwicklung und Innovation. Die genutzten Datenbanken umfassen Informationen zu wissenschaftlichen Publikationen, Patenten, Unternehmen und deren Finanzierungsaktivitäten.

Tabelle 2: Übersicht Datenquellen

Datenbank	Art	Umfang
OpenAlex	Literatur- und Zitationsdatenbank	~ 250 Mio. wissenschaftliche Dokumente und 1,8 Mrd. Zitationen
PATSTAT	Weltweite Patentdatenbank	> 100 Mio. Patendokumente aus weltweiten Patentämtern
Crunchbase	Unternehmens- und Finanzierungsdaten mit Technologiefokus	> 3 Mio. Unternehmen und 800.000 Finanzierungsereignisse

Quelle: Prognos, 2025.

Die Datenbank **OpenAlex** ist eine wertvolle Ressource für die Analyse wissenschaftlicher Literatur. Sie ermöglicht einen detaillierten Blick auf aktuelle und historische Publikationen, Preprints und Konferenzbeiträge und bietet so eine umfassende Darstellung des weltweiten wissenschaftlichen Outputs. Entwickelt und betrieben von der gemeinnützigen Organisation OurResearch, ist OpenAlex kostenfrei zugänglich und enthält umfangreiche Daten zu Publikationen, Autor:innen, Institutionen, Fachzeitschriften und Themen.

Die **PATSTAT**-Datenbank des Europäischen Patentamts liefert eine fundierte Übersicht über Patentaktivitäten in Industrie- und Entwicklungsländern. Sie umfasst sowohl bibliografische Informationen als auch rechtliche Ereignisdaten zu Patenten, die nach einheitlichen Klassifikationssystemen sortiert sind. Die Aktualisierung erfolgt halbjährlich. Allerdings erfasst PATSTAT keine nicht patentierten Innovationen, wie etwa viele Softwareentwicklungen. Es ist zu beachten, dass Patente aufgrund einer Geheimhaltungsfrist erst mit einer Verzögerung von etwa 18 Monaten veröffentlicht werden.

Crunchbase ist eine zentrale Datenquelle für die Analyse von Unternehmensgründungen und Wagniskapitalaktivitäten. Sie enthält eine Vielzahl von Informationen über Technologieunternehmen, Finanzierungsereignisse und wirtschaftliche Aktivitäten. Trotz der breiten Abdeckung in Nordamerika und Europa könnten Daten aus anderen Regionen weniger

vollständig sein. Die Fokussierung auf private Unternehmen und der starke Schwerpunkt auf den US-amerikanischen Markt könnten ebenfalls zu Verzerrungen führen. Öffentliche Investitionen, insbesondere aus autoritären Staaten, sind in dieser Quelle kaum enthalten, was bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen ist.

5.1.2 R-Strategien

Die R-Strategien sind integraler Bestandteil der Circular Economy und stellen eine handlungsorientierte Konkretisierung des Konzepts dar. Der systematische Ansatz bietet entlang der Phasen eines Produktzyklus (Rohstoffentnahme, Herstellung, Nutzung, Entsorgung) Ansatzpunkte zur zirkulären Transformation. Dabei lassen sich die R-Strategien in drei Leitprinzipien untergliedern. Die dazugehörigen R-Strategien sowie eine Erläuterung sind in der folgenden Tabelle zu finden.

