

UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG

03/2023

Umweltinnovateure: Eine Strukturanalyse

Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik

von:

Carsten Gandenberger, Katrin Ostertag, Matthias Gotsch, Elisabeth Eberling,
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe

Unter Mitarbeit von

Folke Marscheider-Weidemann,
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe

Herausgeber:

Umweltbundesamt



UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG 03/2023

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3717 14 101

FB001178

Umweltinnovateure: Eine Strukturanalyse

Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik

von

Carsten Gandenberger, Katrin Ostertag, Matthias Gotsch,
Elisabeth Eberling,
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
ISI, Karlsruhe

Unter Mitarbeit von

Folke Marscheider-Weidemann,
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
ISI, Karlsruhe

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz
Stresemannstr. 128 - 130
10117 Berlin
service@bmu.bund.de
www.bmu.bund.de

Durchführung der Studie:

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe

Abschlussdatum:

Januar 2022

Redaktion:

Fachgebiet I 1.4 Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger
Konsum
Dr. Frauke Eckermann

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1865-0538

Dessau-Roßlau, Juni 2023

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Umweltinnovateure: Eine Strukturanalyse

Um den Umweltproblemen wie zum Beispiel Klimawandel, Stickstoffüberschuss oder Verschlechterung der Boden- und Gewässerqualität zu begegnen, ist eine Weiterentwicklung der deutschen Umweltpolitik dringend nötig. Um die erforderlichen neuen Lösungen hervorzubringen, muss Umweltpolitik auch innovationspolitische Ansätze verfolgen. Im Projekt „Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik“ wurden bereits eine Reihe von Kurzstudien erstellt, die beleuchten, wie Umweltinnovationen entstehen und in die Breite diffundieren, welche Akteure involviert sind und wie Politikinstrumente diese Prozesse beeinflussen. Unternehmen bilden eine zentrale Akteursgruppe im (Umwelt-) Innovationsgeschehen. Sie werden in dieser Studie anhand von Daten zu Anmeldern von Umweltpatenten und von Daten aus einer Unternehmensbefragung näher untersucht. Die Struktur der Umweltinnovateure wird hinsichtlich Branchenstruktur, Unternehmensgröße und regionaler Muster untersucht. Umweltbereiche, in denen die Unternehmen innovieren, ihre F&E-Strategien und weitere Merkmale ihrer Betriebsführung werden analysiert. Aus den Erkenntnissen werden Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung der Umweltinnovationspolitik und für die Gestaltung des Strukturwandels hin zu einer Green Economy gezogen.

Abstract: Environmental Innovators: a structural analysis

In the face of environmental problems such as climate change, nitrogen surplus or the deterioration of soil and water quality, German environmental policy urgently needs to be developed further. In order to find new policy responses, environmental policy must also include innovation policy approaches. The project "Advancement of German Environmental Innovation Policy" has already produced a series of studies that shed light on how environmental innovations emerge and diffuse, which actors are involved and how policy instruments influence these processes. Companies form a central group of actors in the (environmental) innovation process. They are examined in more detail in this study using data on applicants for environmental patents and data from a company survey. The structure of the environmental innovators is examined with regard to sector structure, company size and regional patterns. Environmental fields in which the companies innovate, their R&D strategies and other characteristics of their management are analysed. Conclusions are drawn from the findings for the advancement of environmental innovation policy and for shaping structural change towards a Green Economy.

Inhaltsverzeichnis

Kurzbeschreibung: Umweltinnovateure: Eine Strukturanalyse	5
Abstract: Environmental Innovators: a structural analysis	5
Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	11
Zusammenfassung	12
Summary	14
1 Einleitung	16
2 Umweltinnovateure aus Sicht des Patentgeschehens	18
2.1 Methodische Aspekte zur Verwendung von Patentdaten für die Analyse von Umweltinnovateuren	18
2.1.1 Allgemeine Bemerkungen zur Verwendung von Patentdaten als Innovationsindikator	18
2.1.2 Abgrenzung von Umweltinnovationen in der Patentstatistik	19
2.1.3 Erweiterung der Anmelderdaten	21
2.2 Branchenstruktur, Unternehmensgröße und Konzentration der Patentanmeldungen	22
2.3 Regionale Struktur der Umweltinnovateure	29
2.3.1 Detailbetrachtung für Baden-Württemberg und Bayern	31
2.3.2 Regionale Verteilung von Patenten im Bereich Klimaschutz	32
2.3.3 Regionale Verteilung von Patenten im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft	34
2.3.4 Regionale Verteilung von Patenten im Bereich Luftreinhaltung und Lärmschutz	37
2.3.5 Regionale Verteilung von Patenten - Sonstige	39
2.4 Zusammenfassung und kritische Würdigung der Ergebnisse aus der Patentanalyse	41
3 Umweltinnovationsaktivitäten im deutschen Verarbeitenden Gewerbe - ein Vergleich der Erkenntnisse aus Patent- und Befragungsdaten	43
3.1 Methodische Aspekte	43
3.1.1 Die Rolle von Unternehmensbefragungen zur Analyse von Innovationsaktivitäten	43
3.1.2 Methodischer Rahmen der Befragung „Modernisierung der Produktion 2018“	44
3.2 Vergleichende Auswertung der Datensätze hinsichtlich Größe, Branchenstruktur und regionaler Verteilung der Umweltinnovateure	45
3.3 Zusätzliche Erkenntnisse aus der ISI-Erhebung	48
3.3.1 Umweltrelevanz der Neuprodukte	50
3.3.2 F&E-Strategien von Umweltinnovateuren	51
3.3.3 Merkmale der eigenen Betriebsführung	55

3.4	Zusammenfassung und kritische Würdigung der Ergebnisse aus der Analyse der ISI-Erhebung	57
4	Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik	59
5	Quellenverzeichnis	61
A	Anhang	65
A.1	Anhang zur regionalen Struktur der Umweltinnovateure	65
A.2	Anhang zur Analyse von Umweltinnovateuren auf Basis der ISI-Erhebung 2018	68
A.2.1	Vergleich der Datensätze der ISI-Erhebung und der Patenterhebung	68
A.2.2	Umweltrelevanz von Produktinnovationen - Berechnungen des Fraunhofer ISI basierend auf ISI-Erhebung 2018	71
A.2.3	F&E-Strategien von Umweltinnovateuren	72
A.2.4	Merkmale der Betriebsführung	73

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Anteil der Wirtschaftszweige an den Patentanmeldungen.....	26
Abbildung 2:	Leitregionen abgegrenzt durch zweistellige Postleitzahlgebiete	29
Abbildung 3:	Regionale Verteilung der Umweltpatente auf Ebene von Bundesländern.....	31
Abbildung 4:	Regionale Verteilung der Umweltpatente auf Ebene von Leitregionen.....	31
Abbildung 5:	Verteilung der Umweltpatente Baden-Württembergs und Bayerns auf Umweltbereiche	32
Abbildung 6:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Klimaschutz: CReMA 13 A (Erneuerbare Energien)	33
Abbildung 7:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Klimaschutz: CReMA 13 B (Umweltschutzgüter im Bereich Energieeffizienz)	33
Abbildung 8:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Klimaschutz: CReMA 13B adapt (Umweltfreundliche Güter im Bereich Energieeffizienz)	34
Abbildung 9:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft auf der Ebene von Leitregionen: CEPA 3 (Abfallwirtschaft und Recycling allgemein)	34
Abbildung 10:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft auf der Ebene von Leitregionen: CReMA 13 C (Kunststoffrecycling)	35
Abbildung 11:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft auf der Ebene von Leitregionen: CReMA 13 C adapt (Produkte aus Sekundärrohstoffen, die fossile Primärrohstoffe substituieren)	35
Abbildung 12:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft auf der Ebene von Leitregionen: CReMA 14 (Metall- und Mineralstoffrecycling)	36
Abbildung 13:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft auf der Ebene von Leitregionen: 14 adapt (Produkte aus metallischen/mineralischen Sekundärrohstoffen)	36
Abbildung 14:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich umweltfreundlicher Technologien für Luftreinhaltung (CEPA 1) auf der Ebene von Leitregionen	37
Abbildung 15:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich umweltfreundlicher Güter für Luftreinhaltung (CEPA 1 adapt) auf der Ebene von Leitregionen	38
Abbildung 16:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Lärmschutz auf der Ebene von Leitregionen	38

Abbildung 17:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Abwasser (CEPA 2) auf der Ebene von Leitregionen	39
Abbildung 18:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Mess-, Steuer und Regeltechnik (MSR) auf der Ebene von Leitregionen.....	40
Abbildung 19:	Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich CCS auf der Ebene von Leitregionen	40
Abbildung 20:	Verteilung hinsichtlich Großunternehmen und KMU in ISI- und Patenterhebung.....	46
Abbildung 21:	Verteilung hinsichtlich Wirtschaftszweigen in ISI- und Patenterhebung.....	47
Abbildung 22:	Vergleich der regionalen Verteilung in ISI- und Patenterhebung	48
Abbildung 23:	Umweltwirkung der Produktinnovationen ^{*)}	51
Abbildung 24:	Partner für F&E-Kooperationen ^{*)}	55
Abbildung 25:	Merkmale der Betriebsführung ^{*)}	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Liste der CEPA/CREMA-Bereiche, für die Patentdaten vorliegen	21
Tabelle 2:	Branchenstruktur der Anmelder von Umweltpatenten	23
Tabelle 3:	Anteil von Großunternehmen und Konzentration der Patentanmeldungen	25
Tabelle 4:	Umweltpatentaktivität (2006-2011) in den einzelnen Bundesländern.....	30
Tabelle 5:	Umsatzgrößenklassen unter Umweltinnovateuren in der ISI-Erhebung	46
Tabelle 6:	Umsatzanteil neuer Produkte in 2017 ^{*)}	49
Tabelle 7:	Produktinnovationen mit verbesserter Umweltwirkung	50
Tabelle 8:	Betriebe, die F&E in 2017 intern oder extern betrieben haben	52
Tabelle 9:	Anteil der F&E-Ausgaben am Umsatz in 2017.....	53
Tabelle 10:	F&E-Quoten von Umweltinnovateuren nach Wirtschaftszweigen	54
Tabelle 11:	Umsatzrendite vor Steuern (2017)	56
Tabelle 12:	Übersicht der Postleitzahlengebiete aus den Abbildungen des Berichts	65
Tabelle 13:	Anzahl von Patentanmeldungen nach Bundesland und Umweltbereich	67
Tabelle 14:	Vergleich der Verteilung hinsichtlich Großunternehmen und KMU in ISI-Erhebung und Patenterhebung (Patente)	68

Tabelle 15:	Vergleich der Verteilung hinsichtlich Wirtschaftszweigen (Abteilungen) in ISI- und Patenterhebung.....	68
Tabelle 16:	Vergleich der regionalen Verteilung in ISI-Erhebung (ISI) und Patenterhebung (Patente).....	70
Tabelle 17:	Reduktion der Umweltbelastung durch Produkt	71
Tabelle 18:	Reduzierter Energieverbrauch bei Nutzung	71
Tabelle 19:	Einfachere Wartung/Nachrüstbarkeit	71
Tabelle 20:	Verlängerte Lebensdauer des Produkts	71
Tabelle 21:	Verbesserte Recycling-, Rücknahme-, Entsorgungseigenschaften	71
Tabelle 22:	Verringerte Gesundheitsrisiken bei Nutzung	71
Tabelle 23:	F&E-Kooperation mit Zulieferern und Kunden.....	72
Tabelle 24:	F&E-Kooperation mit anderen Unternehmen (nicht Zulieferer oder Kunden).....	72
Tabelle 25:	F&E-Kooperation mit Forschungseinrichtungen	72
Tabelle 26:	Zertifiziertes Energiemanagementsystem.....	73
Tabelle 27:	Zertifiziertes Umweltmanagementsystem	73
Tabelle 28:	Technologien zur Wiederverwertung von Wasser	73
Tabelle 29:	Technologien zur Rückgewinnung von Bewegungs- und Prozessenergie.....	74

Abkürzungsverzeichnis

BHKW	Blockheizkraftwerk
CCS	CO ₂ -Abscheidung und –Speicherung (Carbon Capture and Storage)
CE	Circular Economy
CEPA	Classification of Environmental Protection Activities
CIS	Community Innovation Survey (europaweite Innovationserhebung von Eurostat)
CReMA	Classification of Resource Management Activities
DE	Deutschland
DL	Dienstleistung
DPMA	Deutsches Patent- und Markenamt
EPO	Europäisches Patentamt (European Patent Office)
F&E	Forschung und Entwicklung
Fraunhofer ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
ggü.	gegenüber
Häuf.	Häufigkeit
IPC	Internationale Patent-Klassifikation (International Patent Classification)
ISI-Erhebung / ISI	Erhebung „Modernisierung der Produktion“ des Fraunhofer ISI
k	Kilo (Tausend)
MSR	Mess-, Steuer- und Regeltechnik
NRW	Nordrhein-Westfalen
PATSTAT	(Weltweite) Patentstatistik-Datenbank des Europäischen Patentamts
REFOPLAN	Ressortforschungsplan
rel.	relativ
WZ	Wirtschaftszweig
ZEW	Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

Zusammenfassung

In vielen Umweltbereichen hinkt die (Umwelt-)Politik ihren selbst gesetzten Zielen hinterher, so zum Beispiel beim Klimaschutz oder dem Erhalt der Boden- und Gewässerqualität. Deshalb ist eine Weiterentwicklung der deutschen Umweltpolitik dringend nötig. Um neue Lösungen hervorzu bringen und Umweltziele schneller zu erreichen als bisher, muss Umweltpolitik auch innovationspolitische Ansätze verfolgen. Im Projekt „Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik“ wurden bereits eine Reihe von Kurzstudien erstellt, die beleuchten, wie Umweltinnovationen entstehen und in die Breite diffundieren, welche Akteure involviert sind und wie Politikinstrumente diese Prozesse beeinflussen.

Unternehmen bilden eine zentrale Akteursgruppe im (Umwelt-)Innovationsgeschehen. Sie werden in dieser Studie anhand von Daten zu Anmeldern von Umweltpatenten und Daten aus einer Unternehmensbefragung näher untersucht. Dabei werden Branchenstruktur, Unternehmensgröße und regionale Muster beleuchtet. Außerdem werden Umweltbereiche, in denen die Unternehmen innovieren, ihre F&E-Strategien und weitere Merkmale ihrer Betriebsführung analysiert. Aus den Erkenntnissen werden Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung der Umweltinnovationspolitik und für die Gestaltung des Strukturwandels hin zu einer Green Economy gezogen. Die wichtigsten Punkte für die Weiterentwicklung der Umweltinnovationspolitik lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ Ein Blick auf die Rolle der **Unternehmensgröße** im Innovationsgeschehen durch die Linse der Patentdaten überzeichnet die Bedeutung großer Unternehmen. Die Befragungsdaten zeigen die große Rolle der KMU im Umweltinnovationsgeschehen. Dies bestätigt die Bedeutung von Förderprogrammen mit spezieller Ausrichtung auf KMU, wie zum Beispiel „KMU innovativ“. Diese Fördermaßnahme des BMBF bedient verschiedene Technologiefelder, davon einige mit hoher Umweltrelevanz (zum Beispiel die Themenfelder „Bioökonomie“ oder „Ressourceneffizienz und Klimaschutz“). Innerhalb der KMU fallen tatsächlich auch kleine Unternehmen ins Gewicht. Das unterstreicht die Wichtigkeit, den Zugang zu Förderprogrammen für Umweltinnovationen niederschwellig und unbürokratisch zu gestalten.
- ▶ Der **Branchenkontext** der Umweltinnovateure ist breit gefächert. Einige der identifizierten Umweltinnovateurs-Branchen - Herstellung von chemischen Erzeugnissen, Nahrungs- und Futtermittel sowie die Textil- und Bekleidungsindustrie - werden gleichzeitig zu den Branchen gezählt, die bei einem Strukturwandel zu einer Green Economy besonders unter Druck geraten könnten. Das wirft die Frage auf, ob der Strukturwandel durch intrasektorale Anpassungen unterstützt werden kann: Während zum Beispiel die Marktchancen konventioneller Aktivitäten der Nahrungs- und Futtermittelindustrie abnehmen, könnten „grüne“ Aktivitäten im gleichen Sektor einen gewissen Ausgleich schaffen. Um solche Wechselbeziehungen für die Gestaltung des ökologischen Strukturwandels gezielt nutzen zu können, ist jedoch ein genauerer Blick in die Zusammenhänge auf Technologie- und Akteursebene nötig. Neben Umwelttechnologien, die zu einem intrasektoralen Anpassungsprozess führen, gibt es aber auch Umwelttechnologien (zum Beispiel zur Reinigung von Motorabgasen oder zur Schalldämpfung an Fahrzeugen), die direkt mit den Technologien verbunden sind, die der ökologische Strukturwandel unter Druck setzt und die deshalb ebenfalls an Relevanz verlieren könnten.
- ▶ Die Frage nach **regionalen Mustern** bei den Umweltinnovationsaktivitäten baut eine Brücke zwischen Umwelt(innovations-)politik und regionaler Wirtschafts- und Strukturförderung. Mit Blick auf Regionen, die von einem (nicht nur ökologischen) Strukturwandel besonders betroffen sind, kann eine solche Verbindung zusätzliche Gestaltungsmöglichkeiten er-

öffnen und die Umweltdimension in strukturpolitischen Interventionen stärken. Eine genauere regionalisierte Betrachtung des Umweltinnovationsgeschehens in Verbindung mit strukturpolitischen Gestaltungsansätzen könnte wertvolle Informationen für zukünftige Politikgestaltung liefern.

- ▶ Die Patentdaten zeigen, dass häufig **industrielle Kernregionen** auch bei den Umweltpatenten besonders hervortreten und sich Branchenstrukturen in den regionalen Mustern für verschiedene Umwelttechnologien spiegeln. Der Grund dafür liegt darin, dass manche Umwelttechnologien eng mit bestimmten Branchen verknüpft sind (z. B. Luftreinhaltung und Automobilindustrie in Baden-Württemberg). Wie oben bereits im Kontext der Branchen dargestellt, kann dies auf ein Risiko hinweisen, dass manche Umwelttechnologien ihre Relevanz verlieren, wenn die Technologien, die die Umweltprobleme verursachen, zurückgedrängt werden und aus dem Markt verschwinden. Dies schränkt die Möglichkeiten ein, durch Umweltinnovationen einen Ausgleich im Strukturwandelprozess zu schaffen.
- ▶ In vielerlei Hinsicht heben sich Umweltinnovateure nicht systematisch von Nicht-Umweltinnovateuren ab. Insbesondere unterscheiden sie sich nicht signifikant in der F&E-Quote (Anteil der F&E-Ausgaben am Umsatz). Dennoch geben die Umweltinnovateure signifikant häufiger an, F&E-Aktivitäten zu betreiben. Für die Umweltinnovationspolitik ist wichtig, dass also die Höhe der F&E-Ausgaben nicht entscheidend ist dafür, ob Produktinnovationen mit umweltverbessernden Eigenschaften entstehen. Die Politik ist vielmehr gefordert, auf die qualitative **Ausrichtung der F&E-Aktivitäten** einzuwirken. Dies entspricht den Prinzipien einer **transformations- und missionsorientierten Innovationspolitik**.
- ▶ Im Durchschnitt aller Branchen liegen keine signifikanten Unterschiede in der Umsatzrendite von Umweltinnovateuren ggü. Nicht-Umweltinnovateuren vor. Dies weist darauf hin, dass sich Umweltinnovateure im betrachteten Zeitraum wirtschaftlich nicht generell besserstellen konnten als Nicht-Umweltinnovateure. Die Politik ist hier weiterhin gefordert, **wirtschaftliche Anreize** dafür zu setzen, das Produktportfolio in Richtung Umweltverbesserung weiterzuentwickeln.

Summary

In many environmental areas, (environmental) policy is lagging behind the goals it has set itself, for example with respect to protecting the climate or preserving soil and water quality. This is why further development of Germany's environmental policy is urgently needed. To generate new solutions and meet environmental goals faster than before, environmental policy must also pursue innovation policy approaches. In the project "Further development of German environmental innovation policy", a number of short studies have already been made that shed light on how environmental innovations emerge and diffuse, which actors are involved, and how policy instruments influence these processes.

Companies comprise a major stakeholder group in (environmental) innovation. This study analyzes them in more detail using data on applicants for environmental patents as well as data from a company survey. Industry structure, company size and regional patterns are examined. An analysis is also made of the environmental areas in which companies innovate, their R&D strategies and other characteristics of their operations management. Conclusions are drawn from the findings for the further development of environmental innovation policy and for shaping structural change toward a green economy. The most important points for the further development of environmental innovation policy can be summarized as shown below:

- ▶ Looking at the role played by **company size** in innovation through the lens of patent data exaggerates the importance of large companies. The survey data reveal the major role played by SMEs in environmental innovation activity. This confirms the relevance of funding programs that specifically target SMEs, such as the "SME innovative" program. This BMBF funding program covers different fields of technology, several of which have high environmental relevance (for example the fields "bioeconomy" or "resource efficiency and climate protection"). Within the group of SMEs, small businesses account for an important share. This underlines the importance of ensuring that access to funding programs for environmental innovations is straightforward and unbureaucratic.
- ▶ The **industrial context** of environmental innovators is broadly diversified. Some of the identified industries - manufacturing of chemical products, food and feed, as well as the textile and clothing industry - are simultaneously also sectors that could come under mounting pressure during structural change toward a green economy. This raises the question of whether structural change could be supported by intrasectoral adaptation: For example, while the market opportunities of conventional activities in the food and feed industry are declining, "green" activities in the same sector could compensate this trend to some extent. However, in order to be able to harness such interrelations to shape ecological structural change, the correlations at the level of technologies and actors must be examined in more detail. In addition to environmental technologies that lead to intrasectoral adaptation, however, there are also environmental technologies (for example for the treatment of engine exhaust gases or the reduction of vehicle noise) that are directly linked to technologies under pressure from ecological structural change and that could therefore also lose their relevance.
- ▶ The question of **regional patterns** in environmental innovation activities acts as a bridge between environmental (innovation) policy and regional economic and structural support. Looking at regions particularly affected by (not only ecological) structural change, such a bridge could open up additional design options and strengthen the environmental dimension in structural policy interventions. A more detailed regionalized view of environmental innovation activity linked with structural policy design approaches could provide valuable information for designing future policy.

- ▶ The patent data show that **core industrial regions** are often also especially prominent in environmental patents, and that industry structures are reflected in the regional patterns for different environmental technologies. The reason for this is that some environmental technologies are closely linked to certain industries (e.g. air pollution control and the automotive industry in Baden-Wuerttemberg). As already shown above in the context of industries, this may indicate a risk of some environmental technologies losing their relevance if the technologies causing the environmental problems are displaced and disappear from the market. This limits the possibilities of using environmental innovations to balance structural change processes.
- ▶ In many ways, environmental innovators do not systematically differ from non-environmental innovators. In particular, there are no significant differences between them in terms of the R&D rate (R&D spending as share in sales). Nonetheless, environmental innovators state significantly more often that they conduct R&D activities. It is therefore important for environmental innovation policy to note that the level of R&D expenditure does not determine whether product innovations emerge with features that improve the environment. Instead, policy is required to influence the qualitative **direction of R&D activities**. This is in line with the principles of **transformative or mission-oriented innovation policy**.
- ▶ There are also no significant differences in the return on sales of environmental innovators compared to non-environmental innovators. This indicates that, up to now, environmental innovators are generally not economically better off than non-environmental innovators. Here, policymakers are called upon to set more **economic incentives** for developing product portfolios in the direction of improving the environment.

1 Einleitung

Die Gestaltung der Umweltpolitik in Deutschland steht vor großen Herausforderungen. Klimakrise, Stickstoffüberschuss, Qualität der Böden und Gewässer sind nur einige Schlagworte, die prominente Umweltprobleme benennen. Der Indikatorenbericht zur deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zeigt verschiedene umweltrelevante Indikatoren auf, die „off-Track“ sind. So liegt zum Beispiel die Gewässerbelastung mit Phosphor und Nitrat und der Endenergieverbrauch im Verkehr nicht im Zielkorridor (Statistisches Bundesamt 2021). Das heißt, dass in diesen Bereichen eine Zielverfehlung zu erwarten ist. Die „Eröffnungsbilanz Klimaschutz“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz hat mit Verweis auf den aktuellen Klimaschutz-Projektionsbericht 2021 (Bundesregierung 2021) festgestellt, dass sich die Geschwindigkeit der Emissionsminderung beim Klimaschutz verdreifachen muss (BMWK 2022).

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, ist eine Weiterentwicklung der deutschen Umweltpolitik deshalb dringend nötig. Eine Umweltpolitik, die ihren Beitrag für die Transformation zur Nachhaltigkeit leistet, muss dazu neue Lösungen hervorbringen und für deren Verbreitung sorgen. Das heißt, Umweltpolitik muss auch innovationspolitische Ansätze verfolgen. Deshalb ist es wichtig zu verstehen, wie Umweltinnovationen entstehen und in die Breite diffundieren, welche Akteure involviert sind und wie Politikinstrumente diese Prozesse beeinflussen.

