



wbh

**WILHELM BÜCHNER
HOCHSCHULE**

Identifikation und Evaluation von Antriebstopologien in elektrischen Antriebssträngen von Elektrofahrzeugen mittels Patentanalyse

Lukas Ebner, Prof. Dr. Thomas Wenisch



**Schriftenreihe
der Wilhelm Büchner Hochschule**

Band 16/2026

Identifikation und Evaluation von Antriebstopologien in elektrischen Antriebssträngen von Elektrofahrzeugen mittels Patentanalyse

Lukas Ebner, Dr. Thomas Wenisch



Schriftenreihe der
Wilhelm Büchner Hochschule

Band 16/2026

Impressum

ISSN (Online) 2751-0514

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Wilhelm Büchner Hochschule Darmstadt 2026

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Werden Personenbezeichnungen aus Gründen der besseren Lesbarkeit nur in der männlichen oder weiblichen Form verwendet, so schließt dies das jeweils andere Geschlecht mit ein.

Herausgeber: Forschungsausschuss der Wilhelm Büchner Hochschule

Layout und Satz: Natascha Christl

Projektkoordination: Prof. Steffen Rümpler

E-Mail: Forschung@wb-fernstudium.de

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Kurzfassung

Aufgrund der durch Politik und Gesellschaft geforderten, zunehmenden Elektrifizierung von Kraftfahrzeugen gewinnt die reine Elektrifizierung von Antriebssträngen immer mehr an Bedeutung. Hierzu stehen eine Vielzahl von Antriebskonzepten zur Verfügung, welche zur Übertragung und Verteilung des Antriebsmoments der elektrischen Maschine auf die Fahrzeugräder verwendet werden können, was die Entscheidung über die Auswahl des richtigen Antriebs erschwert. Technische Schutzrechte bilden eine zuverlässige und umfassende Informationsquelle, wenn es um die Identifikation von Neuentwicklungen geht. Ziel der Arbeit ist es daher, anhand der Anmeldeintensität von Schutzrechtsanmeldungen einen Überblick über die unterschiedlichen Topologien elektrischer Antriebsstränge zu erhalten, welche zukünftige in rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen verwendet werden können. Hierzu wurde eine intensive Patentrecherche durchgeführt, wobei mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse eine repräsentative Teilmenge untersucht und eine topologiebezogene Unterteilung erstellt wurde. Die Ergebnisse wurden gemäß dieser Untergliederung einsortiert und aufgrund von Häufungen untersucht, ob Innovationsströmungen und -schwerpunkte im Bereich der verschiedenen Antriebstopologien zu erkennen sind. Im Rahmen einer quantitativen Analyse konnte hierbei festgestellt werden, dass allgemein betrachtet die Zentralantriebe bereits in ihrer Entwicklungsphase weiter vorangeschritten sind als die Einzelradantriebe und die Radnabenantriebe. Zudem konnte vor allem bei den parallelen und koaxialen Zentralantrieben, aber auch bei den parallelen Einzelradantrieben und den direkten Radnabenantrieben eine erhöhte Patentaktivität festgestellt werden, was als Indikator für eine verstärkte Entwicklungsarbeit in diesen Bereichen gesehen werden kann.

Abstract

Due to the increasing electrification of motor vehicles demanded by politics and society, the pure electrification of powertrains is becoming more and more important. A wide range of drive concepts are available for this purpose, which can be used to transmit and distribute the drive torque of the electric motor to the vehicle wheels, making it difficult to decide on the right drive. Technical property rights are a reliable and comprehensive source of information when it comes to identifying new developments. The aim of the work is therefore to obtain an overview of the different topologies of electric drivetrains that can be used in purely electrically powered vehicles in the future based on the filing intensity of property right applications. For this purpose, an intensive patent search was carried out, whereby a representative subset was examined by means of a qualitative content analysis and a topology-related subdivision was created. The results were sorted according to this subdivision and examined based on clusters to determine whether innovation trends and focal points can be identified in the area of the various drive topologies. As part of a quantitative analysis, it was found that, generally speaking, central drives are already further advanced in their development phase than single-wheel drives and wheel-hub drives. In addition, an increase in patent activity was observed for parallel and coaxial central drives in particular, but also for parallel single-wheel drives and direct wheel-hub drives, which can be seen as an indicator of increased development work in these areas.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	XII
1. Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziel der Arbeit	2
1.3 Vorgehensweise.....	3
2. Technische Schutzrechte als Informationsquelle	5
2.1 Einführung in den gewerblichen Rechtsschutz	5
2.1.1 Patent.....	6
2.1.2 Gebrauchsmuster	7
2.2 Verfügbare Informationen aus Patentdokumenten	8
2.2.1 Bibliografische Informatione	8
2.2.3 Beschreibung.....	10
2.2.3 Ansprüche	11
2.2.3.1 Anspruchskategorien	11
2.2.3.2 Anspruchsarten	12
2.2.4 Zeichnungen	12
3. Durchführung der Patentanalyse	14
3.1 Definition des Technologiefeldes	14
3.2 Strukturierung des Technologiefeldes	14

3.2.1 Zentralantrieb	15
3.2.2 Einzelradantrieb	17
3.2.3 Radnabenantrieb	18
3.3 Aufstellen der Recherchestrategie	19
3.1.1 IPC-Klassen	20
3.1.2 Zeitliche Einschränkung	20
3.2.3 Stichwörter	21
3.3.4 Vollständigkeit und mögliche Fehlerquellen	21
4. Sortierung und Darstellung der verschiedenen Antriebskonzept.....	23
4.1 Zentralantrieb	23
4.1.2 Winkelantrieb	23
4.1.2 Parallelantrieb	28
4.1.3 Koaxialantrieb	35
4.2 Einzelradantrieb.....	42
4.2.1 Paralleler Einzelradantrieb	42
4.2.2 Koaxialer Einzelradantrieb	47
4.2.3 Direktantrieb	52
4.2.4 Winkliger Einzelradantrieb	56
4.3 Radnabenantrieb	58
4.3.1 Direkter Radnabenantrieb	58
4.3.2 Koaxialer Radnabenantrieb	62
4.3.3 Paralleler Radnabenantrieb	65

4.4 Zwischenergebnis.....	69
5. Evaluation der Ergebnisse	71
5.1 Gesamtheitliche Auswertung	72
5.1.1 Zeitliche Betrachtung	72
5.1.2 Rechtsstandauswertung	73
5.2 Auswertung der bibliographischen Daten	74
5.2.1 Länder	75
5.2.2 Anmelder.....	76
5.3 Topologiebezogene Auswertung	78
5.3.1 Zentralantriebe	80
5.3.2 Einzelradantriebe	82
5.3.3 Radnabenantriebe	84
5.4 Länderspezifische Auswertung	86
5.4.1 China	86
5.4.2 Deutschland	87
5.4.3 USA	87
5.5 Anmelderspezifische Auswertung	88
5.5.1 Schaeffler	89
5.5.2 ZF Friedrichshafen	89
5.5.3 NTN Corporation.....	90
5.5.4 Audi.....	90
5.5.5 Toyota	91

5.6 Ermittlung von Innovationsschwerpunkten anhand von Schlüsselpatenten	92
5.6.1 Bewertungskriterien	92
5.6.1.1 Schutzrechtsart	93
5.6.1.3 Rechtsstand	93
5.6.1.3 Größe der Patentfamilie	93
5.6.2 Festlegung der Bewertungskriterien	94
5.7 Zwischenergebnis	96
6. Fazit und Ausblick	99
Literatur	CXVII
Patente	CXXX
Anhang	CXXXV

Abkürzungsverzeichnis

AAA	American Automobile Association
B	Batterie
BEV	Batterieelektrisches Fahrzeug (<u>B</u> attery <u>E</u> lectric <u>V</u> ehicle)
DG	Differentialgetriebe
DPMA	Deutsches Patent- und Markenamt
EM	Elektrische Maschine
EPA	Europäisches Patentamt
FESM	Fremderregte Synchronmaschine
F&E	Forschung und Entwicklung
G	Getriebe

GebrMG	Gebrauchsmustergesetz
GebrMV	Gebrauchsmusterverordnung
INID	Nummer zur Identifikation bibliographischer Daten (Internationally agreed <u>N</u> umbers for the <u>I</u> dentification of <u>D</u> ata)
IPC	Internationale Patent Klassifikation (International <u>P</u> aten <u>C</u> lassification)
LE	Leistungselektronik
PatG	Patentgesetz
PatV	Patentverordnung
PCT	internationale Patentanmeldung (<u>P</u> atent <u>C</u> ooperation <u>T</u> reaty)
PHEV	Plug-in-Hybrid (<u>P</u> lug-in <u>H</u> ybrid <u>E</u> lectric <u>V</u> ehicle)
PMSM	Permanentmagnet-Synchronmaschine
WIPO	Weltorganisation für geistiges Eigentum (<u>W</u> orld <u>I</u> ntellectua <u>P</u> roperty <u>O</u> rganization)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Zulassungen von Elektroautos (BEV, PHEV) weltweit von 2018 bis 2022 [1]	5
Abb. 2.1: Weltweite Entwicklung von Patentanmeldungen [8]	6
Abb. 2.2: Bibliographische Daten der Patentschrift DE 10 2022 120 760 A1	10
Abb. 3.1: Getriebeübersetzter Achsantrieb mit zentraler Antriebsmaschine [21]	17
Abb. 3.2: Antriebsvarianten: a) Winkelantrieb, b) Parallelantrieb, c) Koaxialantrieb [22]	18
Abb. 3.3: Einzelradantrieb mit zwei individuell steuerbaren [21]	19
Abb. 3.4: Antriebsvarianten: a) 90°-Anordnung, b) 0°-Anordnung (parallel), c) 0°-Anordnung (koaxial)	19
Abb. 3.5: Radnabenantrieb mit zwei individuell steuerbaren Radnabenmotoren [21]	20
Abb. 3.6: Antriebsvarianten: a) getriebeübersetzter Radnabenantrieb, b) Radnabendirektantrieb	21
Abb. 4.1: Winkelantrieb aus DE 102016002592 A1 (Fig. 1) angemeldet am 03.03.2016	26
Abb. 4.2: Winkelantrieb aus DE 102017223134 A1 (Fig. 1) angemeldet am 19.12.2017	27
Abb. 4.3: Winkelantrieb aus JP 2019115135 A (Fig. 1) angemeldet am 22.12.2017	27
Abb. 4.4: Winkelantrieb aus US 2021101480 A1 (Fig. 3) angemeldet am 03.10.2019	28
Abb. 4.5: Winkelantrieb aus DE 102018127881 A1 (Fig. 4) angemeldet am 08.11.2018	29
Abb. 4.6: Winkelantrieb aus EP 4292855 A2 (Fig. 1) angemeldet am 21.01.2021	30

Abb. 4.7: Winkelantrieb aus DE 102020201291 A1 (Fig. 2) angemeldet am 03.02.2020.....	31
Abb. 4.8: Parallelantrieb aus DE 102018221824 A1 (Fig. 1) angemeldet am 14.12.2018	31
Abb. 4.9: Parallelantrieb aus DE 102019205987 A1 (Fig. 1) angemeldet am 26.04.2019	32
Abb. 4.10: Parallelantrieb aus EP 3369600 A1 (Fig. 2) angemeldet am 27.02.2018	33
Abb. 4.11: Parallelantrieb aus DE 102016210461 A1 (Fig. 1) angemeldet am 14.06.2016	33
Abb. 4.12: Parallelantrieb aus DE 102021212217 A1 (Fig. 8) angemeldet am 29.10.2021.....	35
Abb. 4.13: Parallelantrieb aus DE 102018203458 A1 (Fig. 1) angemeldet am 07.03.2018.....	35
Abb. 4.14: Parallelantrieb aus DE 102018202837 A1 (Fig. 2) angemeldet am 26.02.2018.....	35
Abb. 4.15: Parallelantrieb aus DE 102014101713 A1 (Fig. 2) angemeldet am 12.02.2014.....	36
Abb. 4.16: Parallelantrieb aus DE 102022002616 A1 (Fig. 1) angemeldet am 18.07.2022.....	37
Abb. 4.17: Parallelantrieb aus DE 102015104203 A1 (Fig. 1) angemeldet am 20.03.2015.....	38
Abb. 4.18: Parallelantrieb aus EP 3892484 A1 (Fig. 1) angemeldet am 01.08.2019.....	39
Abb. 4.19: Koaxialantrieb aus DE 112017004884 T5 (Fig. 3) angemeldet am 22.09.2017.....	39
Abb. 4.20: Koaxialantrieb aus DE 102015106503 A1 (Fig. 1) angemeldet am 28.04.2015.....	40
Abb. 4.21: Koaxialantrieb aus DE 102015016636 A1 (Fig. 1) angemeldet am 21.12.2021.....	41

Abb. 4.22: Koaxialantrieb aus DE 102015200798 B3 (Fig. 1) angemeldet am 20.01.2015.....	42
Abb. 4.23: Koaxialantrieb aus CN 115157925 A (Fig. 1) angemeldet am 01.08.2022.....	43
Abb. 4.24: Koaxialantrieb aus DE 102016220630 A1 (Fig. 1) angemeldet am 20.10.2016.....	43
Abb. 4.25: Koaxialantrieb aus EP 4324673 A1 (Fig. 2) angemeldet am 19.08.2022.....	44
Abb. 4.26: Koaxialantrieb aus DE 102021120253 A1 (Fig. 1) angemeldet am 04.08.2021.....	45
Abb. 4.27: Koaxialantrieb aus DE 102016223110 B3 (Fig. 1) angemeldet am 23.11.2016	46
Abb. 4.28: Koaxialantrieb gemäß Figur 1 aus DE 102021213478 A1 angemeldet am 30.11.2021	47
Abb. 4.29: Paralleler Einzelradantrieb aus EP 3284972 A1 (Fig. 1) angemeldet am 14.04.2016	49
Abb. 4.30: Paralleler Einzelradantrieb aus DE 102017123264 B3 (Fig. 2) angemeldet am 06.10.2017	49
Abb. 4.31: Paralleler Einzelradantrieb aus GB 2571130 A (Fig. 3) angemeldet am 20.02.2018	50
Abb. 4.32: Paralleler Einzelradantrieb aus EP 4298718 A1 (Fig. 2) angemeldet am 21.02.2022	51
Abb. 4.33: Paralleler Einzelradantrieb aus DE 102021120594 A1 (Fig. 1) angemeldet am 09.08.2021	51
Abb. 4.34: Paralleler Einzelradantrieb aus CN 209409793 U (Fig. 1) angemeldet am 17.12.20187.....	52
Abb. 4.35: Paralleler Einzelradantrieb aus CN 203832232 U (Fig. 1) angemeldet am 14.04.2014.....	52
Abb. 4.36: Koaxialer Einzelradantrieb aus DE 102016222844 A1 (Fig. 1) angemeldet am 21.11.2016.....	53

Abb. 4.37: Koaxialer Einzelradantrieb aus EP 3260736 A1 (Fig. 1) angemeldet am 21.01.2016	54
Abb. 4.38: Koaxialer Einzelradantrieb aus WO 2021023762 A1 (Fig. 3) angemeldet am 05.08.2020	54
Abb. 4.39: Koaxialer Einzelradantrieb aus DE 102021211660 A1 (Fig. 3) angemeldet am 15.10.2021	55
Abb. 4.40: Koaxialer Einzelradantrieb aus DE 102021206939 A1 (Fig. 1) angemeldet am 01.07.2021	56
Abb. 4.41: Koaxialer Einzelradantrieb aus DE 102021004236 A1 (Fig. 2) angemeldet am 19.08.2021	57
Abb. 4.42: Koaxialer Einzelradantrieb aus US 11639101 B1 (Fig. 2) angemeldet am 17.03.2022	58
Abb. 4.43: Direktantrieb aus DE 102016009701 A1 (Fig. 1) angemeldet am 10.08.2016	58
Abb. 4.44: Direktantrieb aus DE 102016007496 A1 (Fig. 1) angemeldet am 18.06.2016	60
Abb. 4.45: Direktantrieb aus DE 102016223631 A1 (Fig. 2) angemeldet am 29.11.2016.....	60
Abb. 4.46: Direktantrieb aus DE 102015226589 A1 (Fig. 1) angemeldet am 22.12.2015	61
Abb. 4.47: Direktantrieb aus DE 102018213229 A1 (Fig. 3) angemeldet am 07.08.2018	61
Abb. 4.48: Direktantrieb aus DE 102015216689 A1 (Fig. 1) angemeldet am 01.09.2015	63
Abb. 4.49: Winkelantrieb aus US 2024034422 A1 (Fig. 3) angemeldet am 27.07.2023	63
Abb. 4.50: Winkelantrieb aus DE 102018204291 A1 (Fig. 1) angemeldet am 21.03.2018	64
Abb. 4.51: Winkelantrieb aus DE 102015207074 A1 (Fig. 1) angemeldet am 20.04.2015	64

Abb. 4.52: Direkter Radnabenantrieb aus DE 102021127658 A1 (Fig. 2) angemeldet am 25.10.2021	65
Abb. 4.53: Direkter Radnabenantrieb aus DE 102020211050 A1 (Fig. 1) angemeldet am 02.09.2020	66
Abb. 4.54: Direkter Radnabenantrieb aus DE 102022004586 B3 (Fig. 1) angemeldet am 07.12.2022	66
Abb. 4.55: Direkter Radnabenantrieb aus DE 102014217975 A1 (Fig. 2) angemeldet am 09.09.2014	67
Abb. 4.56: Direkter Radnabenantrieb aus DE 102020000944 A1 (Fig. 3) angemeldet am 14.02.2020	68
Abb. 4.57: Koaxialer Radnabenantrieb aus DE 102017100769 A1 (Fig. 1) angemeldet am 17.01.2017	69
Abb. 4.58: Koaxialer Radnabenantrieb aus CN 110203058 A (Fig. 2) angemeldet am 31.05.2019.....	69
Abb. 4.59: Koaxialer Radnabenantrieb aus WO 2015137470 A1 (Fig. 1) angemeldet am 12.03.2015	71
Abb. 4.60: Koaxialer Radnabenantrieb aus GB 2599592 A (Fig. 1) angemeldet am 16.03.2021	71
Abb. 4.61: Paralleler Radnabenantrieb aus DE 102018120828 A1 (Fig. 1) angemeldet am 27.08.2018	72
Abb. 4.62: Paralleler Radnabenantrieb aus DE 102022202016 B3 (Fig. 2) angemeldet am 28.02.2022	73
Abb. 4.63: Paralleler Radnabenantrieb aus DE 102020134961 A1 (Fig. 3) angemeldet am 28.12.2020	74
Abb. 4.64: Paralleler Radnabenantrieb aus DE 102021200354 A1 (Fig. 3) angemeldet am 15.01.2021	75
Abb. 4.65: Paralleler Einzelradantrieb aus DE 102015218793 A1 (Fig. 6) angemeldet am 29.09.2015	75
Abb. 5.1: Übersicht über die Unterteilung der einzelnen Antriebstopologien.....	79

Abb. 5.2: Gesamtanzahl der aufgefundenen und kategorisierten Patentfamilien	80
Abb. 5.3: Gesamtbetrachtung der Topologien über den festgelegten Zeitraum (Stand: 01.04.2024)	81
Abb. 5.4: Vereinfachter Rechtsstand der Patentfamilien (Stand: 19.06.2024)	82
Abb. 5.5: Zeitlicher Verlauf der erteilten Patentfamilien (Stand: 19.06.2024)	83
Abb. 5.6: Anzahl der Dokumente aller Patentfamilien in den einzelnen Ländern (Stand: 01.04.2024)	84
Abb. 5.7: Zeitlicher Verlauf der Dokumente in den einzelnen Ländern (Stand: 01.04.2024)	85
Abb. 5.8: Anzahl der Patentfamilien pro Anmelder (für Anmelder mit > 15 Familien)	86
Abb. 5.9: Anzahl der erteilten Patentfamilien je Anmelder (für Anmelder mit > 10 erteilten Familien)	86
Abb. 5.10: Anzahl der toten Patentfamilien je Anmelder (für Anmelder mit > 4 toten Patenten)	87
Abb. 5.11: Anzahl der Patentfamilien gemäß der Unterteilung der einzelnen Antriebstopologien	88
Abb. 5.12: Patentanmeldezyklus nach Ernst [98]	89
Abb. 5.13: Topologiebezogene Verteilung der Schutzrechte innerhalb der Zentralantriebe	91
Abb. 5.14: Zeitlicher Verlauf der Erstanmeldungen der Zentralantriebe (Stand: 01.04.2024)	91
Abb. 5.15: Topologiebezogene Verteilung der Schutzrechte innerhalb der Einzelradantriebe	93
Abb. 5.16: Zeitlicher Verlauf der Erstanmeldungen der Einzelradantriebe (Stand: 01.04.2024)	93

Abb. 5.17: Topologiebezogene Verteilung der Schutzrechte innerhalb der Einzelradantriebe.....	94
Abb. 5.18: Zeitlicher Verlauf der Erstanmeldungen der Radnabenantriebe (Stand: 01.04.2024)	95
Abb. 5.19: Anzahl und Verteilung aller Schutzrechtsanmeldungen in China (Stand: 01.04.2024)	97
Abb. 5.20: Anzahl und Verteilung aller Schutzrechtsanmeldungen in Deutschland (Stand: 01.04.2024).....	99
Abb. 5.21: Anzahl und Verteilung aller Schutzrechtsanmeldungen in USA (Stand: 01.04.2024)	99
Abb. 5.22: Anzahl und Verteilung aller Patentfamilien von Schaeffler (Stand: 01.04.2024).....	100
Abb. 5.23: Anzahl und Verteilung aller Patentfamilien von ZF (Stand: 01.04.2024)	101
Abb. 5.24: Anzahl und Verteilung aller Patentfamilien von NTN (Stand: 01.04.2024).....	102
Abb. 5.25: Anzahl und Verteilung aller Patentfamilien von Audi (Stand: 01.04.2024).....	103
Abb. 5.26: Anzahl und Verteilung aller Patentfamilien von Toyota (Stand: 01.04.2024).....	103
Abb. 5.27: Anzahl und Verteilung der Schlüsselpatente (Stand: 01.07.2024)	107

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Unterschiede zwischen Patent und Gebrauchsmuster [6]	7
Tab. 3.1: Definition der IPC-Klassen B60K 1/00 und B60K 7/00 [28]	20
Tab.4.1: Übersicht über die verschiedenen Anordnungsmöglichkeiten der Antriebskomponenten.....	69
Tab. 5.1: Beschreibung der Lebenszyklusphasen der Antriebstopologien nach Ernst	97

1. Einleitung

1.1 Motivation

Aufgrund der durch Politik und Gesellschaft geforderten, zunehmenden Elektrifizierung von Kraftfahrzeugen gewinnt die reine Elektrifizierung von Antriebssträngen immer mehr an Bedeutung. Diese Entwicklung macht sich auch durch ein exponentielles Wachstum beim Absatz von Elektroautos bemerkbar, wobei, wie in Abb. 1.1 gezeigt, allein im Jahr 2022 – trotz eines Einbruchs von 3 % des gesamten Pkw-Absatzes gegenüber dem Vorjahr – weltweit mehr als 10 Millionen Elektro- und Hybridfahrzeuge zugelassen wurden. Somit nimmt die Anzahl von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) und Plug-in-Hybriden (PHEV) immer weiter zu, sodass im Jahr 2022 bereits mehr als 26 Millionen Elektroautos zugelassen waren [1].

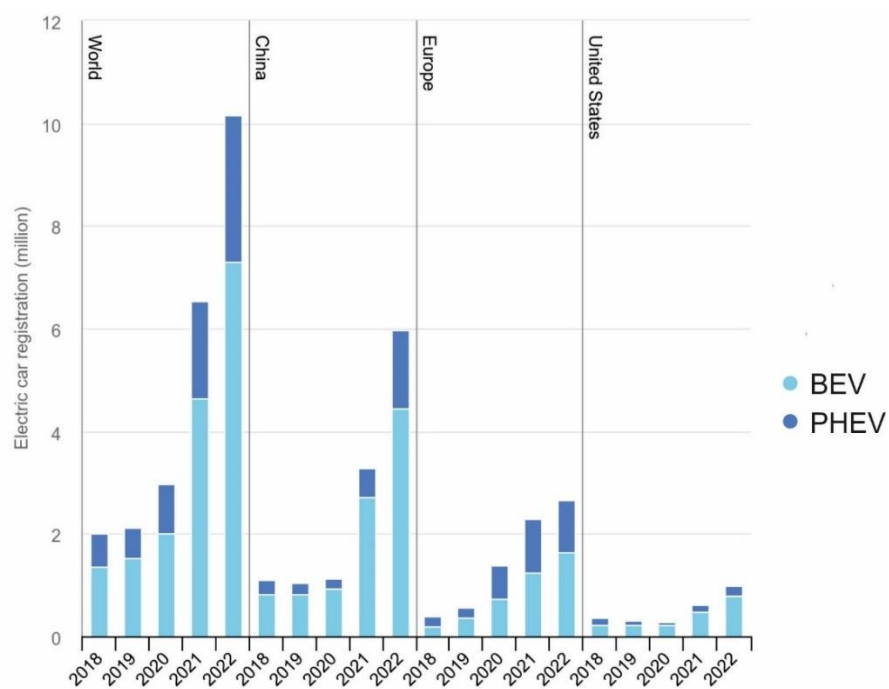


Abb. 1.1: Zulassungen von Elektroautos (BEV, PHEV) weltweit von 2018 bis 2022 [1]

Hierbei entfällt über die Hälfte aller Neuzulassungen von BEVs weltweit auf China. Das Ziel einer stärkeren Elektrifizierung des Straßenverkehrs wird hierbei in mehreren Strategiedokumenten bekräftigt, wobei sich China bis 2030 einen Verkaufsanteil von 50 % in den sogenannten "Schlüsselregionen zur Luftreinhaltung" und landesweit einen Verkaufsanteil von 40 % als Ziel gesetzt hat [1].