Tabelle 3: Beschreibung der R-Strategien

Leitprinzip	R-Strategie	Erläuterung
Effizientere Herstellung und Nutzung von Produkten	Refuse (Ablehnen)	Vermeidung von unnötigen und umweltschädlichen Herstellungsverfahren, Produkten, Rohstoffen oder Dienstleistungen, die keine essenziellen Bedürfnisse erfüllen. Im Kern sollen Konsum hinterfragt und umweltfreundliche Alternativen gefunden werden.
	Rethink (Überdenken)	Ein Neudenken und Überdenken, wie Produkte, Prozesse oder Dienstleistungen entwickelt und genutzt werden. Unternehmen können Produkte so designen, dass sie langlebiger, leichter zu reparieren oder auseinanderbaubar sind oder individuell hergestellt und gewartet werden können. Auch alternative Nutzungsformen, z. B. durch Miet- und Sharing-Modelle, können einen Beitrag leisten.
	Reduce (Reduzieren)	Der Rohstoff- und Materialeinsatz wird bei der Herstellung oder Nutzung von Produkten so gering wie möglich gehalten und die Produkte effizienter genutzt.
Verlängerung der Lebensdauer von Produkten und Einzelteilen	Reuse (Wiederverwenden)	Produkte werden durch weitere Nutzer:innen wiederverwendet. Die Originalfunktion bleibt dabei erhalten. Produkte sollten so lange wie möglich genutzt werden, z. B. durch Secondhandkäufe oder Tauschsysteme.
	Repair (Reparieren)	Defekte Produkte werden repariert, gewartet und anschließend wiederverwendet, statt sie wegzuerwerfen. Dadurch wird die Lebensdauer verlängert und Abfall verringert.
	Refurbish (Instandsetzung)	Gebrauchte Produkte werden professionell instand gesetzt, sodass sie wieder funktionsfähig und ansehnlich sind. Besonders in der Elektronik- und Möbelindustrie wird diese Strategie häufig genutzt.
	Remanufacture (Wiederaufbereitung)	Produkte werden vollständig demontiert, und einzelne Bauteile werden in neuen oder generalüberholten Produkten weiterverwendet, was besonders in der Automobil- und Elektronikindustrie Ressourcen spart. Die Funktion der Bestandteile bleibt erhalten. Geeignete Bestandteile eines Produktes werden gereinigt oder repariert und in einem neuen Produkt eingebaut.

	Repurpose (Umnutzung)	Materialien oder Produkte erhalten eine neue Funktion, für die sie ursprünglich nicht gedacht waren, etwa wenn alte Glasflaschen als Vasen oder Reifen als Sitzmöbel genutzt werden. Die Produkte ändern ihre Funktion.
Wiederverwendung der einzelnen Materialien	Recycle (Recyclen)	Materialien und Wertstoffe werden aus Abfällen oder alten Produkten zurückgewonnen und zu neuen Produkten verarbeitet. So wird der Materialkreislauf geschlossen, Ressourcen werden geschont und Abfall verringert.
	Recover (Energetische Verwertung)	Wenn alle anderen R-Strategien ausgeschöpft sind oder nicht angewendet werden können, werden Produkte, die zu Abfall geworden sind, in der Müllverbrennungsanlage energetisch verwertet. Produkte und Materialien verschwinden dadurch aus dem Kreislauf und leisten durch die Energie, die bei ihrer Verbrennung entsteht, einen Beitrag bei der Strom-, Wärme- oder auch Biogaserzeugung.

5.1.3 Patentanalyse zu den Innovationsaktivitäten der Circular Economy

Die Analyse basiert auf strukturierten Patentdaten der PATSTAT-Datenbank. Ziel war es, die aktuellen Innovationsleistungen zu untersuchen und die deutschen Patentanmeldungen im internationalen Vergleich quantitativ einzuordnen. Dadurch lassen sich Entwicklungen und Schwerpunkte im globalen Innovationsgeschehen gezielt bewerten.

In der Patentanalyse wurden die globalen Patentanmeldungen bei der Europäischen Patentorganisation (EPO) für die Jahre 2010 bis 2024 analysiert. Die Auswertung erfolgte nach Patentcodes, Patentakteuren, Patentthemen und Anmeldeländern.

Statistische Abgrenzung

Die Abgrenzung relevanter Patente für die Circular Economy basiert auf der Cooperative Patent Classification (CPC). Sie umfasst rund 250.000 Klassen und erlaubt eine detaillierte Differenzierung nach Technologien. Für die Analyse wurden ca. 1.700 relevante CPC-Codes vollständig berücksichtigt. Während technische Innovationsfelder detailliert abgebildet sind, erfolgt die Klassifikation in bereichsübergreifenden oder prozessorientierten Innovationsfeldern in den CPC-Codes meist aggregierter.