Im Projekt „Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik“ wurden zu dieser Fragestellung bereits eine Reihe von Kurzstudien erstellt (Clausen und Fichter 2019; Clausen 2020; Gandenberger 2021; Gandenberger und Marscheider-Weidemann 2021; Clausen und Fichter 2021; Bergset und Fichter 2021; Fichter et al. 2021; Clausen et al. 2021; Gandenberger und Ostertag 2022; Walz 2022). Die Innovationsforschung und die Forschung zu Nachhaltigkeitstransitionen hat sich in den letzten Jahren vermehrt der Analyse von Akteuren und ihren Rollen im Innovations- und Transitionsprozess gewidmet, weil sich Innovationssysteme hin zu einer größeren Vielfalt beteiligter Akteure und Rollen ändern (s. zum Beispiel Bodenheimer und Dütschke 2021; Köhler et al. 2019; Haan und Rotmans 2018; EEA 2018; Warnke et al. 2016; Grießhammer und Brohmann 2015). Nach wie vor bilden Unternehmen eine zentrale Akteursgruppe im (Umwelt-) Innovationsgeschehen. Sie stehen daher auch im Zentrum der folgenden Analysen.

Die Studie nutzt für die Analyse der Umweltinnovateure zwei komplementäre empirische Zugänge. Kapitel 2 untersucht Unternehmen, die Anmelder von Umweltpatenten sind. Die Analyse von Patentdaten aus der Umweltwirtschaft hat eine lange Tradition (Legler et al. 2002; Legler et al. 2006; Walz et al. 2008; Johnston et al. 2008; Ostertag et al. 2010; Schasse et al. 2012; Gehrke et al. 2014; Gehrke et al. 2015; OECD 2015b, 2017; Ostertag et al. 2018; Gehrke et al. 2018; Gehrke et al. 2019; Gehrke et al. 2022; Ostertag et al. 2014). Viele dieser Analysen ziehen vor allem die Anzahl der angemeldeten Patente heran, z. B. um Innovationsdynamiken in bestimmten Technologiefeldern und Spezialisierungsmuster von Ländern zu analysieren. In der vorliegenden Studie werden zusätzlich Informationen über die Patentanmelder ausgewertet. Basierend auf Patentdaten und ergänzenden Informationen über die Anmelder wird dargestellt, aus welchen Wirtschaftszweigen die Unternehmen stammen, die am Innovationsgeschehen beteiligt sind, und wie sich die Innovationsaktivitäten auf verschiedene Regionen in Deutschland verteilen. Solche Informationen können auch im Kontext der politischen Gestaltung des Strukturwandels hin zu einer „Green Economy“ nützlich sein (vgl. Heyen et al. 2022).

Die Analyse von Umweltinnovateuren auf Basis von Patentdaten beleuchtet einen bestimmten Ausschnitt des Innovationsgeschehens, nämlich den, in dem Patentschutz eine Rolle spielt. Das ist jedoch nicht bei allen Umweltinnovationen der Fall. Deshalb zieht Kapitel 3 eine weitere Datenquelle heran. Anhand von Daten aus einer Unternehmensbefragung werden zusätzliche Merkmale der Umweltinnovateure beleuchtet. Dies umfasst zum Beispiel die Umweltbereiche, in

denen sie innovieren, ihre F&E-Strategien und weitere Merkmale ihrer Betriebsführung. Abschließend werden im Kapitel 4 Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung der Umweltinnovationspolitik gezogen.

2 Umweltinnovateure aus Sicht des Patentgeschehens

Durch eine vertiefende Analyse der Unternehmen, die als Anmelder von Umwelttechnologien in der Patentstatistik in Erscheinung treten, können wichtige Erkenntnisse über das Innovationsgeschehen bei Umwelttechnologien gewonnen werden. Zentrale Fragestellungen, die hier für bestimmte Technologiebereiche untersucht werden sollen, lauten:

- ▶ Aus welchen Wirtschaftszweigen stammen die meisten Anmelder? Welche Bedeutung haben Anmelder aus dem Dienstleistungssektor und insbesondere die wissensintensiven Dienstleister?
- ▶ Welcher Zusammenhang besteht zwischen Unternehmensgröße und der Patentieraktivität?
- ▶ Wie stark sind die Patentieraktivitäten auf einzelne Unternehmen konzentriert?
- ▶ Welche regionalen Muster lassen sich bei der Verteilung von Umweltpatenten auf subnationaler Ebene erkennen und wie lassen sie sich erklären?

2.1 Methodische Aspekte zur Verwendung von Patentdaten für die Analyse von Umweltinnovateuren¹

2.1.1 Allgemeine Bemerkungen zur Verwendung von Patentdaten als Innovationsindikator

Zur Messung der Innovationsaktivitäten bei Technologien wird in der Innovationsforschung häufig auf Patente als Indikator zurückgegriffen, da diese einen mess- und quantifizierbaren Output von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (F&E-Aktivitäten) darstellen. Zur besseren Veranschaulichung des Gegenstands von Patenten sollen an dieser Stelle einleitend zwei Beispielpatente genannt werden:

- ▶ Am 20.06.1998 wurde beim Europäischen Patentamt von der Wobben Properties GmbH ein Patent zur „Winkelregelung zur Rotorblatteinstellung für Windturbinen“ des Erfinders Aloys Wobben angemeldet (Patentschrift/Veröffentlichungsnummer EP 1 544 458 B1).
- ▶ Von der Fraunhofer Gesellschaft wurde am 06.07.1992 beim Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA) ein „Verfahren zur Übertragung und/oder Speicherung digitaler Audiosignale nach dem ISO-MPEG-Audio-Standards mit erweiterten Abtastfrequenzen und Bitraten“ angemeldet (Patentschrift/Veröffentlichungsnummer DE 42 22 150 C2). Hierbei handelt es sich um einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung des MP3-Standards.

Patente gewährleisten dem Anmelder für einen bestimmten Zeitraum (in der Regel 20 Jahre) das ausschließliche Nutzungsrecht an der Erfindung. Im Gegenzug verpflichtet sich der Anmelder zur Veröffentlichung der technischen Details seiner Erfindung. Um eine Erfindung zum Patent anmelden zu können, müssen drei Kriterien erfüllt sein:

- ▶ Neuheit,
- ▶ Erfindungshöhe,

¹ Die konzeptionellen und methodischen Grundlagen sind in anderen Studien des Fraunhofer ISI bereits ausführlich erläutert (vgl. Sartorius und Gandenberger 2016; Ostertag et al. 2014) und werden hier zusammenfassend wiedergegeben.

► **Ökonomische Anwendbarkeit.**

Die Überprüfung dieser Kriterien obliegt dem Patentamt, an dem die Anmeldung erfolgt. Obwohl nicht alle Innovationen patentierbar sind bzw. patentiert werden, spiegeln Patente einen Teil des technologischen Wissens einer Volkswirtschaft wider. Anhand der in Patentdatenbanken vorliegenden Informationen lassen sich Hinweise auf die Dynamik der Wissensentwicklung in konkreten Technologiebereichen gewinnen. Daher eignen sich Patentdaten auch gut, um das Innovationsgeschehen bei Umwelttechnologien zu erfassen. Weiterhin können basierend auf Patentdaten und ergänzenden Informationen über die Anmelder zahlreiche weitere Forschungsfragen beantwortet werden, z. B. welche Unternehmen am Innovationsgeschehen beteiligt sind, aus welchen Wirtschaftszweigen diese stammen und wie stark die Patentaktivitäten auf einzelne Unternehmen oder Regionen konzentriert sind.

Bei der Interpretation von Patentdaten muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Entscheidung, eine Erfindung zu patentieren, von strategischen Überlegungen des Anmelders beeinflusst wird. Mögliche Gründe, die dafürsprechen können, eine patentierbare Erfindung nicht als Patent anzumelden sind (Nagaoka et al. 2010):

- Die Bevorzugung alternativer (Schutz-)Strategien, die keine Offenlegung der Erfindung und ihrer technischen Details erforderlich machen, z. B. Geheimhaltung, beschleunigte Produktentwicklung, Wahl eines komplexen Produktdesigns;
- Das Risiko einer Verletzung bereits bestehender Patentrechte;
- Die hohen Kosten für die Erteilung eines Patents (ca. 30 - 50 Tausend Euro bei Patenten, die in Europa und zwei bis drei weiteren Ländern angemeldet werden) sowie für die Aufrechterhaltung und ggf. Verteidigung des Patents.

Des Weiteren muss bei der Interpretation von Patentdaten als Indikator für den Output von F&E-Aktivitäten berücksichtigt werden, dass sich Patente hinsichtlich ihres kommerziellen Nutzens stark unterscheiden und dass es viele Patente gibt, die vom Anmelder nicht kommerziell verwertet werden. Beim Vergleich verschiedener Technologien anhand absoluter Patentzahlen muss zudem berücksichtigt werden, dass sich Technologien und Branchen hinsichtlich ihrer Patentierneigung bzw. Patentierfähigkeit unterscheiden. Während beispielsweise in einem Technologiebereich eine einzige Erfindung zu einem Patent führt, werden in einem anderen Technologiebereich pro Erfindung 10 Patente angemeldet. Zudem werden Prozessinnovationen seltener zum Patent angemeldet als Produktinnovationen (Nagaoka et al. 2010).

Insgesamt ist bei der Interpretation von Patentdaten zu beachten, dass Patente nicht alle Innovationen in einem bestimmten Technologiebereich abdecken und dass Patentdaten gleichzeitig auch von anderen Faktoren beeinflusst werden, wie z. B. dem strategischen Patentierungsverhalten von Unternehmen.

Im Rahmen dieser Studie werden Informationen über die Patentanmelder bei Umwelttechnologien ausgewertet, wodurch Aussagen zur Branchenstruktur, zum Einfluss der Unternehmensgröße und zur Konzentration der Innovationsaktivitäten auf Unternehmensebene getroffen werden können.

2.1.2 Abgrenzung von Umweltinnovationen in der Patentstatistik

Die Klassifizierung von Patentanmeldungen nach der „International Patent Classification (IPC)“ ermöglicht für viele Umwelttechnologien eine treffende Abgrenzung, auch wenn es keine umweltspezifischen IPC-Klassen gibt. Die Formulierung entsprechender Patentsuchstrategien kann im Einzelfall sehr einfach sein (z. B. IPC-Klasse F03D für Windkraft); in der Regel erfordert sie

jedoch ein hohes Maß an Technologieexpertise und ein aufwändiges iteratives Vorgehen mit Zwischenauswertungen der identifizierten Patentschriften und Patentanmelder zur Kontrolle der Passfähigkeit.

Ausgangspunkt für die Analyse von Patenten mit Relevanz für den Umweltschutz ist das umfangreiche Portfolio von Technologielinien und dazugehöriger Patentsuchstrategien, die das Fraunhofer ISI in zahlreichen Vorarbeiten ausgearbeitet und erprobt hat (siehe u. a. Walz et al. 2008; Legler et al. 2002; Legler et al. 2006; Gehrke et al. 2018; Gehrke et al. 2022). Inzwischen hat sich die Gliederung der Umweltbereiche nach der „Classification of Environmental Protection Activities“ (CEPA) in Kombination mit der „Classification of Resource Management Activities“ (CReMA) bewährt. Sie wurde erstmals in Gehrke et al. (2018) eingesetzt und ist dort detailliert mit Bezug auf die hinterlegten Technologielinien erläutert². Sie umfasst die in Tabelle 1 aufgelisteten Umweltbereiche und neben Umwelttechnologien auch sogenannte „umweltfreundliche Güter“ (adapted goods)³. Die Definition der Umweltbereiche entlang der Strukturen der internationalen Umweltstatistik erhöht die Anschlussfähigkeit der Ergebnisse an die Diskussion auf der EU-Ebene.

Zudem wurden Patente für drei weitere Querschnittstechnologien erfasst, da diese im Kontext verschiedener Umweltmedien und Probleme eine Rolle spielen und sich daher nur schwer in der CEPA/CReMA-Systematik verorten lassen. Diese Technologien werden im Folgenden als eigenständige querliegende Bereiche ohne CEPA-/CReMA-Zuordnung geführt. Dies sind:

- Mess-, Steuer- und Regeltechnik für den Umweltschutz (MSR),
- Membrane,
- Carbon Capture and Storage (CCS).

Die Patentabfragen erfolgten für jeden Bereich der CEPA- und CReMA-Klassifikation getrennt. Soweit in einem CEPA- oder CReMA-Bereich Technologielinien als „adapted goods“ eingestuft sind, wurden für den betreffenden Bereich zwei getrennte Abfragen (z. B. CEPA 1 und CEPA 1-adapt) durchgeführt. So lassen sich die Anmelder auch in dieser Hinsicht unterscheiden.

Als Mindestanzahl für die Durchführung der Anmelderanalyse wurde eine Zahl von 100 Patentanmeldungen in der jeweiligen CEPA/CReMA-Klasse definiert. Da dieser Schwellenwert in einigen Klassen nicht erreicht wurde, fallen diese aus der weiteren Betrachtung heraus (vgl. Tabelle 1).

² Im Bereich Energieeffizienz ist die technologische Abgrenzung in diesem Bericht breiter als in Gehrke et al. 2018. Umweltschutzgüter im Bereich Energieeffizienz umfassen BHKW, Stationäre Brennstoffzellen, Wärmepumpe, Energiespeicher (Druckluft, Wasserstoff, elektrisch), Wasserstofftechnologie (Verteilung), Langstreckenübertragung (Elektrizität), Gebäude (Automatisierung, Heizsystem, Klimatisierung), Industrielle Querschnittstechnologien (Wärmetauscher, Dampferzeuger, Kühlung, Trockner, Öfen, Elektromotoren) sowie Boiler. Zusätzlich sind umweltfreundliche Güter im Bereich Energieeffizienz abgedeckt. Diese umfassen Isolierfenster, Gebäudetechnik für Nullenergiehäuser, Beleuchtung, Haushaltsgeräte und hybridelektrische Antriebe.

³ Adapted Goods dienen definitionsgemäß nicht primär Umweltschutzzwecken, sind aber im Vergleich zu ähnlichen Gütern, die denselben Zweck erfüllen, umweltfreundlicher. Ihre Abbildung in Umweltstatistiken ist noch relativ jung und wird kontinuierlich weiterentwickelt (vgl. Gehrke et al. 2018).

Tabelle 1: Liste der CEPA/CREMA-Bereiche, für die Patentdaten vorliegen

CEPA / CREMA	CEPA/CREMA - Bezeichnung	“Adapted goods” abgebildet?	Anmelderdaten auswertbar Tech. Adapted Goods
CEPA 1	Luftreinhaltung und Klimaschutz	ja	ja ja
CEPA 2	Gewässerschutz/Abwasserwirtschaft	nein	ja
CEPA 3	Abfallwirtschaft	Abfall: nein Recycling: ja	ja nein
CEPA 4	Schutz und Sanierung von Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser	nein	nein
CEPA 5	Lärm und Erschütterungsschutz	nein	ja
CEPA 6	Arten- und Landschaftsschutz	nein	nein
CREMA 10	Wassermanagement	nein	ja
CREMA 11, CREMA 11B	Forstmanagement, darunter: Minimierung der Aufnahme von Waldressourcen	nein	nein
CREMA 13	Management der Energieressourcen		
darunter CREMA 13A	Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen	ja	ja nein
Darunter CREMA 13B	Wärme-/Energieeinsparungen und Management	ja	ja ja
Darunter CREMA 13C	Minimierung der Aufnahme von fossilen Ressourcen als Rohstoff	ja	ja ja
CREMA 14	Management mineralischer Rohstoffe	ja	ja ja
MSR	(laut Eurostat in einzelnen CEPA-/CREMA-Klassen subsumiert, im Projekt separat ausgewiesen)	nein	ja
CCS	Keine Entsprechung	nein	ja
Membrantechnologie	Keine Entsprechung	nein	nein

Quelle: Gehrke et al. (2018), Fraunhofer ISI

2.1.3 Erweiterung der Anmelderdaten

Das Fraunhofer ISI pflegt eine Inhouse-Version der Patentdatenbank des Europäischen Patentamts „EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT)“. PATSTAT umfasst detaillierte Informationen zum technischen Inhalt sowie Angaben zu Klassifikationen nach IPC. Des Weiteren sind zahlreiche Angaben zum Anmeldeprozess enthalten, wie z. B. das Datum der Erstanmeldung eines Patents (Prioritätsdatum) oder der Veröffentlichung. Für die Betrachtung der Umweltinnovateure wurden die Anmelderdaten aus PATSTAT herangezogen. Sie umfassen bibliografische Angaben zu Namen und Adresse. Die Auswertung erfasst transnationale⁴ und nationale Patentanmeldungen deutscher Anmelder (Firmensitz in Deutschland) beim Europäischen Patentamt und dem Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA), die mit Hilfe einer entsprechenden Abfrage der PATSTAT-Datenbank ermittelt wurden. Durch die Berücksichtigung der Patentanmeldungen beim DPMA können auch kleinere Unternehmen erfasst werden, die nur auf dem deutschen Markt aktiv sind und ihre Patente daher nur national anmelden.

Die Informationen über die Anmelder aus PATSTAT wurden mit Angaben aus der Hoppenstedt-Firmendatenbank ergänzt, indem beide Datenbanken miteinander gekoppelt wurden. Bei der

⁴ Meldet der Patentanmelder sein Patent zum Schutz der Erfindung auf mehreren ausländischen Märkten an, spricht man von einem transnationalen Patent.

Hoppenstedt-Firmendatenbank handelt es sich um eine Datenbank mit Firmenprofilen, die mittelständische und große Firmen Deutschlands umfasst. Die Kopplung erlaubt eine Zuordnung der Anmelder zu Wirtschaftszweigen basierend auf der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2008) und die Ermittlung der Anzahl ihrer Beschäftigten.

Allerdings liegen nicht für alle Anmelder in der Hoppenstedt-Firmendatenbank Informationen zu Wirtschaftszweig und Beschäftigten vor. Das liegt daran, dass gerade viele kleinere Unternehmen nicht in der Hoppenstedt-Datenbank aufgenommen sind. Weiterhin können unterschiedliche Namensvarianten des gleichen Patentanmelders existieren. Zusätzlich verändern sich Unternehmen im Zeitverlauf und kaufen Tochterunternehmen hinzu oder stoßen sie ab. Um derartige Datenlücken zu schließen, wurden die Rohdaten daher anhand von Recherchen in anderen Quellen, z. B. Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de und Internetinformationen in einem aufwändigen Prozess ergänzt und aktualisiert.

Berücksichtigt wurden Patentanmeldungen im Zeitfenster 2006-2011. Die Bereinigung des Datensatzes und das Matching mit zusätzlichen Unternehmensdaten erfolgten im Jahr 2015. Ein mehrjähriger Betrachtungszeitraum ist angesichts der Dynamik bei Marktein- und -austritten von Unternehmen vorteilhaft. Der Erhebungszeitraum liegt inzwischen einige Jahre in der Vergangenheit. Dies erklärt sich daraus, dass in diesem Bericht die Analysen zu Umweltinnovateuren aus mehreren REFOPLAN-Vorhaben gebündelt dargestellt werden⁵, die zum Teil bereits im Jahr 2014 beauftragt wurden. Die gebündelte Darstellung bietet erstmals einen umfassenden Blick auf die Strukturen der Anmelder von Umweltpatenten. Wenn man davon ausgeht, dass diese Strukturen sich ähnlich langsam verändern wie der wirtschaftliche Strukturwandel insgesamt, sind die Ergebnisse noch immer aussagekräftig. Eine Aktualisierung war im Rahmen der Projekte aufgrund des hohen Datenaufwands nicht möglich, sollte aber Gegenstand künftiger Forschung sein.

2.2 Branchenstruktur, Unternehmensgröße und Konzentration der Patentanmeldungen

Die Analyse der Branchenstruktur erfolgt auf der Ebene der 2-Steller der WZ-Codes, um z. B. innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes zwischen verschiedenen Wirtschaftszweigen unterscheiden zu können. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt. Basierend auf der Anzahl der kumulierten jährlichen Patentanmeldungen im Zeitraum 2006-2011 pro CEPA/CRMA-Klasse wurden die drei Wirtschaftszweige (Ebene der WZ-2-Steller) mit den meisten Patentanmeldungen identifiziert („TOP 3“) sowie der Anteil von Unternehmen aus dem Dienstleistungssektor (WZ 45-99) berechnet. Des Weiteren ist der Anteil der wissensintensiven Dienstleistungen gesondert ausgewiesen. Hierbei handelt es sich um die Wirtschaftszweige

- „Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung (WZ 71)“,
- „Forschung und Entwicklung (WZ 72)“ und
- „Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten (WZ 74)“.

⁵ Die Daten stammen aus den REFOPLAN-Vorhaben mit folgenden Forschungskennzeichen: 3714 14 100 0, 3717 14 101 0 und 3719 14 101 0.

Tabelle 2: Branchenstruktur der Anmelder von Umweltpatenten

CEPA/ CReMA-	Anteil DL- Sektor	Anteil wis- sensintensi- ver DL	Wirtschaftszweige mit den meisten Patentanmeldungen (TOP 3)		
1	10%	4%	Herstellung v. Kraftwa- gen und Kraftwagen- teilen	Maschinenbau	Herstellung v. chemi- schen Erzeugnissen
1 adap- ted	5 %	2 %	Herstellung v. Kraftwa- gen und Kraftwagen- teilen	Maschinenbau	Herstellung v. Datenver- arbeitungsgeräten, elekt- ronischen und optischen Erzeugnissen
2	23 %	15 %	Maschinenbau	Herstellung v. Daten- verarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnis- sen	Architektur- und Ingeni- eurbüros; technische, physikalische und chemi- sche Untersuchung
3	19 %	7 %	Maschinenbau	Herstellung v. Daten- verarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnis- sen	Herstellung v. chemi- schen Erzeugnissen
5	6 %	3 %	Herstellung v. Kraftwa- gen und Kraftwagen- teilen	Maschinenbau	Herstellung v. Gummi- und Kunststoffwaren
10	14 %	8 %	Maschinenbau	Herstellung v. Gummi- und Kunst- stoffwaren	Herstellung v. Datenver- arbeitungsgeräten, elekt- ronischen und optischen Erzeugnissen
13 A	21 %	11 %	Herstellung v. Daten- verarbeitungsgeräten, elektronischen und op- tischen Erzeugnissen	Maschinenbau	Herstellung v. elektrி- schen Ausrüstungen
13 B	9 %	5 %	Herstellung v. elektrி- schen Ausrüstungen	Herstellung v. Kraft- wagen und Kraftwa- genteilen	Herstellung v. Datenver- arbeitungsgeräten, elekt- ronischen und optischen Erzeugnissen
13 B adapted	12 %	6 %	Herstellung v. Kraftwa- gen und Kraftwagen- teilen	Herstellung v. Daten- verarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnis- sen	Herstellung v. elektrி- schen Ausrüstungen
13 C	22 %	12 %	Herstellung v. Gummi- und Kunststoffwaren	Maschinenbau	Herstellung v. chemi- schen Erzeugnissen
13 C adapted	7 %	2 %	Herstellung v. chemi- schen Erzeugnissen	Maschinenbau	Herstellung v. Gummi- und Kunststoffwaren
14	7 %	6 %	Herstellung v. Daten- verarbeitungsgeräten, elektronischen und op- tischen Erzeugnissen	Maschinenbau	Architektur- und Ingeni- eurbüros; technische, physikalische und chemi- sche Untersuchung
14 adapted	18 %	9 %	Herstellung v. Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Stei- nen und Erden	Herstellung v. chemi- schen Erzeugnissen	Maschinenbau

CEPA/ CReMA-	Anteil DL- Sektor	Anteil wis- sensintensi- ver DL	Wirtschaftszweige mit den meisten Patentanmeldungen (TOP 3)		
CCS	10 %	7 %	Herstellung v. chemischen Erzeugnissen	Herstellung v. Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	Maschinenbau
MSR	6 %	4 %	Herstellung v. Kraftwagen und Kraftwagen-teilen	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	Maschinenbau

Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Eine einfache Auswertung der in Tabelle 2 genannten Wirtschaftszweige nach der Häufigkeit ihrer Platzierungen unter den „TOP 3“ zeigt, dass der Maschinenbau mit insgesamt 13 Nennungen⁶ gefolgt vom Sektor „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ (9 Nennungen) und den Sektoren „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagen-teilen“ sowie „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ (jeweils 6 Nennungen) zu den wichtigsten Wirtschaftszweigen im F&E-Geschehen bei Umwelttechnologien gehört. Aus dem Bereich der Dienstleistungen taucht der Wirtschaftszweig „Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung“ zweimal unter den TOP3-Branchen auf.

Tabelle 3 gibt Auskunft über den Anteil der Großunternehmen an den Patentaktivitäten sowie die Konzentration dieser Aktivitäten auf Unternehmensebene. Als Großunternehmen wurden Unternehmen mit mehr als 249 Mitarbeitern klassifiziert. Um die Konzentration auf Unternehmensebene abzubilden, wurden zudem jeweils die Anteile der „TOP 3“ bzw. „TOP 10“-Anmelder an den Gesamtpatenten berechnet. Um die Patentanteile der „TOP 3“ bzw. „TOP 10“-Unternehmen besser einordnen zu können, wurden ergänzend hierzu Angaben zu den Mitarbeiteranteilen gemacht. Die Mitarbeiteranteile beziehen sich auf die Gesamtzahl der Mitarbeiter in den patentierenden Unternehmen und nicht auf die im F&E-Bereich aktiven Mitarbeiter.