Auch in den USA stiegen die Verkäufe von BEVs um 70 %, obwohl die gesamten Autoverkäufe in den USA im Jahr 2022 um 8 % gegenüber 2021

zurückgingen [1]. Dies ist insbesondere auf stärkere Kaufanreize sowie die zunehmende politische Unterstützung zurückzuführen. Laut einer Umfrage der American Automobile Association (AAA) wäre jeder vierte US-Bürger bereit, beim nächsten Autokauf ein ausschließlich mit Strom betriebenes Elektrofahrzeug zu erwerben [2].

Wie aus Abb. 1.1 ersichtlich, liegt der europäische Anteil des weltweiten Wachstums neu verkaufter BEVs im Jahr 2022 bei ungefähr 10 %, wohingegen die Verkäufe von PHEVs gegenüber dem Vorjahr um etwa 3 % zurückgingen. Aufgrund der jüngsten politischen Entwicklungen im Rahmen des EU-Klimaschutzpakets „Fit For 55“ ist auch in Zukunft mit einem weiteren Anstieg von Verkäufen von BEVs in Europa zu rechnen, da die Vorschriften eine strengere Regulierung für CO₂-Emission bis 2034 sowie eine vollständige Reduzierung der CO₂-Emissionen für neuzugelassene Fahrzeuge ab 2035 vorsehen [3].

Zusammengefasst lässt sich somit ein zunehmender Anteil von BEVs im weltweiten Markt erkennen, welcher vermutlich in den kommenden Jahren weiter steigen dürfte. Dieser Trend wird zusätzlich durch die Strategien für die Elektrifizierung des Produktportfolios der Automobilindustrie bestätigt, welche ihr Produktportfolio bis 2035 größtenteils auf rein batterieelektrische und auf der Brennstoffzelle basierende Fahrzeuge umstellen möchte [4]. Hierzu stehen eine Vielzahl von Antriebskonzepten zur Verfügung, welche zur Übertragung und Verteilung des Antriebsmoments der elektrischen Maschine auf die Fahrzeugräder verwendet werden können, was die Entscheidung über die Auswahl des richtigen Antriebs erschwert.

1.2 Ziel der Arbeit

Da der Antriebsstrang einen zentralen Bestandteil des Fahrzeuges bildet, hat die Auswahl der Antriebstopologie einen wesentlichen Einfluss auf die Fahreigenschaften sowie den wirtschaftlichen Erfolg des Fahrzeuges. Schutzrechte sind ein klassischer Innovationsindikator, welcher sowohl die Entwicklungstätigkeit als auch das wirtschaftliche Interesse der Unternehmen repräsentiert.

Ziel der Arbeit ist es, anhand der Anmeldeintensität von Schutzrechtsanmeldungen einen Überblick über die unterschiedlichen Topologien elektrischer Antriebsstränge zu erhalten, welche zukünftig in BEVs verwendet werden können. Im Rahmen der Identifikation potenzieller Antriebskonzepte sollen diese gemäß einer vordefinierten Untergliederung einsortiert und untersucht werden, ob Innovationsströmungen im Bereich der verschiedenen Antriebstopologien zu erkennen sind. Im Rahmen der Masterarbeit sollen hierzu folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

F1: In welche Grundtopologien und etwaige Untergruppen lassen sich die Antriebstopologien von elektrischen Antriebssträngen unterteilen?

F2: Welche Ausführungsvarianten existieren in den einzelnen Kategorien und lassen sich daraus weitere oder alternative Unterteilungen ableiten?

F3: Wie lassen sich die Ergebnisse der Patentanalyse visualisieren und interpretieren, um Innovationsströmungen und -schwerpunkte zu identifizieren?

1.3 Vorgehensweise

Der Erfolg eines Unternehmens wird entscheidend durch Technologien beeinflusst, weshalb dem Bereich des Technologie-Monitorings eine besondere Bedeutung zukommt. Mittels eines Technologie-Monitorings können Information beschafft, bestehende Technologien überwacht und aufkommende Trends identifiziert werden [5]. Grundsätzlich lässt sich der Ablauf hierbei wie folgt gliedern:

- Definition des Technologiefeldes
- Einteilung des Technologiefeldes in recherchierbare Einzelaspekte
- Aufstellung einer an die Unterteilung angepassten Recherchestrategie sowie Durchführung der Recherche
- Darstellung der Ergebnisse anhand einer repräsentativen Teilmenge
- Quantitative Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

In einem ersten Schritt muss das zu untersuchende Technologiefeld festgelegt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass das Technologiefeld so weit wie nötig und so eng wie möglich abgesteckt wird, um den Recherchegegenstand betreffenden Stand der Technik möglichst vollständig zu erfassen. Beispielsweise kann zur Abgrenzung des Technologiefeldes eine kurze Literaturrecherche durchgeführt werden.

In einem weiteren Schritt muss das Technologiefeld sinnvollerweise in mehrere Einzelaspekte untergliedert werden, in welche die später recherchierten Dokumente einsortiert werden können. Die Untergliederung kann hierbei aus der einschlägigen Literatur und/oder den genutzten Informationsquellen abgeleitet werden. Wichtig hierbei ist, dass die festgelegte Unterteilung auf die genutzte Informationsquelle abgestimmt ist. Dies bedeutet konkret, dass die aus der Informationsquelle erhaltenen Informationen eindeutig der Untergliederung zugeordnet werden können. Je nach Umfang und Komplexität des Technologiefeldes kann die Untergliederung gegebenenfalls im weiteren Verlauf der Bearbeitung verfeinert werden.

Anschließend muss eine auf das Technologiefeld angepasste Recherchestrategie ausgearbeitet werden, welche möglichst alle Teilgebiete in einer Recherche abdeckt. Die Informationsquelle sollte ein hohes Analysepotenzial aufweisen sowie eine möglichst breite und vor allem aber auch aktuelle Abbildung des Standes der Technik darstellen.

Nachdem die Recherchestrategie aufgestellt wurde, kann der Stand der Technik ermittelt und entsprechend der zuvor erarbeiteten Untergliederung des Recherchegebietes einsortiert werden. Hierbei dürfen nur Ergebnisse berücksichtigt werden, welche einerseits innerhalb des zuvor definierten Technologiefeldes liegen und andererseits entsprechend der festgelegten Untergliederung eindeutig zuordenbar sind. Eine mehrfache Zuordnung von einzelnen Dokumenten ist hierbei in Ausnahmefällen zulässig, wenn die aufgefundenen Dokumente mehrere

Alternativen beschreiben. Dokumente, welche dieses Kriterium nicht erfüllen, müssen als „nicht relevant“ verworfen werden.

Durch eine qualitative Inhaltsanalyse soll ein Überblick über die in den Informationsquellen enthaltenen Informationen geschaffen werden. Um eine qualitative Auswertung der einzelnen Quellen gewährleisten zu können, muss die Anzahl der ermittelten Dokumente ggf. in einem sinnvollen Umfang eingeschränkt werden. Hierzu kann eine repräsentative Teilmenge ausgewählt werden und/oder die Anzahl der recherchierten Dokumente durch eine inhaltliche, territoriale und/oder zeitliche Einschränkung begrenzt werden.

Durch eine abschließende quantitative Auswertung der untersuchten Informationsquellen, werden die Ergebnisse, insbesondere anhand der zuvor aufgestellten Untergliederung, ausgewertet und bewertet. Diese sollen hierbei auf mögliche Innovationsströmungen und -schwerpunkte hin untersucht werden, um potenzielle Entwicklungstrends zu identifizieren.

2. Technische Schutzrechte als Informationsquelle

2.1 Einführung in den gewerblichen Rechtsschutz

Nach Basler (2023) bietet die Patentliteratur eine einzigartige Informationsquelle, wenn es um die Dokumentation von technischem Wissen geht. So wird angenommen, dass zwei Drittel des technischen Wissens

ausschließlich in Patent- und Gebrauchsmusterschriften dokumentiert ist. Eine derart umfangreiche und geordnete Dokumentation ist nirgendwo sonst zu finden. Dies ist insbesondere auf die Doppelfunktion des gewerblichen Rechtsschutzes zurückzuführen, welche sich aus der Schutzfunktion und der Informationsfunktion zusammensetzt. Durch ein technisches Schutzrecht erhält der Inhaber ein zeitlich und territorial begrenztes Monopolrecht an seiner Erfindung (= Schutzfunktion). Im Gegenzug hierzu stellt er sein Wissen der Öffentlichkeit zur Verfügung (= Informationsfunktion) [6].

Für innovative Unternehmen stellen diese Schutzrechte somit ein unverzichtbares Mittel dar, um mühsam und kostenintensiv entwickelte technische Ideen vor einer unerlaubten Aneignung durch Dritte zu schützen. Durch die Schutzfunktion können Markteintrittsbarrieren und Umgehungskosten für den Wettbewerb geschaffen werden und zugleich der Wert und das Image eines Unternehmens gesteigert sowie durch die Vergabe von Lizenzen Einnahmen generiert werden. Zudem können technische Schutzrechte als Verhandlungsmasse bei wechselseitigen Vereinbarungen zur Nutzung von Schutzrechten, einer sogenannten Kreuz-Lizenzierung, eingesetzt werden. Im Gegenzug hierzu schafft ein technisches Schutzrecht einen Stand der Technik, welcher veröffentlicht wird. Durch die Veröffentlichung wird das in der Schutzrechtsmeldung geschützte technische Wissen öffentlich zugänglich und kann somit als Informationsquelle von jedermann genutzt werden. Technische Schutzrechte bilden somit eine zuverlässige und umfassende Informationsquelle, wenn es um die Identifikation von Neuentwicklungen geht. Die zunehmende Bedeutung von Patenten spiegelt sich zudem in den weltweit steigenden Anmeldezahlen von Patentanmeldungen wider, wie dies in Abb. 2.1 gezeigt ist. Hierbei kann über die letzten 10 Jahre ein signifikanter Anstieg von ca. 35 % der jährlichen Patentanmeldung verzeichnet werden.

Der gewerbliche Rechtsschutz umfasst neben den technischen Schutzrechten Patent und Gebrauchsmuster, auch die nichttechnischen Schutzrechte Marke, Design und Urheberrecht. Durch ein technisches Schutzrecht wird eine technische Lösung unter Schutz gestellt, welche ein technisches Problem mit technischen Mitteln löst oder dazu beiträgt [7]. Nichttechnische Schutzrechte hingegen schützen im Wesentlichen Werke (Urheberrecht), Erscheinungsformen (Design) sowie Zeichen in Verbindung mit Produkten und Dienstleistungen (Marke).

Im Rahmen dieser Arbeit wird ausschließlich auf die technischen Schutzrechte, also Patente und Gebrauchsmustern, eingegangen, welche nachfolgend anhand des deutschen Patent- und Gebrauchsmustergesetzes (PatG, GebrMG) veranschaulicht werden sollen. Da die wesentlichen Bestandteile von Patent- und Gebrauchsmusterschriften auch in anderen

Ländern und Regionen (z. B. EP, US, CN, JP etc.) mit den deutschen Patent- und Gebrauchsmusterschriften übereinstimmen, können diese als einheitlich betrachtet werden. Es sei nebenbei darauf hingewiesen, dass streng rechtlich gesehen stets der Begriff der „technischen Schutzrechte“ verwendet oder zwischen Patent und Gebrauchsmuster unterschieden werden müsste. Um das Lesen zu vereinfachen, sind im Rahmen dieser Arbeit unter dem Begriff „Patent“, wie z. B. bei Patentrecherche, Patentanalyse, Patentliteratur etc., stets auch Gebrauchsmuster zu verstehen.

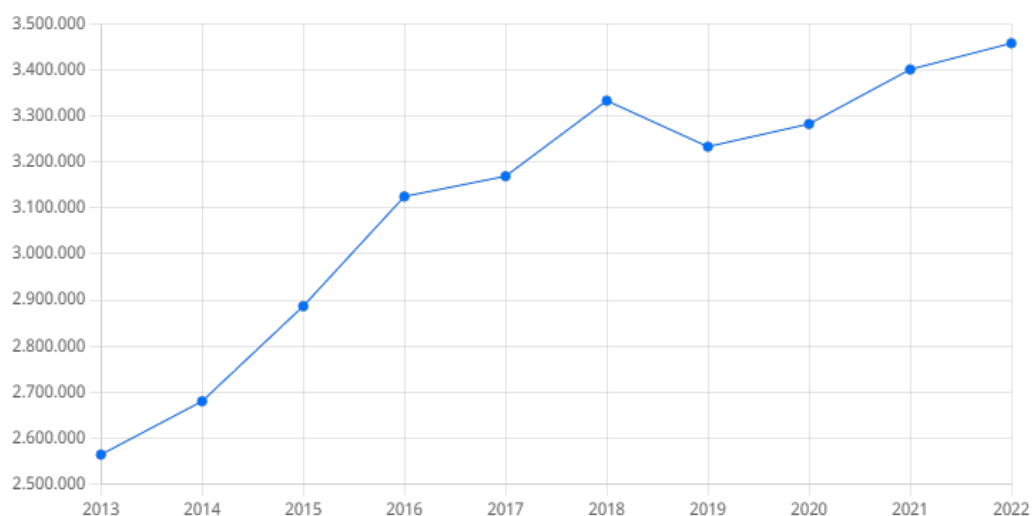


Abb. 2.1: Weltweite Entwicklung von Patentanmeldungen [8]

2.1.1 Patent

Ein Patent ist ein technisches Schutzrecht, welches Erfindungen, insbesondere Erzeugnisse sowie Verfahren technischer Art, unter Schutz stellt, sofern diese bestimmte

Patentierungsvoraussetzungen erfüllen. Beispielsweise sind gemäß § 1 PatG die Patentierungsvoraussetzungen dahingehend geregelt, dass eine Erfindung neu, auf einer erfinderischen Tätigkeit beruhend und gewerblich anwendbar sein muss.

Zur Erlangung eines Patentschutzes muss ein mehrstufiges Prüfungs- und Erteilungsverfahren vor einem zuständigen Patentamt durchlaufen werden. Hierbei wird neben den genannten Patentierungsvoraussetzungen auch geprüft, ob die in der Patentanmeldung beschriebene Lehre nach § 34 Abs. 4 PatG so deutlich und vollständig offenbart ist, dass ein Fachmann sie ausführen kann. Hierdurch wird sichergestellt, dass durch ein Patent eine tatsächlich realisierbare Lösung beschrieben wird. Zudem muss ein Patent den Grundsatz der Einheitlichkeit erfüllen, was nach § 34 Abs. 5 PatG

bedeutet, dass nur eine einzige Erfindung oder eine Gruppe untereinander verbundener Erfindungen, die eine einzige allgemeine erfinderische Idee verwirklichen, enthalten sein darf.

Nach positivem Abschluss des Prüfungsverfahrens ergeht ein Erteilungsbeschluss und der Schutz des Patents entsteht mit der Veröffentlichung der Erteilung im Patentblatt, wobei der Patentschutz für einen maximalen Zeitraum von 20 Jahren ab dem Anmeldetag gewährt werden kann [9]. Der Patentinhaber erhält somit ein zeitlich begrenztes Ausschließlichkeitsrecht mit territorialer Wirkung in dem jeweiligen Land, in welchem er seine Erfindung zum Patent angemeldet und ein positives Erteilungsverfahren durchlaufen hat. Durch ein Patent ist es nun einem Dritten verboten, die in dem Patent unter Schutz gestellte Erfindung sowie ggf. daraus resultierende Erzeugnisse für seine Zwecke zu missbrauchen [10].

In der Regel erfolgt die Veröffentlichung der Patentschrift 18 Monate nach dem Anmeldetag, was bedeutet, dass der Inhalt der Anmeldung innerhalb dieses Zeitraums nicht für die Öffentlichkeit einsehbar ist, sofern diese nicht vorzeitig veröffentlicht wurde.

2.1.2 Gebrauchsmuster

Das Gebrauchsmuster, häufig auch als „kleines Patent“ bezeichnet, steht im engen Zusammenhang mit dem Patent und gewährt dem Inhaber ebenfalls ein alleiniges Benutzungsrecht und zugleich ein Ausschließlichkeitsrecht mit zeitlicher und territorialer Begrenzung. Somit hat das Gebrauchsmuster die gleiche Schutzwirkung wie ein Patent. Wie aus Tab. 2.1 hervorgeht, weisen das Patent und das Gebrauchsmuster jedoch einige Unterschiede auf.

Gemäß § 1 GebrMG werden Erfindungen geschützt, welche neben der Neuheit und der gewerblichen Anwendbarkeit auf einem erfinderischen Schritt beruhen. Im Gegensatz zum Patent, in welchem eine erfinderische Tätigkeit gefordert wird, wurde infolgedessen lange Zeit ein geringeres Maß an Erfindungshöhe für den erfinderischen Schritt vertreten. Diese Auffassung wurde mittlerweile jedoch durch den BGH verworfen, wonach der Begriff „erfinderischer Schritt“ in gleicher Weise zu verstehen ist wie die „erfinderische Tätigkeit“ [7]. Ein weiterer Unterschied zum Patent besteht darin, dass ein Gebrauchsmusterschutz nur für Vorrichtungen erlangt werden kann und somit für Verfahren ausgeschlossen ist. Zudem stellt ein Gebrauchsmuster ein ungeprüftes Schutzrecht dar, welches zwar auf formelle Voraussetzungen hin, jedoch nicht auf die materialrechtlichen Schutzvoraussetzungen gemäß § 1 GebrMG geprüft wird [10].

Genügt die Anmeldung den formellen Erfordernissen, so erfolgt die Eintragung des Gebrauchsmusters im Gebrauchsmusterregister und entfaltet damit

unmittelbar seine Rechtswirkung. Mit der Eintragung des Gebrauchsmusters erfolgt auch die Veröffentlichung im Patentblatt und ist somit unmittelbar von der Öffentlichkeit einsehbar. Ein weiterer wesentlicher Unterschied besteht in der maximalen Schutzdauer, welche beim Gebrauchsmuster auf 10 Jahre beschränkt, ist [6, 9].

Das Gebrauchsmuster bildet damit ein wertvolles Schutzrecht, welches im Vergleich zum Patent zwar kostengünstiger, einfacher und schneller erlangt werden kann, hinsichtlich Schutzzumfang, Rechtsbeständigkeit und Schutzdauer jedoch im Nachteil ist.

Tab. 2.1: Unterschiede zwischen Patent und Gebrauchsmuster [6]

Patent	Gebrauchsmuster	
Rechtsnormen (DE)	PatG, PatV	GebrMG, GebrMV
Schutzgegenstand	Vorrichtungen/Verfahren	Vorrichtungen
Veröffentlichung	18 Monate ab Anmeldetag	mit Eintragung
max. Schutzdauer	20 Jahre	10 Jahre
Prüfungsverfahren	formal und sachlich	formal
Rechtsvoraussetzungen	Neuheit	Neuheit
Gewerbliche		
Anwendbarkeit	Gewerbliche	Anwendbarkeit
Erfinderische Tätigkeit	Erfinderischer Schritt	

2.2 Verfügbare Informationen aus Patentedokumenten

Patent- und Gebrauchsmusterschriften weisen üblicherweise einen strukturierten Aufbau auf, welcher zum Teil durch die gesetzlichen Anforderungen vorgegeben ist. Demnach umfassen Schutzrechtsschriften in der Regel immer bibliographische Daten, eine Beschreibung, mindestens einen Anspruch sowie mindestens eine Zeichnung, auf die sich der Anspruch oder die Beschreibung beziehen. Die bibliographischen Daten sind hierbei stets auf der Titelseite zu finden, wobei sich an die Titelseite die Beschreibung, die Patentansprüche sowie gegebenenfalls ein oder mehrere Zeichnungen anschließen [7]. Ein Patent stellt somit eine umfangreiche Informationsquelle dar, welche neben den bibliografischen Daten auch eine detaillierte Beschreibung der Erfindung beinhaltet.

2.2.1 Bibliografische Informationen

Die Titelseite von Patentdokumenten wird von einer Vielzahl von Patentämtern einheitlich durch den WIPO-Standard ST.9 definiert, wobei hierzu die sogenannten INID-Codes für die Kennzeichnung der bibliographischen Daten verwendet werden, um das Lesen von ausländischen beziehungsweise fremdsprachigen Patentdaten zu vereinfachen. Auf der Titelseite lassen sich, wie in Abb. 2.2 dargestellt, unter anderem Angaben zur Identifikation, wie z. B. Nummer des Patents, Ländercode, etc., zu den Anmeldedaten, wie z. B. Anmeldetag etc., zu den Verfahrensbeteiligten, wie z. B. Anmelder, Erfinder, Vertreter etc., sowie technische Angaben, wie z. B. Patentklassifikation(en), Titel, Zusammenfassung sowie gegebenenfalls der im Prüfungsverfahren für die Beurteilung der Patentfähigkeit ermittelte Stand der Technik, entnehmen [11]. Bei einem europäischen Patentdokument sind zusätzlich die benannten Staaten, in denen Schutz begehrt wird, aufgelistet.

Der **Ländercode** (19) gibt Auskunft über das zuständige Patentamt und somit über das Land, in welchem das Dokument veröffentlicht wurde. Der Ländercode findet sich auch am Anfang der Patentnummer in Form eines Länderkürzels aus zwei Buchstaben, z. B. DE für Deutschland, wieder [12].

Der **Schriftenartencode** (12) gibt den Status der Druckschrift an und findet sich am Ende der Patentnummer in Form eines Buchstabens oder einer Buchstaben-Zahlen Kombination wieder. Beispielsweise verwendet das DPMA den Schriftenartencode A1 für eine Offenlegungsschrift als erste Veröffentlichung 18 Monate nach Anmeldetag und B4 für eine erteilte Patentschrift als zweite Veröffentlichung nach der Offenlegungsschrift. Für eine Gebrauchsmusterschrift wird der Schriftenartencode U1 vom DPMA verwendet [12].

Die **Patentnummer** (10) ist stark abhängig von den einzelnen Patentämtern. Im einfachsten Fall kann die Patentnummer eine fortlaufende Zahl sein oder mehrteilig mit unterschiedlichen Bedeutungen zusammengesetzt sein. In dem in Abb. 2.2 betrachteten Beispiel besteht die Patentnummer aus drei Teilen, hierbei steht der erste Teil für die Schutzrechtsart (10 = nationale Patentanmeldung) der zweite Teil für das Anmeldejahr (2022) und der dritte Teil für die fortlaufende, 6-stellige Anmelde nummer (120760) [13].



Abb. 2.2: Bibliographische Daten der Patentschrift DE 10 2022 120 760 A1

Der **Anmeldetag** (22) und der **Veröffentlichungstag** (43) geben jeweils das Datum der Anmeldung bzw. Veröffentlichung an, wobei der Veröffentlichungstag, sofern keine vorzeitige Offenlegung stattgefunden hat, 18 Monate nach dem Anmeldetag liegt. Der Anmeldetag ist für die Beurteilung der Patentierungsvoraussetzung im Prüfungsverfahren sowie für die Bestimmung der Schutzdauer von entscheidender Bedeutung. Ab dem Tag der Veröffentlichung wird die Druckschrift der Öffentlichkeit zugänglich und bildet somit Stand der Technik.

Die **internationale Patentklassifikation** (51), kurz IPC, unterteilt das gesamte durch technische Schutzrechte dokumentierte Wissen hierarchisch in Sektionen, Klassen, Unterklassen, Hauptgruppen und Untergruppen. Beispielsweise betrifft die in Abb. 2.2 angegebene IPC-Klasse F16H 57/021 tragende Strukturen für Getriebewellen. Die IPC-Klasse wird üblicherweise durch das zuständige Patentamt bei der Eingangsprüfung zugeordnet und kann sich im Verlauf des Erteilungsverfahrens ändern. Zudem können einer Druckschrift mehrere unterschiedliche IPC-Klassen zugeordnet sein, wobei eine Hauptklasse den Kern der Erfindung klassifiziert und ein oder mehrere Nebenklassen weitere, der Erfindung zuordenbare technische Gebiete angeben [6, 14].

Als **Anmelder** (71) werden natürliche oder juristische Personen genannt, die eine Anmeldung eines Schutzrechtes beim zuständigen Patentamt einreichen. Üblicherweise ist der Anmelder auch der Patentinhaber, welcher sämtliche Rechte und Pflichten an dem Schutzrecht hat. Der Patentinhaber kann jedoch auch während der Schutzrechtsdauer wechseln, sodass Anmelder und Patentinhaber auch verschieden sein können [6, 7].

Neben dem Anmelder werden auch die **Erfinder** (72) auf der Titelseite mit Namen und Anschrift genannt. Prinzipiell können Anmelder und Erfinder identisch sein. Ist die Erfindung jedoch in einem Beschäftigungsverhältnis entstanden, so geht das Recht der Erfindung an den Arbeitgeber über, wenn er diese im Rahmen des geltenden Rechtes in Anspruch nimmt. Dem Erfinder bleibt das Recht auf Nennung auf der Patentschrift, auch als „Erfinderehre“ bezeichnet [6, 7].

Im Rahmen des Anmelde- und Prüfungsverfahrens kann durch den Anmelder selbst sowie durch den Prüfer der **Stand der Technik** (56) zitiert werden, welcher in Bezug auf die Erfindung berücksichtigt und in der Druckschrift zitiert werden muss. Als Stand der Technik wird hierbei sämtliches Wissen verstanden, welches schriftlich oder mündlich, durch Benutzung oder in sonstiger Weise vor dem Anmeldetag der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurde. Hierzu zählt auch der Inhalt früherer Patentanmeldungen, die an oder nach dem Anmeldetag veröffentlicht wurden. Allerdings darf dieser nachveröffentlichte Stand der Technik nur in Bezug auf die Neuheit und nicht bei der Beurteilung der erfinderischen Tätigkeit berücksichtigt werden. Üblicherweise werden hier meistens druckschriftlicher Stand der Technik, wie Patent- oder Gebrauchsmusterschriften, aber auch wissenschaftliche Artikel, Fachbücher, Zeitschriftenbeiträge, Firmenbroschüren etc., genannt [6, 7].