Datenbasis

Grundlage der Analyse sind EPO-Patentdaten aus der PATSTAT-Datenbank. Berücksichtigt werden alle Patentanmeldungen mit relevanten CPC-Codes der Circular Economy, die bei der EPO eingereicht bzw. in Europa erteilt wurden. Die Daten enthalten neben Jahr und Herkunftsland auch Informationen zu Anmelder:innen, Erfinder:innen, Patentzitationen und Patentfamiliengrößen sowie inhaltliche Kurzbeschreibungen (Abstracts). Es wurden Patentanmeldungen aus über 100 relevanten Ländern aller Kontinente analysiert. So steht im Ergebnis eine globale Summe von rund 62.000 Patenten, die in die Analyse eingeflossen sind.

Aufgrund von Prüfverfahren und Veröffentlichungsfristen (bis zu fünf Jahre) besteht ein systematischer Zeitverzug. Der Datenstand reicht bis 2024, ist jedoch für die Jahre ab 2022 noch unvollständig.

Statistische Analyse

Die Auswertung der Patentdaten erfolgt mithilfe der Abgrenzung der Circular Economy. Patente werden den Bereichen und Trendthemen zugeordnet und nach Anmeldeländern und -akteuren aggregiert. Neben jahresspezifischen Auswertungen erfolgt eine Aggregation über den Gesamtzeitraum 2010 bis 2024, da Patente durch ihre Schutzdauer eine langfristige Relevanz aufweisen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass Patente mehrfach zugeordnet sein können – sowohl inhaltlich als auch geografisch. In dieser Analyse werden Mehrfachzuordnungen anteilig berücksichtigt. Ein Patent, das drei CPC-Klassen zugeordnet ist, davon eine mit CE-Bezug, geht mit einem Drittel in die Analyse ein.

Der Innovationsgehalt einzelner Patente fällt unterschiedlich aus – er reicht von einem grundlegenden Konzept oder einer inkrementellen Verbesserung bis zu einer vollkommen neuen Technologie. Zudem variieren Patentierungskulturen und -praktiken der Patentämter international stark. Patente können auch strategisch eingesetzt werden oder politischen Zielen zugrunde liegen. Zur Verbesserung der Vergleichbarkeit wurde ausschließlich auf EPO-Daten zurückgegriffen. Diese decken alle in Europa gültigen Patente ab und gewährleisten eine konsistente methodische Basis.

5.1.4 Zukunftspotenziale für Innovationen – KI-gestützte Technologie- und Thementrendanalyse

Diese Untersuchung basiert auf der Analyse unstrukturierter Informationen aus wissenschaftlichen Publikationen und Patenten. Ziel war es, neue Themencluster und Innovationsaktivitäten mit Zukunftspotenzial zu identifizieren, um frühzeitig technologische Trends und Entwicklungsschwerpunkte zu erkennen. Hierfür kam das von Prognos entwickelte InSciT-Tool zum Einsatz. Das Augenmerk lag darauf, dynamische und vielversprechende Innovationstrends im Innovationsökosystem der Circular Economy zu entdecken sowie geografische und sektorielle Entwicklungscluster abzubilden. Dazu wurden folgende Schritte durchgeführt:

- 1. Eingrenzung des Suchraums und erste Themenclusterung**

Zunächst wurde eine Definition der Circular Economy basierend auf den R-Strategien erstellt. Im Anschluss wurden mittels eines algorithmischen Clusterverfahrens die Inhalte globaler Publikationen zunächst systematisiert. Anschließend erfolgte eine KI-gestützte Benennung der Cluster auf Basis zentraler Publikationen. Aus über 150.000 Technologie- und Innovationsfeldern konnten schließlich mittels eines KI-gestützten Klassifikationsverfahrens 33.000 Technologiecluster mit einem breit gefassten Bezug zur Circular Economy identifiziert und den R-Strategien zugeordnet werden.

- 2. Iterative Feinabstimmung durch parallele manuelle Verifikation und KI-Verfahren**

In einem zweiten Schritt wurden die bewusst sehr breit gehaltenen Themenfelder in einem parallelen Prozess sowohl von der KI als auch von Expert:innen der Prognos AG auf ihre Relevanz geprüft, priorisiert und zusammengeführt. Die Cluster wurden nach hoher, mittlerer und niedriger Relevanz für die R-Strategien differenziert. Themencluster, die für

den definierten Bereich der Circular Economy als irrelevant eingestuft wurden, blieben in der weiteren Analyse unberücksichtigt. Diese gezielte thematische Bereinigung stellt sicher, dass keine irrtümlich zugeordneten Randthemen die quantitative Auswertung der Daten verfälschen.