Insgesamt zeigt sich, dass Großunternehmen im Mittel über die betrachteten CEPA/CReMA-Klassen einen Anteil von 70 % an den Patentanmeldungen haben und somit eine bedeutende Rolle im F&E-Geschehen spielen. Bezüglich der Unternehmenskonzentration lässt sich feststellen, dass die drei Unternehmen mit den meisten Patentanmeldungen („TOP 3“) im Mittel für ein Drittel aller Patentanmeldungen verantwortlich sind und die „TOP 10“ für die Hälfte aller Patentanmeldungen. Dass es sich hierbei nicht um einen reinen Größeneffekt handelt, legt der Vergleich mit den Mitarbeiteranteilen nahe. Hier weisen die TOP 3-Anmelder im Mittel lediglich einen Anteil von 16 % und die TOP 10-Anmelder einen Anteil von 36 % auf. Zur Erklärung der Konzentrationswerte müssen daher auch andere Faktoren in Betracht gezogen werden, wie z. B. höhere Forschungsinvestitionen oder ein höherer Anteil an hochqualifizierten Mitarbeitern.

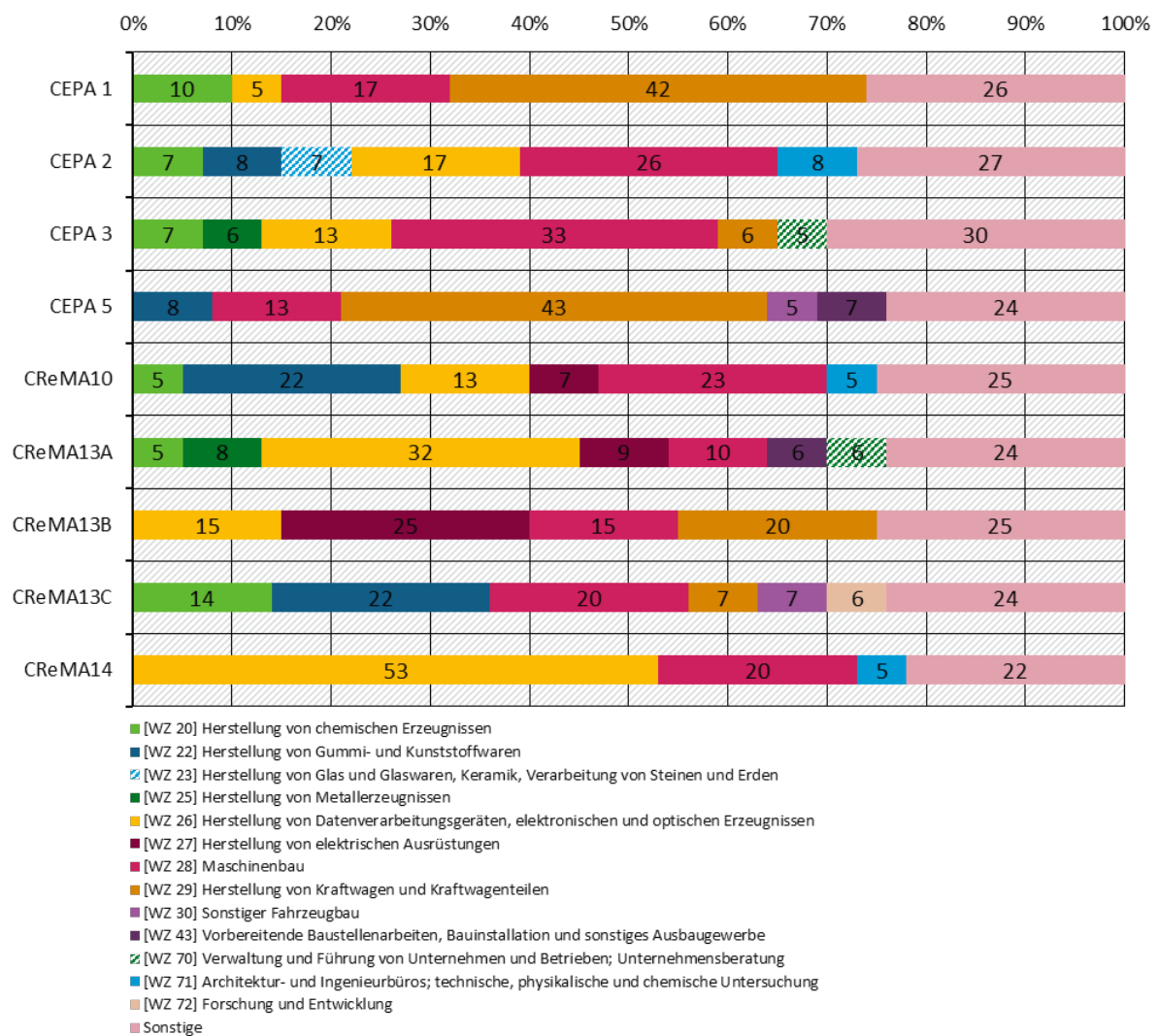
⁶ Es mag überraschen, dass „Herstellung v. Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ bei der Mess-Steuer- und Regeltechnik (MSR) nicht unter den TOP 3 ist. Die hohe Bedeutung der bei MSR genannten Sektoren erklärt sich aus den konkret unter MSR berücksichtigten Technologielinien, nämlich neben Verfahren zur Bestimmung der Stoffeigenschaften von Immissionen in verschiedenen Medien (Luft, Wasser, Boden) vor allem auch Verfahren zur Lärmessung, Messgeräte zur Überwachung des Energieverbrauchs und das Steuern und Regeln von Geräten und Anlagen (vgl. Gehrke et al. 2022).

Tabelle 3: Anteil von Großunternehmen und Konzentration der Patentanmeldungen

CEPA/ CReMA-	Anteil Groß-un- ternehmen (>249 Mitarbei- ter)	Patentanteil der TOP 3 An- melder	Patentanteil der TOP 10 An- melder	Mitarbeiter- anteil der TOP 3 Anmel- der	Mitarbeiter- anteil der TOP 10 An- melder
1	77 %	32 %	50 %	5 %	34 %
1 adapted	90 %	47 %	77 %	23 %	45 %
2	45 %	14 %	27 %	21 %	23 %
3	52 %	13 %	24 %	10 %	14 %
5	75 %	19 %	41 %	14 %	52 %
10	59 %	30 %	48 %	0,4 %	22 %
13 A	58 %	26 %	40 %	18 %	20 %
13 B	76 %	38 %	48 %	22 %	29 %
13 B adapted	77 %	22 %	45 %	8 %	45 %
13 C	61 %	23 %	41 %	5 %	28 %
13 C adapted	82 %	42 %	65 %	20 %	27 %
14	85 %	68 %	81 %	35 %	76 %
14 adapted	40 %	11 %	24 %	19 %	36 %
CCS	81 %	61 %	69 %	29 %	35 %
MSR	86 %	44 %	67 %	17 %	59 %
Min.	40 %	11 %	24 %	0,4 %	14 %
Max.	90 %	68 %	81 %	35 %	76 %
Mittelwert	70 %	33 %	50 %	16 %	36 %

Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Im Folgenden wird die Branchenstruktur der untersuchten CEPA/CReMA-Klassen anhand der Abbildung 1 ausführlicher dargestellt und diskutiert. Wirtschaftszweige mit einem Anteil von weniger als 5 % an den gesamten Patentanmeldungen im betrachteten Zeitraum werden jeweils in der Kategorie „Sonstige“ zusammengefasst. Um die Übersichtlichkeit der Darstellung nicht zu beeinträchtigen, werden die Ergebnisse zu den „adapted technologies“, zu CCS und zu MSR an dieser Stelle nicht separat aufgeführt.

Abbildung 1: Anteil der Wirtschaftszweige an den Patentanmeldungen


Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

CEPA 1 (Protection of ambient air and climate)

Die in der CEPA 1 erfassten Patentanmeldungen decken Technologien im Bereich der Abgas- und Rauchgasreinigung sowie emissionsfreie bzw. -arme Antriebe ab. Dementsprechend haben Unternehmen aus dem Sektor „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ mit 42 % einen hohen Anteil an den Patentanmeldungen. Weitere wichtige Wirtschaftszweige sind der Maschinenbau (17 %), die Herstellung chemischer Erzeugnisse (10 %) sowie die „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ (5 %). Der Anteil der wissensintensiven Dienstleister an den Patentanmeldungen ist relativ unbedeutend: Architektur und Ingenieurbüros sind für 2 % der Patentanmeldungen verantwortlich und die F&E-Dienstleister für 1 %. Mit 77 % weisen die Großunternehmen in der CEPA 1 einen überdurchschnittlich hohen Anteil an den Patentanmeldern auf. Die Konzentration der Patentanmeldungen auf Unternehmensebene liegt im Durchschnitt der Werte für alle Umwelttechnologien.

CEPA 2 (Wastewater management)

Die CEPA 2 umfasst Technologien aus den Bereichen Abwasserbehandlung, Schlammbehandlung, Abwasserableitung und Wasseranalytik. Im Vergleich mit anderen CEPA-Klassen ist die CEPA 2 durch einen geringen Anteil von Großunternehmen (45 %), eine niedrige Konzentration

und ein relativ breites Spektrum an Wirtschaftszweigen gekennzeichnet, die das Innovationsgeschehen in diesem Bereich prägen. Eine wichtige Rolle nehmen der „Maschinenbau“ (26 %), die „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ (17 %) sowie die Sektoren „Architektur- und Ingenieurbüros“ (8 %) und „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“ (8 %) ein. Der Anteil der Dienstleister ist in der CEPA 2 mit 23 % der höchste von allen untersuchten CEPA/CreMA-Klassen und der Sektor „Architektur- und Ingenieurbüros“ leistet hierzu mit 8 % einen wesentlichen Beitrag, gefolgt von „Sonstigen freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Tätigkeiten“ (4 %) und F&E-Dienstleistungen (2 %).

CEPA 3 (Waste management)

In der Klasse CEPA 3 befinden sich Technologien aus den Bereichen Abfallverbrennung, Kompostierung, Deponierung, Abfallsammlung und Transport sowie Recycling. Ähnlich wie in der CEPA 2 sind der Anteil der Großunternehmen mit 52 % und das Ausmaß der Konzentration entsprechend gering. Das Spektrum der beteiligten Wirtschaftszweige ist ebenfalls vergleichsweise breit, wobei der „Maschinenbau“, der Sektor „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ und der Sektor „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ die höchsten Anteile an den Patentanmeldungen haben. Der 5%-ige Anteil des Wirtschaftszweigs „Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben, Unternehmensberatung“ spiegelt wider, dass viele Unternehmen ihre Patente über Holdinggesellschaften anmelden. Der Anteil der Architektur- und Ingenieurbüros an den Patentanmeldungen liegt bei 4 %.

CEPA 5 (Noise and vibration abatement)

Die CEPA 5 deckt Technologien aus folgenden Bereichen ab: schalldämmende Isoliermaterialien, lärmabweisende Bauelemente, Schallschutzsysteme, Schalldämpfung an Fahrzeugen sowie Lärmreduktion in der Industrie. Die Patentierungsaktivitäten werden von Unternehmen aus der Automobilbranche dominiert (43 %), gefolgt vom Maschinenbau (13 %) und dem Sektor „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“ (8 %). Der Anteil der Patentanmeldungen von Großunternehmen ist mit 75 % überdurchschnittlich hoch; die Konzentration auf einzelne Unternehmen ist dagegen vergleichsweise niedrig. Die Unternehmen des Dienstleistungssektors haben insgesamt nur einen Anteil von 6 %.

CreMA 10 (Management of waters)

Der CreMA 10 wurden Technologien aus den Bereichen Regenwassergewinnung, Wassernutzungseffizienz, Bewässerung und Meerwasserentsalzung (zur Wassergewinnung) zugeordnet. Großunternehmen spielen in diesem Technologiebereich eine eher unterdurchschnittliche Rolle (59 %) und auch die Konzentration der Patentanmeldungen auf Unternehmensebene ist leicht unterdurchschnittlich. Die meisten Anmelder stammen aus den Sektoren Maschinenbau (23 %), „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“ (22 %) und „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ (13 %). Der Dienstleistungssektor hat einen Anteil von 14 %, wobei auf Architektur- und Ingenieurbüros 5 % entfallen und auf F&E-Dienstleister 3 %.

CreMA 13 A (Production of energy from renewable sources)

Die Klasse CreMA 13 A beinhaltet Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen (z. B. Windkraft, Photovoltaik und Geothermie), Technologien zur Herstellung von alternativen Kraftstoffen (z. B. Bioethanol und Biodiesel) sowie Technologien zur Herstellung von Brennstoffen aus Abfällen. Der Anteil der Großunternehmen ist mit 58 % unterdurchschnittlich, ebenso wie die Konzentration der Patentanmeldungen. Mit einer Quote von 21 % ist der Anteil der Unter-

nehmen aus dem Dienstleistungsbereich sehr hoch, wobei jedoch 6 % auf den Sektor „Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben“ entfallen und daher eher den hiermit verbundenen Industrieunternehmen, wie z. B. Voith, Q-Cells oder Enercon, zugerechnet werden müssen. Der Beitrag der wissensintensiven Dienstleister, z. B. Architektur- und Ingenieurbüros (4 %), F&E-Dienstleister (4 %) und freiberufliche Tätigkeiten (3 %), ist insgesamt deutlich erkennbar. Zu den bedeutendsten Anmeldern gehören Unternehmen aus den Wirtschaftszweigen „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ (32 %), Maschinenbau (10 %) und Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (9 %).

CReMA 13 B (Heat/energy saving and management)

Der CReMA 13 B wurden eine Vielzahl an Technologien aus den Technikgruppen „Kraftwerke und Umwandlung“ und „Energiespeicher und Verteilung“, Technologien aus dem Technikfeld „Energieeffizienz“ sowie die hybridelektrischen Antriebe zugeordnet. Großunternehmen haben mit 76 % einen überdurchschnittlich hohen Anteil an den Patentanmeldungen; die Konzentration der Patentaktivitäten auf einzelne Unternehmen weist Werte auf, die im Durchschnitt der hier betrachteten CEPA/CReMA-Klassen liegen. Die wichtigsten Wirtschaftszweige sind: „Herstellung von elektrischen Ausrüstungen“ (25 %), „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagen teilen“ (20 %), „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ (15 %) und der Maschinenbau (15 %). Der Dienstleistungssektor weist nur einen Anteil von 9 % auf, hierzu tragen Architektur- und Ingenieurbüros (2 %), der Großhandel (2 %) und F&E-Dienstleister (1 %) bei.

CReMA 13 C (Minimisation of the intake of fossil resources as raw material for uses other than energy production)

Der CReMA 13 C wurden Technologien zum Recycling von Kunststoffen und zur Reparatur von Gegenständen aus Kunststoff zugeordnet. Der Anteil von Großunternehmen liegt bei 61 % und damit ebenso wie die Konzentration auf Unternehmensebene unterhalb des Durchschnitts aller betrachteten CEPA/CReMA-Klassen. Die wichtigsten Sektoren sind die „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“ (22 %), der Maschinenbau (20 %) und die Herstellung von chemischen Erzeugnissen (14 %). Der Dienstleistungssektor weist mit 22 % einen hohen Anteil auf, der sich wiederum auf relativ viele verschiedene Wirtschaftszweige verteilt. Der Anteil der F&E-Dienstleister ist mit 6 % vergleichsweise hoch, der Anteil der Architektur- und Ingenieurbüros liegt bei 3 % und der Anteil der „Sonstigen, freiberuflichen wissenschaftlichen und technischen Tätigkeiten“ ebenfalls bei 3 %.

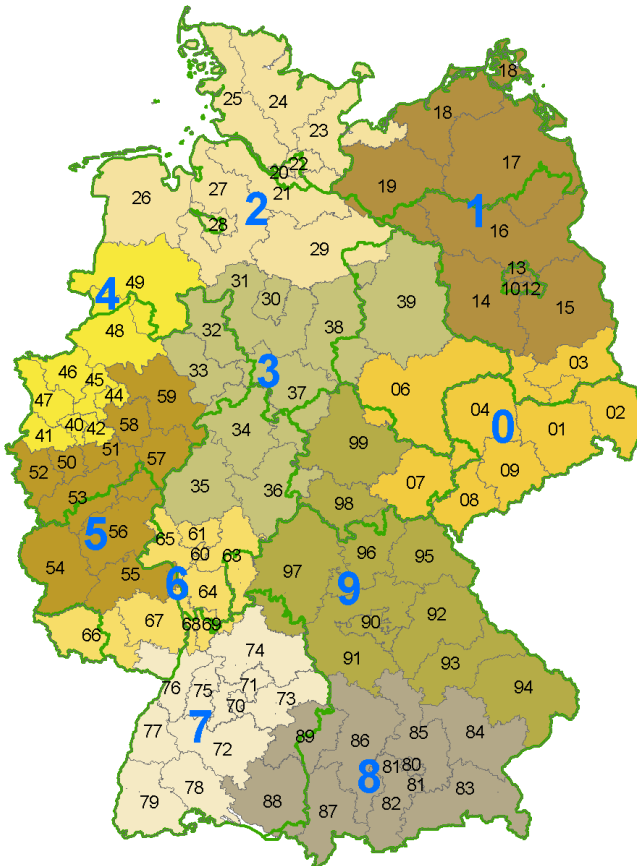
CReMA 14 (Management of minerals)

Die CReMA 14 umfasst Technologien, die der Wiedergewinnung bestimmter Materialien aus Abfällen dienen (Recycling). Insgesamt handelt es sich hierbei um eine Klasse, die relativ wenige Patente enthält. Vor diesem Hintergrund sind Aussagen zur Branchenstruktur nur unter großen Einschränkungen möglich und müssen mit Vorsicht interpretiert werden. Der hohe Anteil des Sektors „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ ist ausschließlich auf die Aktivitäten der Firma Siemens in diesem Technologiebereich zurückzuführen. Der Dienstleistungssektor insgesamt hat einen Anteil von 7 % und der Anteil der Architektur- und Ingenieurbüros liegt bei 5 %.

2.3 Regionale Struktur der Umweltinnovateure

Während im Abschnitt 2.2 die Konzentration von Patentanmeldungen auf einzelne Anmelder untersucht wurde, werden im Folgenden die räumlichen Strukturen der Patentanmeldungen und mögliche Konzentrationen in bestimmten Regionen betrachtet. Dies erfolgt auf zwei Aggregationsstufen: auf Ebene der Bundesländer und etwas detaillierter auf Ebene von Leitregionen, abgegrenzt durch zweistellige Postleitzahlgebiete (vgl. Abbildung 2)⁷.

Abbildung 2: Leitregionen abgegrenzt durch zweistellige Postleitzahlgebiete



Quelle: Stefan Kühn, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=509053>

Wie Tabelle 4 und Abbildung 3 zeigen, stammen die meisten Umweltpatentanmeldungen aus den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern und Nordrhein-Westfalen. Da diese Werte u. a. durch die Größe eines Bundeslands beeinflusst werden, könnte dies allein Ausdruck des Bevölkerungsreichtums genannter Bundesländer sein. Ein zusätzlicher Blick auf die Patentintensität - gemessen an der Anzahl der Umweltpatente pro tausend Einwohner - zeigt aber, dass Baden-Württemberg und Bayern auch hier führend sind. Gemessen an der Patentintensität kommt Berlin auf Rang 3, wohingegen Nordrhein-Westfalen auf Rang 6 abrutscht.

Innerhalb der einzelnen Bundesländer ragen bestimmte Leitregionen besonders heraus (vgl. Abbildung 4). Innerhalb der führenden Bundesländer Baden-Württemberg und Bayern konzentrieren sich die Aktivitäten besonders im Großraum Stuttgart und Ulm bis hinunter nach Friedrichshafen (Leitregion PLZ 70, 71, 73, 88, 89), im Großraum Karlsruhe (Leitregion 76) sowie im

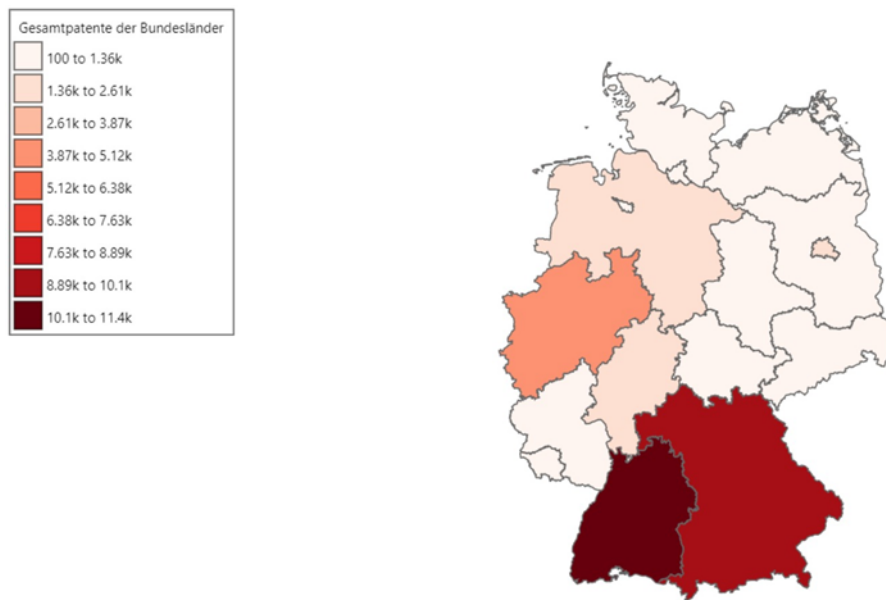
⁷Mit knapp 100 Leitregionen ist diese räumliche Struktur stärker aggregiert als die 401 NUTS 3-Regionen Deutschlands (Landkreise/Kreise, kreisfreie Städte/Stadtkreise), aber detaillierter als die 38 NUTS 2-Regionen, die u. a. Regierungsbezirke umfassen. Eine Liste ausgewählter Postleitzahlgebiete mit Hauptorten findet sich im Anhang (vgl. Anhang A.1).

Großraum München (Leitregionen PLZ 80 und 81). Auch innerhalb von Bundesländern mit insgesamt eher wenigen Umweltpatenten gibt es Regionen, die in diesem Bereich viel patentieren. Dies gilt zum Beispiel für die Großräume Hamburg, Hannover und Dresden.

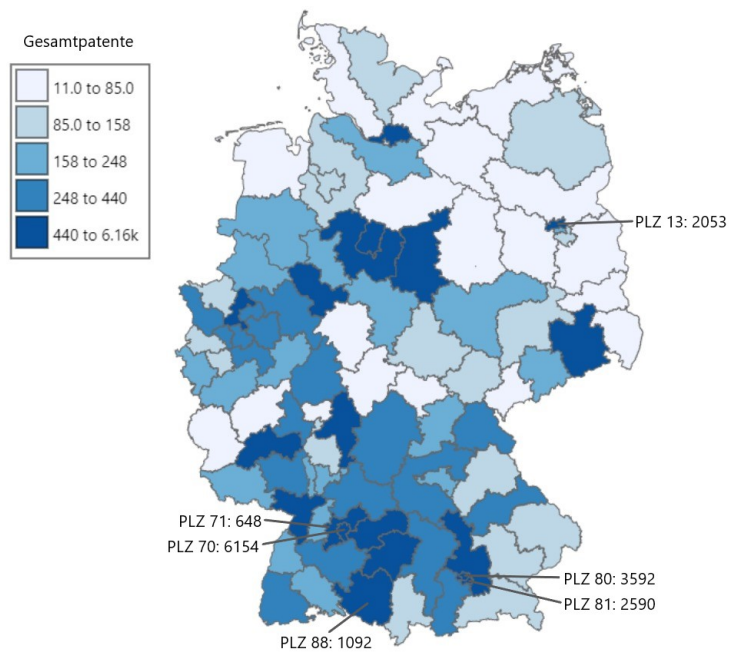
Tabelle 4: Umweltpatentaktivität (2006-2011) in den einzelnen Bundesländern

Bundesland	Anzahl Patente	Anteil an allen Umweltpatenten in DE	Anzahl Patente pro 1.000 Einwohner
BADEN-WÜRTTEMBERG	11.401	31,1 %	1,08
BAYERN	10.000	27,3 %	0,80
BERLIN	2.476	6,8 %	0,74
BRANDENBURG	180	0,5 %	0,07
BREMEN	100	0,3 %	0,15
HAMBURG	700	1,9 %	0,41
HESSEN	1.487	4,1 %	0,25
MECKLENBURG-VORPOMMERN	150	0,4 %	0,09
NIEDERSACHSEN	2.298	6,3 %	0,30
NORDRHEIN-WESTFALEN	4.902	13,4 %	0,28
RHEINLAND-PFALZ	1.081	3,0 %	0,27
SAARLAND	137	0,4 %	0,14
SACHSEN	917	2,5 %	0,23
SACHSEN-ANHALT	238	0,6 %	0,10
SCHLESWIG-HOLSTEIN	279	0,8 %	0,10
THÜRINGEN	287	0,8 %	0,13

Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Statistisches Bundesamt (Einwohnerzahlen 2011), Fraunhofer ISI

Abbildung 3: Regionale Verteilung der Umweltpatente auf Ebene von Bundesländern

Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Abbildung 4: Regionale Verteilung der Umweltpatente auf Ebene von Leitregionen

Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Im nächsten Schritt soll die Betrachtung für ausgewählte Bundesländer und umwelttechnologische Bereiche vertieft werden. Insgesamt wurden für 14 Felder Analysen durchgeführt (vgl. Tabelle 1).