Der **Titel der Anmeldung** (54) soll eine prägnante technische Bezeichnung der Erfindung sein, die im Rahmen der Anmeldung beansprucht wird. Der Titel wird hier vom Anmelder bzw. Verfasser gewählt und kann gegebenenfalls vom Patentamt geändert werden, wenn dieser nicht den Vorgaben entspricht. Beispielsweise ist hier die Verwendung von Marken oder Phantasiebezeichnungen nicht zulässig. Zudem soll der Kern der Erfindung, also der gegenüber dem Stand der Technik patentfähige Überschuss, in der Bezeichnung nicht vorweggenommen werden [15].

2.2.2 Beschreibung

Die Beschreibung ist eine detaillierte Offenbarung der Erfindung, in welcher der Gegenstand der Erfindung so deutlich und vollständig beschrieben werden muss, dass ein Fachmann des technischen Gebietes diese ausführen kann [16]. Gemäß § 10 PatV sind in der Beschreibung das die Erfindung betreffende technische Gebiet, der dem Anmelder bekannte Stand der Technik unter Angabe der Fundstellen, das der Erfindung zugrunde liegende Problem sowie dessen Lösung anzugeben.

Daran anschließend erfolgt der allgemeine Teil der Beschreibung, der die Erfindung sowie gegebenenfalls vorteilhafte Wirkungen der Erfindung beschreibt. Dieser Teil der Beschreibung dient dazu, um in den Ansprüchen

verwendete Begriffe einzuführen, zu definieren oder zu konkretisieren. Weiterhin können ebenfalls Alternativen oder Weiterbildungen der Erfindung in der Beschreibung ausgeführt werden. Hierbei sollten erstmalig genannte Begriffe mit unbestimmtem Artikel eingeführt und durchgängig gleichbleibend verwendet werden. Gemäß § 14 PatG dient die Beschreibung zur Auslegung der Ansprüche und darf im weiteren Verfahrensverlauf nicht mehr über den Inhalt der ursprünglichen Offenbarung geändert werden. Das Patent bildet somit sein eigenes Lexikon, wobei die Beschreibung eine wichtige Quelle für Rückzugspositionen bildet, welche gegebenenfalls im Prüfungsverfahren benötigt werden, um sich gegenüber dem aufgefundenen Stand der Technik abzugrenzen oder unklare Formulierungen klarzustellen [16].

An den allgemeinen Teil der Beschreibung schließt sich mindestens ein Ausführungsbeispiel an, welches idealerweise anhand mindestens einer Zeichnung beschrieben wird. Hierbei wird üblicherweise anhand von Bezugszeichen auf die einzelnen in der Zeichnung dargestellten Merkmale Bezug genommen.

Die Beschreibung bildet somit eine wichtige Informationsquelle und kann insbesondere zum Verständnis der Erfindung herangezogen werden.

2.2.3 Ansprüche

Die Ansprüche definieren den Schutzbereich eines Patentes bzw. Gebrauchsmusters, also den Teil des in der Druckschrift beschriebenen Gegenstandes, welcher unter Schutz gestellt werden soll. Die Formulierung der Ansprüche bildet somit einen elementaren Bestandteil der Anmeldung, da die Breite des Schutzbereiches entscheidend für die spätere Verwertung des Schutzrechtes ist.

Die in den Ansprüchen beschriebene Merkmalskombination definiert alle Merkmale, welche für die Erfüllung der Erfindung notwendig sind. Diese Kombination an Merkmalen darf durch den Stand der Technik nicht bekannt (Neuheit) und nicht nahegelegt (erfinderische Tätigkeit bzw. erfinderischer Schritt) sein. Aufgrund der großen Bedeutung der Patentansprüche müssen diese zweifelsfrei erkennen lassen, was als patentfähig unter Schutz gestellt werden soll, dürfen also nicht widersprüchlich, mehrdeutig oder aus sich heraus schlichtweg unverständlich sein, da hierdurch eine erhöhte Rechtsunsicherheit hinsichtlich des Schutzbereichs entsteht [17]. Zum Verständnis der Ansprüche können Beschreibung und Zeichnung herangezogen werden, um in den Ansprüchen genannte Begriffe auszulegen. Hierbei gilt der Grundsatz: Je breiter ein Anspruch formuliert wird bzw. je weniger Merkmale ein Anspruch aufweist, desto größer ist sein Schutzbereich.

Patentansprüche können sowohl einteilig als auch zweiteilig abgefasst werden. Bei beiden An-spruchsversionen werden die Merkmale der Erfindung ihrer technologischen Zusammengehörigkeit nach gegliedert, wobei bei der zweiteiligen Fassung eine Unterteilung zwischen bekannten Merkmalen im Oberbegriff und neuen Merkmalen im kennzeichnenden Teil vorgenommen wird. Bei der einteiligen Fassung findet hingegen keine Unterscheidung zwischen bekannten und neuen Merkmalen statt.

Die Ansprüche bilden somit eine weitere wertvolle Informationsquelle bei der Auswertung von Patentschriften, um sich einen ersten Überblick über die erfindungswesentlichen Merkmale eines Patentbesitzes zu verschaffen.

2.2.3.1 Anspruchskategorien

Grundsätzlich kann zwischen zwei Anspruchskategorien, nämlich den Erzeugnis- und Verfahrensansprüchen, unterschieden werden. Erzeugnisansprüche beziehen sich hierbei nicht auf das Erzeugnis als solches, sondern auf einen Gegenstand, der spezifische technische Merkmale aufweist. Verfahrensansprüche hingegen beziehen sich auf eine Abfolge von Verfahrensschritten, durch welche ein technischer Erfolg erzielt wird. Unter Erzeugnissen sind neben Vorrichtungen und Maschinen, u. a. auch Stoffe, Schaltungen sowie Fertig- oder Halbfabrikate zu verstehen, wohingegen Verfahren sowohl Herstellungs- als auch Arbeitsverfahren sowie die dadurch hergestellten Erzeugnisse unter Schutz stellen [10, 18]. Unter Herstellungsverfahren sind Verfahren zu verstehen, die ein Erzeugnis hervorbringen oder ein Erzeugnis ändern, um ein neues, bekanntes oder bearbeitetes Erzeugnis zu schaffen. Durch Arbeitsverfahren wird nicht unmittelbar ein Erzeugnis hervorgebracht oder verändert, sondern darauf veränderungsfrei eingewirkt, wie z. B. Untersuchungs- oder Messverfahren [7].

2.2.3.2 Anspruchsarten

Jedes Patent bzw. Gebrauchsmuster muss mindestens einen unabhängigen Hauptanspruch aufweisen, in welchem die wesentlichen Merkmale der Erfindung angegeben sind. Weitere Ausführungsarten werden in den abhängigen Unteransprüchen formuliert, welche sich auf mindestens einen der vorhergehenden Ansprüche beziehen müssen. Eine Anmeldung kann auch mehr als einen unabhängigen Anspruch aufweisen, auch als Nebenansprüche bezeichnet, solange die Einheitlichkeit sichergestellt ist. Beispielsweise kann eine Kombination aus einem Vorrichtungs- und einem zugehörigen Verfahrensanspruch durch zwei unabhängige Ansprüche beansprucht sein [6, 7].

Die unabhängigen Ansprüche können im Laufe des Prüfungsverfahrens oder eines Einspruchs- oder Nichtigkeitsverfahrens durch Hinzufügen von

Merkmale weiter eingeschränkt werden, um einen gegenüber dem entgegengehaltenen Stand der Technik gewährbaren Anspruch zu erhalten. Hierzu können Merkmale oder Merkmalskombinationen aus den ursprünglich eingereichten Unteransprüchen, aus der Beschreibung oder im begrenzten Umfang auch aus den Zeichnungen entnommen werden. Die Änderungen dürfen jedoch nicht dazu führen, dass der Schutzbereich des Hauptanspruchs in seiner ursprünglich eingereichten Fassung erweitert wird. Nach erfolgreicher Erteilung oder Verteidigung der Ansprüche sind diese rechtsbeständig und unveränderlich.

2.2.4 Zeichnungen

Zeichnungen dienen zur Veranschaulichung der in den Patentansprüchen genannten Merkmale und sollen das Zusammenwirken sowie das Wesentliche anhand eines konkreten Ausführungsbeispiels darstellen. Unwesentliche Details können hierbei weggelassen werden. Die Zeichnungen müssen den vom Patentamt vorgegebenen Erfordernissen entsprechen, wobei diese in der Regel als Strichzeichnungen ohne Farbe ausgeführt sein müssen, und keine fotografischen Abbildungen enthalten dürfen [16].

Die in den Figuren dargestellten Merkmale werden in der Figurenbeschreibung unter Verwendung von Bezugszeichen beschrieben, wobei die Bezugszeichen in den Patentansprüchen zur besseren Lesbarkeit verwendet werden können, jedoch nicht den Schutzbereich einschränken. Hierbei ist zu beachten, dass eine schematische Darstellung nur das Prinzip einer beanspruchten Vorrichtung offenbart, jedoch nicht exakte Abmessungen [7]. Prinzipiell muss keine Bezugnahme auf eine Zeichnung erfolgen, jedoch können manche Patentämter, wie z. B. das USPatentamt (USPTO), fordern, dass jedes in den Ansprüchen genannte Merkmal in mindestens einer Figur gezeigt sein muss. Sind Zeichnungen vorhanden, was üblicherweise bei Erzeugnispatenten meistens der Fall ist, bilden diese eine hilfreiche Informationsquelle, um sich schnell einen Überblick über den in der Anmeldung beanspruchten Gegenstand zu machen. Insbesondere bei der Auswertung einer Vielzahl von Druckschriften kann die Sichtung der Zeichnungen bereits für eine Entscheidungsfindung bezüglich der Relevanz ausreichen.

3. Durchführung der Patentanalyse

3.1 Definition des Technologiefeldes

Das technologische Gebiet der Recherche umfasst in der allgemeinsten Abstraktionsebene Antriebstopologien von Elektrofahrzeugen. Unter Elektrofahrzeuge werden im Rahmen dieser Arbeit Fahrzeuge verstanden, deren Antriebsenergie durch eine mitgeführte Traktionsbatterie bereitgestellt und über einen Elektromotor in ein Antriebsmoment umgesetzt wird.

Der Begriff "Topologie" leitet sich aus dem griechischen Wort *tópos* ab, was mit „Ort, Platz, Stelle“ übersetzt werden kann [19]. Vereinfacht dargestellt, beschreibt die Topologie somit die Position der wesentlichen Antriebskomponenten im Fahrzeug. Die wesentlichen Antriebskomponenten eines elektrischen Antriebsstrangs sind hierbei neben der elektrischen Maschine, die mechanischen Komponenten zur Übersetzung, Unterbrechung und/oder Verteilung des von der elektrischen Maschine bereitgestellten Antriebsmomentes, wie z. B. Übersetzungsgetriebe, Kupplungen, Differentialgetriebe, etc., sowie auch die elektrischen Komponenten zur Speicherung, Bereitstellung und/oder Wandlung von elektrischer Energie, wie Batterie, Leistungselektronik, etc.

Eine alternative, wenn auch allgemeinere Definition findet sich in der IPC-Klassifikation der Patentämter. Hierbei wird die Antriebstopologie eines elektrischen Antriebsstrangs gemäß IPC-Klasse B60K 1/00 als „Anordnung oder Einbau von elektrischen Antriebseinheiten“ definiert [20]. Diese Definition umfasst auch gemäß der untergeordneten IPC-Klasse B60K 1/02 „Antriebseinheiten bestehend aus mehr als einem Elektromotor“ [20].

Im Rahmen dieser Arbeit sollen vornehmlich die Anordnung der elektrischen Maschine sowie der Kraftübertragungsweg zu den Antriebsrädern, also die mechanischen Komponenten, betrachtet werden. Die elektrischen Komponenten hingegen werden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Zudem wird sich ausschließlich auf Antriebstopologien von Personenkraftwagen beschränkt, auch wenn elektrische Antriebsstränge in anderen Fahrzeugen, wie z. B. Nutzfahrzeugen, prinzipiell gleich aufgebaut sein können.

3.2 Strukturierung des Technologiefeldes

Grundsätzlich weist jeder elektrische Antriebsstrang mindestens eine elektrische Maschine auf, welche im Antriebsbetrieb ein Traktionsmoment direkt oder über ein Getriebe auf ein oder mehrere Fahrzeugräder übertragen kann. Die elektrische Maschine kann ein hohes Drehmoment über nahezu den gesamten Drehzahlbereich bereitstellen, wodurch die Verwendung von einfachen Schaltgetrieben bis hin zu getriebelosen Direktantrieben möglich ist. Neben dem Wegfall von Verlusten und Massenträgheiten, können elektrische Maschinen in ihrer Bauform individuell gestaltet werden, was eine radnahe

oder auch radintegrierte Anordnung der elektrischen Maschine erlaubt und somit eine besonders nahe Erzeugung der Antriebsleistung am Rad ermöglicht. Dadurch kann der Gesamtwirkungsgrad des elektrischen Antriebsstrang gegenüber dem klassischen Antriebsstrang von Verbrennungskraftmaschinen deutlich gesteigert werden.

Es ergeben sich somit deutlich mehr Möglichkeiten bei der Kombination und Anordnung der Komponenten des Antriebsstrangs, wodurch neue Gestaltungsspielräume in der Festlegung der Schwerpunktlage, des Designs der Fahrgastzelle sowie der Akustik des Antriebs gewonnen werden können [21].

In der Literatur wird grundsätzlich zwischen drei bzw. vier übergeordneten Antriebsstrangkonfigurationen unterschieden. Die Unterscheidung erfolgt hierbei im Wesentlichen durch die Anordnung der elektrischen Maschine. Prinzipiell wird zwischen einem Zentralantrieb bzw. Achsantrieb, einem Einzelradantrieb, auch als radnaher Antrieb bezeichnet, und einem Radnabenantrieb, auch als radintegrierter Antrieb bezeichnet, unterschieden [4, 22]. In einer feineren Unterteilung können der Zentralantrieb und der Achsantrieb auch als zwei separate Antriebsstrangkonfigurationen betrachtet werden. Hierbei wird von einem Achsantrieb gesprochen, wenn die elektrische Maschine gemeinsam mit dem Getriebe eine Baueinheit bildet bzw. in die Antriebsachse integriert ist, was häufig auch als elektrische Achse bezeichnet wird, wohingegen die Anordnung der elektrischen Maschine beim Zentralantrieb außerhalb der Achse liegt [23, 24]. Eine weitere Unterteilung ergibt sich zudem, wenn zusätzlich das Vorhandensein eines Getriebes und/oder einer Kupplung berücksichtigt wird, sodass zwischen sechs und mehr übergeordneten Antriebsstrangtopologien unterschieden werden kann. Zudem werden durch die Verteilung der Antriebsleistung auf mehrere Motoren bzw. der Antrieb der Vorder- und/oder Hinterachse weitere Varianten möglich [21, 23, 24].

Es sind somit eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Komponenten und deren Anordnung im Antriebsstrang möglich, wobei für eine übersichtlichere Darstellung der Ergebnisse im Rahmen dieser Arbeit zwischen den drei übergeordneten Antriebsstrangkonfigurationen Achsantrieb, Einzelradantrieb und Radnabenantrieb unterschieden werden soll. Somit wird nicht zwischen einem zentralen und einem achsintegrierten Antriebsmotor unterschieden. Eine Verfeinerung der jeweiligen Antriebsstrangkonfiguration kann, wenn erforderlich, anschließend innerhalb der jeweiligen Kategorie erfolgen.

3.2.1 Zentralantrieb

Der Zentralantrieb bildet die bekannteste Einbauart, wobei, wie der Abb. 3.1 zu entnehmen, das von einer zentralen elektrischen Maschine (EM) erzeugte Traktionsmoment, ggf. unter Zwischenschaltung eines Getriebes (G), über ein Differentialgetriebe (DG) auf die beiden Fahrzeigräder der Antriebsachse verteilt wird. Die elektrische Maschine wird hierbei über die Leistungselektronik (LE) mit elektrischer Energie aus einer Batterie (B) versorgt. Der Vorteil dieses Antriebskonzeptes besteht darin, dass dieses dem herkömmlichen Antriebskonzept von Verbrennungsmotoren ähnelt und somit in bekannten Systemen ohne große Veränderungen der Karosserie integriert werden kann. Jedoch wirkt sich das erforderliche Differentialgetriebe negativ auf den Wirkungsgrad des Kraftübertragungsweges aus [4].

Das Getriebe kann wahlweise als Festgetriebe oder Schaltgetriebe ausgeführt sein. Als Festgetriebe ausgebildet, weist das Getriebe ein festes Übersetzungsverhältnis auf, wobei üblicherweise eine Übersetzung ins Langsame erfolgt. Dadurch können elektrische Maschinen mit hohen Drehzahlen bzw. einem geringen Drehmoment verwendet werden. Bei Verwendung eines Schaltgetriebes kann das Lieferkennfeld der elektrischen Maschine durch die Anzahl und Übersetzung der Gänge besser an das Bedarfskennfeld des Fahrzeuges angepasst werden. In der Regel werden hierzu 2-Gang-Getriebe eingesetzt. Die Verwendung eines zusätzlichen Getriebes geht jedoch stets mit einem höheren Fahrzeuggewicht sowie Wirkungsgradverlusten einher, was sich nicht zuletzt auf die Reichweite des Fahrzeuges auswirkt. Verzichtet man auf das Getriebe, kann die Antriebsmaschine das Traktionsmoment mit fester Übersetzung unmittelbar auf das Differential übertragen. Hierzu werden jedoch drehmomentstarke Elektromotoren benötigt, welche ein größeres Bauvolumen und somit auch ein höheres Gewicht aufweisen [21].

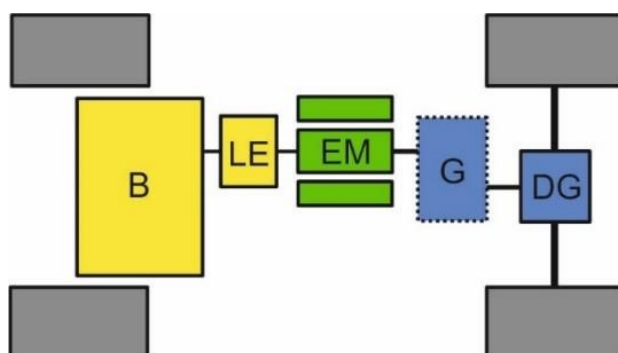


Abb. 3.1: Getriebeübersetzter Achsantrieb mit zentraler Antriebsmaschine [21]

Eine weitere Unterteilung ergibt sich durch die Ausrichtung der elektrischen Maschine zur Antriebsachse, wobei grundsätzlich zwischen Winkelantrieb, Parallelantrieb und Koaxialantrieb unterschieden werden kann, siehe Abb. 3.2.

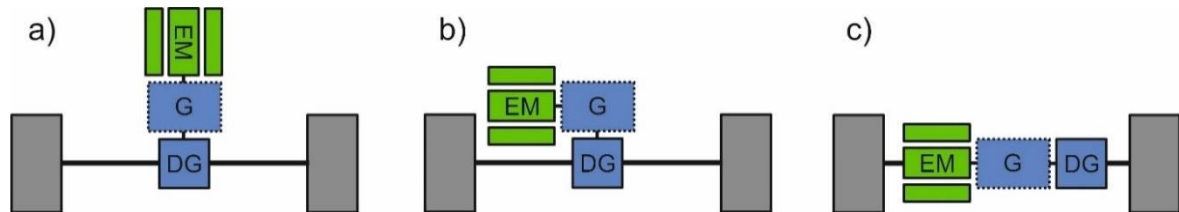


Abb. 3.2: Antriebsvarianten: a) Winkelantrieb, b) Parallelantrieb, c) Koaxialantrieb [22]

Als Winkelantrieb (a) wird hierbei eine senkrechte Anordnung der elektrischen Maschine bzw. der Rotordrehachse zur Fahrzeugachse bezeichnet. Durch die winklige bzw. senkrechte Anordnung der elektrischen Maschine zur Fahrzeugachse steht der elektrischen Maschine ein maximaler Freiheitsgrad beim elektrischen Design zur Verfügung. Bei einem Parallelantrieb (b) sind die elektrische Maschine bzw. die Rotordrehachse parallel zur Fahrzeugachse ausgerichtet, dies bedingt jedoch eine Einschränkung des radialen Bauraums der elektrischen Maschine, sodass sich diese Bauweise nur für kleine Elektromotoren mit geringem Drehmoment bzw. hoher Drehzahl eignet. Koaxialantriebe (c) zeichnen sich durch eine koaxiale

Anordnung des Elektromotors zur Fahrzeugachse aus, wodurch ein besonders kompakter Antrieb realisiert wird. Da die die Antriebswelle für eines der beiden Räder innerhalb des Rotors zurückgeführt werden muss, können jedoch nur elektrische Maschinen mit einer geeignete Motorkonstruktion, wie z. B. Permanentmagnet-Synchronmaschine (PMSM), eingesetzt werden, da beispielsweise Fremderregte-Synchronmaschinen (FESM) einen großen Teil des Bauraums des Rotors für die Wicklungen benötigen. Zudem wird das Fahrzeug in der Bodenfreiheit eingeschränkt und erfordert im Service- oder Reparaturfall den Ausbau der kompletten Achse [22].

3.2.2 Einzelradantrieb

Bei den Einzelradantrieben werden die Räder der Antriebsachse, wie in Abb. 3.3 gezeigt, jeweils durch einen separaten Elektromotor angetrieben, wodurch auf ein Differentialgetriebe verzichtet werden kann und eine flexible, elektronisch gesteuerte Drehmomentverteilung eine freie Regelbarkeit der Radmomente ermöglicht. Dadurch kann gezielt Einfluss auf das Kurvenverhalten des Fahrzeugs genommen werden, was auch als Torque-Vectoring bekannt ist. Dies führt zu einer Verbesserung der Fahreigenschaften

sowie der Effizienz. Zudem kann die Fahrdynamikregelung durch die Motorsteuerung realisiert werden, wodurch Steuergeräte und Mechatronikbauteile vereinfacht oder gar ersetzt werden können. Durch die Verwendung von zwei Elektromotoren steigen jedoch auch die Kosten, der Bauraumbedarf sowie der Regelungsaufwand. Zudem können bei einem Ausfall einer der Motoren Giermomente und somit hochkritische Fahrzustände entstehen [4, 21, 22].

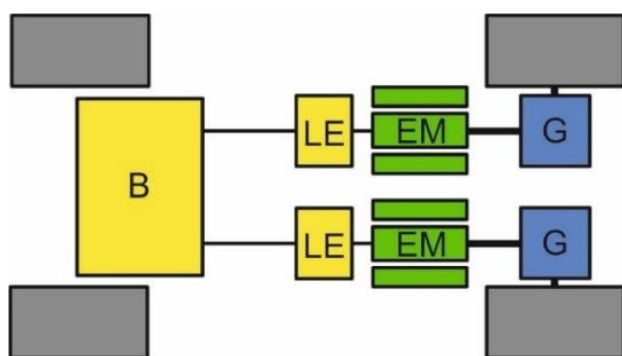


Abb. 3.3: Einzelradantrieb mit zwei individuell steuerbaren Antriebsmaschinen [21]

Eine weitere Verfeinerung der Unterteilung ergibt sich, ähnlich zu den Achsantrieben, durch die Ausrichtung der elektrischen Maschine zur Antriebs- bzw. Drehachse der Räder. Wie in Abb. 3.4 gezeigt, kann die elektrische Maschine mit ihrer Drehachse wahlweise winklig (a), parallel (b) oder koaxial (c) zur Fahrzeugachse angeordnet werden [25]. Um die Antriebsleistung möglichst nahe am Rad zu erzeugen, können in der koaxialen Anordnung die Antriebsmaschinen auch für den Direktantrieb der Räder ausgelegt werden, wodurch das Getriebe eingespart werden kann [21].

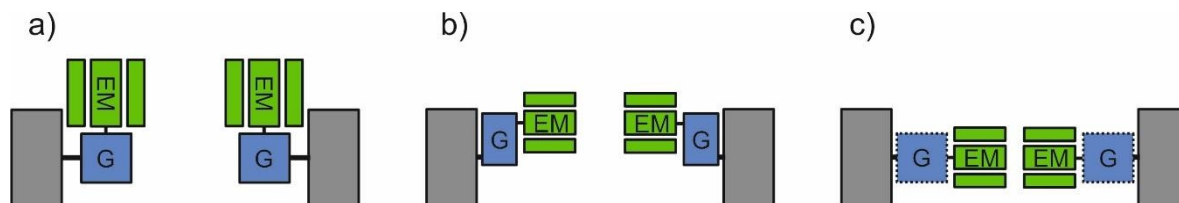


Abb. 3.4: Antriebsvarianten: a) 90°-Anordnung, b) 0°-Anordnung (parallel), c) 0°-Anordnung (koaxial)

3.2.3 Radnabenantrieb

Beim Radnabenantrieb wird die elektrische Maschine in das Fahrzeugrad integriert und unterscheidet sich dadurch vom Einzelradantrieb, welcher

außerhalb des Rades angeordnet ist. Durch die Integration der elektrischen Maschine in das Fahrzeugrad, kann die Bereitstellung des Traktionsmomentes direkt am Rad erfolgen. Wie in Abb. 3.5 gezeigt, werden hierzu die Fahrzeugräder der Antriebsachse von jeweils einem eigenen Elektromotor angetrieben, welcher direkt in das Rad integriert ist und die Radnabe trägt bzw. mit dieser getriebetechnisch gekoppelt ist. Dadurch kann auf ein Differentialgetriebe verzichtet und die Fahrdynamikregelung ebenfalls durch die beiden Radnabenmotoren übernommen werden. Allerdings wird durch die Integration des Elektromotors in das Rad die ungefederte Masse erhöht und der zur Verfügung stehende Bauraum für den Antriebsstrang stark eingeschränkt. Ein wesentlicher Vorteil von Radnabenantrieben besteht in dem geringeren Platzbedarf, da der drehmomentübertragende Teil des Antriebsstrang im Wesentlichen in das Fahrzeugrad verlegt ist [4, 21].