3. KI-gestützte Auswertung der identifizierten Themencluster

In der finalen Phase wurde eine KI-gestützte Analyse der zuvor als relevant identifizierten Themencluster durchgeführt, um sowohl globale als auch deutsche Technologietrends und relevante Akteure im Bereich der Circular Economy zu identifizieren. Hierbei kam eine innovative Bewertungsmethodik zum Einsatz, die auf der Anzahl der Zitationen basiert, um für jedes Cluster Zukunftsscores zu ermitteln. Mithilfe von maschinellem Lernen und historischen Daten werden Indikatoren für jedes Cluster berechnet, die es ermöglichen, die Aktualität und auch die zukünftige Relevanz von Themen und Technologien abzuschätzen. Darüber hinaus wurden relevante Akteure aus den zugrunde liegenden Daten extrahiert, um diese geografisch zu verorten und damit sowohl deutsche als auch globale Hotspots im Bereich der Kreislaufwirtschaft sichtbar zu machen.

Diese explorative Analyse ergänzt die rein patentbasierte Untersuchung und bietet mehrere Mehrwerte und Erkenntnisse. Zunächst erfolgt eine umfassende Betrachtung der Forschungsleistungen, bei der neben ffs auch wissenschaftliche Publikationen in Bezug auf Anzahl und Zitationen einbezogen werden. Die Analyse unstrukturierter Informationen wird durch KI-gestützte inhaltliche Auswertungen auf Textebene unterstützt, was das Aufspüren neuer Themencluster ermöglicht, ohne auf vorgegebene Klassifizierungen oder bestehende Abgrenzungen angewiesen zu sein. Darüber hinaus wird ein vorausschauender Ansatz verfolgt, der den Fokus auf Innovationsaktivitäten mit besonderem Zukunftspotenzial legt und auch aktuell aufkommende, noch nicht patentfähige Innovationen identifiziert.

Gesamtaktivität (Patente und Publikationen) ohne zeitliche Einschränkung

Im Rahmen der Analyse der Gesamtaktivität von Patenten und Publikationen ohne zeitliche Einschränkung wurde ein Datensatz gebildet, der ausschließlich Einträge mit einem hohen inhaltlichen Bezug und mittlerer bis hoher geschätzter zukünftiger Relevanz berücksichtigte. Für jedes identifizierte Technologiefeld wurde die Anzahl der zugeordneten Publikationen und Patente ermittelt. Anschließend wurden die zehn Technologiefelder mit der höchsten Gesamtaktivität ausgewählt.

Bedeutungszuwachs Wissenschaft

Im Anschluss wurden die zehn Technologiefelder mit der höchsten Wachstumsrate der Publikationsbedeutung identifiziert und visuell dargestellt. Für die inhaltliche Auswertung wurden die Cluster gefiltert, um nur Einträge mit einem hohen inhaltlichen Bezug und der Zugehörigkeit zu den Top-10-Technologiefeldern zu betrachten. Die Wachstumsrate der Publikationen wurde berechnet, indem die Differenz zwischen dem historischen Publikationsscore und dem aktuellen durch den aktuellen Score dividiert wurde. Dies gewährleistete, dass keine Artefakte von sehr kleinen Technologie- und Innovationsfeldern in die Wachstumsrate einfließen, indem nur Technologiefelder mit einer Mindestanzahl an Publikationen über dem 25. Perzentil berücksichtigt

wurden. Nach der Auswahl der Top-10-Technologien wurden die extrahierten Schlüsselwörter analysiert, um zentrale Technologiethemen zu identifizieren und deren Bezüge zur Kreislaufwirtschaft herauszuarbeiten.

Adresse | Kontakt

Bertelsmann Stiftung
Carl-Bertelsmann-Straße 256
33311 Gütersloh
Telefon +49 5241 81-0
bertelsmann-stiftung.de

Marc Wolinda
Senior Project Manager
Programm Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft
Telefon +49 5241 81-81438
marc.wolinda@bertelsmann-stiftung.de
<https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/unsere-projekte/innovations-und-gruendungsdynamik-staerken>