2.3.1 Detailbetrachtung für Baden-Württemberg und Bayern

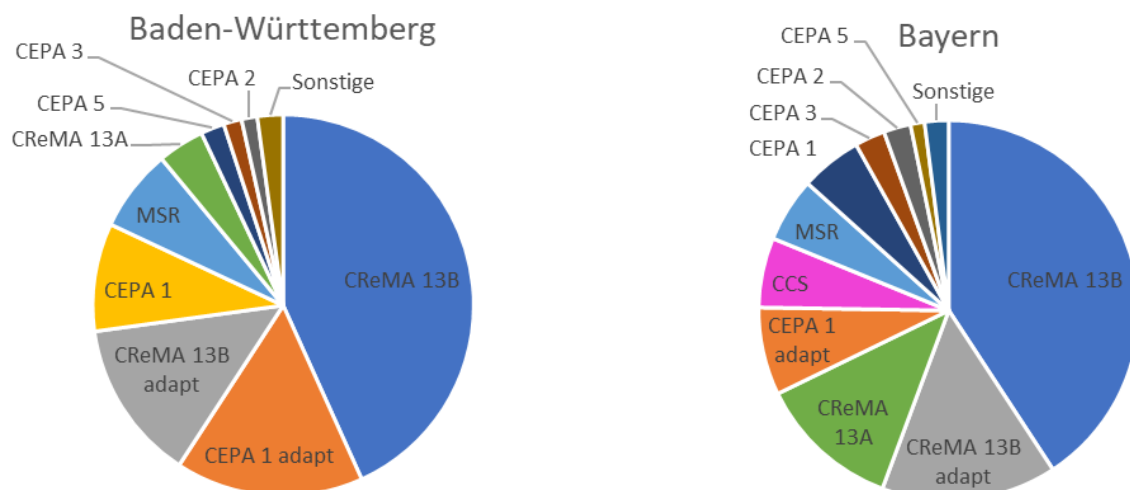
Die Bundesländer Baden-Württemberg und Bayern weisen die meisten Umweltpatente auf. Hier stellt sich die Frage, ob die beiden Ländern in allen Umweltbereichen gleichmäßig stark oder ob

Schwerpunkte erkennbar sind. Abbildung 5 zeigt, wie sich ihre Umweltpatente auf die verschiedenen Umweltbereiche verteilen. In beiden Ländern dominieren die Patente zu Energieeffizienztechnologien (CReMA 13B) und auch umweltfreundlichen Gütern aus diesem Bereich (CReMA 13B adapt). Die Zahlen für Patente im Feld Erneuerbare Energien sind in Baden-Württemberg dagegen relativ niedrig im Vergleich zu anderen Umweltbereichen und im Vergleich zu Bayern.

Die in der CEPA 1 und CEPA 1 adapt erfassten Patentanmeldungen decken u. a. Technologien der Abgasreinigung und emissionsfreie bzw. -arme Antriebe ab. Wie schon die Branchenstrukturanalyse in Abschnitt 2.2 gezeigt hat, sind diese Klassen deshalb stark mit der Automobilindustrie assoziiert. Diese ist in Baden-Württemberg stark vertreten, was das große Gewicht dieser beiden Klassen an den Umweltpatenten Baden-Württembergs erklärt.

Mit CCS weist Bayern ein Feld bei den Patenten auf, das in Baden-Württemberg eher marginal und unter „Sonstige“ subsummiert ist.

Abbildung 5: Verteilung der Umweltpatente Baden-Württembergs und Bayerns auf Umweltbereiche



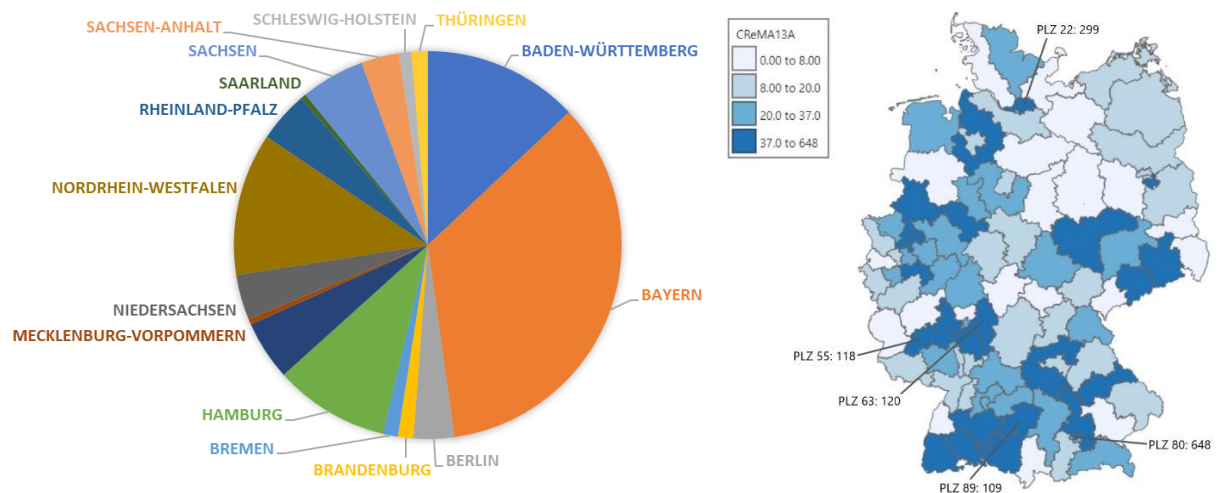
Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

2.3.2 Regionale Verteilung von Patenten im Bereich Klimaschutz

Abbildung 6, Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen die Patentanmeldungen in drei Teilbereichen von Klimaschutz - Erneuerbare Energien sowie Umweltschutz- und umweltfreundliche Güter im Bereich Energieeffizienz. Auf Ebene der Bundesländer wird deutlich, dass die Bedeutung der Teilbereiche variiert. Für Bayern und Baden-Württemberg wurde das oben bereits dargestellt. Berlin ist zum Beispiel stark bei Umweltschutzgütern im Bereich Energieeffizienz, zeigt aber einen deutlich geringeren Anteil an den Patenten der anderen beiden Teilbereiche. Hamburg hat einen großen Anteil bei den Patenten für Erneuerbare Energien, aber wesentlich geringere Anteile im Bereich Energieeffizienz. Niedersachsen hat vor allem bei umweltfreundlichen Energieeffizienzgütern einen hohen Anteil an den deutschen Patenten und deutlich weniger in anderen Klimaschutzbereichen.

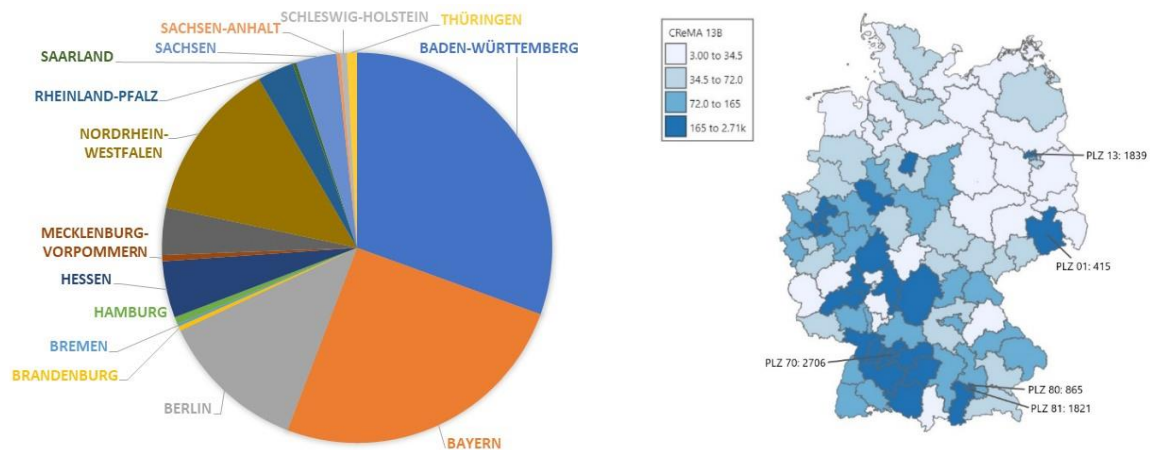
Auf Ebene der Leitregionen (zweistellige PLZ-Gebiete) zeigt sich eine räumlich relativ stark aufgefächerte Verteilung der Klimaschutzpatente. Für die Leitregionen mit den meisten Patentanmeldungen sind die Anmeldezahlen in der Graphik ausgewiesen. Hervorzuheben ist, dass insbesondere Patente für Erneuerbare Energien für das Umweltpatentgeschehen in den östlichen Bundesländern von großer Bedeutung sind, mit Schwerpunkten rund um Leipzig und Dresden.

Abbildung 6: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Klimaschutz: CReMA 13 A (Erneuerbare Energien)



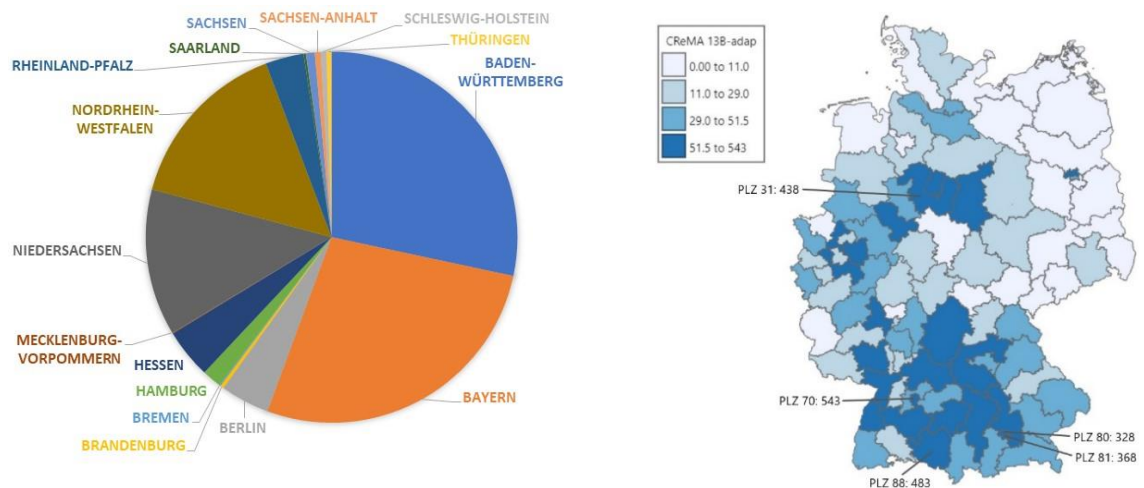
Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Abbildung 7: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Klimaschutz: CReMA 13 B (Umweltschutzgüter im Bereich Energieeffizienz)



Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Abbildung 8: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Klimaschutz: CReMA 13B adapt (Umweltfreundliche Güter im Bereich Energieeffizienz)



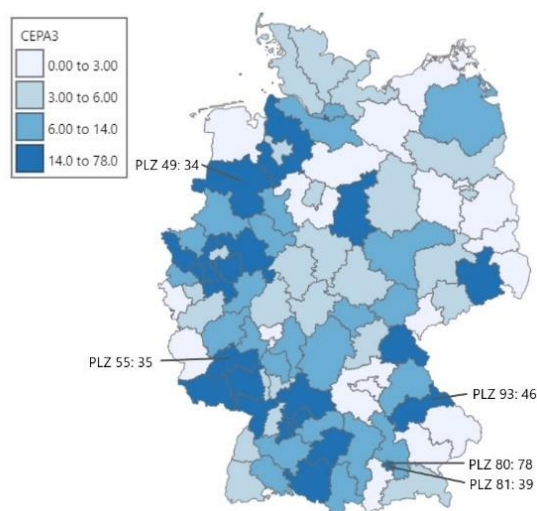
Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

2.3.3 Regionale Verteilung von Patenten im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft

Zur Abfall- und Kreislaufwirtschaft lassen sich die Klassen CEPA 3 (Abfallmanagement inkl. allgemeiner Recycling-Technologien), CReMA 13C/13C adapt (Kunststoffrecycling und Produkte aus Sekundärrohstoffen, die fossile Primärrohstoffe substituieren) sowie CReMA 14/14 adapt (Metall- und Mineralstoffrecycling sowie Produkte aus metallischen/mineralischen Sekundärrohstoffen) zusammenfassen.

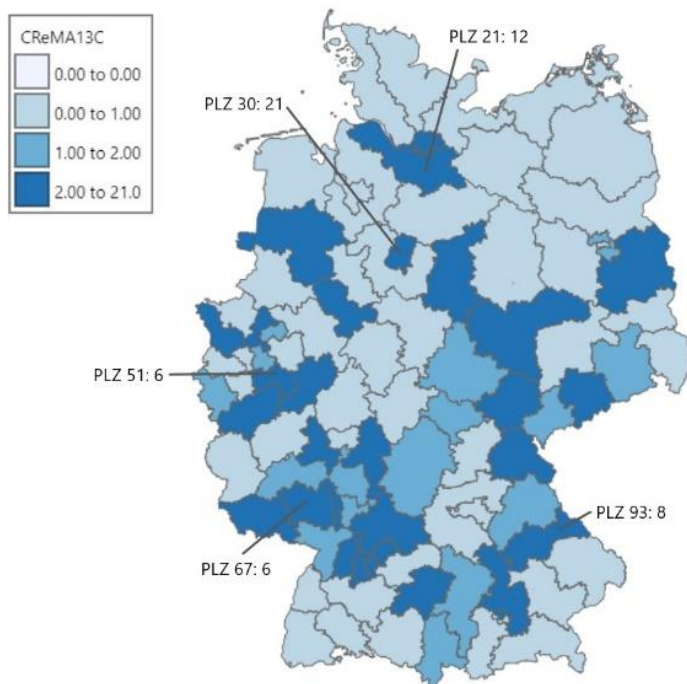
Insgesamt liegen hier wesentlich weniger Patentanmeldungen vor als für Klimaschutz. Es fällt auf, dass bei Produkten aus Sekundärrohstoffen, die fossile Primärrohstoffe substituieren (CReMA 13C adapt) und beim Metallrecycling (CReMA 14) starke räumliche Häufungen der Patentanmeldungen auftreten. Nordrhein-Westfalen und Bayern sind in allen Teilbereichen der Kreislaufwirtschaft gut vertreten, was neben dem graphischen Eindruck (vgl. Abbildungen 9-13) auch die Zahlen auf Bundesländerebene bestätigen (vgl. Tabelle 13 im Anhang).

Abbildung 9: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft auf der Ebene von Leitregionen: CEPA 3 (Abfallwirtschaft und Recycling allgemein)



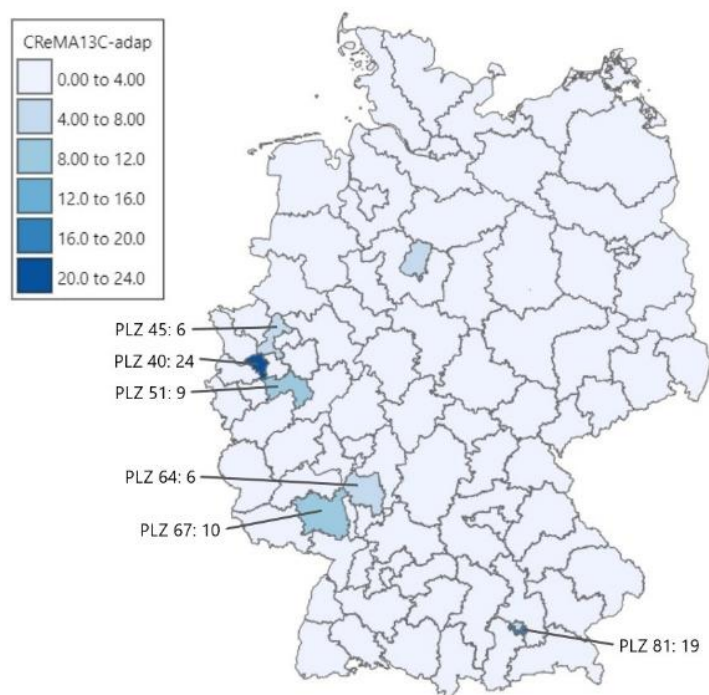
Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Abbildung 10: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft auf der Ebene von Leitregionen: CReMA 13 C (Kunststoffrecycling)



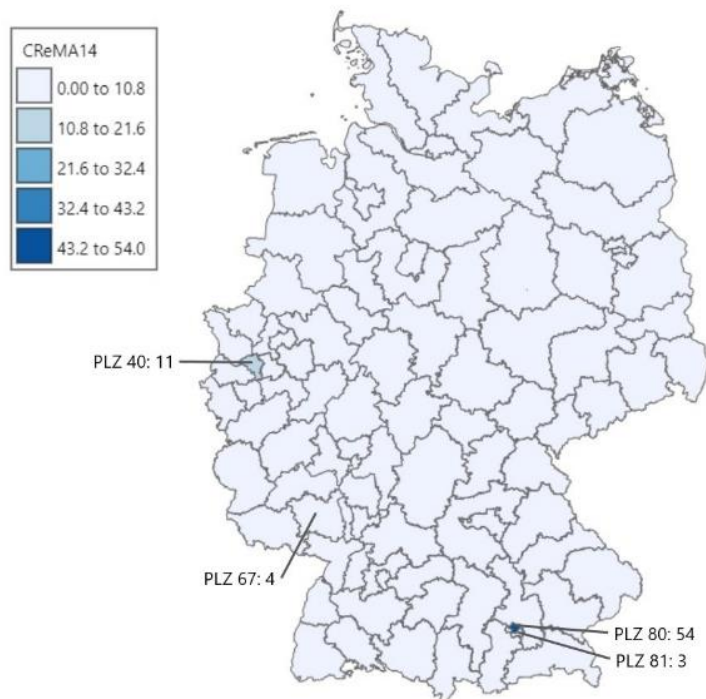
Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Abbildung 11: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft auf der Ebene von Leitregionen: CReMA 13 C adapt (Produkte aus Sekundärrohstoffen, die fossile Primärrohstoffe substituieren)



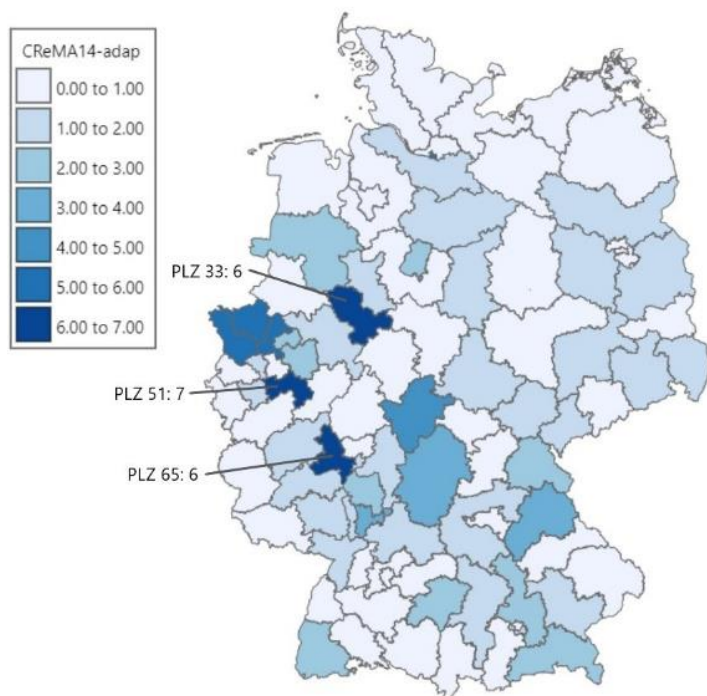
Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Abbildung 12: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft auf der Ebene von Leitregionen: CReMA 14 (Metall- und Mineralstoffrecycling)



Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Abbildung 13: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft auf der Ebene von Leitregionen: 14 adapt (Produkte aus metallischen/mineralischen Sekundärrohstoffen)

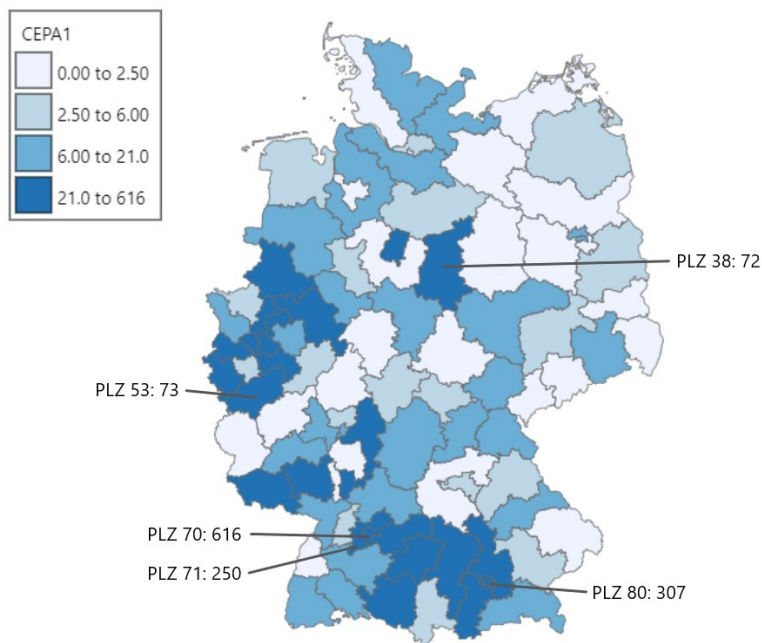


Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

2.3.4 Regionale Verteilung von Patenten im Bereich Luftreinhaltung und Lärmschutz

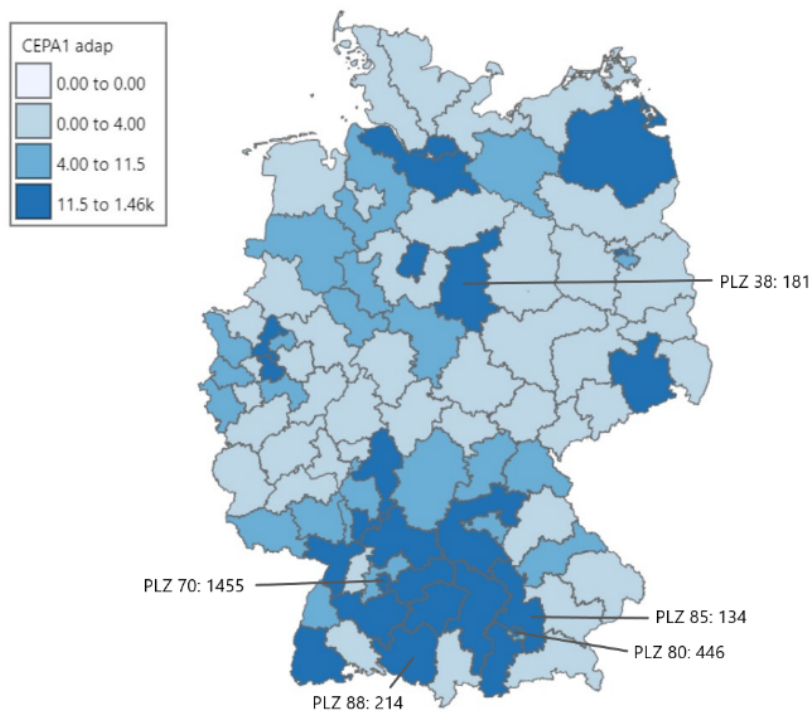
Die Technologielinien und umweltfreundlichen Güter, die den hier dargestellten Umweltbereichen Luftreinhaltung und Lärmschutz hinterlegt sind, haben eine hohe Affinität zu industriellen Prozessen im Allgemeinen und der Fahr- und Flugzeugherstellung im Besonderen. Denn sie bilden u. a. verschiedene Formen der Abgasreinigung, neue Antriebsarten und Schalldämpfung an Fahrzeugen ab. Schon bei der Branchenbetrachtung in Abschnitt 2.2 trat deshalb die besondere Bedeutung des Sektors „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ in der CEPA 1/1 adapt und in der CEPA 5 zu Tage. Diese Branchenschwerpunkte erklären auch einen Teil der räumlichen Muster, die die Standorte der Automobilindustrie (Raum Stuttgart - PLZ 70 und 71, Wolfsburg - PLZ 38) und der Flugzeugindustrie (u. a. Region Friedrichshafen, PLZ 88) erkennen lassen (vgl. Abbildungen 14, 15 und 16).