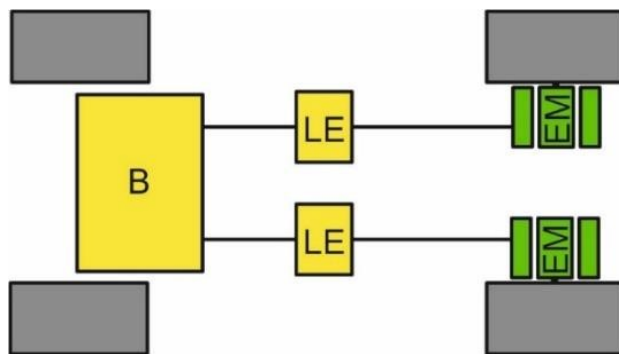


Abb. 3.5: Radnabenantrieb mit zwei individuell steuerbaren Radnabenmotoren [21]

Radnabenantriebe können sowohl mit (a) als auch ohne Getriebe (b) realisiert werden, wie dies in Abb. 3.6 gezeigt ist. Das Getriebe ist beispielsweise als Planetengetriebe ausgeführt, um das Drehmoment der elektrischen Maschine zu erhöhen, wodurch kleinere Elektromotoren mit einer höheren Motordrehzahl verwendet werden können und eine Inline-Anordnung von An- und Abtriebswelle ermöglicht wird [23, 24]. Durch direkte Anbindung des Elektromotors an die Radnabe entspricht die Motordrehzahl der Raddrehzahl, wodurch niedrigdrehende Motoren mit einem hohen Drehmoment erforderlich sind. Hierzu werden in der Regel sogenannte Außenläufer eingesetzt, bei welchen der Rotor radial außen am Stator angeordnet ist und direkt mit dem Rad antriebstechnisch in Verbindung steht. Die getriebelose Anordnung ermöglicht eine äquivalente Steuerung der Motordrehzahl mit der Raddrehzahl und damit der Fahrzeuggeschwindigkeit [21, 23].

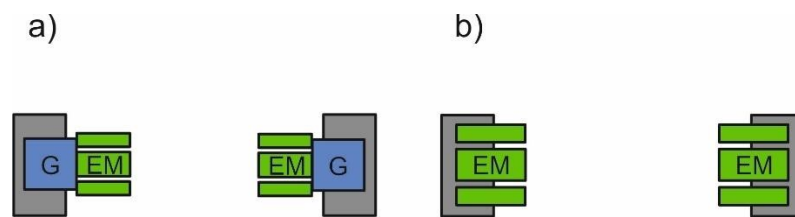


Abb. 3.6: Antriebsvarianten: a) getriebeübersetzter Radnabenantrieb, b) Radnabendirektantrieb

3.3 Aufstellen der Recherchestrategie

Nachdem das Technologiefeld definiert und untergliedert wurde, gilt es, eine an die aufgestellte Untergliederung adaptierte Recherchestrategie aufzustellen, welche möglichst alle Teilgebiete umfassend abdeckt. Prinzipiell bieten die meisten Patentämter die kostenlose Nutzung ihrer Datenbanken an, wobei meistens nicht nur die eigenen nationalen Schutzrechtsanmeldungen, sondern auch die zugehörigen Druckschriften der jeweiligen Patentfamilie gesichtet werden können. Die DOCDB-Datenbank des Europäischen Patentamtes umfasst mehr als 150 Millionen Patentedokumente aus weltweit über 100 Ländern (Stand 2024) [26]. Sie bildet damit die weltweit größte Datenbank von Schutzrechten und somit die Basis für zahlreiche kommerzielle Anwendungen. Neben den kostenlosen Recherchemöglichkeiten der Patentämter sind auch professionelle, kostenpflichtige Rechercheprogramme von verschiedenen Anbietern verfügbar, welche die Daten der DOCDB-Datenbank über andere Quellen mit Volltexten, Zeichnungen und Links zu den Vollschriften ergänzen und anschließend in deren eigene Datenbank einpflegen. Die Datenaufbereitung hat den Vorteil, dass alle bibliografischen Daten und Volltextete komplett in der Datenbank enthalten sind, sodass auf einen weitaus breiteren Datenbestand als bei herkömmlichen kommerziellen Datenbanken zugegriffen werden kann. Zur Identifikation der Schutzrechtsschriften wird eine intensive Patentrecherche unter Verwendung der professionellen Recherchesoftware IP7-Compass durchgeführt.

Im Rahmen der Recherche werden aus Gründen der einfacheren Handhabung ausschließlich die prioritätsbegründenden Dokumente einer Patentfamilie gesichtet und ausgewertet. Unter einer Patentfamilie ist eine Gruppe von Anmeldungen zu verstehen, welche den gleichen technischen Inhalt aufweisen und über Prioritätsansprüche miteinander verknüpft sind [27]. Mit anderen Worten beziehen sich alle Familienmitglieder einer Patentfamilie

auf dieselbe Erfindung. Hierbei weist jede Patentfamilie ein prioritätsbegründendes, repräsentatives

Familienmitglied – nachfolgend einfachheitshalber auch nur als „Dokument“ oder „Druckschrift“ bezeichnet – auf, welches in der Regel den identischen oder zumindest ähnlichen Inhalt wie die – falls vorhanden – anderen Familienmitglieder aufweist, sodass nach Durchsicht dieses Repräsentanten die gesamte Patentfamilie als „gelesen“ betrachtet werden kann.

Da eine erste Recherche bereits ein Ergebnis von weit über 50.000 Patentfamilien im Bereich von elektrischen Antrieben ergab, muss eine sinnvolle Einschränkung der Suchergebnisse erfolgen. Um aus der Masse von Patentanmeldungen eine überschaubare Anzahl von Dokumenten zu erhalten, ist es erforderlich durch das Festlegen von Suchparametern die für das Recherchegebiet festgelegten relevanten Dokumente herauszufiltern. Die wichtigsten Parameter hierzu sind die IPC-Klassen, das Anmelde- oder Veröffentlichungsdatum sowie Stichwörter, welche einzeln oder miteinander kombiniert eine zielgerichtete Suche ermöglichen. Weitere Suchparameter sind neben den bibliographischen Daten, wie Anmelder, Erfinder, Land, Patentnummer, auch der aktuelle Rechtsstand der einzelnen Schutzrechte, welche jedoch für die im Rahmen dieser Arbeit erstellte Recherchestrategie unbrauchbar sind und deshalb nicht näher behandelt werden.

3.3.1 IPC-Klassen

Wie bereits im Kapitel 2.2.1 erläutert, dienen die IPC-Klassen zur Klassifizierung der Schutzrechte, um Druckschriften in einem abgegrenzten technischen Gebiet zu recherchieren. Um die passende IPC-Klasse herauszufinden, können eine oder mehrere vorbekannte und das technische Gebiete betreffende Druckschriften genutzt und die darin genannten IPC-Klassen untersucht werden. Sollte keine eindeutige Zuordnung einer Patentklasse möglich sein oder sollten keine entsprechenden Druckschriften vorliegen, so können mittels einer IPC-Recherche entsprechende Klassifikationen direkt ermittelt werden. Für das vorliegende Recherchegebiet konnten die beiden IPC-Klassen B60K 1/00 und B60K 7/00 identifiziert werden, welche in Tab. 3.1 definiert sind.

Tab. 3.1: Definition der IPC-Klassen B60K 1/00 und B60K 7/00 [28]

Sektion	B	Transportieren
Klasse	B60	Fahrzeuge allgemein
Unterklasse	B60K	Anordnung oder Einbau von Antriebseinheiten in Fahrzeugen
Gruppe	B60K 1/00	Anordnung oder Einbau von elektrischen Antriebseinheiten
	B60K 7/00	Anordnung oder Einbau der Antriebseinheit im oder angrenzend an das Antriebsrad

Da eine bloße Einschränkung des Suchergebnisses mit den beiden IPC-Klassen immer noch über 64.000 Treffer ergab, ist es erforderlich, die Suche mit weiteren Suchparametern einzuschränken.

3.3.2 Zeitliche Einschränkung

Durch die zeitliche Einschränkung ist es möglich einen festgelegten Zeitraum zu untersuchen, wobei hierzu als maßgebliches Datum das Anmelde-, Veröffentlichungs- oder Erteilungsdatum festgelegt werden kann. Da die ersten kommerziellen Elektroautos, wie der Tesla Model S (2012) oder der BMW i3 (2011), sich erst zu Beginn der 2010er Jahre auf dem Markt etablieren konnten und zunehmende Marktanteile von Elektrofahrzeugen ab 2013, insbesondere in Norwegen (6,10 %) verzeichnet werden können [29], ist eine Einschränkung des betrachteten Zeitraums auf die letzten 10 Jahre ausreichend, um eine quantitative Aussage über die Entwicklung der verschiedenen Antriebstechnologien treffen zu können. Hierbei wurden ausschließlich Patentanmeldungen berücksichtigt, deren Anmelde- oder Prioritätstag nach dem 01.01.2014 liegt. Durch die zeitliche Einschränkung konnte das Suchergebnis auf ca. 40.000 Patentfamilien reduziert werden.

3.3.3 Stichwörter

Mittels einer Stichwortrecherche können die Dokumente nach bestimmten Begriffen durchsucht werden. Hierbei kann ausgewählt werden, ob diese Begriffe nur im Titel, der Zusammenfassung, den Ansprüchen und/oder der Beschreibung vorkommen dürfen. Die einzelnen Stichwörter können hierbei trunkiert und mittels logischer Operatoren miteinander verknüpft werden. Hierbei ist zu beachten, dass neben der Verwendung von üblichen Fachbegriffen auch patenttypische Formulierungen, wie z. B. Antriebsvorrichtung für elektrische Maschine oder Übertragungsmittel für

Rotorwelle, verwendet werden. Durch die abstrakte Formulierung von Merkmalen kann einerseits ein bereiterer Schutzbereich erzielt und andererseits das Auffinden der jeweiligen Druckschrift erschwert werden [6].

Durch die Einschränkung auf die Begriffe „elektrische Maschine“ und „Fahrzeug“ sowie deren Synonyme in Titel, Zusammenfassung und den Ansprüchen konnte die Anzahl der zu sichtenden Dokumente auf 6.922 Treffer reduziert werden. Da nach einer ersten kursorischen Durchsicht ein großer Teil der Dokumente auch andere Technologiefelder, wie z. B. Nutzfahrzeuge, Klein- und Kleinstfahrzeuge sowie hybride Antriebsstränge, betraf, wurden durch eine weitere Verfeinerung der Stichwortrecherche betreffende Schlagwörter, wie „Nutzfahrzeug“, „Zweirad“, „Hybrid“ oder „Verbrennungsmotor“, im gesamten Dokument ausgeschlossen, wodurch die Anzahl der Treffer auf 2.418 reduziert werden konnte.

3.3.4 Vollständigkeit und mögliche Fehlerquellen

Der Ausgang und damit die Qualität einer Recherche wird von etlichen Randbedingungen bestimmt. Zunächst spielt die genaue Definition des Recherchegegenstands eine tragende Rolle, wobei nur eine genaue Definition des Recherchegegenstands in gleicher Weise genaue und damit treffsichere Ergebnisse liefern kann.

Weiterhin werden im Rahmen der Recherche eine Vielzahl an Dokumenten nach Figuren, Zusammenfassung, Ansprüchen etc. gesichtet, wobei aufgrund der hohen Anzahl an Dokumenten nur wenig Zeit zur Verfügung steht, um eine Entscheidung zu treffen, ob das Dokument relevant ist oder nicht. Zudem sind manche Dokumente unübersichtlich oder sehr komplex formuliert. Eine derartige Schnellentscheidung wird - realistisch betrachtet - manchmal falsch getroffen und/oder das betreffende Dokument falsch klassifiziert. Hierdurch ergibt sich die vielleicht größte Unschärfe bezüglich der korrekten Auswahl der als relevant erachteten Druckschriften und auch bei deren sachlicher Bewertung.

Außerdem werden nur Schutzrechte erfasst, die bereits veröffentlicht sind. Da Patentanmeldungen erst nach 18 Monaten ab Anmelde- bzw. Prioritätsdatum veröffentlicht werden sowie ein zeitlicher Rückstand der Datenbanken von ca. 4 Wochen bis hin zu mehreren Monaten hinzukommen kann, führt dies im ungünstigsten Fall zu einer Gesamtverzögerung von 18 bis 24 Monaten, in denen ein bereits existierendes Dokument noch nicht durch eine Patentrecherche erfasst wird.

Durch die stichwortbasierte Suche, welche in deutscher und englischer Sprache erfolgt, werden Schutzrechte in anderen Sprachen (China, Japan etc.) nur dann erfasst, wenn in den Datenbanken Übersetzungen in die oben

genannten Sprachen - in der Regel Englisch - vorliegen. Zudem besteht das Risiko, dass durch die Festlegung bestimmter Suchbegriffe alternative Formulierungen, wie z. B. Antriebsvorrichtung statt elektrischer Maschine, nicht berücksichtigt werden und somit nicht aufgefunden werden können.

Eine weitere Unsicherheit ergibt sich durch die Verwendung der IPC-Klassen, da diese bereits im Rahmen der Formalprüfung (Vorprüfung) vom zuständigen Patentamt vergeben werden und teilweise falsch zugeordnet werden. Zudem können die IPC-Klassen im Rahmen des weiteren Verfahrens geändert bzw. reklassifiziert werden, sodass diese erst zu einem späteren Zeitpunkt unter der entsprechenden IPC-Klasse aufgefunden werden können.

Eine "vollständige" Patentrecherche ist auch bei immensem zeitlichem Aufwand nicht realistisch durchführbar, weshalb die aufgefundenen Druckschriften zwar eine repräsentative Teilmenge abbilden, jedoch nicht als vollständiges Ergebnis anzusehen sind.

4. Sortierung und Darstellung der verschiedenen Antriebskonzepte

Da die in Kapitel 3.2 dargestellte Unterteilung bei genauerer Betrachtung eine Vielzahl von weiteren Ausgestaltungen zulässt, sollen die verschiedenen Antriebskonzepte anhand einiger repräsentativer Beispiele vorgestellt werden. Hierbei soll anhand der aufgeführten Beispiele überprüft werden, ob eine weitere Unterteilung der Antriebstopologien möglich bzw. sinnvoll ist und inwiefern eine derartige Unterteilung für die spätere Beurteilung der Innovationsströmungen genutzt werden kann.

Bei den folgenden Abbildungen handelt es sich um die Originalfiguren aus den Patentschriften, wobei die für das Verständnis der Antriebstopologie relevanten Bezugszeichen farblich hervorgehoben sind und in der jeweils entsprechenden Abbildungslegende erklärt sind. Da nicht alle Elemente bzw. Baugruppen für das zugrundeliegende Antriebskonzept relevant sind, wurde auf eine umfangreiche Erklärung aller in den Abbildungen gekennzeichneten Bauteile bzw. deren Bezugszeichen aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

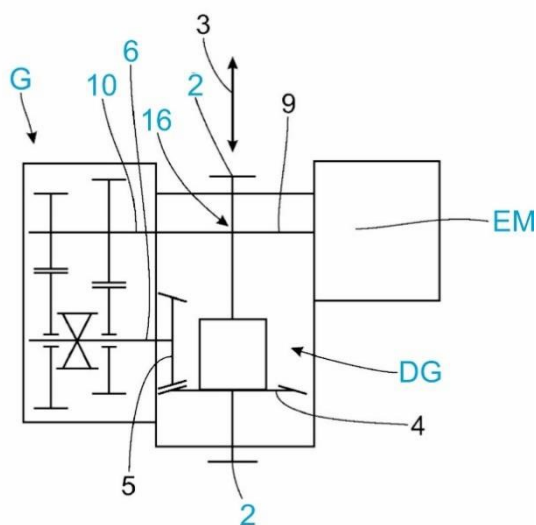
4.1 Zentralantrieb

4.1.1 Winkelantrieb

Der zentrale Winkelantrieb bildet die Antriebstopologie, welche am meisten mit dem klassischen Antriebsstrang eines verbrennungsmotorisch betriebenen Kraftfahrzeuges vergleichbar ist. Die einfachste Bauform ist in Abb. 4.1 dargestellt, welche beispielsweise von MAN in der DE 102016002592 A1

angemeldet wurde und sowohl für Personenkraftwagen als auch für Nutzfahrzeuge angewendet werden kann. Das darin beschriebene Antriebskonzept weist eine zentrale elektrische Maschine auf, welche über mindestens ein Getriebemodul mit dem Differentialgetriebe verbunden ist. Die elektrische Maschine ist hierbei mit der Rotorwelle senkrecht zu der Antriebsachse bzw. den beiden Abtriebswellen des Differentialgetriebes angeordnet. Das Getriebemodul kann als ein Planetengetriebe oder ein Stirnradgetriebe ausgeführt sein, wobei optional noch ein lastschaltbares oder nicht-lastschaltbares 2-Gang-Getriebe nachgeschaltet sein kann [30]. Ein derartiges Antriebskonzept beansprucht in der Regel am meisten Bauraum, welcher insbesondere bei kleineren Fahrzeugen durch die zusätzliche Anordnung der Traktionsbatterie im Unterboden beschränkt ist.

Ein kompakterer Achsantrieb mit annähernd mittigem Schwerpunkt zwischen den Rädern wird hingegen in der DE 102017223134 A1 (Abb. 4.2) von ZF beschrieben. Das Traktionsmoment wird über ein Getriebe, insbesondere ein Schaltgetriebe, auf das Differentialgetriebe übertragen und auf die beiden Fahrzeugräder verteilt, wobei die E-Maschine auf der einen Seite des Differentialgetriebes und das Getriebe auf der anderen Seite angeordnet ist.



Dadurch kann ein Massenschwerpunkt der Antriebsachse weitgehend mittig zwischen die Fahrzeugräder gelegt werden, wodurch die Fahrzeugachse gleichmäßig belastet wird. Bei dieser Anordnung kreuzt somit die Rotor- bzw. Antriebswelle (10) die Fahrzeugachse (16) bzw. die Halbachse (2) rechtwinklig [31].

Abb. 4.1: Winkelantrieb aus DE 102016002592 A1 (Fig. 1) angemeldet am 03.03.2016

- G Stirnradgetriebe
- 2 Halbachsen
- 6 Ausgangswelle
- 10 Eingangswelle
- 16 Fahrzeugachse

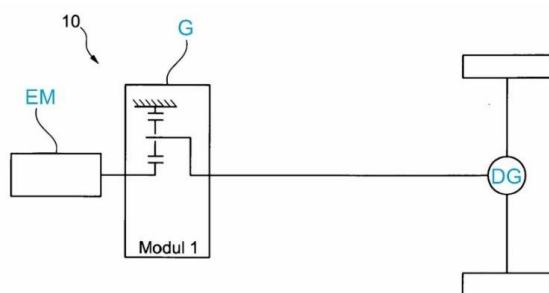
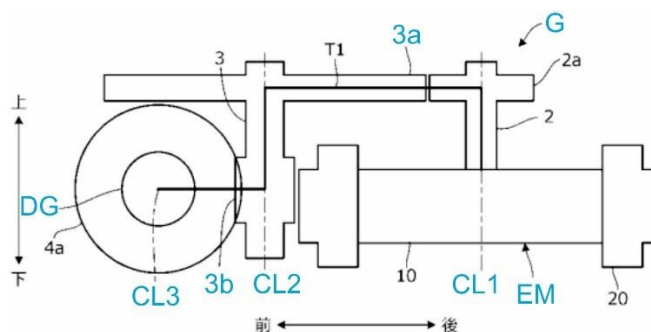


Abb. 4.2: Winkeltrieb aus DE 102017223134 A1 (Fig. 1) angemeldet am 19.12.2017

Eine weitere alternative Ausführung des Winkelantriebes wird in der JP 2019115135 A (Abb. 4.3) von Honda beschrieben. Hierbei ist die elektrische Maschine mit ihrer Rotorachse (CL1) vertikal bzw. in Fahrzeughochrichtung ausgerichtet, wobei das Antriebsmoment über ein Getriebe, insbesondere einer Kombination aus einem Stirnradgetriebe (3a) und einem Schneckengetriebe (3b), auf das Achsdifferential übersetzt wird. Da die Rotorachse weiterhin rechtwinklig zur Fahrzeugachse (CL3) ausgerichtet ist, kann auch diese Anordnung als Winkeltrieb bezeichnet werden. Dadurch ergibt sich ein großer Gestaltungsspielraum bei der Anordnung der Antriebseinheit. So kann die Antriebsmaschine beispielsweise bodennah angeordnet werden, ohne dass die Bodenfläche im Fahrzeuginneren angehoben werden muss [32].

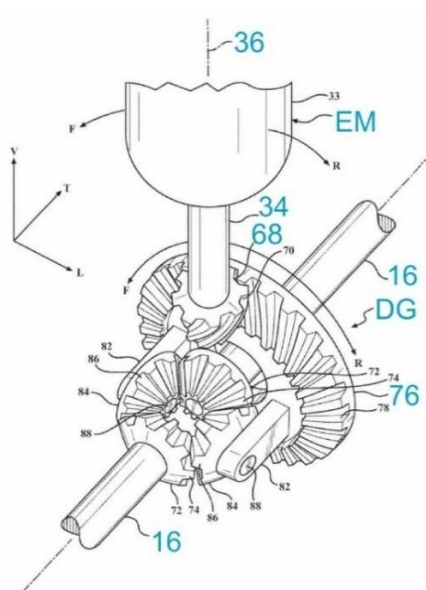
- 3a Stirnradgetriebe
- 3b Schneckengetriebe
- CL1 Rotordrehachse
- CL2 Schneckenraddrehachse
- CL3 Fahrzeugachse

Abb. 4.3: Winkeltrieb aus JP 2019115135 A (Fig. 1) angemeldet am 22.12.2017



Eine weitere Möglichkeit, den elektrischen Antriebsmotor vertikal zur Antriebsachse anzuordnen, ist in der US 2021101480 A1 (Abb. 4.4) von Toyota beschrieben. Hierbei ist der elektrische Antriebsmotor direkt oberhalb des Differentialgetriebes angeordnet, wobei die Motorwelle (34) vertikal bzw. in Fahrzeughochrichtung ausgerichtet ist und unmittelbar mit dem Tellerrad (76) des Differentials in Eingriff steht. Durch die vertikale Anordnung kann ein zusätzlicher Bauraum für horizontal liegende Bauteile, wie z. B. Lenksysteme, freigegeben sowie die Kühlung des Elektromotors verbessert werden, da

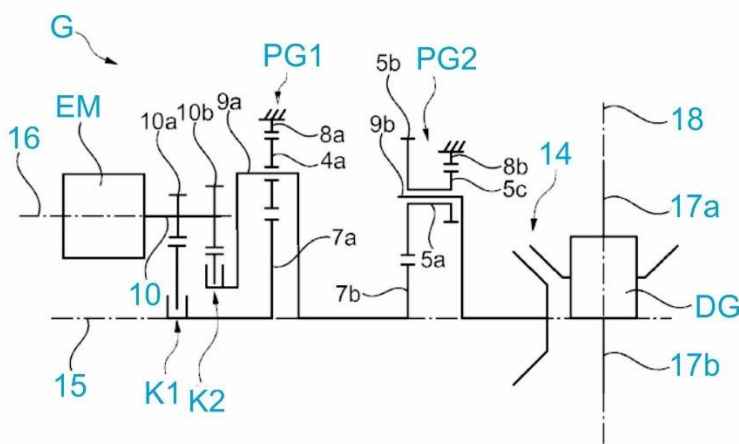
dieser unmittelbar durch einen Kühlluftstrom von der Fahrzeugfront angeströmt bzw. umströmt werden kann. Eine weitere Besonderheit besteht darin, dass die Antriebsmaschine mittels eines Aktors um die Fahrzeugachse verschwenkt werden kann. Der Motor kann somit bei einem Kaltstart mehr in horizontaler Richtung ausgerichtet sein, wodurch er weniger dem Kühlluftstrom ausgesetzt wird und somit schneller auf eine Betriebstemperatur erwärmt wird. Bei Erreichen der Betriebstemperatur wird der Elektromotor vertikal aufgestellt, wodurch die vom Kühlluftstrom angeströmte Kühlfläche vergrößert wird und der Motor besser gekühlt wird bzw. mehr Wärme durch den Kühlluftstrom beispielsweise in den Fahrgastraum abgeführt werden kann [33].



- 16 Abtriebswellen
- 34 Motorwelle
- 36 Rotorachse
- 68 Motorritzel 76 Tellerrad

Abb. 4.4: Winkelantrieb aus US 2021101480 A1 (Fig. 3) angemeldet am 03.10.2019

Einen etwas spezielleren Aufbau beschreibt die (Abb. 4.5) von Schaeffler, bei der die Rotorachse (16) der elektrischen Maschine achsparallel zur Hauptdrehachse (15) einer Getriebeeinheit angeordnet ist. Die Antriebsmaschine ist hierbei zusätzlich über zwei Kupplungen (K1, K2) mit dem Übersetzungsgetriebe, insbesondere zwei Planetengetrieben (G1, G2), koppelbar, welche coaxial zur Hauptdrehachse angeordnet sind. Die Hauptdrehachse wiederum ist über einen Winkeltrieb (14) mit dem Differentialgetriebe getriebetechnisch verbunden ist. Durch die beiden Kupplungen können zwei unterschiedliche Getriebeübersetzungen realisiert werden, wobei ein Öffnen beider Kupplungen eine Leistungsabschaltung ermöglicht und die elektrische Maschine vom Getriebe trennt [34].