Abbildung 14: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich umweltfreundlicher Technologien für Luftreinhaltung (CEPA 1) auf der Ebene von Leitregionen



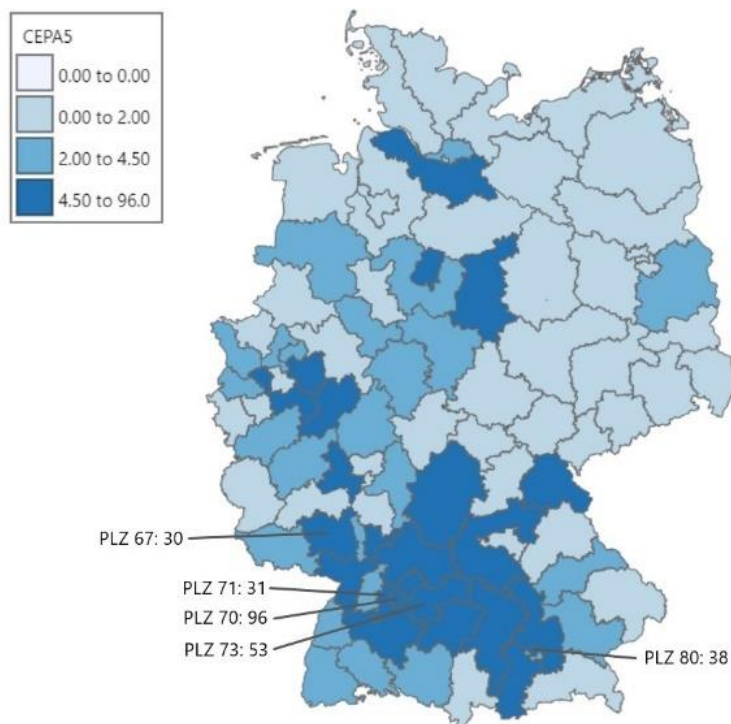
Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Abbildung 15: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich umweltfreundlicher Güter für Luftreinhaltung (CEPA 1 adapt) auf der Ebene von Leitregionen



Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Abbildung 16: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Lärmschutz auf der Ebene von Leitregionen



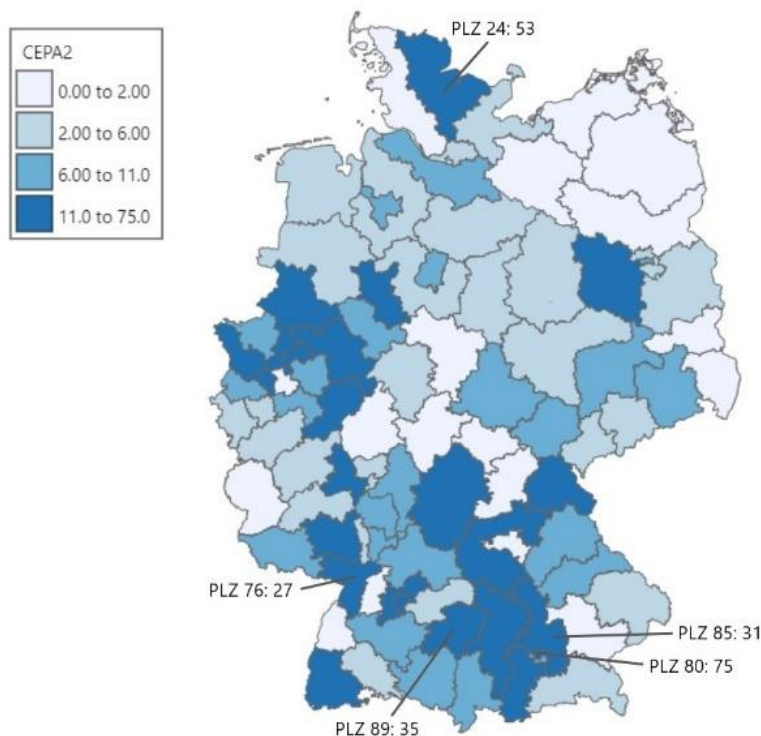
Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

2.3.5 Regionale Verteilung von Patenten - Sonstige

Die Hypothesen zur Deutung der verbleibenden Umweltbereiche Abwasser (s. Abbildung 17), MSR (s. Abbildung 18) und CCS (Abbildung 19) sind etwas unklarer.

Im Bereich des Abwassermanagements (CEPA2) zeigt sich eine starke Position vieler Leitregionen in NRW und auch des Bundeslands NRW als Ganzes (vgl. Tabelle 13 im Anhang). Neben Bayern und Baden-Württemberg hat auch Schleswig-Holstein in diesem Umweltbereich besonders viele Patente. Eine Vermutung ist, dass möglicherweise die Anrainerschaft an großen Flusssystemen eine Rolle spielen könnte (z. B. im Raum Karlsruhe - PLZ 76).

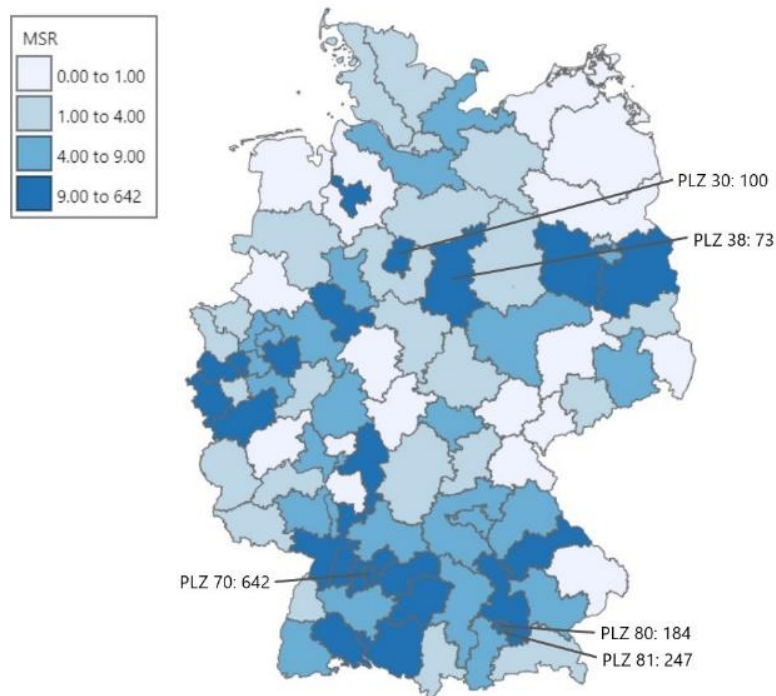
Abbildung 17: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Abwasser (CEPA 2) auf der Ebene von Leitregionen



Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

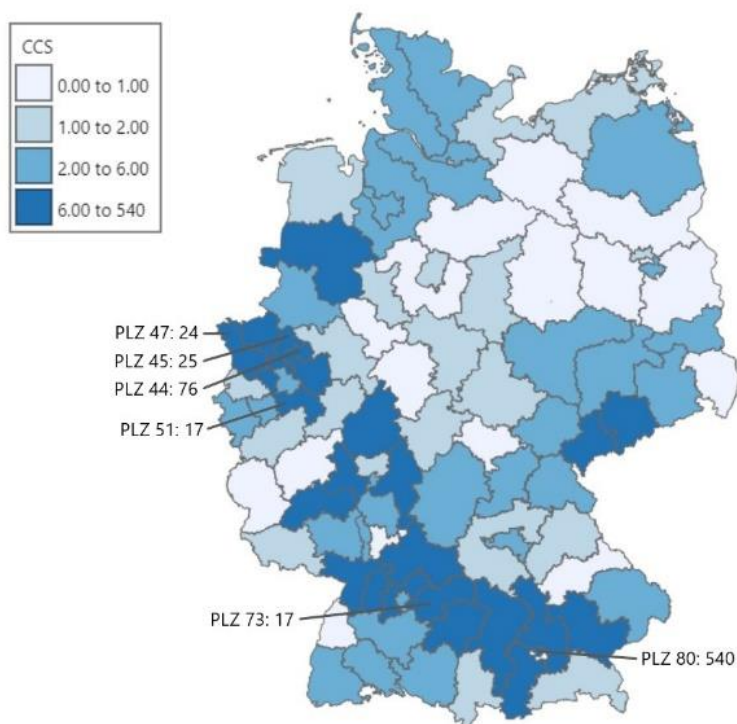
Bei den Patenten der Mess-, Steuer- und Regeltechnik (Abbildung 18) ist eine gewisse Nähe zu industriellen Zentren und der Automobilindustrie erkennbar (Raum Stuttgart - PLZ 70, Raum München - PLZ 80, 81, Raum Wolfsburg - PLZ 38). Hier besteht augenscheinlich eine gewisse Ähnlichkeit mit der räumlichen Verteilung der Patente für Luftreinhaltung (CEPA 1/1 adapt, vgl. Abbildungen 14 und 15). Im Umweltbereich Carbon Capture and Storage (CCS, Abbildung 19) fällt neben der Nähe zu industriellen Zentren (Großraum Stuttgart - PLZ 73, München - PLZ 80) auf, dass besondere Häufungen in Kohleabbaugebieten auftreten (Raum Duisburg - Essen - Dortmund, PLZ 44, 45 und PLZ 47).

Abbildung 18: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich Mess-, Steuer und Regel-technik (MSR) auf der Ebene von Leitregionen



Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

Abbildung 19: Regionale Verteilung der Patentanmeldungen im Bereich CCS auf der Ebene von Leitregionen



Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, Fraunhofer ISI

2.4 Zusammenfassung und kritische Würdigung der Ergebnisse aus der Patentanalyse

Die wesentlichen Ergebnisse der patentgestützten Bestandsaufnahme zu Umweltinnovateuren lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ Zu den wichtigsten Akteuren im F&E-Geschehen für Umwelttechnologie gehören Unternehmen aus den Wirtschaftszweigen „Maschinenbau“, „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“, „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ sowie „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“.
- ▶ Der Anteil des Dienstleistungssektors am F&E-Geschehen erscheint mit Werten zwischen 5 % und 23 % auf den ersten Blick überraschend hoch. Der Grund dafür liegt darin, dass viele Patentanmeldungen durch Dienstleistungsunternehmen erfolgen, die über Konzernstrukturen mit Industrieunternehmen verflochten sind. Betrachtet man nur den Anteil der wissensintensiven Dienstleister, dann zeigt sich, dass Architektur- und Ingenieurbüros, F&E-Dienstleister und die Anbieter „Sonstiger freiberuflicher, wissenschaftlicher und technischer Tätigkeiten“ in der Regel eine kleine (2 - 15 %), aber in ihrer Gesamtheit deutlich wahrnehmbare Rolle im Innovationsgeschehen bei Umwelttechnologien spielen. Am stärksten ist die Rolle der wissensintensiven Dienstleister in der Klasse CEPA 2 (Wastewater Management), in der die drei genannten Gruppen für insgesamt 15 % der Patentanmeldungen verantwortlich sind.
- ▶ Großunternehmen mit mehr als 249 Mitarbeitern sind im Mittel über alle betrachteten CEPA/CreMA-Klassen für 70 % der Patentanmeldungen verantwortlich, somit zeigt sich ein starker Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und der Anzahl der Patentanmeldungen.
- ▶ Die Konzentration der Patentanmeldungen auf Unternehmensebene erreicht relativ hohe Werte: Im Mittel über alle CEPA/CreMA-Klassen sind die drei aktivsten Anmelder für ein Drittel der gesamten Patentanmeldungen verantwortlich und die zehn aktivsten Anmelder für die Hälfte der Patentanmeldungen.
- ▶ Unter den Bundesländern führt Baden-Württemberg mit der höchsten Anzahl von Umweltpatenten. Sie stammen überwiegend aus dem Bereich Energieeffizienz. Auch Patente zur Luftreinhaltung sind stark vertreten. Technologisch bestehen hier viele Verbindungen zu Automobiltechnologien - ein Sektor, in dem Baden-Württemberg traditionell stark ist.
- ▶ Neben Baden-Württemberg stechen auch Bayern und - mit etwas Abstand - NRW mit besonders vielen Umweltpatentanmeldungen hervor. Gemessen an der Patentintensität (Patente pro 100.000 Einwohner) spielt auch Berlin eine große Rolle.
- ▶ Auf Ebene der Leitregionen (zweistellige Postleitzahlbezirke) sind die regionalen Muster je nach Umweltbereich unterschiedlich. Häufig treten jedoch industrielle Kernregionen auch bei den Umweltpatenten besonders hervor. Ebenso spiegeln sich Branchenstrukturen in den regionalen Mustern. Denn manche Umwelttechnologien sind eng mit bestimmten Branchen verknüpft (z. B. Luftreinhaltung und Automobilindustrie).

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse müssen die zu Beginn des Kapitels genannten Hinweise in Bezug auf die Stärken und Schwächen von Patenten als Innovationsindikator berücksichtigt werden: Da nicht alle Innovationen patentierbar sind bzw. patentiert werden, können Patente

nicht das gesamte Innovationsgeschehen abbilden. Im nächsten Abschnitt wird das Umweltinnovationsgeschehen deshalb auf Basis von Befragungsdaten zusätzlich beleuchtet.

3 Umweltinnovationsaktivitäten im deutschen Verarbeitenden Gewerbe - ein Vergleich der Erkenntnisse aus Patent- und Befragungsdaten

Die bisherigen Abschnitte in diesem Bericht haben die Akteure auf dem Feld der Umweltinnovationen auf der Basis von Patentdaten beleuchtet. Patentdaten haben allerdings den Nachteil, dass sie nur einen bestimmten Ausschnitt der gesamten Innovationsaktivitäten bei Umwelttechnologien abbilden, nämlich technologische Innovationen, die den - für die Patenterteilung notwendigen - Kriterien Neuheit („new to the world“), Erfindungshöhe und ökonomische Anwendbarkeit genügen. Auch bei Umwelttechnologien kann davon ausgegangen werden, dass „not all patents represent innovation, nor are all innovations patented“ (Nagaoka et al. 2010, S. 1086). Mögliche Gründe dafür wurden in Abschnitt 2.1.1 dargestellt. Zudem müssen die vielen technologischen und nicht-technologischen Innovationen berücksichtigt werden, die nicht patentierbar sind, aber dennoch einen wichtigen Beitrag zum Umweltschutz leisten.

Aus den genannten Gründen sollen durch eine Auswertung der Befragung „Modernisierung der Produktion 2018“ des Fraunhofer ISI (kurz: ISI-Erhebung) zusätzliche Informationen zu Umweltinnovationsaktivitäten im deutschen Verarbeitenden Gewerbe gewonnen werden. Diese werden dann mit den Ergebnissen der Patentanmelderdaten in Bezug auf die Merkmale Unternehmensgröße, Branchenherkunft und regionale Verteilung verglichen. Neben dem Vergleich der beiden Datensätze können mit Hilfe der Befragungsdaten zusätzliche Erkenntnisse über die Gruppe der „Umweltinnovateure“ im deutschen Verarbeitenden Gewerbe gewonnen werden, wie z. B. über die Art des Umweltnutzens der Innovation, die Höhe der F&E-Ausgaben oder die wirtschaftliche Bedeutung der Innovation für das Unternehmen.

Durch die Auswertung der ISI-Erhebung und den Vergleich mit den Patentdaten kann das Bild über die Umweltinnovationsaktivitäten der Unternehmen im deutschen Verarbeitenden Gewerbe abgerundet werden. Hierdurch kann wiederum die Wissensbasis für die zukünftige Ausgestaltung der Umweltinnovationspolitik verbessert werden.

3.1 Methodische Aspekte

3.1.1 Die Rolle von Unternehmensbefragungen zur Analyse von Innovationsaktivitäten

Etablierte Messgrößen für Innovationen sind u. a. F&E-Investitionen und Patente. Für beide Zugänge bietet die OECD international anerkannte Richtlinien, die für empirische Arbeiten auf dem jeweiligen Gebiet eine Richtschnur sind. So bietet das Frascati-Handbuch der OECD bereits seit den 1960er-Jahren in wiederholter Auflage (zuletzt OECD 2015a) Empfehlungen, wie Daten zu F&E-Aktivitäten international vergleichbar erhoben werden können. F&E-Investitionen messen jedoch nur den Input in den Innovationsprozess. Patente decken wiederum nur Innovationen ab, die eine entsprechende „Erfindungshöhe“ aufweisen (Mairesse und Mohnen 2010).

Durch die Durchführung von Erhebungen auf Unternehmensebene sollen weitere Daten gewonnen werden, die den Innovationsprozess selbst sowie Einflussfaktoren und Konsequenzen näher beschreiben. Eine wichtige Grundlage für die Erstellung, Durchführung und Interpretation solcher Erhebungen zum Innovationsgeschehen ist das von Eurostat und der OECD gemeinsam erstellte Oslo Manual (OECD 2005; OECD und Eurostat 2018). Nach Mairesse und Mohnen (2010) sind folgende Aspekte Bestandteil der meisten Innovationserhebungen:

- a) Angaben zum Innovationsoutput, z. B. zur Einführung neuer Produkte und Prozesse, zum prozentualen Anteil des Umsatzes mit Neuprodukten sowie zum Anteil der Produkte in den verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus;
- b) Angaben zu innovationsrelevanten Aktivitäten, z. B. zum Erwerb von Patenten und Lizenzen, Weiterbildung oder Marktanalysen;
- c) Angaben über die Art und Weise, wie die Innovationen voranschreiten, z. B. über die Impulse und Gründe für die Innovation, Innovationshemmnisse oder externe Partner im Innovationsprozess.

Viele der Variablen, die auf diese Weise erhoben werden, sind subjektiver Natur und basieren auf persönlichen Einschätzungen der Befragten. Die Beantwortung setzt eine gute Kenntnis der Situation im Unternehmen und im Markt voraus. Daher kann die Qualität der Antworten sehr unterschiedlich sein (Mairesse und Mohnen 2010).

Die bedeutendste Innovationserhebung in der EU ist die Innovationserhebung der Gemeinschaft (Community Innovation Survey - CIS), die von den EU-Mitgliedsländern alle zwei Jahre durchgeführt wird. Das CIS ist eine Erhebung der Innovationsaktivitäten in Unternehmen mit 5 oder mehr Beschäftigten. Die Ergebnisse liefern wichtige Grundlagen für die Innovationsstatistiken der EU. Die Befragung deckt Produkt-, Prozess-, Marketing- und organisatorische Innovationen ab. Fragen zu Umweltinnovationen sind nicht in jeder Runde Gegenstand der Erhebung. Sie waren zuletzt in den Erhebungen 2009 und 2015 enthalten. In Deutschland erhebt das ZEW seit 1993 jährlich Daten zum Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft, seit 2005 auch unter Beteiligung des Fraunhofer ISI. Alle zwei Jahre ist diese Erhebung gleichzeitig der deutsche Beitrag zum CIS⁸.

3.1.2 Methodischer Rahmen der Befragung „Modernisierung der Produktion 2018“

Die Erhebung „Modernisierung der Produktion“ (im Weiteren: „ISI-Erhebung“) führt das Fraunhofer ISI alle drei Jahre durch. Sie ist die breiteste Erfassung von Modernisierungstrends in produktions- und technologieorientierten Unternehmen in Europa⁹. Bei ihrem Start 1993 war die Erhebung ursprünglich auf die Metall- und Elektroindustrie begrenzt und wurde danach sukzessive erweitert. Seit 2006 werden Betriebe des gesamten Verarbeitenden Gewerbes (Wirtschaftszweige 10 - 33) befragt. Die Erhebung erfasst eine repräsentative Stichprobe von Betrieben in der Größenordnung von 1.200 - 1.500 Betrieben des Verarbeitenden Gewerbes in der Bundesrepublik Deutschland mit 20 oder mehr Beschäftigten. Die Grundgesamtheit bei der Erhebung 2018 umfasste 44.503 Betriebe.

Anhand detaillierter Indikatoren werden die Innovationsfelder

- Technische Modernisierung der Wertschöpfungsprozesse,
- Einführung innovativer organisatorischer Konzepte und Prozesse sowie
- Neue Geschäftsmodelle zur Ergänzung des Produktangebots um innovative Dienstleistungen

beleuchtet. In einer Verknüpfung zu betrieblichen Rahmendaten und Leistungskennziffern können darüber hinaus die ökonomischen Effekte von Innovationen im Verarbeitenden Gewerbe aufgezeigt und als Innovations-Output gemessen werden.

⁸ s. <https://www.zew.de/publikationen/zew-gutachten-und-forschungsberichte/forschungsberichte/innovationen/innovationserhebung> (letzter Aufruf 07.03.2023)

⁹ Ausführliche Informationen zur Erhebung und früheren Auswertungen finden sich unter <https://www.isi.fraunhofer.de/de/themen/industrielle-wettbewerbsfaehigkeit/erhebung-modernisierung-produktion.html#75058343> (letzter Aufruf 07.03.2023)

Der Fokus der Erhebung liegt also nicht auf Umweltinnovationen, sondern auf Innovationen in der Produktion. In regelmäßigen Abständen wird die Befragung jedoch um Umweltthemen ergänzt, so auch in der Erhebung 2018, die für die folgenden Analysen zugrunde gelegt wird.

3.2 Vergleichende Auswertung der Datensätze hinsichtlich Größe, Branchenstruktur und regionaler Verteilung der Umweltinnovateure

Für die vergleichende Auswertung der Befragungsdaten und der Patentanmelder-Daten wurde der Datensatz zu den Patentanmeldern, der in Abschnitt 2.1 näher beschrieben ist, auf die Anmelder aus den Wirtschaftszweigen Nr. 10-33 fokussiert und somit - wie die Befragungsdaten - auf die Informationen zum Verarbeitenden Gewerbe beschränkt. Betrachtungsgegenstand sind Unternehmen (und nicht die Zahl von Patentanmeldungen). Das heißt, jedes Unternehmen wird nur einmal erfasst, unabhängig davon wie viele Umweltpatente es angemeldet hat.

Damit wurden wichtige methodische Schritte unternommen, um eine größtmögliche Vergleichbarkeit zwischen den Datensätzen aus der Patentauswertung und der ISI-Erhebung herzustellen. Es bleiben jedoch gewisse Einschränkungen bestehen. Zum einen unterscheiden sich die Erhebungszeiträume (2006 - 2011 vs. 2018). Zum anderen werden im einen Fall Unternehmen (Patentdaten), im anderen Fall Betriebe (ISI-Erhebung) gezählt. Dies muss beim Vergleich der Ergebnisse beachtet werden.

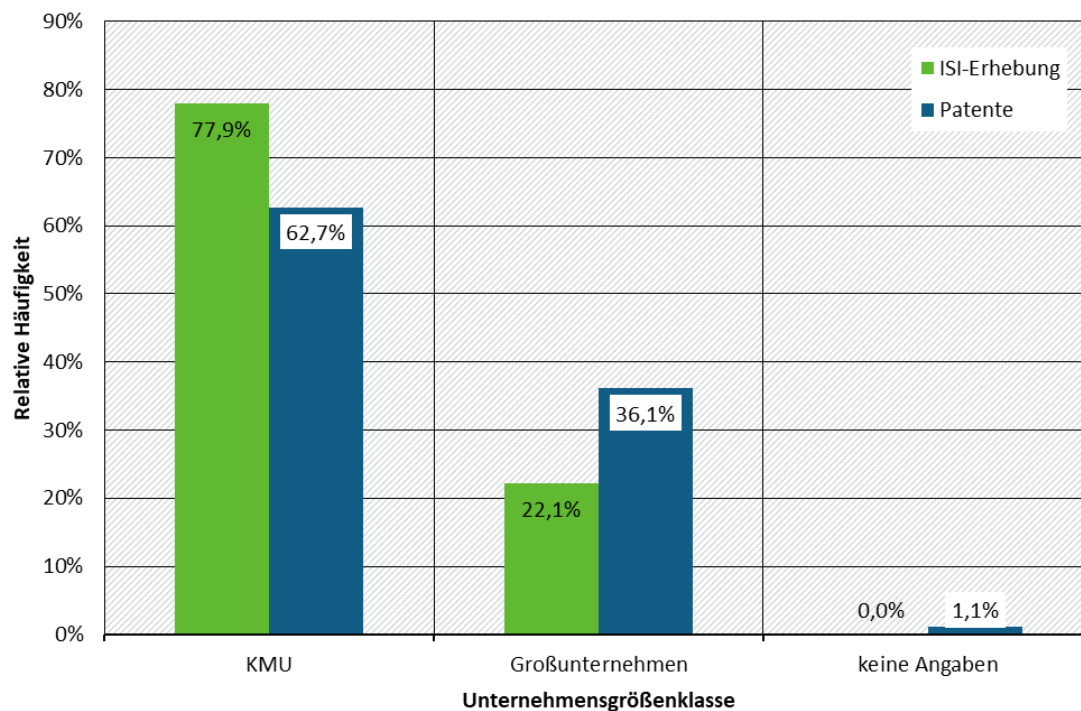
Als Umweltinnovateure im Sinne der ISI-Erhebung werden Betriebe verstanden, die angeben, dass sie mindestens eine Produktinnovation mit verbesserter Umweltwirkung seit 2015 eingeführt haben ($n = 267$). Im Hinblick auf Unternehmensgröße, Branchen- und regionale Verteilung heben sie sich von den Umweltinnovateuren im Sinne der Patentauswertung, also den Anmeldern von Umweltpatenten (2006 - 2011), etwas ab (vgl. auch statistische Angaben im Anhang A.2):

- **Unternehmensgröße:** In der ISI-Erhebung haben KMU einen deutlich höheren Anteil an allen Antworten als in den Patentdaten. Entsprechend geringer ist der Anteil von Großunternehmen (vgl. Abbildung 20). Die KMU werden hier allein anhand der Zahl der Beschäftigten (unter 250) definiert. Zusätzlich erfolgte eine Auswertung für die Umweltinnovateure in der ISI-Erhebung bezüglich der vertretenen Umsatzgrößenklassen (vgl. Tabelle 5). Unter den KMU ($n = 187$) sind demnach 102 mittlere Unternehmen (38,2 % der Umweltinnovateure), 76 Kleinunternehmen (28,5 % der Umweltinnovateure) und 9 Kleinstunternehmen (gemessen jeweils allein am Umsatz).
- **Branchenverteilung:** In der ISI-Erhebung sind folgende Branchen (relativ gesehen) deutlich stärker vertreten als in den Patentdaten (vgl. Abbildung 21 und Tabelle 15 im Anhang):
 - Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln,
 - Herstellung von Textilien,
 - Herstellung von chemischen Erzeugnissen,
 - Herstellung von Möbeln.

Der Wirtschaftszweig Maschinenbau ist dagegen weniger prominent repräsentiert als in der Patenterhebung.

- **Regionale Verteilung:** In der ISI-Erhebung haben Betriebe aus Niedersachsen und Sachsen einen etwas höheren Anteil an allen Antworten als in den Patentdaten. Geringer ist der Anteil von Betrieben aus NRW, Baden-Württemberg und Thüringen (vgl. Abbildung 22 und Tabelle 16 im Anhang).

Abbildung 20: Verteilung hinsichtlich Großunternehmen und KMU in ISI- und Patenterhebung



Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, ISI-Erhebung 2018, Fraunhofer ISI

Tabelle 5: Umsatzgrößenklassen unter Umweltinnovateuren in der ISI-Erhebung

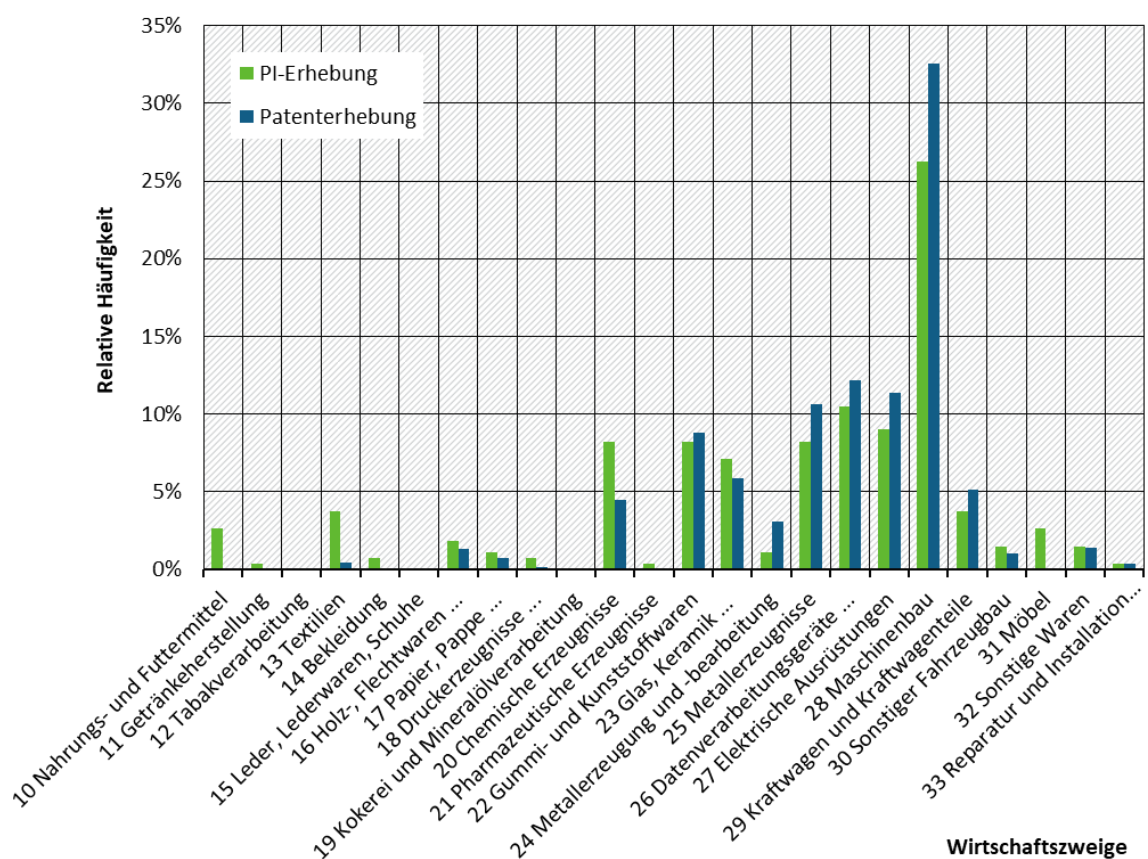
Umsatzklasse (in Mio. Euro)	Anzahl Unternehmen	Einstufung gemäß KMU-Definition der EU
[0,2]	9	Kleinstunternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
(2,5]	40	Kleinunternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
(5,7,5]	11	Kleinunternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
(7,5,10]	25	Kleinunternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
(10,15]	28	Mittlere Unternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
(15,20]	29	Mittlere Unternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
(20,25]	16	Mittlere Unternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
(25,50]	29	Mittlere Unternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
(50,100]	29	Großunternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
(100,250]	16	Großunternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
(250,500]	7	Großunternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
(500,750]	6	Großunternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)

Umsatzklasse (in Mio. Euro)	Anzahl Unternehmen	Einstufung gemäß KMU-Definition der EU
>750	5	Großunternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
Keine Angaben	17	Großunternehmen (gemessen allein am Jahresumsatz)
Gesamt	267	

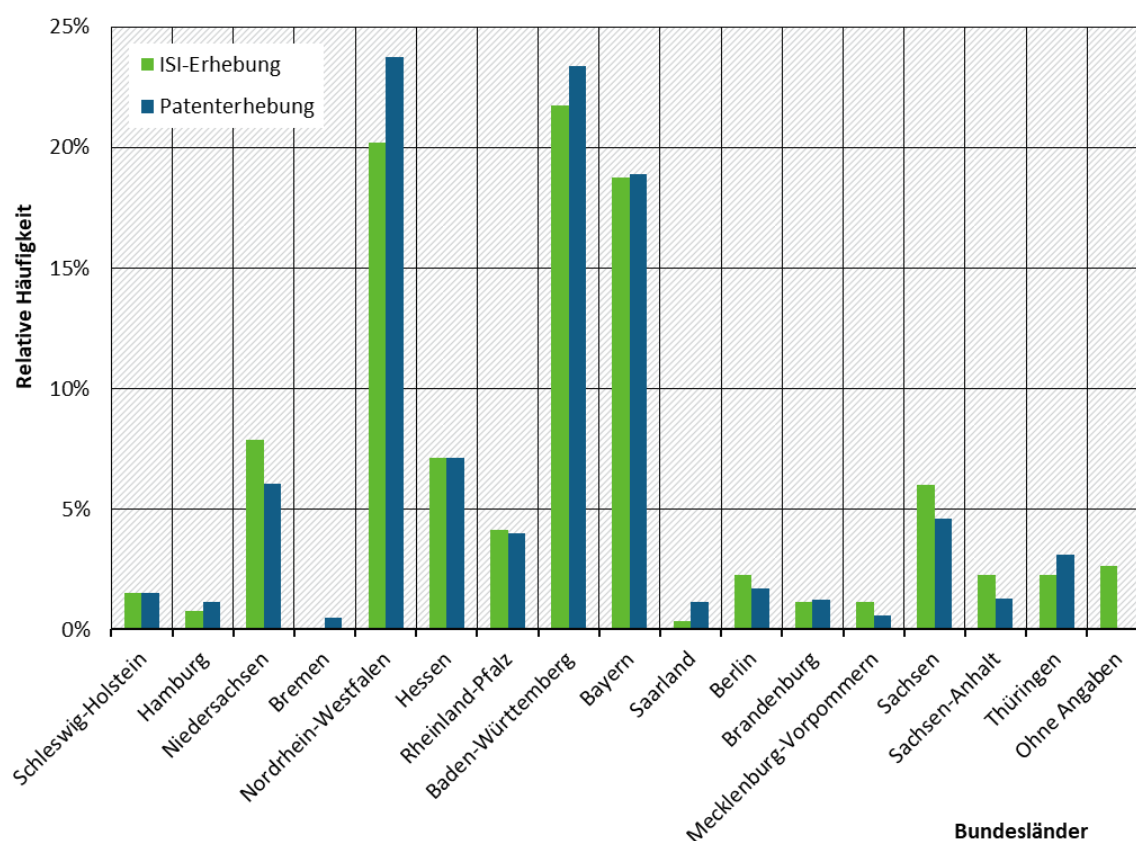
Anmerkung: Eckige Klammern vor einem Wert bedeuten „einschließlich“, runde Klammern vor einem Wert bedeuten „ausschließlich“. Zum Beispiel (5,10]: Werte größer 5 bis zu (genau) 10

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI basierend auf ISI-Erhebung 2018

Abbildung 21: Verteilung hinsichtlich Wirtschaftszweigen in ISI- und Patenterhebung



Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, ISI-Erhebung 2018, Fraunhofer ISI

Abbildung 22: Vergleich der regionalen Verteilung in ISI- und Patenterhebung

Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, ISI-Erhebung 2018, Fraunhofer ISI

3.3 Zusätzliche Erkenntnisse aus der ISI-Erhebung

In der ISI-Erhebung werden sowohl (technische und organisatorische) Innovationen im Produktionsprozess als auch Produktinnovationen beleuchtet. Der folgende Abschnitt fokussiert auf Produktinnovationen, denn diese auf den Markt gerichtete Innovationstätigkeit ist in gewisser Weise auch Treiber für Patentaktivitäten und somit noch besser anschlussfähig an die Betrachtungen im Abschnitt 2.

Die ISI-Erhebung fragt, ob in den vergangenen drei Jahren neue Produkte¹⁰ auf den Markt gebracht wurden und wenn ja, welcher Umsatzanteil auf sie entfiel. Mehr als die Hälfte der Betriebe (51,5 %) beantworten die erste Frage mit ja, haben also Produktinnovationen eingeführt. Knapp die Hälfte der Unternehmen (rund 48 %) erzielen Umsatzanteile von mehr als 5 % - 25% mit neuen Produkten (vgl. Tabelle 6). In Ausnahmefällen sind die Umsatzanteile deutlich höher: Knapp 5 % der Unternehmen erzielen mehr als die Hälfte ihres Umsatzes mit neuen Produkten. Diese Zahlen zeigen, wie wichtig neue Produkte für den Erfolg eines Unternehmens sind.

¹⁰ Neue Produkte sind in der Umfrage definiert als solche, die neu für den Betrieb waren oder wesentliche technische Verbesserungen enthielten. Dabei werden alle Produktneuerungen erfasst, und nicht nur Umweltinnovationen.

Tabelle 6: Umsatzanteil neuer Produkte in 2017^{*)}

Umsatzanteil [%]	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
[0,5]	214	35.26
(5,10]	151	24.88
(10,15]	58	9.56
(15,20]	70	11.53
(20,25]	15	2.47
(25,30]	40	6.59
(30,35]	3	0.49
(35,40]	9	1.48
(40,45]	0	0.00
(45,50]	18	2.97
(50,55]	1	0.16
(55,60]	6	0.99
(60,65]	0	0.00
(65,70]	6	0.99
(70,75]	2	0.33
(75,80]	11	1.81
(80,85]	0	0.00
(85,90]	1	0.16
(90,95]	1	0.16
(95,100]	1	0.16
Gesamt*)	607	100

*) Grundgesamtheit sind hier nur diejenigen Unternehmen, die neue Produkte eingeführt haben.

Anmerkung: Eckige Klammern vor einem Wert bedeuten „einschließlich“, runde Klammern vor einem Wert bedeuten „ausschließlich“. Zum Beispiel (5,10]: Werte größer 5 bis zu (genau) 10.

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI basierend auf ISI-Erhebung 2018

Von allen befragten Betrieben geben 21,3 % an, dass diese Produktinnovationen mit einer verbesserten Umweltwirkung verbunden sind (vgl. Tabelle 7)¹¹. Diese werden im Folgenden als Umweltinnovateure bezeichnet. Alle weiteren Auswertungen beziehen sich auf die Gruppe der Umweltinnovateure (Grundgesamtheit N = 267). In einigen Merkmalen werden sie mit den restlichen Produktinnovateuren („Nicht-Umweltinnovateure“) verglichen, um Besonderheiten herauszuarbeiten¹². Zunächst wird die Art der Umweltrelevanz der Produktinnovationen näher beleuchtet (Abschnitt 3.3.1). Dann werden die F&E-Strategien der Umweltinnovateure dargestellt

¹¹ Betrachtet man nur die Betriebe mit Produktinnovationen (n=607), liegt der Anteil der Umweltinnovateure bei 44 %.

¹² Soweit wir hier statistische Signifikanz-Tests (Chi-Quadrat-Test) durchführen, sprechen wir ab $p < 0,05$ von Signifikanz. Die Effektstärke ϕ bezeichnen wir ab 0.1 als kleinen Effekt, ab 0.3 als mittleren Effekt, ab 0.5 als großen Effekt.

(Abschnitt 3.3.2) und schließlich ausgewählte Merkmale ihrer eigenen Betriebsführung beleuchtet (Abschnitt 3.3.3).

Tabelle 7: Produktinnovationen mit verbesserter Umweltwirkung

	Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt*)
Absolute Häufigkeit	370	267	619	1256
Relative Häufigkeit	29.46 %	21.26 %	49.28 %	100 %

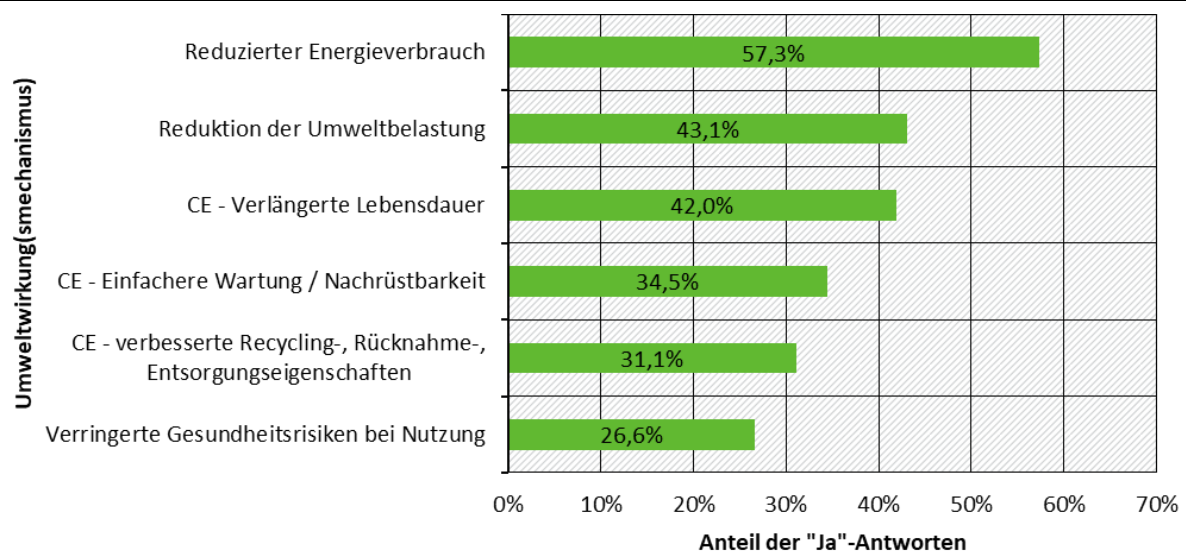
*) „Gesamt“ enthält Betriebe, die neue Produkte eingeführt haben, ebenso wie Betriebe, die dies nicht getan haben.

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI basierend auf ISI-Erhebung 2018

3.3.1 Umweltrelevanz der Neuprodukte

Die Umweltrelevanz der Neuprodukte kann sich in verschiedenen Umweltverbesserungen niederschlagen. Abbildung 23 zeigt die Antworten (statistische Details vgl. Anhang A.2.2). Die meisten Produktinnovationen (57,3 %) bieten eine verbesserte Umweltwirkung, indem sie einen geringeren Energieverbrauch als Konkurrenzprodukte aufweisen. Die hohe Bedeutung energiesparender Produktinnovationen lässt sich u. a. mit der Branchenstruktur der antwortenden Betriebe in Verbindung mit dem Patentverhalten erklären. In der Patentanalyse hat sich gezeigt, dass sich die folgenden Wirtschaftszweige (WZ) besonders stark im Bereich Energieeffizienz (CReMA 13B) wiederfinden (vgl. Abschnitt 2.2): Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen (WZ 26), Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (WZ 27), Maschinenbau (WZ 28) und Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (WZ 29). Die ersten drei dieser Wirtschaftszweige haben auch hohe Anteile an den Antworten in der ISI-Erhebung (vgl. Abbildung 21). Es passt zum beobachteten Patentgeschehen, dass durch das Gewicht dieser Branchen in der ISI-Erhebung die Verbesserung der Energieeffizienz besonders oft genannt wird. Gegenüber der früheren Erhebungsrunde (2015) wurde Energieeffizienz jedoch weniger oft genannt (s. Gotsch et al. 2019).

An zweiter Stelle der Antworten steht die sehr breit definierte Kategorie „Reduktion der Umweltbelastung (durch Nutzung)“ mit 43,1 %. Drei mögliche Umweltwirkungsmechanismen haben mit verschiedenen Ansätzen für die Circular Economy (CE) zu tun. Am häufigsten wird hier der Ansatz der verlängerten Lebensdauer genannt (42 %), gefolgt von einfacherer Wartung und Nachrüstbarkeit (34,5 %). Das Schließen der Kreisläufe am Ende des Produktlebenszyklus ist der am wenigsten oft genannte Circular Economy Ansatz (31,1 %). Das heißt, die Bemühungen, die Circular Economy durch Produktinnovationen voranzubringen, finden stärker in den früheren Phasen des Produktlebenszyklus statt und folgen damit der Maxime, die Kreisläufe auf möglichst hohem Niveau zu schließen und den Wert der Produkte möglichst lange im Wirtschaftskreislauf zu erhalten. Mit rund einem Viertel der Antworten (26,6 %) spielt die Verringerung der Gesundheitsrisiken bei der Nutzung der Produkte eine etwas weniger wichtige Rolle. Dies kann damit zusammenhängen, dass bestehende verpflichtende Normen hier schon hohe Standards für alle Produkte fordern.

Abbildung 23: Umweltwirkung der Produktinnovationen^{*)}


^{*)} Mehrfachantworten möglich

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI basierend auf ISI-Erhebung 2018

Die Mehrfachnennungen lassen sehr viele mögliche Kombinationen von Umweltwirkungen zu¹³. Daher ist zu erwarten, dass die Häufigkeiten für jedes einzelne mögliche Wirkungsbündel eher gering sind. Gewisse Häufungen sind aber dennoch zu beobachten. Die häufigsten drei Kombinationen enthalten jeweils „Reduzierter Energieverbrauch“ kombiniert mit einer oder zwei weiteren Wirkungsdimensionen:

- „Reduzierter Energieverbrauch“ und „Reduktion der Umweltbelastung durch Nutzung“ (23 Betriebe oder 8,6 %);
- „Reduzierter Energieverbrauch“ und „Einfachere Wartung/Nachrüstbarkeit“ (12 Betriebe oder 4,5 %);
- „Reduzierter Energieverbrauch“, „Einfachere Wartung/Nachrüstbarkeit“ und „verlängerte Lebensdauer“ (11 Betriebe oder 4,1 %).

Mit Blick auf die Transformation hin zu einer Circular Economy ist außerdem die Frage von Interesse, ob und in welchem Umfang Produktinnovationen „ganzheitlich“ auf CE ausgerichtet werden, d. h. wie häufig alle CE-Kategorien zusammen genannt werden. Dies ist tatsächlich bei 21 Betrieben der Fall (7,9 %), die zumeist aber noch weitere Umweltverbesserungen durch ihre Produkte angeben¹⁴.

3.3.2 F&E-Strategien von Umweltinnovateuren

In diesem Abschnitt betrachten wir die F&E-Strategien von Umweltinnovateuren genauer. Dazu ziehen wir Daten über die „Input-Seite“ des Forschungsprozesses heran, d. h. wir beleuchten F&E-Aktivitäten, -Ausgaben und -Kooperationen. Im Vergleich mit Nicht-Umweltinnovateuren (Betriebe, die Produktinnovationen eingeführt haben, diesen aber keine Umweltverbesserungen

¹³ Insgesamt sind 63 (unterschiedliche große) Maßnahmenbündel möglich.

¹⁴ Nur 3 Betriebe nennen ausschließlich die CE-bezogenen Umweltverbesserungen.

zuschreiben) lassen sich Besonderheiten herausarbeiten, die als mögliche Treiber für Umweltinnovationen gesehen werden können.

F&E-Aktivitäten können durchgeführt werden, indem ein Betrieb intern selbst Forschung und Entwicklung betreibt und/oder indem F&E-Aufträge an externe Partner vergeben werden. Tabelle 8 zeigt, dass über 80 % der Umweltinnovateure F&E auf die eine oder andere Art betreiben. Dieser Wert liegt mit fast 20 Prozentpunkten deutlich über dem entsprechenden Wert für Nicht-Umweltinnovateure. Der Unterschied ist statistisch signifikant, wie ein Chi-Quadrat-Test zeigt¹⁵.

Tabelle 8: Betriebe, die F&E in 2017 intern oder extern betrieben haben

		Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Umweltinnovateure	Absolute Häufigkeit	50	214	3	267
Umweltinnovateure	Relative Häufigkeit	18.73 %	80.15 %	1.12 %	100 %
Nicht-Umweltinnovateure	Absolute Häufigkeit	144	223	3	370
Nicht-Umweltinnovateure	Relative Häufigkeit	38.92 %	60.27 %	0.81 %	100 %
Differenz rel. Häufigkeit	(%-Punkte)	-20,19	19,88		

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI basierend auf ISI-Erhebung 2018

Der Umfang, in dem diese F&E-Aktivitäten betrieben werden, lässt sich anhand der F&E-Ausgaben festmachen. Um Verzerrungen aufgrund unterschiedlicher Betriebsgrößen zu vermeiden, wird die F&E-Quote herangezogen, also der Anteil der F&E-Ausgaben am Umsatz (vgl. Tabelle 9). Im Durchschnitt liegt die F&E-Quote der Umweltinnovateure bei 6,2 %¹⁶. Bei den Nicht-Umweltinnovateuren liegt dieser Wert mit 5,6 % niedriger. Der Unterschied erweist sich jedoch als statistisch nicht signifikant, d. h. er kann zufällig sein¹⁷.

¹⁵ $\chi^2(1, N = 264) = 25.394, p < 0.0001; \phi = 0.22$.

¹⁶ Für die Berechnung des Durchschnitts wurden die drei obersten Extremwerte der F&E-Quote nicht berücksichtigt.

¹⁷ T-Test auf Mittelwertunterschiede: $t(386) = 1.222, p = 0.223$.

Tabelle 9: Anteil der F&E-Ausgaben am Umsatz in 2017

Anteil F&E am Umsatz [%]	Umweltinnovateure Absolute Häufigkeit	Umweltinnovateure Relative Häufigkeit [%]	Nicht-Umweltinnovateure Absolute Häufigkeit	Nicht-Umweltinnovateure Relative Häufigkeit [%]
[0,5]	118	44.70 %	126	56.50 %
(5,10]	47	17.80 %	51	22.87 %
(10,15]	23	8.71 %	7	3.14 %
(15,20]	5	1.89 %	6	2.69 %
(20,25]	2	0.76 %	3	1.35 %
(25,30]	0	0.00 %	5	2.24 %
(30,35]	2	0.76 %	1	0.45 %
(35,40]	0	0.00 %	0	0.00 %
(40,45]	0	0.00 %	0	0.00 %
(45,50]	1	0.38 %	1	0.45 %
(50,100]	0	0.00 %	2	0.90 %
Keine Angaben	16	25.00 %	21	9.42 %
Gesamt	214	100.00 %	223	100.00 %

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI basierend auf ISI-Erhebung 2018

Die F&E-Quoten der Umweltinnovateure variieren erheblich je nach Wirtschaftszweig (vgl. Tabelle 10). Manche Wirtschaftszweige liegen deutlich über der durchschnittlichen F&E-Quote. Am weitesten darüber liegen folgende fünf Wirtschaftszweige:

- 13 Herstellung von Textilien (11,54 %);
- 33 Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen (10,00 %);
- 26 Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen (8,55 %);
- 14 Herstellung von Bekleidung (8,50 %);
- 27 Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (7,18 %).

Schon in Abbildung 21 wurde klar, dass sich Umweltpatentanmelder und Umweltinnovateure im Sinne der Befragungsdaten unterschiedlich auf Wirtschaftszweige verteilen. Die Branchen 13 (Textilien) und 14 (Bekleidung) tauchen erst in den Befragungsdaten als wichtiger Branchenkontext von Umweltinnovateuren auf. Der Blick auf die F&E-Quote erweitert diese Liste um den Wirtschaftszweig 33 (Reparatur und Installation...).

Anders dagegen bei den Branchen 26 und 27: Hier gehen hohe F&E-Quoten auch mit hohen Anteilen der Branche unter den Umweltpatentanmeldern einher (jeweils über 10 %, vgl. Abbildung 21).