- PG1, PG2 Planetengetriebe
- K1, K2 Kupplungen
- 10 Rotorwelle
- Winkeltrieb

Hauptdrehachse
Rotorachse
17a, 17b Abtriebswellen
18 Fahrzeugachse

*Abb. 4.5: Winkelantrieb aus DE 102018127881 A1 (Fig. 4) angemeldet am
08.11.2018*

Die EP 4292855 A2 (Abb. 4.6) von Meritor beschreibt einen Achsantrieb mit zwei elektrischen Maschinen (EM1, EM2), welche selektiv mit dem Achsdifferential verbunden werden können. Hierzu stehen die beiden Antriebsmaschinen über jeweils ein Stirnradgetriebe (G1, G2) unterschiedlichen Übersetzungsverhältnisses mit einer gemeinsamen Getriebewelle (36) antriebswirksam in Verbindung, wobei die Getriebewelle wiederum mit einem Tellerrad (72) des Differentials kämmend in Eingriff steht. Die beiden E-Maschinen sind somit gemeinsam auf einer Seite des Differentialgetriebes angeordnet und jeweils mit ihrer Rotorachse (110, 120) senkrecht zur Fahrzeugachse (60) bzw. parallel zur Getriebedrehachse (90) ausgerichtet. Zur selektiven Kopplung der Elektromotoren sind die Getriebe (G1, G2) über jeweils eine Kupplung (K1, K2) mit der Getriebewelle koppelbar, wobei das Traktionsmoment in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit und Leistungsanforderung wahlweise durch eine der beiden Antriebsmaschinen oder durch beide bereitgestellt werden kann [35].

In der DE 102020201291 A1 (Abb. 4.7) von ZF ist ebenfalls ein Winkelantrieb mit zwei Antriebsmaschinen (EM1, EM2) beschrieben, deren Antriebsleistung jedoch über jeweils ein separates Getriebe (G1, G2) auf das gemeinsame Differentialgetriebe übertragen wird und über dieses wiederum zu gleichen Drehmomentanteilen auf die Abtriebswellen (AW1, AW2) verteilt wird. Somit sind zwei Antriebsstränge vorgesehen, welche gemeinsam oder auch einzeln auf das Achsdifferential einwirken können. Die beiden E-Maschinen sind mit ihrer Rotorachse (e1, e2) jeweils senkrecht zu den Radachsen (a1, a2) sowie der Hauptdrehachse des jeweiligen Getriebes ausgerichtet und bilden somit jeweils einen Winkelantrieb. Hierbei können die beiden E-Maschinen auf gegenüberliegenden Seiten des Differentialgetriebes angeordnet sein, wodurch sich eine zumindest annähernd zentrale Schwerpunktlage an der Fahrzeugachse ergibt. Die beiden Getriebe sind jeweils als ein 2-Gang-Schaltgetriebe ausgebildet, wobei durch die Verwendung zweier E-Maschinen

ohne Zugkraftunterbrechung geschaltet werden kann. Hierzu kann der Gangwechsel sequenziell erfolgen, was bedeutet, dass zunächst nur in einem Antriebsstrang geschaltet wird, während im anderen Antriebsstrang der aktuelle Gang eingelegt bleibt. Erst wenn der nächste Gang eingelegt ist, wird der Gangwechsel auch im anderen Schaltgetriebe vollzogen. Bei geringen Leistungsanforderung kann auch nur eine elektrische Maschine angetrieben werden, während die andere Maschine ausgekoppelt und/oder zum Antrieb von Nebenaggregaten genutzt wird. Es ist somit möglich die beiden Motoren jeweils in einem günstigeren Wirkungsgradbereich zu betreiben [36].

- G1, G2 Stirnradgetriebe
- K1, K2 Kupplungen
- 20 Fahrzeugräder
- 34 Abtriebswellen
- 36 Getriebewelle
- 60 Fahrzeugachs
- 72 Tellerrad
- 90 Getriebedrehachse
- 110, 120 Rotorachsen

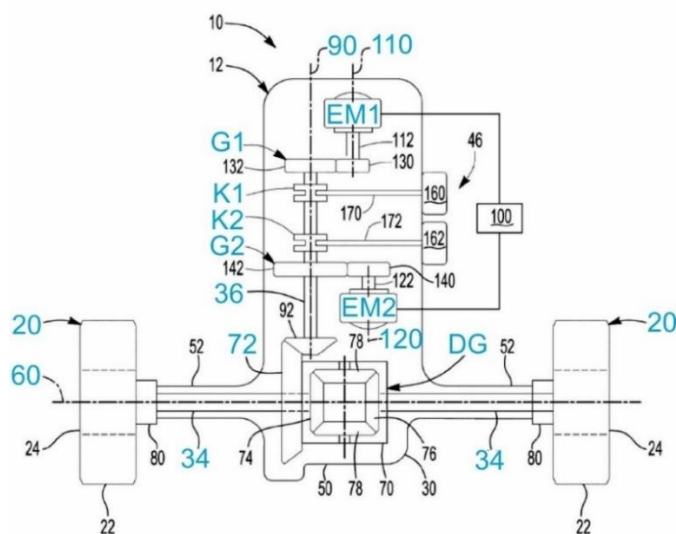


Abb. 4.6: Winkelantrieb aus EP 4292855 A2 (Fig. 1) angemeldet am 21.01.2021

- G1, G2 2- Gang Schaltgetriebe
- AW1, AW2 Abtriebswellen
- a1, a2 Radachse
- e1, e2 Rotorachsen
- R1, R2 Fahrzeugräder

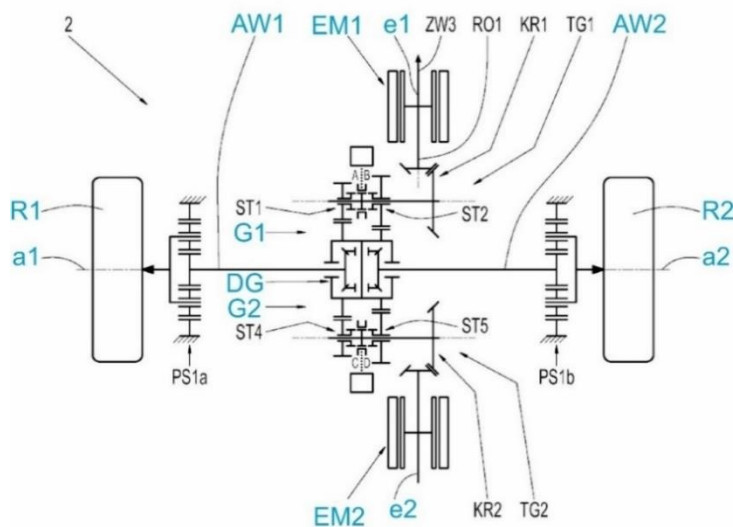


Abb. 4.7: Winkelantrieb aus DE 102020201291 A1 (Fig. 2) angemeldet am
03.02.2020

4.1.2 Parallelantrieb

Beim Parallelantrieb ist die elektrische Maschine bzw. die Rotordrehachse parallel zur Antriebsachse bzw. in Fahrzeugquerrichtung ausgerichtet, wobei die E-Maschine in der einfachsten Ausgestaltung über eine Getriebestufe mit dem Differentialgetriebe verbunden ist, wie dies z. B. von ZF in der DE 102018221824 A1 (Abb. 4.8) beschrieben wurde. Hierbei kämmt das Motorritzel (22) unmittelbar mit einem mit dem Differentialkorb (24) des Differentialgetriebes drehfest verbundenen Stirnrad (23), wodurch das Antriebsmoment mit einem festen Übersetzungsverhältnis auf die beiden Fahrzeugräder (12) verteilt wird [37]. Um die meist hohe Drehzahl der elektrischen Maschine über die Stirnradstufe in eine niedrigere Drehzahl auf das Achsdifferential zu übersetzen, muss das differentialeitige Stirnrad jedoch sehr groß ausgeführt werden.

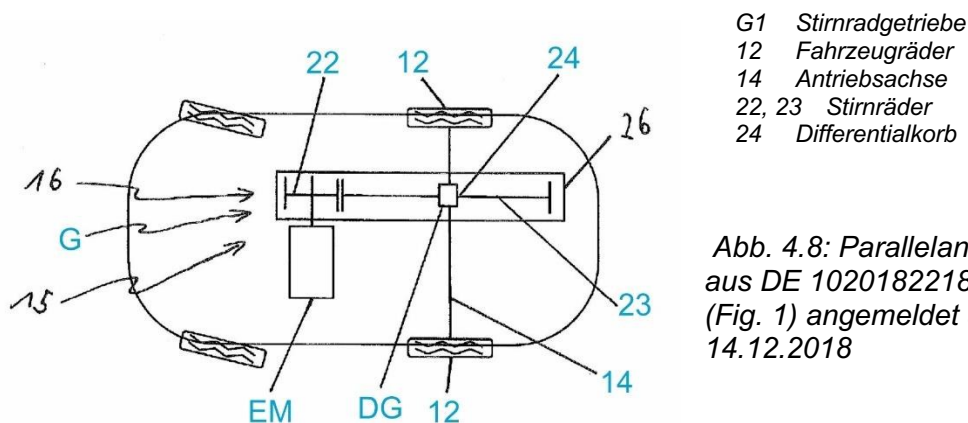


Abb. 4.8: Parallelantrieb
aus DE 102018221824 A1
(Fig. 1) angemeldet am
14.12.2018

Um das differentialeitige Stirnrad zu reduzieren kann eine größere elektrische Maschine verwendet werden, welche entsprechend ein höheres Drehmoment bereitstellt. Dadurch entsteht jedoch ein Bauraumkonflikt zwischen der E-Maschine und den Abtriebswellen des Differentials. Wie in der DE 102019205987 A1 (Abb. 4.9) von ZF beschrieben, kann ein zusätzlicher radialer Bauraum bereitgestellt werden, indem der Antriebsmotor mit seiner Rotorachse (B) mit einem spitzen Winkel (α) zur Fahrzeugachse (A)

angeordnet wird. Daher ist es möglich, bei Einhaltung der übrigen geometrischen Randbedingungen einen größeren Durchmesser der Elektromaschine zu realisieren, was zu einer Steigerung der verfügbaren Leistung führt. Dieser Winkel kann über eine entsprechende Verzahnung des Motorritzels (12) oder eine Gelenkwelle zwischen Rotorwelle (11) und Ritzel (12) realisiert werden [38]. Streng genommen ist die elektrische Maschine dadurch nicht mehr exakt parallel zu der Antriebsachse ausgerichtet. Da die elektrische Maschine jedoch weiterhin stark zur Fahrzeugachse geneigt ist, kann diese Anordnung ebenfalls als Parallelantrieb bezeichnet werden.

Die in der EP 3369600 A1 (Abb. 4.10) von Toyota vorgeschlagene Antriebstopologie schlägt eine weitere Möglichkeit vor, den Durchmesser des differentialeitigen Stirnrades zu reduzieren. Hierzu wird im Momentfluss zwischen Antriebsmaschine und Differentialgetriebe eine zusätzliche Reduziergetriebestufe (S2) angeordnet. Dies wird dadurch realisiert, dass zwischen Rotorwelle (12) und Fahrzeugachse (40a) eine Zwischenwelle (20) vorgesehen ist, welche über eine erste Reduzierstufe (S1) mit der Rotorwelle (12) des Elektromotors und über eine zweite Reduzierstufe (S2) mit dem Differentialkorb (25a) des Achsdifferentials kämmt [39]. Durch die Aufteilung der Gesamtübersetzung auf die beiden Reduzierstufen können die Durchmesser der einzelnen Zahnräder und somit der gesamte radiale Bauraum der elektrischen Achse reduziert werden.

A Fahrzeugachse B Rotorachse α
Winkel
1a, 2a Seitenwellen
Kegelrad
Stirnrad
Differentialkorb

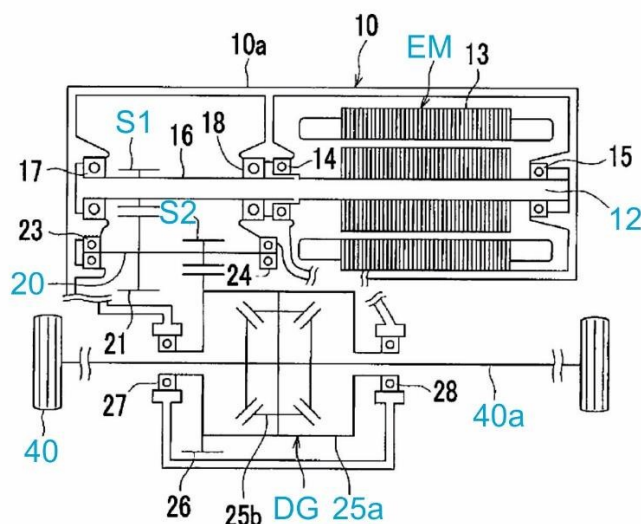
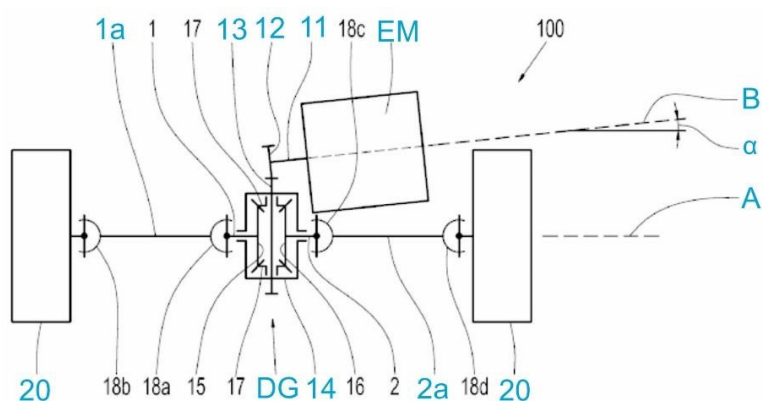


Abb. 4.9: Parallelantrieb aus DE 102019205987 A1 (Fig. 1) angemeldet am 26.04.2019

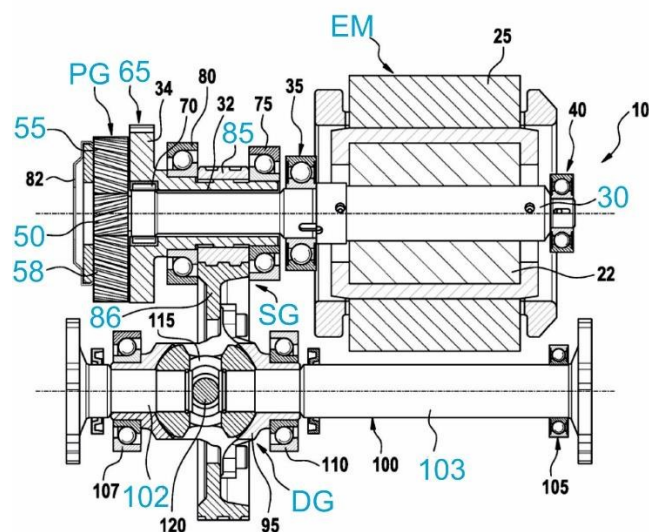
S1, S2 Stirnradstufen



- 12 Rotorwelle
- 20 Zwischenwelle
- 25a Differentialkorb
- 40 Fahrzeugrad
- 40a Fahrzeugachse

Abb. 4.10: Parallelantrieb aus EP 3369600 A1 (Fig. 2) angemeldet am 27.02.2018

Eine Alternative zur mehrstufigen Stirnradübersetzung wurde beispielsweise von Bosch in der DE 102016210461 A1 (Abb. 4.11) beschrieben, wobei anstelle einer zweiten Stirnradstufe ein Planetengetriebe (PG) zwischen elektrischer Maschine und Stirnradgetriebe (SG) angeordnet ist. Konstruktiv ist dies dadurch gelöst, dass die Motorwelle (30) mit einem Sonnenrad (50) des Planetengetriebes drehfest verbunden ist und somit koaxial zu diesem angeordnet ist. Der Planetenradträger (65) wiederum ist als Hohlwelle ausgeführt, durch welche die Motorwelle geführt ist. Die Hohlwelle trägt außenseitig ein Stirnrad (85), welches mit dem Stirnrad (86) des Differentialkorbes (95) kämmt [40]. Durch die Planetenstufe kann das Stirnrad des Differentialgetriebes mit einem reduzierten Durchmesser ausgeführt werden, wodurch ein Achsantrieb mit einem geringeren Bauraumvolumen realisiert werden kann.



- 30 Rotorwelle
- 50 Sonnenrad
- 55, 58 Planetenräder
- 65 Planetenträger
- 85, 86 Stirnräder
- 102, 103 Abtriebswellen

Abb. 4.11: Parallelantrieb aus
DE 102016210461 A1 (Fig. 1)
angemeldet am 14.06.2016

Eine besonders bauraumsparende Lösung wurde von ZF in der (Abb. 4.12) beschrieben. Hierbei ist zwischen der elektrischen Maschine und den beiden Ausgangswellen (5, 6) ein Differential mit einem Planetenradsatz (PG) und einem Stirnradsatz (SG) integriert, wobei die beiden Ausgangswellen zur schematisch angedeuteten Fahrzeugachse parallel versetzt sind. Somit darf

diese Anordnung ebenfalls als Parallelantrieb bezeichnet werden. Die von der E-Maschine eingeleitete Antriebsleistung wird im Differentialgetriebe aufgeteilt und entsprechend der Ausbildung des Planetenradsatzes und des Stirnradsatzes auf die beiden Ausgangswellen weitergeleitet. Dabei wird über den Planetenradsatz ein erstes Abtriebsmoment auf die Abtriebsseite und ein dem ersten Antriebsmoment entgegengesetzt wirkendes Abstützmoment auf den Stirnradsatz übertragen. Dieses Abstützmoment wird im Stirnradsatz gewandelt, wodurch ein dem ersten Abtriebsmoment entsprechendes zweites Abtriebsmoment auf die andere Abtriebsseite übertragen wird. Hierdurch wird ein integrales Differential vorgeschlagen, welches die beiden Funktionen Drehmomentwandlung und -verteilung vereint. Die Ausgangswellen sind wiederum über Gelenkwellen an das jeweilige Rad angebunden, um den Achsversatz zu überbrücken [41].

Weiterhin kann das Antriebsmoment auch über ein 2-Gang-Schaltgetriebe übertragen werden, was beispielsweise von Audi in der DE 102018203458 A1 (Abb. 4.13) beschrieben wurde. Die elektrische Maschine ist über zwei unterschiedliche Lastpfade mit dem Achsdifferential in Antriebsverbindung bringbar, wobei das Getriebe hierzu zwei Stirnradstufen (S1, S2) aufweist, welche über jeweils eine Freilaufkupplung (K1, K2) drehrichtungsabhängig mit dem Differential gekoppelt werden können. Hierbei sperrt die eine Freilaufkupplung in einer Drehrichtung und die andere Freilaufkupplung in einer gegensinnigen Drehrichtung. Je nachdem, in welcher Drehrichtung die Elektromaschine angetrieben wird, wird somit das Antriebsmoment wahlweise über eine der beiden Freilaufkupplungen übertragen. Über ein zusätzliches Schaltelement (SE) können die erste und/oder zweite Freilaufkupplung blockiert werden, um bei einer Rekuperation eine Drehmomentübertragung vom Achsdifferential zur Elektromaschine über den jeweiligen Lastpfad zu ermöglichen [42].

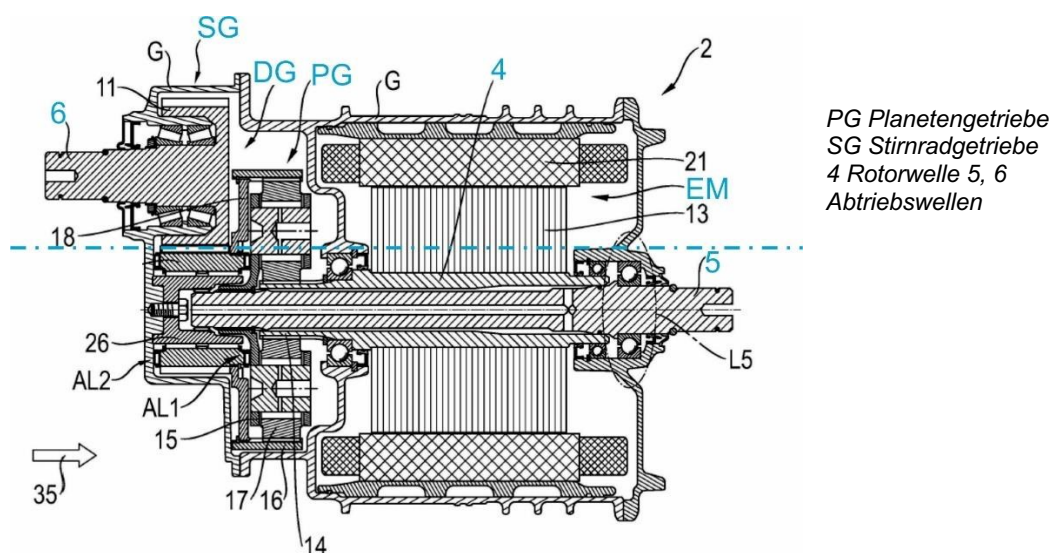


Abb. 4.12: Parallelantrieb aus DE 102021212217 A1 (Fig. 8) angemeldet am 29.10.2021

K1, K2 Kupplungen
 S1, S2 Stirnradstufen SE
 Schaltelement
 7 Abtriebswellen
 9 Rotorwelle
 15 Zwischenwelle

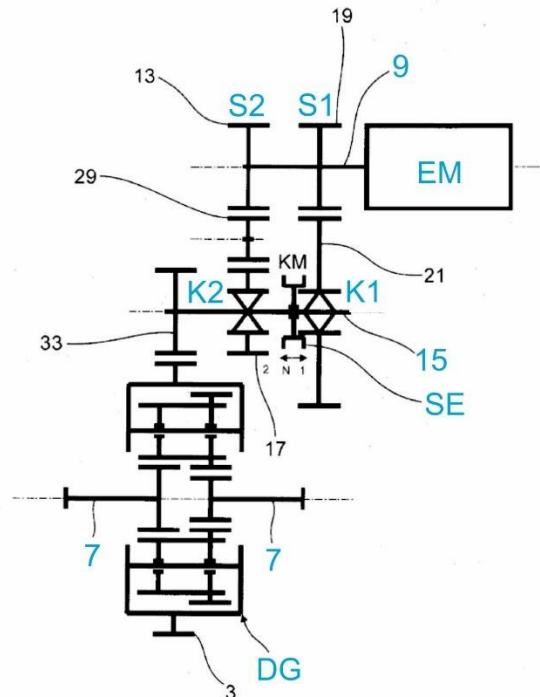
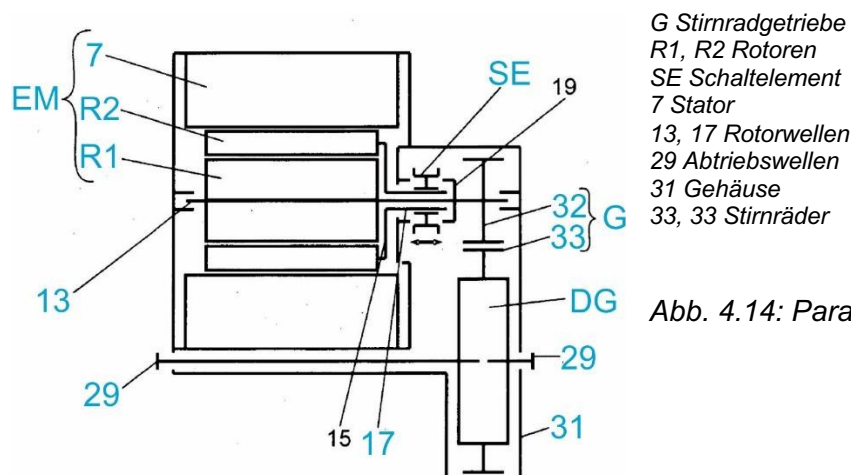


Abb. 4.13: Parallelantrieb aus DE 102018203458 A1 (Fig. 1) angemeldet am 07.03.2018

Eine alternative Realisierung eines 2-Gang-Schaltgetriebes in einem Parallelantrieb wurde ebenfalls von Audi in der DE 102018202837 A1 (Abb. 4.14) beschrieben. Hierbei ist der Antrieb durch eine Doppelrotor-Elektromaschine gebildet, wobei in einer ersten Gangstufe ein Rotor (R2) über ein Schaltelement (SE) an einem Gehäuse (31) festgesetzt wird und in einer zweiten Gangstufe drehfest mit dem anderen Rotor (R1) gekoppelt wird. Somit kann auf ein klassisches Schaltgetriebe verzichtet werden, wobei die durch den bestromten Stator (7) aufgeprägte Drehzahl der E-Maschine in den beiden Rotoren übersetzt wird. Dadurch wird ein Parallelantrieb vorgeschlagen, welcher sich durch eine reduzierte Anzahl an Getriebebauteilen sowie einen vereinfachten Schaltmechanismus auszeichnet [43]. Allerdings benötigt die E-Maschine aufgrund der konzentrischen Rotoren einen größeren radialen Bauraum.