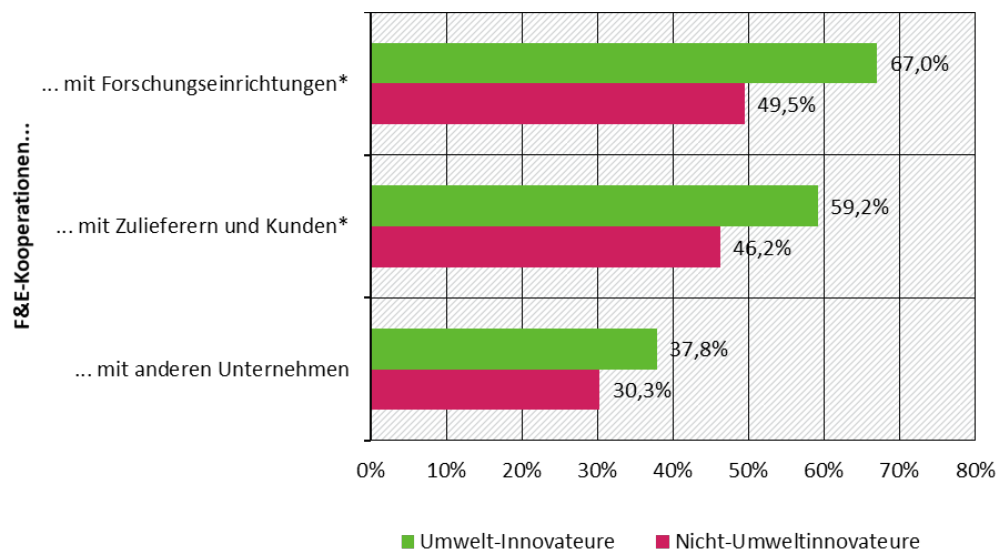
Tabelle 10: F&E-Quoten von Umweltinnovateuren nach Wirtschaftszweigen¹⁸

Wirtschaftszweig	Anteil F&E am Umsatz [%]
10 Nahrungs- und Futtermittel	6,00 %
11 Getränkeherstellung	0,00 %
13 Textilien	11,54 %
14 Bekleidung	8,50 %
16 Holz-, Flechtwaren ...	1,50 %
17 Papier, Pappe ...	2,55 %
18 Druckerzeugnisse ...	0,00 %
20 Chemische Erzeugnisse	5,62 %
21 Pharmazeutische Erzeugnisse	3,00 %
22 Gummi- und Kunststoffwaren	3,02 %
23 Glas, Keramik ...	4,74 %
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	7,00 %
25 Metallerzeugnisse	6,35 %
26 Datenverarbeitungsgeräte ...	8,55 %
27 Elektrischen Ausrüstungen	7,18 %
28 Maschinenbau	5,98 %
29 Kraftwagen und Kraftwagenteile	6,17 %
30 Sonstiger Fahrzeugbau	1,75 %
31 Möbel	1,55 %
32 Sonstigen Waren	6,00 %
33 Reparatur und Installation	10,00 %
Durchschnitt	6,2 %

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI basierend auf ISI-Erhebung 2018

Neben dem Umfang der F&E-Aktivitäten sind auch die Akteurskonstellationen von Interesse, innerhalb derer diese Aktivitäten durchgeführt werden. Verschiedene Kategorien von Kooperationspartnern sind möglich. Diese sind in Abbildung 24 aufgeführt. Ihre Bedeutung ist für Umweltinnovateure und Nicht-Umweltinnovateure unterschiedlich. Die wichtigsten Kooperationspartner für Umweltinnovateure sind Forschungseinrichtungen. Die Häufigkeit solcher Kooperationen liegt deutlich und signifikant über dem Wert der Gruppe der Nicht-Umweltinnovateure. Das gleiche gilt für F&E-Kooperationen mit Zulieferern und Kunden. Auch mit anderen Unternehmen finden F&E-Kooperationen statt. Hier sind die Unterschiede zu Nicht-Umweltinnovateuren jedoch nicht signifikant.

¹⁸ Die Branchen 12 (Tabakverarbeitung), 15 (Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen) und 19 (Kokerei und Mineralölverarbeitung) fehlen in dieser Tabelle, weil hier keine Umweltinnovateure vertreten sind (s. auch Tabelle 15 im Anhang).

Abbildung 24: Partner für F&E-Kooperationen^{*)}

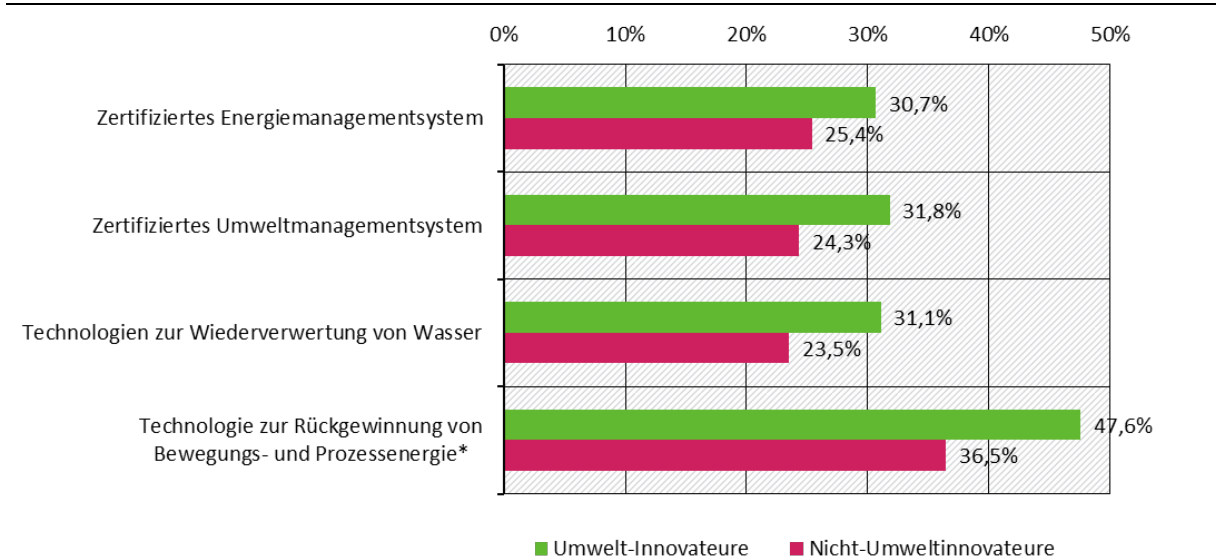
^{*)} Kategorien mit statistisch signifikanten Unterschieden sind mit * markiert. Statistische Daten und Tests siehe Anhang A.2.3)

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI basierend auf ISI-Erhebung 2018

3.3.3 Merkmale der eigenen Betriebsführung

Bei Unternehmen, die sich für Umweltverbesserungen bei ihren Produkten einsetzen, kann davon ausgegangen werden, dass Kenntnisse und Bewusstsein für Umwelteffekte vorhanden sind. Möglicherweise beschränkt sich das auf die Produkte. Es könnte jedoch sein, dass die Unternehmen ganzheitlicher orientiert sind und auch bei der eigenen Betriebsführung auf Umweltschonung achten. Dies wurde anhand von vier Merkmalen untersucht, die in Abbildung 25 wiedergegeben sind. Bei den zertifizierten Managementsystemen kann es sich zum Beispiel um Zertifizierungen nach DIN EN ISO 50001, DIN EN ISO 14001 oder EMAS handeln. Sowohl beim Energiemanagement als auch beim Umweltmanagement beantworten die Umweltinnovateure die Frage nach dem Einsatz häufiger mit ja als die Nicht-Umweltinnovateure. Jedoch ist der Unterschied statistisch nicht signifikant (vgl. auch Anhang A.2.4).

Ähnlich sieht es bei der tatsächlichen Implementierung umweltschonender Produktionstechnologien aus, was den Einsatz von Technologien zur Wiederverwertung von Wasser angeht. Auch hier sind die Unterschiede statistisch nicht signifikant. Nur der Einsatz von Technologien zur Rückgewinnung von Energie erfolgt bei Umweltinnovateuren systematisch häufiger als bei Nicht-Umweltinnovateuren. Der Unterschied ist signifikant, die Effektstärke allerdings eher gering (vgl. auch Anhang A.2.4).

Abbildung 25: Merkmale der Betriebsführung *)

*) Kategorien mit statistisch signifikanten Unterschieden sind mit * markiert. Statistische Daten und Tests siehe Anhang A.2.4)

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI basierend auf ISI-Erhebung 2018

Schließlich lenken wir den Blick auf die wirtschaftliche Performanz der Umweltinnovateure, genauer gesagt auf die Umsatzrendite. Tabelle 11 zeigt die relativen Häufigkeiten für verschiedene Spannbreiten der Umsatzrendite und vergleicht dabei Umweltinnovateure und Nicht-Umweltinnovateure. Der statistische Test offenbart, dass die Unterschiede zwischen beiden Gruppen nicht signifikant sind. Das heißt, es besteht kein systematischer Unterschied in der Umsatzrendite, der darauf zurückzuführen wäre, dass ein Unternehmen umweltverbessernde Produktinnovationen eingeführt hat. Einschränkend muss jedoch gesagt werden, dass damit nur ein sehr punktueller Schlaglicht auf die wirtschaftliche Performanz von Umweltinnovateuren erfolgt, da nur ein Indikator zu einem bestimmten Zeitpunkt herangezogen werden konnte. Außerdem kann nicht weiter nach Branchen differenziert werden, da dann die Fallzahlen zu gering werden, um belastbare statistische Auswertungen zu ergeben.

Tabelle 11: Umsatzrendite vor Steuern (2017)

		negativ	0-2%	>2-5%	>5-10%	>10%	Keine Angaben	Gesamt
Umweltinnovateure	Absolute Häufigkeit	9	37	64	82	37	38	267
Umweltinnovateure	Relative Häufigkeit	3.37 %	13.86 %	23.97 %	30.71 %	13.86 %	14.23 %	100 %
Nicht-Umweltinnovateure	Absolute Häufigkeit	16	48	99	93	58	56	370
Nicht-Umweltinnovateure	Relative Häufigkeit	4.32 %	12.97 %	26.76 %	25.14 %	15.68 %	15.91 %	100 %

Ergebnis: $\chi^2(5, N = 267) = 2.662, p = 0.752$ (nicht signifikant)

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI basierend auf ISI-Erhebung 2018

3.4 Zusammenfassung und kritische Würdigung der Ergebnisse aus der Analyse der ISI-Erhebung

Die wesentlichen Ergebnisse der Bestandsaufnahme zu Umweltinnovateuren, die auf der ISI-Erhebung beruhen, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ Die Befragungsdaten zeigen die bedeutende Rolle von KMU für das Umweltinnovationsgeschehen (fast 80 % der Umweltinnovateure). Innerhalb der KMU nimmt das Gewicht mit der Größe ab, aber Kleinunternehmen machen dennoch über ein Viertel der Umweltinnovateure aus.
- ▶ Manche Branchen tauchen erst in den Befragungsdaten als wichtiger Branchenkontext von Umweltinnovateuren auf, weil sie einen höheren Anteil an den Umweltinnovateuren haben als an den Patentanmeldungen, oder weil sie überdurchschnittlich hohe F&E-Quoten aufweisen. Diese sind:
 - Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln,
 - Herstellung von Textilien,
 - Herstellung von Möbeln,
 - Herstellung von Bekleidung,
 - Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen.

Laut Hünecke et al. (2022) gehören Nahrungs- und Futtermittel zu den Branchen, die besonders von einem Strukturwandel zu einer Green Economy betroffen sind. Für die Textil- und Bekleidungsindustrie wurde eine „moderate Relevanz“ ausgewiesen.

- ▶ In manchen Bundesländern stellt sich das Innovationsgeschehen durch die Brille der Befragungsdaten anders dar als in der Patentanalyse. Zum Beispiel ist der Anteil Niedersachsens und Sachsens an den Umweltinnovateuren höher als ihr Anteil an den Umweltpatentanmeldern. Für eine regionalisierte Betrachtung des Umweltinnovationsgeschehens beide Datenzugänge zu verwenden, ermöglicht ein vollständigeres Bild.
- ▶ Unter den Umweltverbesserungen, die den Produktinnovationen zugeschrieben werden, dominiert die Energieeffizienz: Fast 60 % der Umweltinnovateure ordnen ihre Produktinnovationen hier ein. Energieeffizienz wird aber oft mit weiteren umweltfreundlichen Produkteigenschaften gekoppelt. Die ganzheitliche Ausrichtung der Produkte auf eine Circular Economy findet bisher eher noch in der Nische statt: Nur knapp 8 % der Umweltinnovateure finden sich hier.
- ▶ Ein wesentliches Merkmal der F&E-Strategie der Umweltinnovateure ist ihre signifikant häufigere Kooperation mit Forschungseinrichtungen sowie mit Kunden und Zulieferern. Hier heben sie sich von Nicht-Umweltinnovateuren ab.
- ▶ In vielerlei Hinsicht heben sich Umweltinnovateure nicht systematisch von Nicht-Umweltinnovateuren ab¹⁹. Daraus lassen sich einige Schlussfolgerungen ziehen:

¹⁹ Eine Auswertung nach Branchen könnte hier ein differenzierteres Bild geben, war aber aufgrund begrenzter Fallzahlen im Rahmen dieser Studie nicht möglich.

- Es liegen keine signifikanten Unterschiede in der F&E-Quote von Umweltinnovateuren ggü. Nicht-Umweltinnovateuren vor. Interessant ist, dass die Umweltinnovateure den noch signifikant häufiger angeben, F&E-Aktivitäten zu betreiben. Es ist also nicht eine Frage der Höhe der F&E-Ausgaben, ob Produktinnovationen mit umweltverbessernden Eigenschaften entstehen. Vielmehr scheint die qualitative Ausrichtung der F&E-Aktivitäten und die „Suchrichtung“ entscheidend.
- Es liegen keine signifikanten Unterschiede in der Umsatzrendite von Umweltinnovateuren ggü. Nicht-Umweltinnovateuren vor. Dies weist darauf hin, dass sich Umweltinnovateure im Durchschnitt wirtschaftlich weder besser noch schlechter stellen als Nicht-Umweltinnovateure. Positiv gesehen müssen Umweltinnovationen also nicht mit Mehrkosten oder schmäleren Deckungsbeiträgen einhergehen. Kritisch gesehen gab es in der Vergangenheit in Summe wenig wirtschaftliche Vorteile, das Produktportfolio in Richtung Umweltverbesserung weiterzuentwickeln.
- Mit der Ausnahme der Nutzung von Technologien zur Energierückgewinnung liegen keine signifikanten Unterschiede zwischen Umweltinnovateuren und Nicht-Umweltinnovateuren bzgl. umweltfreundlicher Betriebsführung vor. Umweltverbessernde Produktinnovationen entstehen also nicht unbedingt aus Unternehmen heraus, die in der eigenen Produktion Vorreiter für Umweltschutz wären.

4 Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik

Die Nutzung von Patent- und Befragungsdaten in Kombination zeigt einen detaillierten Blick auf Unternehmen als Umweltinnovateure. Für die Gestaltung der Umweltinnovationspolitik ergeben sich Erkenntnisse auf Basis der Rolle von Unternehmensgröße, Branchen und Technologiefeldern sowie regionaler Schwerpunkte. Darüber hinaus können die Erkenntnisse die politische Gestaltung des Strukturwandels hin zu einer Green Economy befruchten (vgl. Heyen et al. 2022).

► Ansatzpunkte anknüpfend an Erkenntnisse zu Unternehmensgrößen:

Ein Blick auf das Innovationsgeschehen nur durch die Linse der Patentdaten würde die Bedeutung großer Unternehmen überzeichnen. Die Befragungsdaten zeigen die große Rolle der KMU im Umweltinnovationsgeschehen. Dies bestätigt die Bedeutung von Förderprogrammen wie „KMU innovativ“. Diese Fördermaßnahme des BMBF bedient verschiedene Technologiefelder (BMBF 2018). Einige davon haben eine hohe Umweltrelevanz, zum Beispiel die Themenfelder „Bioökonomie“ oder „Ressourceneffizienz und Klimaschutz“. Innerhalb der KMU fallen tatsächlich auch kleine Unternehmen ins Gewicht. Das unterstreicht die Wichtigkeit, den Zugang zu Förderprogrammen für Umweltinnovationen niederschwellig und unbürokratisch zu gestalten.

Forschungsk Kooperationen wurden bei Umweltinnovateuren signifikant häufiger beobachtet als bei anderen Unternehmen. Die Kausalität ist allerdings unklar. Ein genauerer Blick auf Forschungsk Kooperationen und ihre Rolle in der Genese und Verbreitung von Umweltinnovationen könnte hier Aufschluss bringen. Wenn Forschungsk Kooperationen tatsächlich Umweltinnovationen begünstigen, könnten Forschungsk Kooperationen noch gezielter gefördert werden.

► Ansatzpunkte anknüpfend an Erkenntnisse zu Branchen und Technologiefeldern:

- In den Befragungsdaten wird deutlich, dass Energieeffizienz in der Ausrichtung der Umweltinnovationen eine große Rolle spielt. Ganzheitliche Ansätze für die Kreislaufwirtschaft stecken jedoch noch in den Kinderschuhen. Ihr Potenzial mit Blick auf die Vermeidung indirekter (THG-) Emissionen bedarf weiterer politischer Unterstützung.
- Die Befragungsdaten zeigen außerdem, dass umweltfreundliche Innovationen in der Betriebsführung und Umweltinnovationen im Produktportfolio nicht Hand in Hand gehen. Das ist ein Stück weit naheliegend, weil umweltfreundliche Innovationen in der Betriebsführung eher auf Prozesse ausgerichtet sind und damit anders ablaufen als Produktinnovationen. Beide Schienen werden bisher von der Politik mit unterschiedlichen Instrumenten gefördert. Ein Ansatzpunkt könnte sein zu prüfen, ob sich die Motivation und Kompetenz von Unternehmen in einem Bereich (z. B. umweltfreundliche Betriebsführung) auch dafür nutzen lässt, Umweltinnovationen in anderen Bereichen (z. B. umweltfreundliche Gestaltung des Produktportfolios) voranzubringen. Wenn sich für diese Frage positive Belege finden, könnte die Politik im nächsten Schritt nach einem Förderansatz suchen, der beide Handlungsfelder verknüpft.
- Der Branchenkontext der Umweltinnovateure ist breit gefächert und wird erst in der Kombination beider Datenquellen in vollem Umfang sichtbar. Einige der identifizierten Umweltinnovateurs-Branchen - Herstellung von chemischen Erzeugnissen, Nahrungs- und Futtermittel sowie die Textil- und Bekleidungsindustrie - werden gleichzeitig zu den

Branchen gezählt, die laut Hünecke et al. (2022) bei einem Strukturwandel zu einer Green Economy besonders unter Druck geraten könnten. Das wirft die Frage auf, ob der Strukturwandel durch intrasektorale Anpassungen unterstützt werden kann: Während zum Beispiel die Marktchancen konventioneller Aktivitäten der Nahrungs- und Futtermittelindustrie abnehmen, könnten „grüne“ Aktivitäten im gleichen Sektor einen gewissen Ausgleich schaffen. Um solche Wechselbeziehungen für die Gestaltung des ökologischen Strukturwandels gezielt nutzen zu können, ist jedoch ein genauerer Blick in die Zusammenhänge auf Technologie- und Akteursebene nötig. Manche Umwelttechnologien (zum Beispiel zur Reinigung von Motorabgasen oder zur Schalldämpfung an Fahrzeugen) könnten direkt mit den Technologien verbunden sein, die der ökologische Strukturwandel unter Druck setzt und so ebenfalls ihre Relevanz verlieren.

► Ansatzpunkte anknüpfend an Erkenntnisse zu regionalen Mustern

- Die Frage nach regionalen Mustern bei den Umweltinnovationsaktivitäten baut eine Brücke zwischen Umwelt(innovations-)politik und regionaler Wirtschafts- und Strukturförderung. Mit Blick auf Regionen, die von einem (nicht nur ökologischen) Strukturwandel besonders betroffen sind, kann eine solche Verbindung zusätzliche Gestaltungsmöglichkeiten eröffnen. So stellen zum Beispiel Ragnitz et al. fest, dass die Umweltdimension in der Gestaltung der strukturpolitischen Interventionen in der Region Lausitz noch kaum eine Rolle spielt (Ragnitz et al. 2021). Gleichzeitig weisen die Analysen der Patent- und Befragungsdaten darauf hin, dass der Anteil Sachsens an den Umweltinnovateuren zwar mit ca. 5 % nicht sehr hoch ist. Mit einer ähnlichen Größenordnung wie in Hessen oder Niedersachsen jedoch, könnten damit eventuell wichtige Keimzellen für den weiteren Ausbau bestehen. Eine genauere regionalisierte Betrachtung des Umweltinnovationsgeschehens in Verbindung mit strukturpolitischen Gestaltungsansätzen könnte wertvolle Informationen für zukünftige Politikgestaltung liefern.
- Die Patentdaten zeigen, dass häufig industrielle Kernregionen auch bei den Umweltpatenten besonders hervortreten und sich Branchenstrukturen in den regionalen Mustern für verschiedene Umwelttechnologien spiegeln. Der Grund dafür liegt darin, dass manche Umwelttechnologien eng mit bestimmten Branchen verknüpft sind (z. B. Luftreinhaltung und Automobilindustrie in Baden-Württemberg). Wie oben bereits im Kontext der Branchen und Technologiefelder dargestellt, kann dies auf ein Risiko hinweisen, dass manche Umwelttechnologien ihre Relevanz verlieren, wenn die Technologien, die die Umweltprobleme verursachen, zurückgedrängt werden und aus dem Markt verschwinden. Dies schränkt die Möglichkeiten ein, durch Umweltinnovationen einen Ausgleich im Strukturwandelprozess zu schaffen.

Die Ergebnisse weisen auch darauf hin, dass sich Umweltinnovateure im Durchschnitt über alle Branchen in der Vergangenheit - gemessen an der Umsatzrendite - kaum wirtschaftliche Vorteile gegenüber Nicht-Umweltinnovateuren verschaffen konnten (vgl. Abschnitt 3.3.3). Es bleibt für die Umweltpolitik daher weiter wichtig, effektive wirtschaftliche Anreize dafür zusetzen, das Produktportfolio in Richtung Umweltverbesserung weiterzuentwickeln.

Für die allgemeine Ausrichtung der Umweltinnovationspolitik ist wichtig festzuhalten, dass die Höhe der F&E-Ausgaben nicht entscheidend dafür sein muss, ob Produktinnovationen mit umweltverbessernden Eigenschaften entstehen (vgl. Abschnitt 3.3.2). Die Politik kann dies nutzen und auf die qualitative Ausrichtung der F&E-Aktivitäten einwirken. Dies entspricht den Prinzipien einer transformations- oder missionsorientierten Innovationspolitik (s. Lindner et al. 2021; Schot und Steinmueller 2018).

5 Quellenverzeichnis

Bergset, Linda; Fichter, Klaus (2021): High Sustainability Gründerfonds. Bedarf und Optionen nachhaltigkeitsorientierter staatlicher Start-up-Finanzierung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 05/2021). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/high-sustainability-gruenderfonds>, zuletzt geprüft am 19.12.2022.

Bodenheimer, Miriam; Dütschke, Elisabeth (2021): Lost in transition? Disentangling agency, activities and actor roles. Paper presented at the International Sustainability Transitions Conference IST, 5- 8 October 2021, Karlsruhe / Germany.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2018): KMU-innovativ. Vorfahrt für Spitzenforschung im Mittelstand. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/pdf/kmu-innovativ.pdf;jsessionid=8A4C617BB6BC4E7B8C7BA66282E6CA44.live722?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 18.01.2022.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022): Eröffnungsbilanz Klimaschutz. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/220111_eroeffnungsbilanz_klimaschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=14, zuletzt geprüft am 14.01.2022.

Bundesregierung (2021): Projektionsbericht 2021 für Deutschland. Gemäß Artikel 18 der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie §10 (2) des Bundes-Klimaschutzgesetzes. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/projektionsbericht_2021_bf.pdf, zuletzt geprüft am 14.01.2022.

Clausen, Jens (2020): Innovationspolitik für den Ökolandbau. Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 01/2020).

Clausen, Jens; Fichter, Klaus (2019): Bedeutung und Förderung grüner Gründungen. Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 04/2019).

Clausen, Jens; Fichter, Klaus (2021): Die Diffusion von Umweltinnovationen. Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 10/2021).

Clausen, Jens; Fichter, Klaus; Griesse, Jan-Niklas (2021): Innovation und Nachhaltigkeit in der Weiterbildung. Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 09/2021). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/ui_b_09-2021_innovation_nachhaltigkeit_weiterbildung.pdf, zuletzt geprüft am 19.12.2022.

European Environment Agency (EEA) (2018): Perspectives on transitions to sustainability. Luxembourg: Publications Office of the European Union (EEA report, No 25/2017).

Fichter, Klaus; Hurrelmann, Karsten; Clausen, Jens (2021): Konzeptstudie „Sustainability Hubs“. Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 07/2021). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/ui_b_07-2021_sustainability_hubs.pdf, zuletzt geprüft am 19.12.2022.

Gandenberger, Carsten (2021): Innovationen für die Circular Economy - Aktueller Stand und Perspektiven. Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 01/2021).

Gandenberger, Carsten; Marscheider-Weidemann, Frank (2021): Umweltinnovationen made in Germany: Welchen Beitrag können sie zum Erreichen der SDG in Schwellen- und Entwicklungsländern leisten? Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 08/2021).

Gandenberger, Carsten; Ostertag, Katrin (2022): Internationale Kooperationen im Bereich Umwelttechnologie und die Rolle Deutschlands. Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 02/2022). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uiib_02-2022_internationale_kooperationen_im_bereich_umwelttechnologie_und_die_rolle_deutschlands.pdf, zuletzt geprüft am 19.12.2022.

Gehrke, Birgit; Ingwersen, Kai; Schasse, Ulrich; Ostertag, Katrin; Marscheider-Weidemann, Frank; Rothengatter, Oliver (2019): Innovationsmotor Umweltschutz: Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich. Aktualisierte Ausgabe 2019. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 06/2019). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-12-05_uiib_06-2019_innovationsmotor-umweltschutz-2019.pdf, zuletzt geprüft am 05.04.2023.