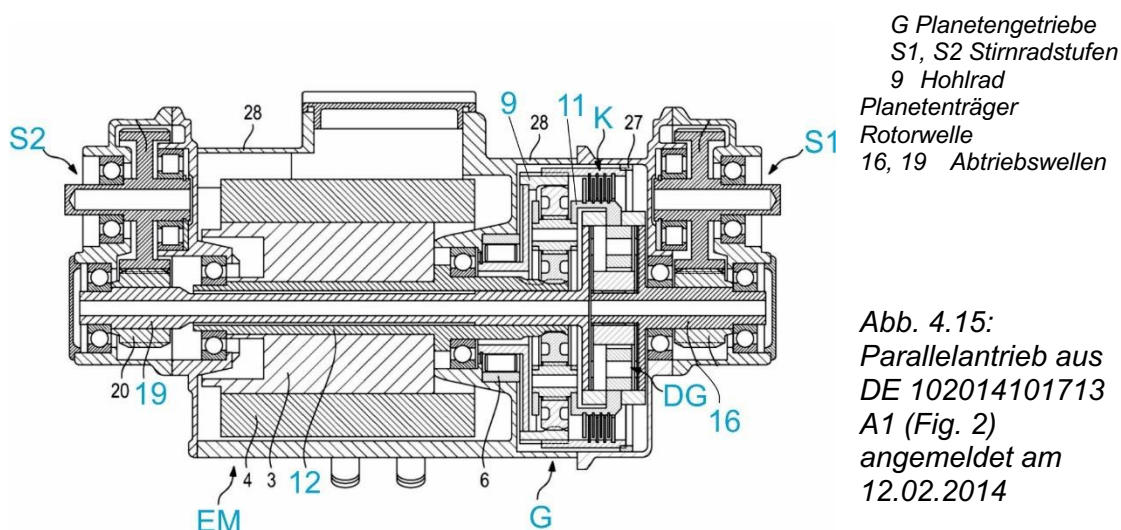
G Stirnradgetriebe
 R1, R2 Rotoren
 SE Schaltelement
 7 Stator
 13, 17 Rotorwellen
 29 Abtriebswellen
 31 Gehäuse
 32, 33 Stirnräder

Abb. 4.14: Parallelantrieb aus DE

102018202837 A1 (Fig. 2) angemeldet am 26.02.2018

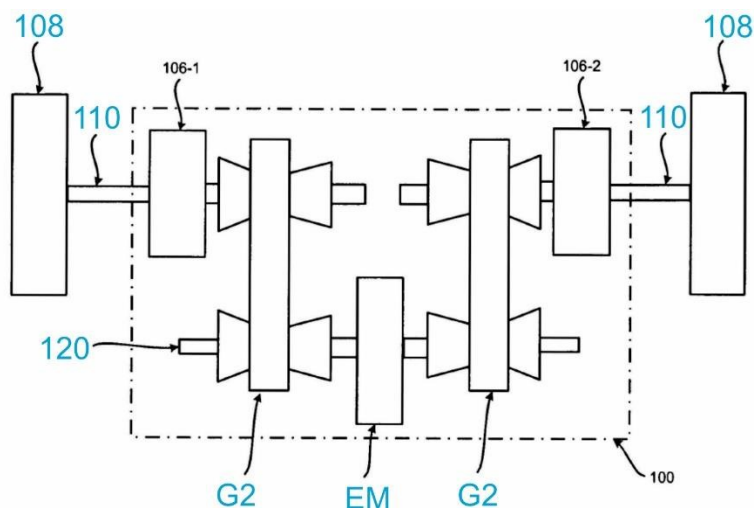
Als Parallelantrieb kann auch eine Portalachse, wie beispielsweise von Porsche in der DE 102014101713 A1 (Abb. 4.15) beschrieben, bezeichnet werden. Hierbei ist die Rotorwelle (12) der elektrischen Maschine koaxial zu den Abtriebswellen (16, 19) des Differentialgetriebes angeordnet, wobei der achsparallele Versatz zur Fahrzeugachse durch jeweils eine Stirnradstufe (S1, S2) gebildet wird. Zusätzlich kann ein schaltbares Getriebe (G), wie z. B. ein Planetengetriebe, zwischen E-Maschine und Differentialgetriebe im Momentenpfad angeordnet sein, wobei zum Wechseln von einer ersten in eine zweite Gangstufe eine Kupplung (K) vorgesehen ist, welche geschlossen wird, um ein Hohlrads (9) und einen Planetenträger (11) des Planetengetriebes miteinander zu koppeln [44]. Der Vorteil von Portalachsen besteht darin, dass durch den Achsversatz des Differentialgetriebes die Bodenfreiheit erhöht werden kann, weshalb Portalachsen häufig bei geländegängigen Fahrzeugen eingesetzt werden.

Eine ähnliche Antriebstopologie wurde von Mercedes-Benz in der DE 102022002616 A1 (Abb. 4.16) beschrieben, wobei hier jedoch gänzlich auf das Differentialgetriebe verzichtet wurde. Hierzu ist ein zentraler Elektromotor über jeweils ein stufenloses CVT-Getriebe (G1, G2) mit den Rädern (108) der Fahrzeugachse drehmomentübertragend verbunden. Im Gegensatz zu Differentialgetrieben, welche lediglich eine unterschiedliche Drehzahl an den Rädern, z. B. bei einer Kurvenfahrt, zulassen, kann durch die Verwendung zweier CVT-Getriebe zusätzlich auch die Drehmomentverteilung zwischen linkem und rechtem Rad gesteuert werden [45]. Durch den Wegfall des Differentialgetriebes können zudem Bauteile, Gewicht und Kosten eingespart werden.



G1, G2 CVT Getriebe
108 Fahrzeugräder
110 Abtriebswellen
120 Rotorwelle

Abb. 4.16:
Parallelantrieb aus
DE 102022002616
A1 (Fig. 1)
angemeldet am
18.07.2022



Zur Erzeugung eines Differenzmomentes zwischen den beiden Abtriebswellen, auch als Torque-Vectoring bezeichnet, ist eine weitere Antriebsmaschine (EM2) zusätzlich zum achsparallelen Hauptantrieb (EM1) im parallelen Antriebsstrang angeordnet, wie dies beispielsweise von Porsche in der DE 102015104203 A1 (Abb. 4.17) offenbart wurde. Der Hauptantrieb (EM1) ist über ein zwischen zwei Stirnradstufen (S1, S2) angeordnetes Planetengetriebe (PG) mit einem Planetendifferential (DG) und der Zusatzantrieb (EM2) über mindestens ein Überlagerungsgetriebe (G1, G2) mit dem Achsdifferential (DG) getriebetechnisch verbunden. Der Zusatzantrieb (EM2) ist hierbei koaxial zu den Abtriebswellen (18, 19) des Differentials angeordnet und kann ein Differenzmoment zwischen den beiden Abtriebswellen erzeugen. Das Antriebsmoment des Zusatzantriebes wird hierbei unabhängig vom Hauptantriebsmoment gestellt bzw. mit diesem überlagert. Durch das Differenzmoment kann das Fahrzeug im Kurveneingang aktiv in die Kurve gedreht werden und somit das Einlenkverhalten verbessert werden [46]. Zudem kann bei hohen Geschwindigkeiten ein der Gierrate entgegengesetztes Gierrmoment erzeugt werden, um das Fahrzeug bei der Kurvenfahrt zu stabilisieren [47].

EM1 Hauptantrieb
 EM2 Zusatzantrieb
 G1, G2
 Überlagerungsgetriebe
 S1, S2 Stirnradstufen
 4 Rotorwelle
 13 Zwischenwelle
 17 Fahrzeugachse
 18, 19 Abtriebswellen

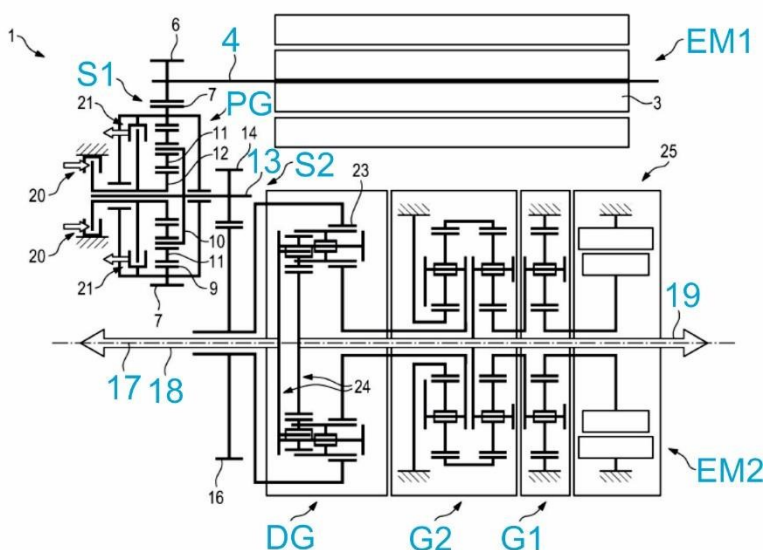
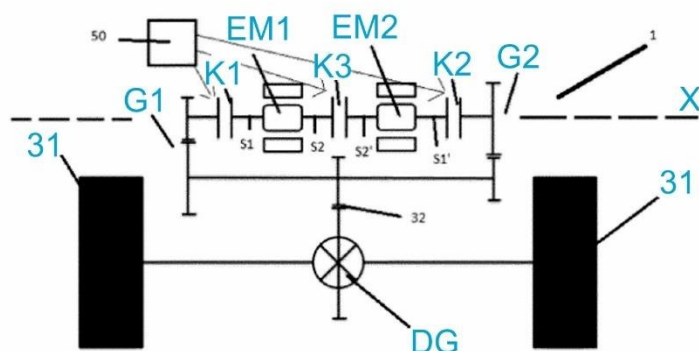


Abb. 4.17: Parallelantrieb aus DE 102015104203 A1 (Fig. 1) angemeldet am 20.03.2015

Valeo schlägt in der EP 3892484 A1 (Abb. 4.18) die Verwendung von zwei E-Maschinen zur Realisierung von unterschiedlichen Gangstufen vor. Die beiden E-Maschinen (EM1, EM2) sind hierbei koaxial zueinander angeordnet und über jeweils eine Kupplung (K1, K2) mit jeweils einem Getriebe (G1, G2) koppelbar, über welches das jeweilige Antriebsmoment auf das gemeinsame Differentialgetriebe (DG) übertragen wird. Die beiden Getriebe weisen ein unterschiedliches Übersetzungsverhältnis auf, sodass durch die Betätigung der Kupplungen unterschiedliche Gangstufen realisiert werden können. Zudem sind die beiden elektrischen Maschinen über eine weitere Kupplung (K3) miteinander koppelbar, um ein höheres Antriebsmoment bereitzustellen. Somit ist die Verwendung kleinerer Motoren möglich, welche jeweils in einem günstigeren Wirkungsgradbereich betrieben werden können [48].

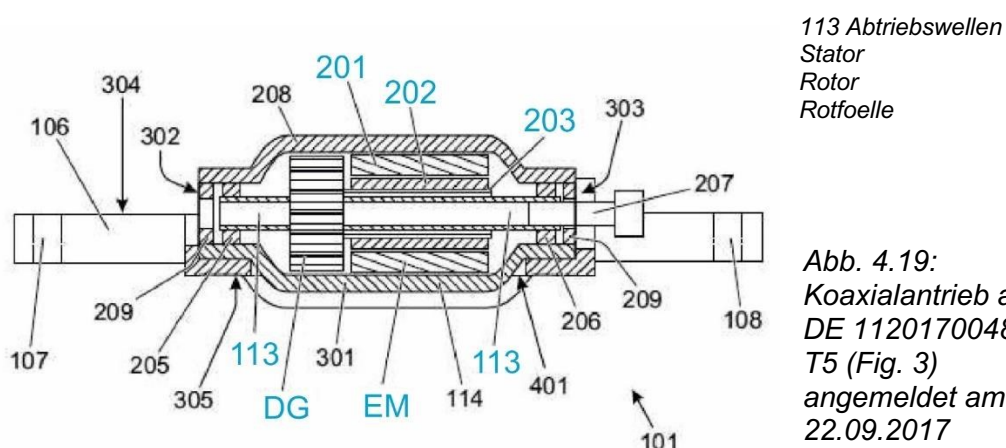


G1, G2 Stirnradgetriebe
 K1, K2, K3 Kupplungen
 X Rotordrehachse
 31 Fahrzeugräder

Abb. 4.18: Parallelantrieb aus EP 3892484 A1 (Fig. 1) angemeldet am 01.08.2019

4.1.3 Koaxialantrieb

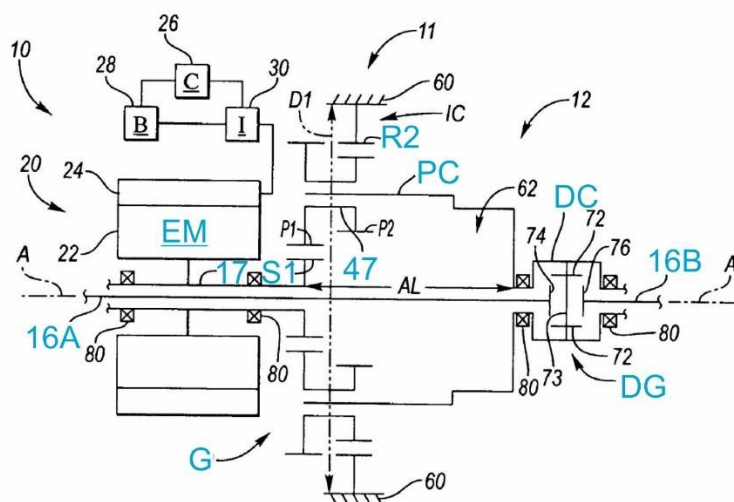
Der Koaxialantrieb unterscheidet sich zum Parallelantrieb darin, dass die Rotorachse der elektrischen Maschine koaxial zu den Abtriebswellen des Differentialgetriebes bzw. den Raddrehachsen ausgerichtet ist. In der einfachsten Ausführung wirkt die elektrische Maschine unmittelbar auf den Getriebeeingang des Achsdifferentials, z. B. den Differentialkorb, ein. Ein derartiger Koaxialantrieb wurde beispielsweise von Jaguar Land Rover in der DE 112017004884 T5 (Abb. 4.19) beschrieben. Die E-Maschine ist hierbei meist auf einer Seite des Differentialgetriebes angeordnet, wobei die Rotorwelle (203) eine Eingangswelle in das Differentialgetriebe bildet. Das Antriebsmoment wird über das Achsdifferential auf die beiden Abtriebswellen (113) verteilt, wobei die Rotorwelle (203) zur Durchführung einer der Abtriebswellen als Hohlwelle ausgeführt ist [49]. Die Rotorwelle und die Abtriebswelle sind somit in Bezug auf eine gemeinsame Drehachse koaxial zueinander angeordnet, weshalb diese Antriebstopologie als Koaxialantrieb bezeichnet wird. Die Abtriebswellen können jeweils über Gelenke mit dem jeweiligen Fahrzeugrad verbunden sein.



Um das Antriebsmoment auf das Differentialgetriebe über eine Reduzierstufe zu übersetzen und damit die von der Antriebsmaschine bereitgestellte Drehzahl zu reduzieren bzw. das Drehmoment zu erhöhen, bietet sich die Verwendung eines Planetengetriebes an. Eine Übersetzung via Planetengetriebe hat den Vorteil, dass dieses besonders bauraumsparend

koaxial zu der elektrischen Maschine angeordnet werden kann. In der DE 102015106503 A1 (Abb. 4.20) von GM wird dies dadurch realisiert, dass die Rotorwelle (17) der elektrischen Maschine einen Getriebeeingang und ein Differentialkorb (DC) einen Getriebeausgang des Planetengetriebes bildet. Hierzu ist die Rotorwelle mit einem Sonnenrad (S1) und der Differentialkorb mit einem Planetenträger (PC) drehfest verbunden. Dadurch wird ein Antriebsmoment der E-Maschine über das Planetengetriebe auf das Differential übertragen und durch das Differential auf die beiden Halbwellen (16A, 16B) verteilt [50].

Alternativ kann das Antriebsmoment jedoch auch über ein Stirnradgetriebe auf das Differentialgetriebe übersetzt werden, wie dies beispielsweise von Toyota in der DE 102015016636 A1 (Abb. 4.21) beschrieben wurde. Hierzu ist die elektrische Maschine über zwei Stirnradstufen (S1, S2) mit dem Differentialgetriebe verbunden, wobei das eingangsseitige Antriebsrad (22) drehfest mit der Rotorwelle und das ausgangsseitige Abtriebsrad (26) drehfest mit dem Differentialkorb (15) verbunden ist. Die Stirnräder (22, 26) am Getriebeeingang und am Getriebeausgang sind dabei koaxial zur Rotorwelle (12) des Elektromotors bzw. den Abtriebswellen (18) des Differentialgetriebes angeordnet [51]. Durch die erforderliche Zwischenwelle (13) kann der radiale Bauraum aufgrund des Achsversatzes jedoch mehr Platz beanspruchen als bei einer Verwendung eines Planetengetriebes.

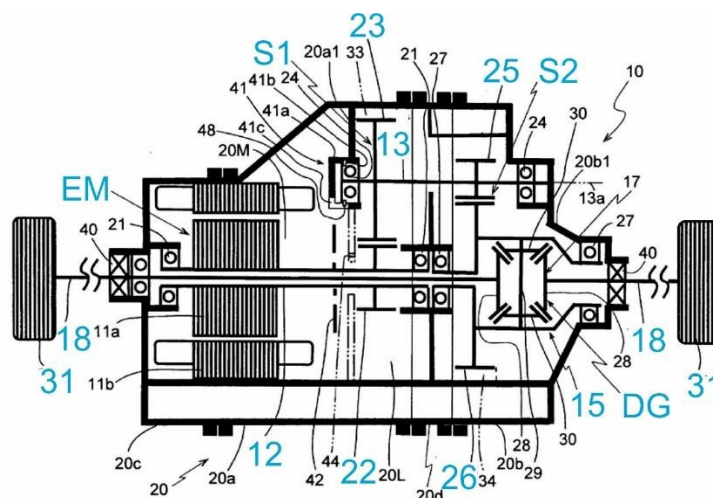


- G Planetengetriebe
- PC Planetenträger
- DC Differentialträger
- S1 Sonnenrad
- R2 Hohlräder
- 16A, 16b Halbwellen
- 17 Motorwelle
- 47 Stufenritzel

Abb. 4.20: Koaxialantrieb aus DE 102015106503 A1 (Fig. 1) angemeldet am 28.04.2015

S1, S2 Stirnradstufen
12 Rotorwelle Zwischenwelle
15 Differentialgehäuse
18 Abtriebswellen
22, 25 Antriebsräder
23, 26 Abtriebsräder 31
Hinterräder

Abb. 4.21: Koaxialantrieb
aus DE 102015016636
A1 (Fig. 1) angemeldet
am 21.12.2021



Eine weitere Möglichkeit zur Drehmomentübertragung wurde von Schaeffler in der DE 102015200798 B3 (Abb. 4.22) beschrieben, wobei die Übertragung des Antriebsmomentes über ein Variator-Getriebe (G2) mit einer stufenlosen Übersetzung realisiert wird. Hierbei wird das von der elektrischen Maschine bereitgestellte Antriebsmoment auf eine Eingangswelle (12) übertragen, wobei das Antriebsmoment in Abhängigkeit eines Schaltzustandes einer Kupplung (K) wahlweise über ein Stirnradgetriebe (G1) mit einem festen Übersetzungsverhältnis oder über das Variator-Getriebe (G2) mit einem variablen Übersetzungsverhältnis auf eine Ausgangswelle (13) übersetzt wird. Das Variator-Getriebe ist durch zwei Kegelscheibenpaare (18, 19) gebildet, welche über ein Zugmittel (20) miteinander antriebstechnisch verbunden sind. Die Ausgangswelle (13) steht getriebetechnisch mit dem Differentialgetriebe in Verbindung, welches das übersetzte Antriebsmoment auf die beiden Abtriebswellen (9a, 9b) zu den Rädern (3) des Fahrzeuges verteilt. Das Fahrzeug kann, z. B. bei einer Stadtfahrt, nahezu in einer konstanten Gangübersetzung gefahren werden, welche durch die feste Übersetzung abgedeckt ist. Hingegen kann in anderen Fahrzuständen, wie z. B. einer Überlandfahrt oder Autobahnfahrt, die variable Übersetzung eingesetzt werden, um einen größeren Bereich einer Geschwindigkeits- und/oder Momentenanforderung variabel einzustellen [52].

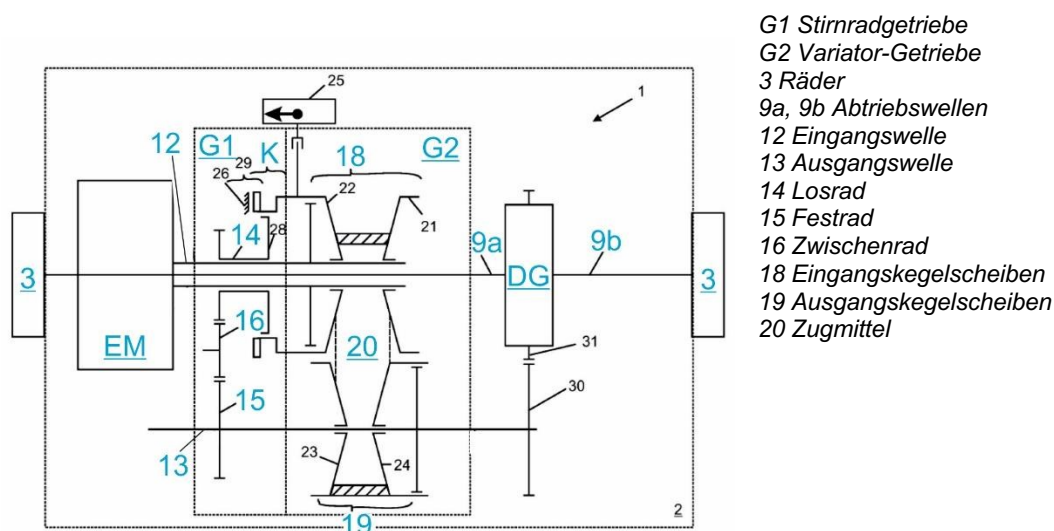


Abb. 4.22: Koaxialantrieb aus DE 102015200798 B3 (Fig. 1) angemeldet am 20.01.2015

Abb. 4.23 zeigt eine parallelversetzte Anordnung des Differentialgetriebes und wurde von dem chinesischen Automobilhersteller Geely in der CN 115157925 A beschrieben, wodurch der axiale Bauraum des Antriebs reduziert werden kann. Eine derartige Anordnung kann ebenfalls als Koaxialantrieb bezeichnet werden, da die E-Maschine mit ihrer Motorwelle (11) koaxial zu den beiden Halbachsen (31, 41) angeordnet ist, welche jeweils ein Fahrzeugrad antreiben. Das Differentialgetriebe hingegen ist mit seinen beiden Abtriebswellen (32, 42) achsparallel zu den Halbachsen bzw. der Motorwelle angeordnet, wobei der Achsversatz über Stirnradstufen (S1, S2, S3) überbrückt wird. Das Antriebsmoment wird hierbei über eine erste Stirnradstufe (S1) auf das Differentialgetriebe übertragen und über jeweils eine weitere Stirnradstufe (S2, S3) auf die Halbachsen verteilt [53].

Ein kompakter Koaxialantrieb wird von Bosch in der DE 102016220630 A1 (Abb. 4.24) vorgeschlagen. Das Differentialgetriebe ist hierzu radial innerhalb der elektrischen Maschine angeordnet, wobei der Rotor (5) unmittelbar mit dem Differentialkorb (11) drehfest gekoppelt ist. Die Ausgangswellen (12) des Differentialgetriebes sind wiederum über jeweils ein innerhalb der E-Maschine angeordnetes Planetengetriebe (G1, G2) mit je einem Fahrzeugrad (8) gekoppelt. Das Antriebsmoment wird somit zuerst über das Differentialgetriebe verteilt und anschließend über das jeweilige Planetengetriebe auf die Fahrzeugräder übersetzt. Durch die Integration der Getriebe in die elektrische Maschine wird weniger axialer Bauraum für die Antriebseinheit erforderlich und die Herstellungskosten können verringert werden [54]. Allerdings muss

der radiale Bauraum vergrößert werden, was sich negativ auf die Bodenfreiheit des Fahrzeuges auswirkt.

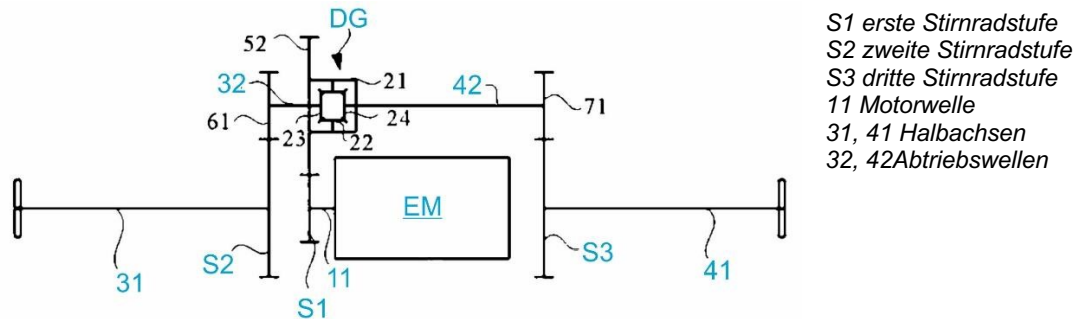


Abb. 4.23: Koaxialantrieb aus CN 115157925 A (Fig. 1) angemeldet am 01.08.2022

- G1, G2 Planetengetriebe
- 5 Rotor
- 8 Räder
- 11 Differentialgehäuse
- 12 Abtriebswellen
- 26 Sonnenrad
- 27 Planetenräder
- 28 Planetenträger
- 29 Hohlrad

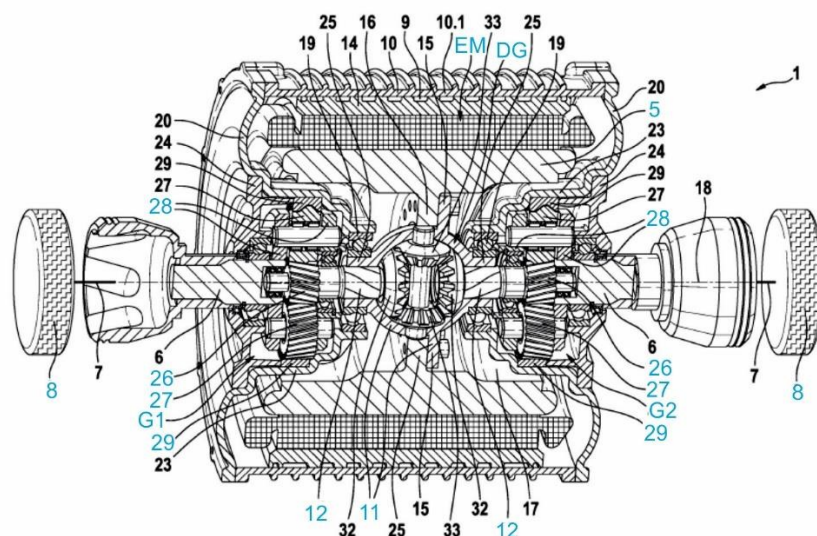


Abb. 4.24:
Koaxialantrieb
aus DE
102016220630
A1 (Fig. 1)
angemeldet am 20.10.2016

Eine alternative Realisierung ohne Differential wurde beispielsweise von Volvo in der EP 4324673 A1 (Abb. 4.25) beschrieben. Der Antriebsmotor sitzt hierbei koaxial zwischen den beiden mit den Fahrzeugrädern verbundenen Abtriebswellen (30), wobei der Rotor (18) über jeweils eine Kupplung (K1, K2) mit jeweils einer Eingangswelle (28) eines radintegrierten Stirnradgetriebes (G1, G2) verbunden ist. Die Kupplungen können als Reibkupplungen ausgeführt sein, wodurch selektiv ein Bremsmoment erzeugt und somit eine Kontrolle des übertragenen Antriebsmoments ermöglicht wird. Somit können unterschiedliche Drehgeschwindigkeiten an den beiden Wellen (28) eingestellt werden, wodurch die beiden

Kupplungen die Funktion eines Differentialgetriebes übernehmen. Ein Vorteil gegenüber einem klassischen Differentialgetriebe besteht neben dem eingesparten Gewicht darin, dass die Fahrzeugräder über die Kupplungen von der ersten elektrischen Maschine abgekoppelt werden können. Außerdem können die Räder drehfest miteinander verbunden sein, was bei bestimmten Fahrbedingungen, z. B. auf losem Untergrund, vorteilhaft ist [55].

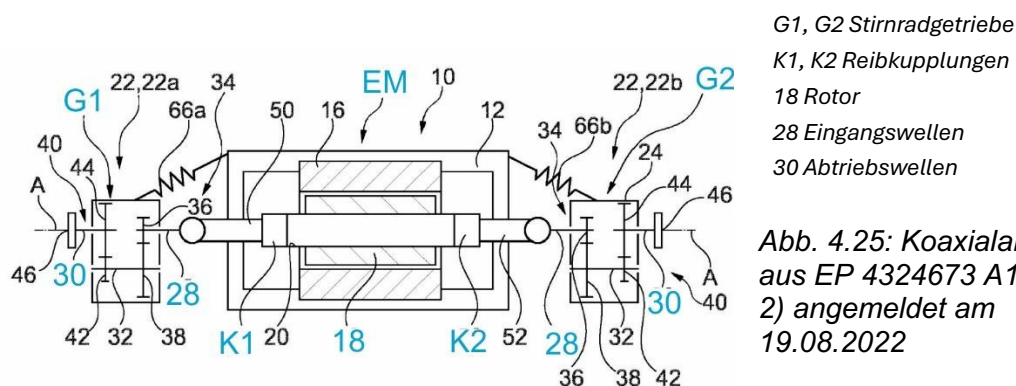


Abb. 4.25: Koaxialantrieb aus EP 4324673 A1 (Fig. 2) angemeldet am 19.08.2022

Eine weitere Möglichkeit zum Ausgleich einer Drehzahl zwischen zwei Rädern einer Antriebsachse wurde in der DE 102021120253 A1 (Abb. 4.26) von BMW beschrieben. Die Antriebsachse weist eine Traktionsmaschine auf, welche koaxial zur Fahrzeugachse zwischen zwei Planetengetrieben (G1, G2) angeordnet ist. Neben der Traktionsmaschine (EM1) ist eine zusätzliche Antriebsmaschine (EM2) vorgesehen, welche über ein CVT-Getriebe (G3) mit stufenlos variabler Übersetzung in den Antriebsstrang zwischen der Traktionsmaschine und dem Planetengetriebe (G2) eingebunden ist. Hierzu ist der Getriebeeingang des CVT-Getriebes mit der Rotorwelle (6) und der Getriebeausgang mit einem Sonnenrad (33) des Getriebes (G1)

drehgekoppelt. Bei Vorliegen von unterschiedlichen Drehzahlen zwischen Getriebeeingang und Getriebeausgang, beispielsweise bei einer Kurvenfahrt, wird die Drehzahldifferenz ausgeglichen, indem die Getriebeübersetzung, basierend auf dem Drehzahlunterschied, stufenlos eingestellt wird [56]. Somit kann auf ein herkömmliches Differentialgetriebe verzichtet werden, welches vergleichsweise viel Bauraum beansprucht und zudem ein höheres Gewicht aufweist.

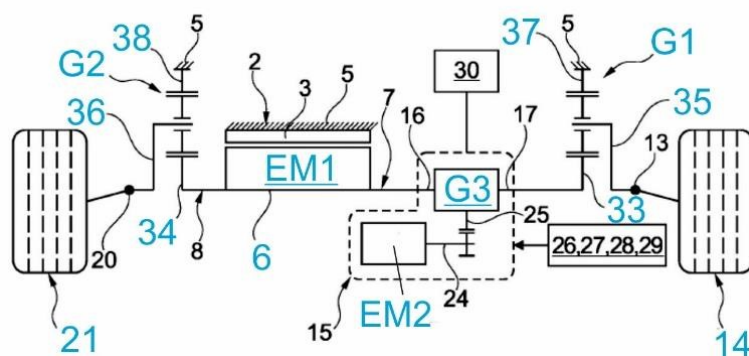


Abb. 4.26: Koaxialantrieb aus DE 102021120253 A1 (Fig. 1) angemeldet am 04.08.2021

Alternativ kann ein zusätzlicher Elektromotor auch genutzt werden, um den Traktionsmotor zu entlasten bzw. die maximale Fahrzeuggeschwindigkeit zu erhöhen. Ein derartiges Antriebskonzept wurde beispielsweise von Schaeffler in der DE 102016223110 B3 (Abb. 4.27) beschrieben, wobei hierzu ein Hauptantrieb (EM1) über eine erste Planetenstufe (G1) und ein Sekundärtrieb (EM2) über eine zweite Planetenstufe (G2) auf das Differentialgetriebe einwirken. Hierbei ist das Hohlrad (10a) der ersten Planetenstufe über einen Freilauf (12) wahlweise drehfest mit einem Gehäuse (7) oder mit der zweiten Planetenstufe koppelbar. In einem Fahrbetrieb überträgt die Hauptantriebsmaschine (EM1) ein Antriebsmoment über die erste Planetenstufe (G1) auf das Differentialgetriebe, wobei sich das Hohlrad (10a) am Gehäuse (7) abstützt. Wenn eine maximale Drehzahl der Traktionsmaschine erreicht wird, kann das Hohlrad (10a) durch die zweite Antriebsmaschine (EM2) beschleunigt werden, um eine zusätzliche Antriebsleistung in die erste Planetenstufe einzuleiten und dadurch die erste Antriebsmaschine zu entlasten bzw. die maximale Fahrzeuggeschwindigkeit zu erhöhen. Somit kann die Primärmaschine vor einem Überdrehen geschützt

werden. Die beiden Antriebsmaschinen sind hierbei koaxial zu jeweils einer Abtriebswelle (15a, 15b) des Achsdifferentials angeordnet [57].

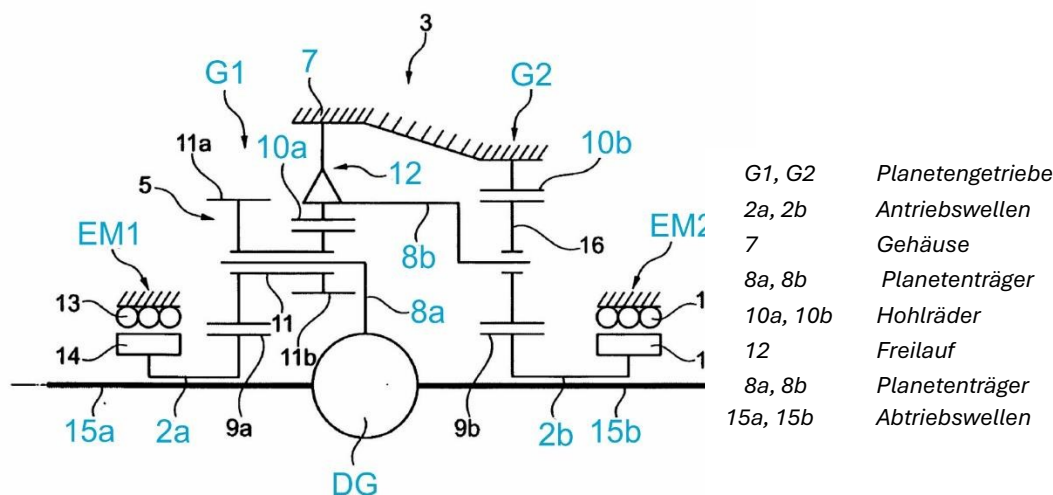
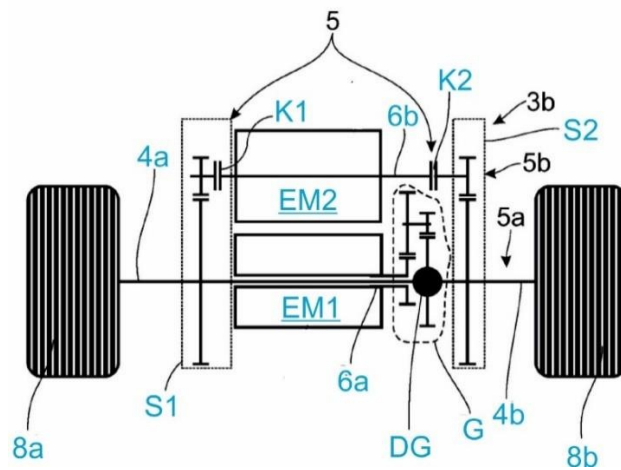


Abb. 4.27: Koaxialantrieb aus DE 102016223110 B3 (Fig. 1) angemeldet am 23.11.2016

Ebenfalls kann mittels eines zusätzlichen Elektromotors eine Drehmomentverteilung an den Rädern ermöglicht werden, wie dies beispielsweise von ZF in der DE 102021213478 A1 (Abb. 4.28) beschrieben wurde. Die Hauptantriebsmaschine (EM1) ist hierbei koaxial zu den Abtriebswellen (4a, 4b) des Differentialgetriebes angeordnet und stellt das Traktionsmoment bereit, welches über ein Stirnradgetriebe (G) auf das Differentialgetriebe übertragen wird. Parallel hierzu ist eine weitere E-Maschine (EM2) vorgesehen, welche über jeweils eine Kupplung (K1, K2) und eine Stirnradradstufe (S1, S2) mit den Abtriebswellen des Achsdifferentials in Verbindung steht. Durch eine Betätigung einer oder beider Kupplungen kann der weitere Elektromotor zugeschaltet werden, um in bestimmten Fahrsituationen ein zusätzliches Drehmoment, z. B. bei einem Überhohlvorgang oder zur Realisierung einer Torque-Vectoring-Funktion, an einem Rad oder an beiden Rädern (8a, 8b) bereitzustellen. Durch Öffnen der beiden Kupplungen kann zudem der Antrieb des Fahrzeugs im niedrigen Lastbereich lediglich durch die Hauptantriebsmaschine erfolgen [58].



- G Stirnradgetriebe
- S1, S2 Stirnradstufen
- K1, K2 Kupplungen
- 4a, 4b Abtriebswellen
- 6a, 6b Rotorwellen
- 8a, 8b Räder

Abb. 4.28: Koaxialantrieb gemäß Figur 1 aus DE 102021213478 A1 angemeldet am 30.11.2021

Abb. 4.29: Paralleler Einzelradantrieb aus EP 3284972 A1 (Fig. 1) angemeldet am 14.04.2016

Eine etwas kompaktere Bauform ergibt sich durch eine parallele Anordnung der Antriebsmaschinen, wie dies von Schaeffler in der DE 102017123264 B3 (Abb. 4.30) beschrieben wurde. Bei der vorgeschlagenen Lösung sind die beiden Elektromaschinen nebeneinander angeordnet, wobei der Versatz der Rotorachse (X1) gegenüber der Abtriebswelle (AW) über jeweils eine Stirnradstufe (G1) bewerkstelligt wird. Somit kann der radiale Bauraum der Antriebsachse reduziert werden. Durch ein nachgeschaltetes Planetengetriebe (G2) erfolgt die Endübersetzung auf das Ausgangsdrehmoment [60].

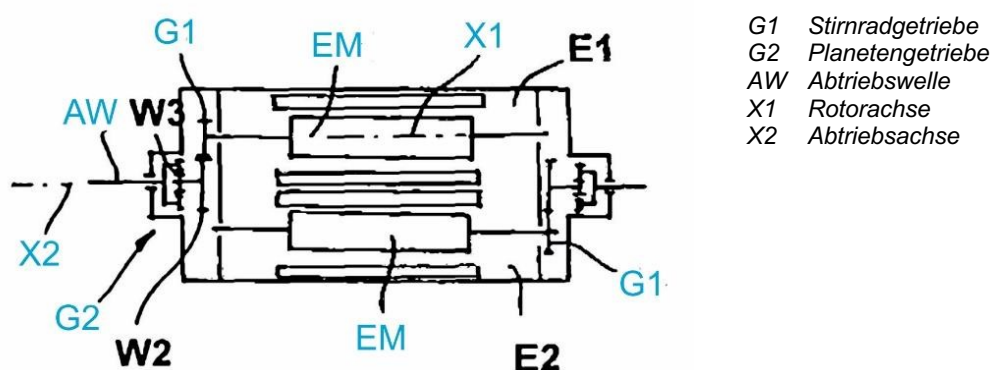


Abb. 4.30: Paralleler Einzelradantrieb aus DE 102017123264 B3 (Fig. 2) angemeldet am 06.10.2017

Durch die parallele Anordnung der beiden elektrischen Maschinen wird sowohl der axiale als auch der radiale Bauraum der elektrischen Maschinen eingeschränkt, wodurch diese hinsichtlich ihrer Dimensionierung und somit der bereitstellbaren Leistung begrenzt werden. Diesbezüglich schlägt Jaguar Land Rover in der GB 2571130 A (Abb. 4.31) einerseits eine Überlappung der Getrieberäder und andererseits eine V-förmige Anordnung der E-Maschine vor. Durch die axiale Überlappung der Getrieberäder der ersten Getriebestufe (S1) kann der axiale Bauraumbedarf reduziert werden. Die V-förmige Anordnung wird dadurch erzeugt, dass die beiden E-Maschinen mit ihren Rotorachsen (36, 37) gegenüber den Abtriebsachsen (76, 92) geneigt sind. Somit bilden die Eingriffsebenen (1, 2) der ersten Stirnradstufe (S1) einen spitzen Winkel, wobei durch die dadurch gebildete V-Form der radiale Bauraum vergrößert werden kann [61]. Da die Grundform weiterhin an eine klassische Parallelanordnung, wie in Abb. 4.29 dargestellt, angelehnt ist, kann auch diese Anordnung als paralleler Einzelradantrieb betrachtet werden.

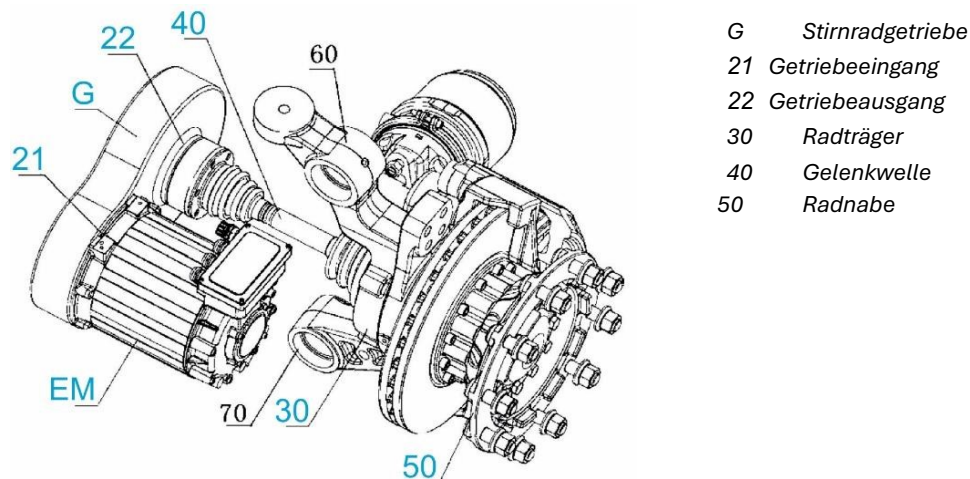


Abb. 4.34: Paralleler Einzelradantrieb aus CN 209409793 U (Fig. 1) angemeldet am 17.12.20187

Je nach Fahrzeugkonfiguration kann eine Anbindung über eine Gelenkwelle sehr bauraumaufwändig sein. Eine alternative Anbindung hierzu ergibt sich beispielsweise aus der CN 203832232 U (Abb. 4.35) der Tongji University durch die Verwendung eines Zugmittelgetriebes. Hierbei ist die elektrische Maschine über einen Zahnriemen (9) unmittelbar mit einer mit der Radnabe (2) verbundenen Abtriebswelle (6) gekoppelt. Die elektrische Maschine ist dabei an dem Fahrzeugrahmen (15) festgelegt sein, wobei eine Relativbewegung zwischen Rad und Antriebsmaschine über das Zugmittel ausgeglichen wird. Somit kann die E-Maschine radnah und somit besonders bauraumsparend angeordnet werden, ohne dass diese über eine Gelenkwelle angebunden werden muss [65].

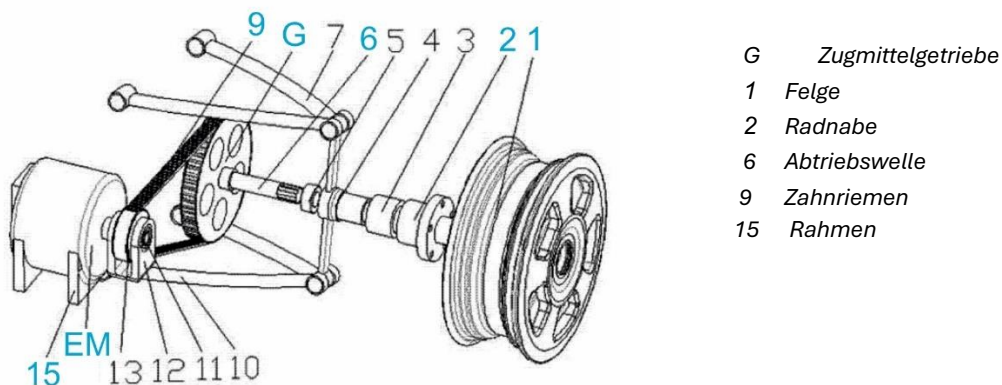
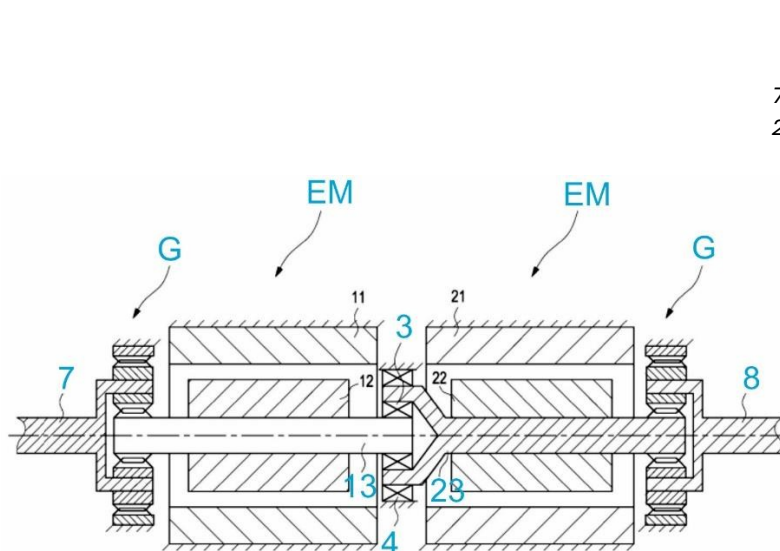


Abb. 4.35: Paralleler Einzelradantrieb aus CN 203832232 U (Fig. 1) angemeldet am 14.04.2014

4.2.2 Koaxialer Einzelradantrieb

Der koaxiale Einzelradantrieb unterscheidet sich von dem parallelen Einzelradantrieb lediglich dahingehend, dass dieser koaxial zur Abtriebswelle bzw. zum Fahrzeugrad angeordnet ist. Zur Abgrenzung gegenüber dem Radnabenantrieb werden unter koaxialen Einzelradantrieben sämtliche Einzelradantriebe zusammengefasst, welche über mindestens eine Getriebestufe koaxial zur Abtriebsachse außerhalb des Rades angeordnet und zudem von dem Rad entkoppelt sind.

Eine besonders einfache Bauweise eines koaxialen Einzelradantriebes wurde von Audi in der DE 102016222844 A1 (Abb. 4.36) vorgeschlagen. Gemäß dieser Ausführung bilden die beiden Rotorwellen (13, 23) der elektrischen Maschinen jeweils einen Getriebeeingang in je ein Planetengetriebe und sind koaxial zu den Abtriebswellen (7, 8) des Planetengetriebes angeordnet. Eine Besonderheit bei diesem Antriebskonzept ist, dass durch die fluchtende Anordnung der beiden Rotorwellen sowie der radialen Lagerung innerhalb des Planetengetriebes nur eine Lagerstelle (3, 4) je Rotorwelle benötigt wird, wodurch die Anzahl der reibungsbehafteten Lagerstellen verringert wird [66].



G Planetengetriebe
3, 4 Wälzlager
7, 8 Abtriebswellen 13,
23 Rotorwellen

Abb. 4.36: Koaxialer Einzelradantrieb aus DE 102016222844 A1 (Fig. 1) angemeldet am 21.11.2016

Eine weitere Möglichkeit zur Übersetzung des Antriebsmomentes wurde in der EP 3260736 A1 (Abb. 4.37) von NTN beschrieben, wobei die Übertragung über ein zweistufiges Stirnradgetriebe erfolgt. Die erste Getriebestufe (S1) ist zwischen der Rotorwelle (12a) und einer Zwischenwelle (24) und die zweite Getriebestufe (S2) zwischen der Zwischenwelle (24) und der Abtriebswelle (25) gebildet. Bei dem vorgeschlagenen Antriebskonzept sind die beiden

Getriebe axial zwischen den Antriebsmaschinen angeordnet und die Rotorwellen (12a) als Hohlwellen ausgebildet, um die Abtriebswellen (25) aus dem Getriebe zu dem jeweils zugehörigen Fahrzeugrad zu führen. Der Vorteil durch die zentrale bzw. mittige Anordnung des Getriebes zwischen den beiden E-Maschinen besteht darin, dass die beiden Getriebe in einem gemeinsamen Getriebegehäuse untergebracht werden können [67].

In der WO 2021023762 A1 (Abb. 4.38) von Jaguar Land Rover wird eine Antriebstopologie beschrieben, welche ebenfalls als koaxialer Einzelradantrieb bezeichnet werden kann. Hierbei sind die beiden E-Maschinen mit einem Winkel zwischen 120° und 175° zueinander angeordnet, um einen zwischen den inneren Gleichlaufgelenken (46, 49) und den äußeren Gleichlaufgelenken (56, 59) gebildeten Winkel zu reduzieren. Durch die Reduzierung der Laufwinkel können die Drehmomentverluste der Gelenke reduziert werden. Beispielsweise konnte bei einer Reduzierung von 10 Grad auf 4 Grad die Drehmomentverluste von 1 % auf 0,4 % gesenkt werden [68].