Gehrke, Birgit; Ingwersen, Kai; Schasse, Ulrich; Ostertag, Katrin; Marscheider-Weidemann, Frank; Rothengatter, Oliver et al. (2022): Innovationsmotor Umweltschutz: Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich. Aktualisierte Ausgabe 2021. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 03/2022), zuletzt geprüft am 05.04.2023.

Gehrke, Birgit; John, Katrin; Schasse, Ulrich; Ostertag, Katrin; Marscheider-Weidemann, Frank; Rothengatter, Oliver (2018): Innovationsmotor Umweltschutz: Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich. Aktualisierte Ausgabe 2017. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 01/2018).

Gehrke, Birgit; Schasse, Ulrich; Ostertag, Katrin (2014): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Produktion - Außenhandel - Forschung - Patente: Die Leistungen der Umweltschutzwirtschaft in Deutschland. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA) und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und reaktorsicherheit (BMUB). Dessau-Roßlau (Umwelt-Innovation-Beschäftigung des BMUB/UBA, 01/2014). Online verfügbar unter http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/uiib_01_2014_wirtschaftsfaktor_umweltschutz.pdf, zuletzt geprüft am 05.04.2023.

Gehrke, Birgit; Schasse, Ulrich; Ostertag, Katrin; Marscheider-Weidemann, Frank (2015): Innovationsmotor Umweltschutz. Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, BMUB (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 05/2015). Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/innovationsmotor-umweltschutz>, zuletzt geprüft am 05.04.2023.

Gotsch, Matthias; Jäger, Angela; Jackwerth, Thomas (2019): Industrielle Produktinnovationen für mehr ökologische Nachhaltigkeit. Ausprägungen und wirtschaftlicher Erfolg. Karlsruhe: Fraunhofer ISI (Mitteilungen aus der Erhebung "Modernisierung der Produktion", 74/2019).

Grießhammer, Rainer; Brohmann, Bettina (2015): Wie Transformationen und gesellschaftliche Innovationen gelingen können. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/wie-transformationen-gesellschaftliche-innovationen>, zuletzt geprüft am 05.04.2023.

Haan, Fjalar J. de; Rotmans, Jan (2018): A proposed theoretical framework for actors in transformative change. In: *Technological Forecasting and Social Change* 128, S. 275–286. DOI: 10.1016/j.techfore.2017.12.017.

Heyen, Dirk A.; Gensch, Carl-Otto; Gsell, Martin; Hacker, Florian; Minnich, Lukas; Sherf, Cara-Sophie et al. (2022): Strukturwandel zu einer Green Economy. Analysen und Empfehlungen zur erfolgreichen Gestaltung des ökologischen Strukturwandels. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 04/2022).

Hünecke, Katja; Heyen, Dirk A.; Ostertag, Katrin (2022): Strukturwandel zu einer Green Economy. Screening besonders betroffener Branchen. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 01/2022).

Johnston, Nick; Hascic, Ivan; Ostertag, Katrin (2008): Environmental Policy, Technological Innovation and Patents. 1. Aufl. Paris: OECD (OECD Studies on Environmental Innovation).

Köhler, Jonathan; Geels, Frank W.; Kern, Florian; Markard, Jochen; Onsongo, Elsie; Wieczorek, Anna et al. (2019): An agenda for sustainability transitions research. State of the art and future directions. In: *Environmental Innovation and Societal Transitions* 31, S. 1–32. DOI: 10.1016/j.eist.2019.01.004.

Legler, Harald; Krawczyk, Olaf; Walz, Rainer; Eichhammer, Wolfgang; Frietsch, Rainer (2006): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau (Texte, 16/06). Online verfügbar unter http://fachliteratur.isi.fraunhofer.de/isipublica-archiv-intern/isi06b17/leistungsfahigkeit_der_deutschen.pdf, zuletzt geprüft am 05.04.2023.

Legler, Harald; Schmoch, Ulrich; Gehrke, Birgit; Krawczyk, Olaf (2002): Innovationsindikatoren zur Umweltwirtschaft. Analysen im Rahmen der jährlichen Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands. Hannover, Karlsruhe: NIW; Fraunhofer ISI (Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 2-2003).

Lindner, Ralf; Edler, Jakob; Hufnagl, Miriam; Kimpeler, Simone; Kroll, Henning; Roth, Florian et al. (2021): Missionsorientierte Innovationspolitik. Von der Ambition zur erfolgreichen Umsetzung. Karlsruhe (Policy Brief, 02/2021). Online verfügbar unter https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/policy-briefs/policy_brief_missionsorientierung.pdf, zuletzt geprüft am 18.01.2022.

Mairesse, Jacques; Mohnen, Pierre (2010): Using Innovation Surveys for Econometric Analysis. In: Handbook of the Economics of Innovation, Volume 2, Bd. 2: Elsevier (Handbook of the Economics of Innovation), S. 1129–1155.

Nagaoka, Sadao; Motohashi, Kazuyuki; Goto, Akira (2010): Patent Statistics as an Innovation Indicator. In: Bronwyn H. Hall und N. Rosenberg (Hg.): Handbook of the Economics of Innovation, Bd. 2. 2 Bände. Amsterdam: Elsevier, S. 1083–1127.

OECD (2005): Oslo manual. Guidelines for collecting and interpreting innovation data. 3rd ed. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; Statistical Office of the European Communities.

OECD (2015a): Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development. Paris: OECD Publishing (The measurement of scientific, technological and innovation activities). Online verfügbar unter <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264239012-en.pdf?expires=1637756322&id=id&accname=ocid49022016&checksum=1A68057A612C5C091E87A6AB7FF34AB5>, zuletzt geprüft am 24.11.2021.

OECD (2015b): Measuring environmental innovation using patent data. Policy relevance. Unter Mitarbeit von Ivan Hascic und Mauro Migotto. Paris: OECD.

OECD (2017): Green Growth Indicators 2017. OECD Green Growth Studies. OECD Publishing. Paris. Online verfügbar unter https://www.oecd-ilibrary.org/environment/green-growth-indicators-2017_9789264268586-en, zuletzt geprüft am 05.04.2023.

OECD; Eurostat (2018): Oslo manual 2018. Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation. 4th Edition. Paris, Luxembourg: OECD Publishing; Eurostat (The measurement of scientific, technological and innovation activities). Online verfügbar unter <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264304604-en.pdf?expires=1637753874&id=id&accname=ocid49022016&checksum=1D46FFEA1C3F16C54AD56F805B413A05>, zuletzt geprüft am 24.11.2021.

Ostertag, Katrin; Marscheider-Weidemann, Frank; Rothengatter, Oliver (2014): Nutzung von Patentinformationen für die Weiterentwicklung der umweltökonomischen Statistiken. Abschlussbericht an das Statistische Bundesamt im Rahmen des Projekts "Patentabfrage zur Bestimmung künftiger Umweltschutztechnologien". Karlsruhe: Fraunhofer ISI. Online verfügbar unter <https://publica-rest.fraunhofer.de/ser-ver/api/core/bitstreams/7e6ed94c-7462-4e17-b7a9-fbc48f44dac8/content>, zuletzt geprüft am 05.04.2023.

Ostertag, Katrin; Neuhäusler, Peter; Helmich, Patricia; Frietsch, Rainer; Walz, Rainer; Gehrke, Birgit; Schasse, Ulrich (2018): Ful-Indikatoren zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz. Forschung, Entwicklung, Innovationen und Marktergebnisse. Berlin: EFI (Studien zum deutschen Innovationssystem, 7-2018). Online verfügbar unter https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Studien/2018/StuDIS_07_2018.pdf, zuletzt geprüft am 05.04.2023.

Ostertag, Katrin; Sartorius, Christian; Tercero Espinoza, Luis A. (2010): Innovationsdynamik in rohstoffintensiven Produktionsprozessen. In: *Chemie Ingenieur Technik* 82 (11), S. 1893–1901. DOI: 10.1002/cite.201000120.

Ragnitz, Joachim; Markwardt, Gunther; Schwartzkopff, Julian; Reitzenstein, Alexander; Wehnert, Timon; Kurwan, Jenny; Beutel, Jannis (2021): Analyse des historischen Strukturwandels in der Lausitz. (Fallstudie). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Climate change, 31/2021). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2021-12-28_cc_31-2021_fallstudie_analyse_historischer_strukturwandel_lausitz.pdf, zuletzt geprüft am 18.01.2022.

Sartorius, Christian; Gandenberger, Carsten (2016): Entwicklung der Innovationsdynamik bei Ressourceneffizienztechnologien. RohPolRes Kurzanalyse Nr. 8. Karlsruhe: Fraunhofer ISI. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/ka_8_technologische_innovationen_final.pdf, zuletzt geprüft am 05.04.2023.

Schasse, Ulrich; Gehrke, Birgit; Ostertag, Katrin (2012): Ausgewählte Indikatoren zur Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich. Produktion, Außenhandel, Umweltforschung und Patente. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 02/2012). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4345.pdf>, zuletzt geprüft am 05.04.2023.

Schot, Johan; Steinmueller, W. Edward (2018): Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. In: *Research Policy* 47 (9), S. 1554–1567.

Statistisches Bundesamt (2021): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland - Indikatorenbericht 2021. Wiesbaden, zuletzt geprüft am 14.01.2022.

Walz, Rainer (2022): Überlegungen zu einem Indikatorensystem für Nachhaltigkeitstransformationen. Ein Beitrag zu Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 10/2022).

Walz, Rainer; Ostertag, Katrin; Doll, Claus; Eichhammer, Wolfgang; Frietsch, Rainer; Helfrich, Nicki; Marscheider-Weidemann, Frank; Sartorius, Christian (2008): Innovationsdynamik und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in grünen Zukunftsmärkten. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA) und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 03/08). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3690.pdf>, zuletzt geprüft am 05.04.2023.

Warnke, Philine; Koschatzky, Knut; Dönitz, Ewa; Zenker, Andrea; Stahlecker, Thomas; Som, Oliver et al. (2016): Opening up the innovation system framework towards new actors and institutions. Hg. v. Fraunhofer ISI. Karlsruhe (Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis, 49). Online verfügbar unter <http://fachliteratur.isi.fraunhofer.de/isipubl-extern/Innovation-system-framework-actors-institutions.pdf>, zuletzt geprüft am 05.04.2023.

A Anhang

A.1 Anhang zur regionalen Struktur der Umweltinnovateure

Tabelle 12: Übersicht der Postleitzahlengebiete aus den Abbildungen des Berichts

2-stelliges Postleitzahlgebiet	Bundesland	Größter Ort
01	Sachsen & Brandenburg	Dresden
13	Berlin	
21	Hamburg & Schleswig-Holstein & Niedersachsen	Hamburg-Mitte
22	Hamburg & Schleswig-Holstein	Hamburg-Wandsbek
24	Schleswig-Holstein	Kiel
30	Niedersachsen	Hannover
31	Niedersachsen	Hildesheim
33	Nordrhein-Westfalen	Bielefeld
38	Niedersachsen & Sachsen-Anhalt	Braunschweig
40	Nordrhein-Westfalen	Düsseldorf
44	Nordrhein-Westfalen	Dortmund
45	Nordrhein-Westfalen	Essen
47	Nordrhein-Westfalen	Duisburg
49	Niedersachsen & Nordrhein-Westfalen	Osnabrück
51	Nordrhein-Westfalen & Rheinland-Pfalz	Köln
53	Nordrhein-Westfalen & Rheinland Pfalz	Bonn
55	Rheinland-Pfalz & Hessen	Wiesbaden
63	Hessen & Bayern & Baden-Württemberg	Offenbach am Main
64	Hessen & Baden-Württemberg	Darmstadt
65	Hessen & Rheinland-Pfalz	Frankfurt am Main
66	Saarland & Rheinland-Pfalz	Saarbrücken
67	Rheinland-Pfalz	Ludwigshafen
70	Baden-Württemberg	Stuttgart
71	Baden-Württemberg	Ludwigsburg
73	Baden-Württemberg	Esslingen am Neckar
74	Baden-Württemberg & Bayern	Heilbronn
76	Baden-Württemberg & Rheinland-Pfalz	Karlsruhe

2-stelliges Postleitzahlgebiet	Bundesland	Größter Ort
79	Baden-Württemberg	Freiburg im Breisgau
80	Bayern	München
81	Bayern	München
85	Bayern	München
88	Baden-Württemberg & Bayern	Friedrichshafen
89	Baden-Württemberg & Bayern	Ulm
93	Bayern	Regensburg

Quelle: Fraunhofer ISI basierend auf https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Postleitregionen_in_Deutschland (vollständige Liste, letzter Aufruf 07.03.2023)

Tabelle 13: Anzahl von Patentanmeldungen nach Bundesland und Umweltbereich

Bundesland	CEPA 1	CEPA 1 ad.	CEPA 2	CEPA 3	CEPA 5	CRema 13 A	CRema 13 B	CRema 13 B ad.	CRema 13 C	CRema 13 C ad.	CRema 14	CRema 14 ad.	CCS	MSR
BADEN-WÜRT-TEMBERG	1044	1820	152	175	229	452	4928	1552	20	4	5	10	74	797
BAYERN	522	746	230	257	120	1211	4077	1492	28	32	64	16	594	547
BERLIN	17	36	31	8	1	118	1972	234	2	1	0	1	3	42
BRANDENBURG	8	2	11	2	1	45	59	17	3	0	0	2	3	20
BREMEN	2	1	4	3	0	44	32	6	0	0	1	0	2	4
HAMBURG	18	68	7	29	19	334	99	92	15	2	0	5	4	7
HESSEN	92	14	40	45	10	172	756	236	5	10	0	11	49	31
MECKLENBURG-VORPOMMERN	3	28	1	9	37	17	83	4	0	0	0	0	3	1
NIEDERSACHSEN	164	258	33	82	50	131	630	699	27	6	4	10	17	179
NORDRHEIN-WESTFALEN	420	121	183	210	36	414	2146	826	26	51	15	35	183	181
RHEINLAND-PFALZ	40	12	35	83	19	148	488	183	8	11	5	4	5	11
SAARLAND	27	4	8	1	0	16	51	11	0	1	1	0	1	2
SACHSEN	17	31	21	32	3	185	543	42	4	0	0	4	16	8
SACHSEN-ANHALT	17	2	4	9	1	110	50	28	3	1	1	0	2	7
SCHLESWIG-HOLSTEIN	24	3	58	14	3	36	88	27	0	05	0	0	8	7
THÜRINGEN	15	0	14	23	3	47	134	24	6	1	0	2	5	9

A.2 Anhang zur Analyse von Umweltinnovateuren auf Basis der ISI-Erhebung 2018

A.2.1 Vergleich der Datensätze der ISI-Erhebung und der Patenterhebung

Tabelle 14: Vergleich der Verteilung hinsichtlich Großunternehmen und KMU in ISI-Erhebung und Patenterhebung (Patente)

	Absolute Häufigkeit (ISI)	Relative Häufigkeit (ISI)	Absolute Häufigkeit (Patente)	Relative Häufigkeit (Patente)	Differenz relative Häufigkeit (Prozentpunkte)
Große Unternehmen	59	22.10 %	995	36.14 %	-14.05
KMU	208	77.90 %	1727	62.73 %	15.17
Keine Angaben*	0	0.00 %	31	1.13 %	-1.13
Gesamt	267	100 %	2753	100 %	

* In der Patenterhebung haben einige wenige Unternehmen falsche oder ungenaue Angaben zur ihrer Unternehmensgröße gemacht, diese wurden der Kategorie „Keine Angaben“ zugeordnet.

Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, ISI-Erhebung 2018, Fraunhofer ISI

Tabelle 15: Vergleich der Verteilung hinsichtlich Wirtschaftszweigen (Abteilungen) in ISI- und Patenterhebung

Abteilungsname	Abteilungsnummer	Abs. Häuf. (ISI)	Rel. Häuf. (ISI)	Abs. Häuf. (Patente)	Rel. Häuf. (Patente)	Differenz rel. Häuf. (Prozentpunkte)
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	10	7	2.62 %	2	0.07 %	2.55
Getränkeherstellung	11	1	0.37 %	0	0.00 %	0.37
Tabakverarbeitung	12	0	0.00 %	0	0.00 %	0.00
Herstellung von Textilien	13	10	3.75 %	12	0.44 %	3.31
Herstellung von Bekleidung	14	2	0.75 %	0	0.00 %	0.75
Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	15	0	0.00 %	1	0.04 %	-0.04
Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)	16	5	1.87 %	37	1.34 %	0.53
Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	17	3	1.12 %	20	0.73 %	0.40
Herstellung von Druckzeugnissen, Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern	18	2	0.75 %	4	0.15 %	0.60
Kokerei und Mineralölverarbeitung	19	0	0.00 %	1	0.04 %	-0.04

Abteilungsname	Abteilungsnummer	Abs. Häuf. (ISI)	Rel. Häuf. (ISI)	Abs. Häuf. (Patente)	Rel. Häuf. (Patente)	Differenz rel. Häuf. (Prozentpunkte)
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	20	22	8.24 %	123	4.47 %	3.77
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	21	1	0.37 %	3	0.11 %	0.27
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	22	22	8.24 %	243	8.83 %	-0.59
Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	23	19	7.12 %	162	5.88 %	1.23
Metallerzeugung und -bearbeitung	24	3	1.12 %	86	3.12 %	-2.00
Herstellung von Metallerezeugnissen	25	22	8.24 %	293	10.64 %	-2.40
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	26	28	10.49 %	336	12.20 %	-1.72
Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	27	24	8.99 %	313	11.37 %	-2.38
Maschinenbau	28	70	26.22 %	896	32.55 %	-6.33
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	29	10	3.75 %	142	5.16 %	-1.41
Sonstiger Fahrzeugbau	30	4	1.50 %	29	1.05 %	0.44
Herstellung von Möbeln	31	7	2.62 %	1	0.04 %	2.59
Herstellung von sonstigen Waren	32	4	1.50 %	38	1.38 %	0.12
Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen	33	1	0.37 %	11	0.40 %	-0.03 %
Gesamt	-	267	100 %	2677	100 %	

Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, ISI-Erhebung 2018, Fraunhofer ISI

Tabelle 16: Vergleich der regionalen Verteilung in ISI-Erhebung (ISI) und Patenterhebung (Patente)

Bundesland	Abs. Häuf. (ISI)	Rel. Häuf. (ISI)	Abs. Häuf. (Patente)	Rel. Häuf. (Patente)	Differenz rel. Häuf. (Prozent- punkte)
Schleswig-Holstein	4	1.50 %	42	1.53 %	-0.03
Hamburg	2	0.75 %	32	1.16 %	-0.41
Niedersachsen	21	7.87 %	167	6.07 %	1.80
Bremen	0	0.00 %	14	0.51 %	-0.51
Nordrhein-Westfalen	54	20.22 %	654	23.76 %	-3.53
Hessen	19	7.12 %	196	7.12 %	0.00
Rheinland-Pfalz	11	4.12 %	110	4.00 %	0.12
Baden-Württemberg	58	21.72 %	643	23.36 %	-1.63
Bayern	50	18.73 %	520	18.89 %	-0.16
Saarland	1	0.37 %	32	1.16 %	-0.79
Berlin	6	2.25 %	47	1.71 %	0.54
Brandenburg	3	1.12 %	34	1.24 %	-0.11
Mecklenburg-Vorpommern	3	1.12 %	16	0.58 %	0.54
Sachsen	16	5.99 %	126	4.58 %	1.42
Sachsen-Anhalt	6	2.25 %	35	1.27 %	0.98
Thüringen	6	2.25 %	85	3.09 %	-0.84
Ohne Angaben	7	2.62 %	0	0.00 %	2.62
Gesamt	267	100.00 %	2753	100 %	

Quelle: PATSTAT, Hoppenstedt-Firmendatenbank, Creditreform-MARKUS, web2.CYLEX.de, ISI-Erhebung 2018, Fraunhofer ISI

A.2.2 Umweltrelevanz von Produktinnovationen - Berechnungen des Fraunhofer ISI basierend auf ISI-Erhebung 2018

Tabelle 17: Reduktion der Umweltbelastung durch Produkt

	Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Absolute Häufigkeit	152	115	0	267
Relative Häufigkeit	56.93 %	43.07 %	0.00 %	100 %

Tabelle 18: Reduzierter Energieverbrauch bei Nutzung

	Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Absolute Häufigkeit	114	153	0	267
Relative Häufigkeit	42.70 %	57.30 %	0.00 %	100 %

Tabelle 19: Einfachere Wartung/Nachrüstbarkeit

	Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Absolute Häufigkeit	175	92	0	267
Relative Häufigkeit	65.54 %	34.46 %	0.00 %	100 %

Tabelle 20: Verlängerte Lebensdauer des Produkts

	Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Absolute Häufigkeit	155	112	0	267
Relative Häufigkeit	58.05 %	41.95 %	0.00 %	100 %

Tabelle 21: Verbesserte Recycling-, Rücknahme-, Entsorgungseigenschaften

	Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Absolute Häufigkeit	184	83	0	267
Relative Häufigkeit	68.91 %	31.09 %	0.00 %	100 %

Tabelle 22: Verringerte Gesundheitsrisiken bei Nutzung

	Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Absolute Häufigkeit	196	71	0	267
Relative Häufigkeit	73.41 %	26.59 %	0.00 %	100 %

A.2.3 F&E-Strategien von Umweltinnovateuren

Tabelle 23: F&E-Kooperation mit Zulieferern und Kunden

		Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Umweltinnova-teure	Absolute Häufigkeit	104	158	5	267
Umweltinnova-teure	Relative Häufigkeit	38.95 %	59.18 %	1.87 %	100 %
Nicht-Umweltinnovateure	Absolute Häufigkeit	193	171	6	370
Nicht-Umweltinnovateure	Relative Häufigkeit	52.16 %	46.22 %	1.62 %	100 %

Ergebnis: $\chi^2(1, N = 262) = 8.830, p = 0.003; \varphi = 0.13$

Tabelle 24: F&E-Kooperation mit anderen Unternehmen (nicht Zulieferer oder Kunden)

		Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Umweltinnova-teure	Absolute Häufigkeit	159	101	7	267
Umweltinnova-teure	Relative Häufigkeit	59.55 %	37.83 %	2.62 %	100 %
Nicht-Umweltinnovateure	Absolute Häufigkeit	251	112	7	370
Nicht-Umweltinnovateure	Relative Häufigkeit	67.84 %	30.27 %	1.89 %	100 %

Ergebnis: $\chi^2(1, N = 260) = 3.314, p = 0.06; (nicht\ signifikant)$

Tabelle 25: F&E-Kooperation mit Forschungseinrichtungen

		Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Umweltinnova-teure	Absolute Häufigkeit	82	179	6	267
Umweltinnova-teure	Relative Häufigkeit	30.71 %	67.04 %	2.25 %	100 %
Nicht-Umweltinnovateure	Absolute Häufigkeit	181	183	6	370
Nicht-Umweltinnovateure	Relative Häufigkeit	48.92 %	49.46 %	1.62 %	100 %

Ergebnis: $\chi^2(1, N = 261) = 17.387, p < 0.0001; \varphi = 0.18$

A.2.4 Merkmale der Betriebsführung

Tabelle 26: Zertifiziertes Energiemanagementsystem

		Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Umweltinnova-teure	Absolute Häufigkeit	177	82	8	267
Umweltinnova-teure	Relative Häufigkeit	66.29 %	30.71 %	3.00 %	100 %
Nicht-Umweltinnovateure	Absolute Häufigkeit	265	94	11	370
Nicht-Umweltinnovateure	Relative Häufigkeit	71.62 %	25.41 %	2.97 %	100 %

Ergebnis: $\chi^2(1, N = 259) = 1.631, p = 0.202$ (nicht signifikant)

Tabelle 27: Zertifiziertes Umweltmanagementsystem

		Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Umweltinnova-teure	Absolute Häufigkeit	174	85	8	267
Umweltinnova-teure	Relative Häufigkeit	65.17 %	31.83 %	3.00 %	100 %
Nicht-Umweltinnovateure	Absolute Häufigkeit	268	90	12	370
Nicht-Umweltinnovateure	Relative Häufigkeit	72.43 %	24.33 %	3.24 %	100 %

Ergebnis: $\chi^2(1, N = 259) = 3.347, p = 0.067$ (nicht signifikant)

Tabelle 28: Technologien zur Wiederverwertung von Wasser

		Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Umweltinnova-teure	Absolute Häufigkeit	175	83	9	267
Umweltinnova-teure	Relative Häufigkeit	65.54 %	31.09 %	3.37 %	100 %
Nicht-Umweltinnovateure	Absolute Häufigkeit	273	87	10	370
Nicht-Umweltinnovateure	Relative Häufigkeit	73.78 %	23.51 %	2.71 %	100 %

Ergebnis: $\chi^2(1, N = 258) = 2.698, p = 0.054$ (nicht signifikant)

Tabelle 29: Technologien zur Rückgewinnung von Bewegungs- und Prozessenergie

		Nein	Ja	Keine Angaben	Gesamt
Umweltinnova- teure	Absolute Häu- figkeit	136	127	4	267
Umweltinnova- teure	Relative Häu- figkeit	50.94 %	47.57 %	1.49 %	100 %
Nicht-Umweltin- novateure	Absolute Häu- figkeit	230	135	5	370
Nicht-Umweltin- novateure	Relative Häu- figkeit	62.16 %	36.49 %	1.35 %	100 %

Ergebnis: $\chi^2(1, N = 263) = 6416, p = 0.011; \varphi = 0.11$