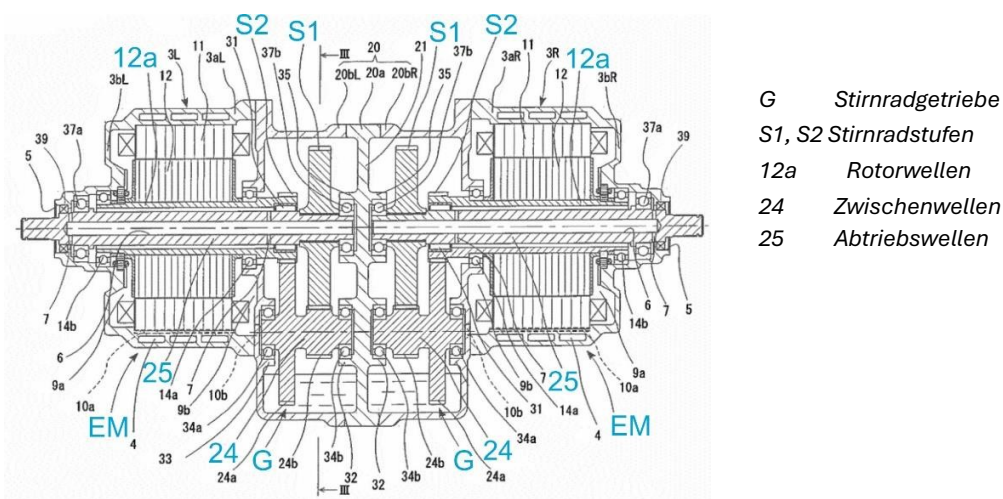


Abb. 4.37: Koaxialer Einzelradantrieb aus EP 3260736 A1 (Fig. 1) angemeldet am 21.01.2016

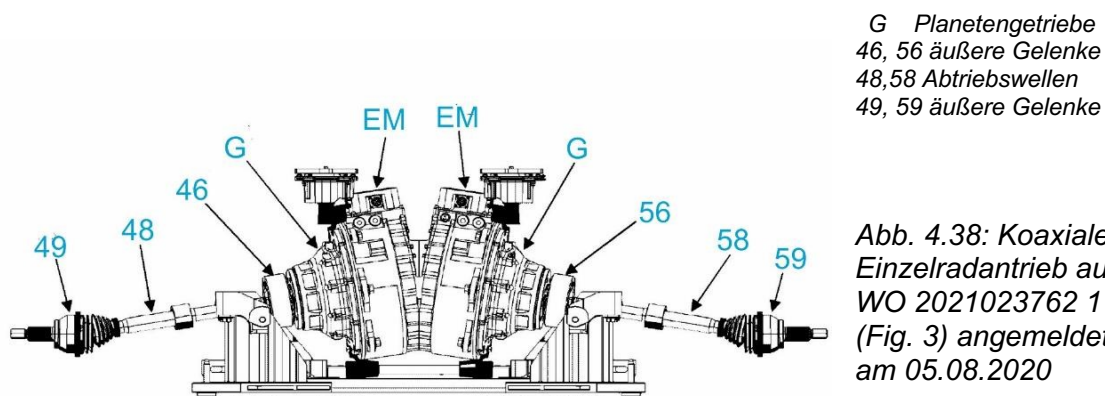
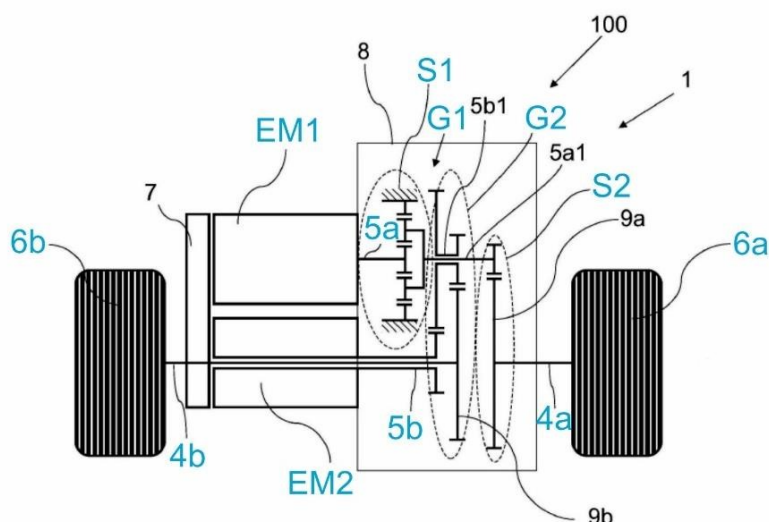


Abb. 4.38: Koaxialer Einzelradantrieb aus WO 2021023762 1 (Fig. 3) angemeldet am 05.08.2020

Eine Sonderform stellt das von ZF in der DE 102021211660 A1 (Abb. 4.39) beschriebene Antriebskonzept dar, welches sowohl als koaxialer als auch als paralleler Einzelradantrieb bezeichnet werden kann. Hierbei ist die eine elektrische Maschine (EM2) mit ihrer Rotorwelle (5b) koaxial zu den Abtriebswellen (4a, 4b) der Fahrzeugachse angeordnet und bildet somit einen Koaxialantrieb für das eine Fahrzeugrad. Die andere elektrische Maschine (EM1) hingegen ist mit ihrer Rotorwelle (5a) parallel zur Fahrzeugachse bzw. zu den Abtriebswellen (4a, 4b) angeordnet und bildet somit einen Parallelantrieb für das andere Fahrzeugrad. Bei diesem Antriebskonzept sind die beiden Getriebe gemeinsam auf einer axialen Stirnseite der beiden elektrischen Maschinen angeordnet, wohingegen die elektrischen Komponenten, wie Leistungselektronik, auf der anderen Stirnseite angeordnet sind. Das Getriebe (G1) für den Parallelantrieb ist durch eine Planetenstufe (S1) und eine zusätzliche Stirnradstufe (S2) zur Überbrückung des Achsversatzes gebildet. Das Getriebe (G2) für den Koaxialantriebs ist durch ein zweistufiges Stirnradgetriebe gebildet, welches mit der Zwischenwelle koaxial zur Rotorwelle (5a) des Parallelantriebs angeordnet ist. Somit ergibt sich eine kompakte Anordnung sowie eine einfachere Zugänglichkeit zu den Getriebe- und Anschlusskomponenten [69].



G1	Planeten- /Stirnradgetriebe
G2	Stirnradgetriebe
S1	Planetenstufe
S2	Stirnradstufe
5a, 5b	Rotorwelle
4a, 4b	Abtriebswellen
6a, 6b	Räder

Abb. 4.39: Koaxialer Einzelradantrieb aus DE 102021211660 A1 (Fig. 3) angemeldet am 15.10.2021

Ein etwas spezielleres Antriebskonzept wurde von Bosch in der DE 102021206939 A1 (Abb. 4.40) beschrieben, wobei das Drehmoment der E-Maschine anstelle eines Stirnrad- oder Planetengetriebes über ein Kegelrad-Differentialgetriebe (DG) auf das Rad (5) übertragen wird. Das Differentialgetriebe wird dazu genutzt, um neben dem Antriebsmoment zusätzlich eine Lenkbewegung auf das Fahrzeugrad zu übertragen. Hierzu sind zwei Kegelräder (12, 14) des Differentials über jeweils eine Kupplung (K1, K2) mit dem Radträger (10) verbunden, wobei die Kupplungen im

geschlossenen Zustand einen Teil des Antriebsmomentes auf den Radträger übertragen, um diesen um die Lenkachse (15) zu verschwenken. Durch Schließen der einen Kupplung (K1) wird eine Linkslenkung und durch Schließen der zweiten Kupplung (K2) eine Rechtslenkung erzeugt, indem der Radträger entsprechend in die eine oder andere Richtung um die Lenkachse verschwenkt wird. Somit dienen die E-Maschinen zugleich als Lenkaktuator für eine Steer-By-Wire-Lenkung, sodass auf einen zusätzlichen Lenkmotor verzichtet werden kann [70].

Alternativ kann ein Differentialgetriebe auch eingesetzt werden, um die Flexibilität beim Antrieb des Kraftfahrzeugs zu erhöhen, wie dies beispielsweise in der DE 102021004236 A1 (Abb. 4.40) von Mercedes-Benz vorgeschlagen wurde. Das Differentialgetriebe ist hierbei zwischen den beiden E-Maschinen angeordnet, wobei die beiden Rotoren (5, 7) über jeweils ein Schaltelement wahlweise mit einer Ausgangswelle (15, 16) des Differentialgetriebes oder mit einer Eingangswelle (14, 26) des Differentials bzw. eines Übersetzungsgetriebes koppelbar sind. Somit kann wahlweise zwischen einem normalen Differentialbetrieb durch die E-Maschine (EM1) und einem übersetzten Differentialbetrieb durch die E-Maschine (EM2) gewählt werden. Zudem ist ein „Torque-Vectoring“-Betrieb möglich, bei dem die beiden Ausgangswellen (15, 16) unmittelbar durch die jeweilige E-Maschine angetrieben werden. Beispielsweise kann in einem normalen Fahrbetrieb somit der normale Differentialbetrieb erfolgen, wobei zur Effizienzsteigerung die andere E-Maschine (EM2) abgekoppelt werden kann. Der übersetzte Differentialbetrieb kann genutzt werden, wenn ein höherer Drehmomentbedarf vorliegt, wobei entsprechend die andere E-Maschine (EM2) abgekoppelt wird. Bei sehr hohen Drehmomentanforderungen, wie z. B. in einem Anfahrmodus, können beide elektrischen Maschinen auf das Differentialgetriebe einwirken und für einen reinen „Torque-Vectoring“-Betrieb direkt auf die jeweilige Ausgangswelle einwirken [71].

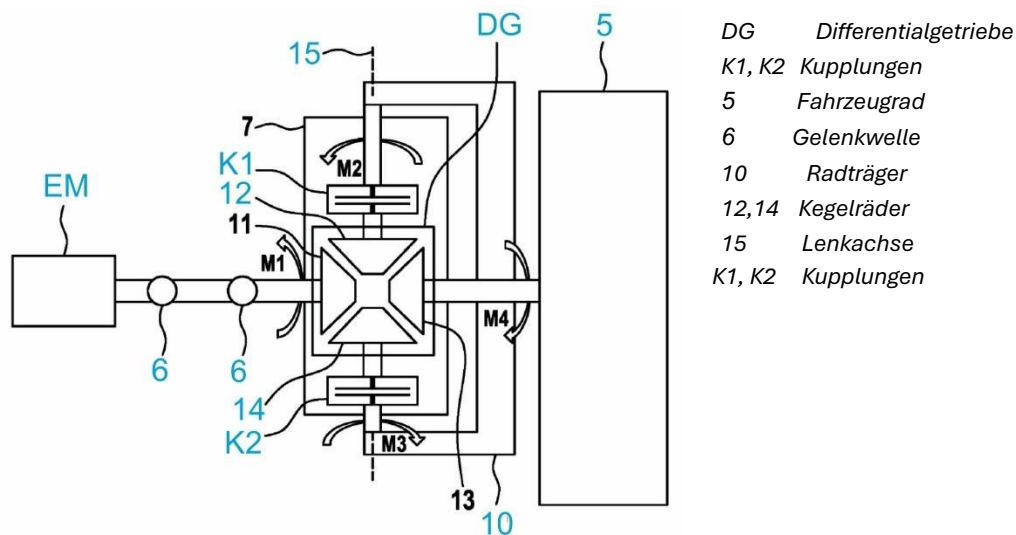


Abb. 4.40: Koaxialer Einzelradantrieb aus DE 102021206939 A1 (Fig. 1) angemeldet am 01.07.2021

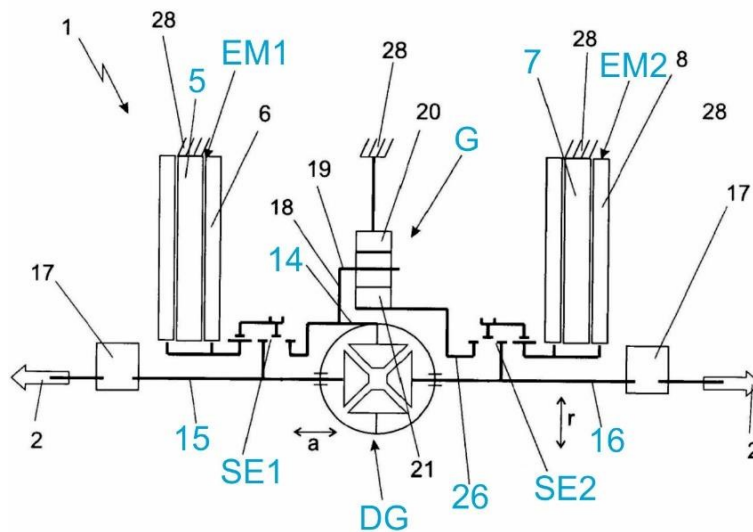


Abb. 4.41: Koaxialer Einzelradantrieb aus DE 102021004236 A1 (Fig. 2) angemeldet am 19.08.2021

Die Möglichkeit einer radnahen Anbindung der elektrischen Maschine wurde von KIA in der US 11639101 B1 (Abb. 4.42) beschrieben. Die Antriebsmaschine ist hierbei über eine Art Planetengetriebe (G) mit der Radnabe des Fahrzeugrades (W) verbunden, wobei die Rotorwelle (IS) mit einem Sonnenrad (S) und die Radnabe mit einem Hohlrad (R) drehfest verbunden sind. Das Sonnenrad und das Hohlrad sind über mehrere Getriebezüge (1), z. B. eine Reihe von Zahnradern, miteinander in Eingriff gehalten, welche eine Relativbewegung zwischen Sonnenrad und Hohlrad bzw. zwischen E-Maschine und Fahrzeugrad zulassen. Die Getriebezüge stehen mit Aufhängungsmodulen (SM) derart in Wirkverbindung, dass bei der Relativbewegung zwischen Hohlrad und Sonnenrad eine Federung und Dämpfung des Fahrzeugrades erfolgt [72]. Dadurch kann die elektrische Maschine am Fahrzeugrahmen festgelegt werden und zählt somit nicht zur ungefederten Masse des Fahrzeugrades.

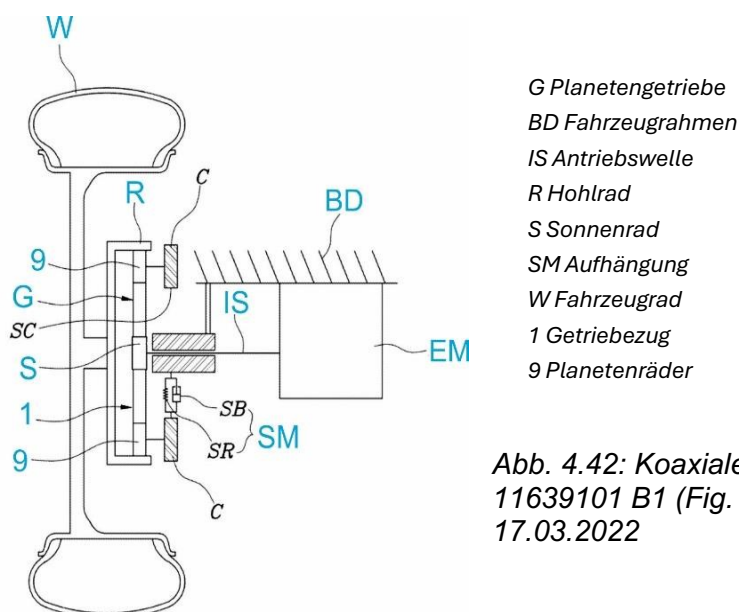


Abb. 4.42: Koaxialer Einzelradantrieb aus US 11639101 B1 (Fig. 2) angemeldet am 17.03.2022

4.2.3 Direktantrieb

Beim Direktantrieb sind die elektrischen Maschinen der Antriebsachse jeweils mit ihrer Rotordrehachse im Wesentlichen koaxial zur Raddrehachse ausgerichtet, wobei die Rotorwelle das Antriebsmoment unmittelbar auf das Fahrzeugrad überträgt. Ein derartiger Antrieb wurde beispielsweise in der DE 102016009701 A1 (Abb. 4.43) von Daimler beschrieben, wobei die beiden Antriebswellen (12) unmittelbar mit dem jeweiligen Rad (14) verbunden sind und somit kein Getriebe notwendig ist. Die Antriebswellen können über ein Gleichlaufgelenk oder ein Kardangelenk (16) an das jeweilige Fahrzeugrad gelenkig angebunden sein. Zudem können die elektrischen Maschinen jeweils mittels einer kardanischen Aufhängung (20) an einem Fahrgestell gelagert sein, wodurch die Lenk- und Federungsbewegungen der Räder (14) erhalten bleiben [73]. Allerdings müssen die elektrischen Maschinen durch den Wegfall des Getriebes in ihrer Dimensionierung entsprechend groß ausgelegt.

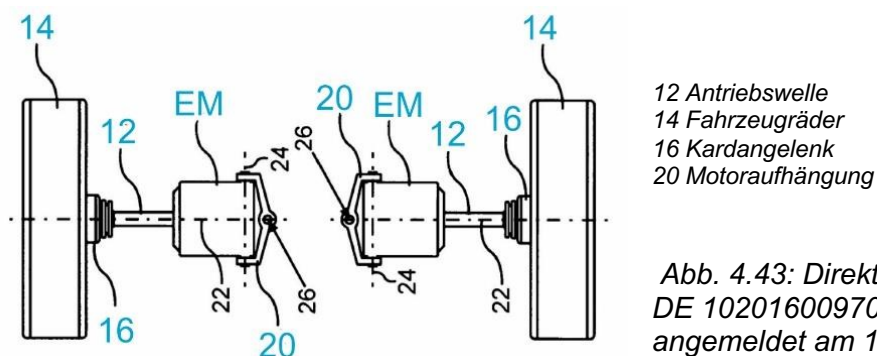
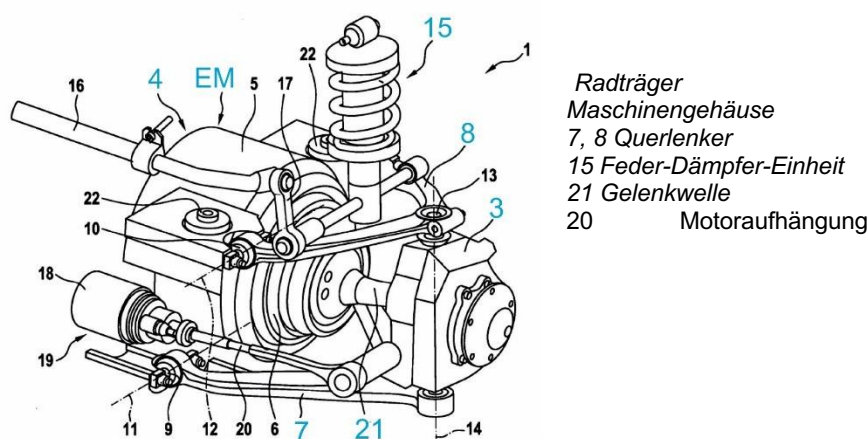


Abb. 4.43: Direktantrieb aus DE 102016009701 A1 (Fig. 1) angemeldet am 10.08.2016

Eine alternative Anbindung der elektrischen Maschine wurde von Audi in der DE 102016007496 A1 (Abb. 4.44) vorgeschlagen. Hierbei ist ein Radträger (3) mittels wenigstens eines Querlenkers (7) an einem an der Fahrzeugkarosserie festgelegten Maschinengehäuse (4) der elektrischen Maschine gelagert. Dadurch ist der Radträger relativ zu der elektrischen Maschine verlagerbar, wodurch die E-Maschine nicht zur ungefederten Masse des Rades beiträgt. Vielmehr beschränkt sich die ungefederte Masse auf den Radträger, das Rad und wenigstens einen Querlenker und fällt somit im Vergleich zum klassischen Radnabenantrieb deutlich geringer aus, was sich nicht zuletzt positiv auf das Fahrverhalten des Kraftfahrzeugs auswirkt [74].

Alternativ kann der Elektromotor auch in den Querlenker (10) integriert werden, wie dies ebenfalls von Audi in der DE 102016223631 A1 (Abb. 4.45) vorgeschlagen wird. Der Schwerpunkt (SP) des elektrischen Antriebsmotors soll hierbei möglichst nahe zu der Schwenkachse (S) des Querlenkers angeordnet sein, wodurch das Gewicht der Antriebsmaschine sehr nahe an der Schwenkachse positioniert ist und somit das Trägheitsmoment möglichst gering bleibt. Die Antriebswelle (24) kann gemeinsam mit dem Querlenker um die Schwenkachse verschwenkt werden, wodurch die E-Maschine unmittelbar mit einer Radnabe des Fahrzeugrades – nicht gezeigt – verbunden und somit auf zusätzliche Gelenke verzichtet werden kann. Weiterhin ist eine sehr steife Ausbildung des Lenkers gewährleistet, was sich positiv auf die Fahrdynamik auswirkt. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass das Motorgehäuse bei einer einstückigen Fertigung eine vergrößerte Oberfläche aufweist, was sich besonders positiv auf die passive Kühlung auswirkt [75].



Rad
 Radträger
 Querlenker
 Führungsbahn
 Karosserieverbindung
 Drehachse
 Motorwelle

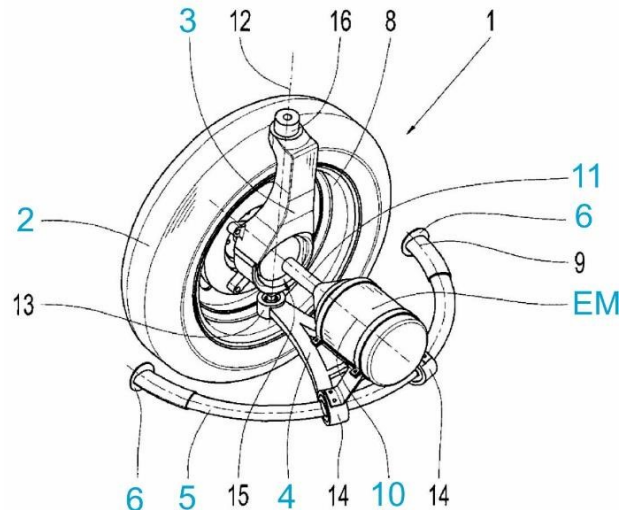


Abb. 4.46: Direktantrieb aus DE 102015226589 A1 (Fig. 1) angemeldet am 22.12.2015

Eine besonders kompakte Realisierung eines Direktantriebs wurde in der DE 102018213229 A1 (Abb. 4.47) von BMW beschrieben, wobei die beiden E-Maschinen durch zwei Rotoren (2, 5) und einen gemeinsamen Stator (3) gebildet sind. Somit wird lediglich ein Stator zum Antreiben der beiden Rotoren benötigt, wodurch das Gewicht der Antriebsachse reduziert wird. Eine Steuereinrichtung kann die Rotorwicklungen der beiden Rotoren unabhängig voneinander bestromen, wodurch diese unabhängig voneinander angesteuert bzw. angetrieben werden können. Dadurch wird beispielsweise die Funktion eines Differentialgetriebes realisiert, indem die beiden Antriebsräder (8) bei einer Kurvenfahrt unterschiedlich schnell, aber mit gleicher Vortriebskraft angetrieben werden [77].

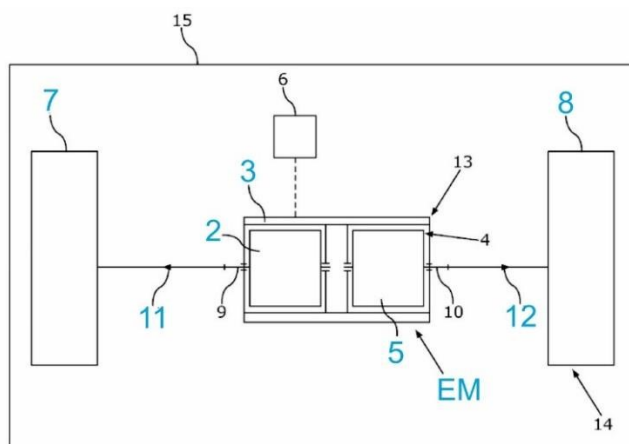
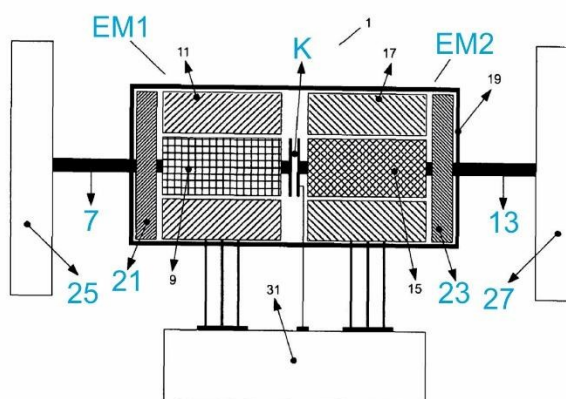


Abb. 4.47: Direktantrieb aus DE 102018213229 A1 (Fig. 3) angemeldet am 07.08.2018

K Kupplung
 7, 13 Abtriebswellen
 21, 23 Drehschwingungsdämpfer
 25, 27 Räder

Abb. 4.48: Direktantrieb aus DE 102015216689 A1 (Fig. 1) angemeldet am 01.09.2015



Um den schlechten Wirkungsgrad des Direktantriebs zu verbessern, wurde von Bosch in der DE 102015216689 A1 (Abb. 4.48) ein Direktantrieb vorgeschlagen, bei welchem eine Kupplung (K) zwischen den Rotorwellen (7, 13) der beiden E-Maschinen angeordnet ist. Die beiden E-Maschinen sind in einem gemeinsamen Gehäuse (5) untergebracht und können somit gemeinsam gekühlt werden. Hierbei weist eine der beiden E-Maschinen eine höhere Ausgangsleistung und ein höheres Ausgangsdrehmoment als die andere E-Maschine auf, wobei in Abhängigkeit von bestimmten Fahrsituationen wahlweise eine oder beide Antriebsmaschinen betrieben werden können. Beispielsweise sind bei einer Anfahrt und bei einer Beschleunigung des Fahrzeuges beide E-Maschinen über die Kupplung drehfest miteinander gekoppelt, sodass beide Rotorwellen synchron laufen. In einem Gleitreibungs- und/oder Trennzustand der Kupplung wird bewirkt, dass die Rotorwellen asynchron angetrieben werden. Dies kann beispielsweise bei einer Kurvenfahrt genutzt werden, um die unterschiedlichen Raddrehzahlen abzubilden [78].

4.2.4 Winkliger Einzelradantrieb

Die winklige Anordnung der Antriebsmaschine zur Raddrehachse stellte eine Sonderform dar, bei welcher der Elektromotor mit seiner Rotordrehachse im Wesentlichen rechtwinklig zur Raddrehachse angeordnet ist. In Abb. 4.49 ist ein derartiger Antrieb gezeigt, welcher von Ferrari in der US 2024034422 A1 beschrieben wurde. Hierbei sind die beiden Antriebsmaschinen (EM) der Antriebsachse über jeweils ein Kegelradgetriebe (G) im Wesentlichen rechtwinklig mit jeweils einem Fahrzeugrad (2) drehmomentübertragend verbunden und im Bereich des Fahrzeugbodens befestigt. Ein wesentlicher Aspekt dieser Patentanmeldung liegt darin, dass das Fahrzeug einen zentralen aerodynamischen Kanal (17) aufweist, welcher sich in axialer

Richtung bezüglich einer Fahrzeuglängsachse (A) durchgängig zwischen Fahrzeugfront und Fahrzeugheck erstreckt. Die Rotorachsen (B) der beiden E-Maschinen sind zu der Fahrzeuglängsachse gleichgerichtet, um den für den Kanal notwendigen Bauraum bereitzustellen. Der dadurch an den beiden Antriebsmotoren vorbeigeführte Kühlluftstrom kann zur Kühlung der Motoren genutzt werden [79].

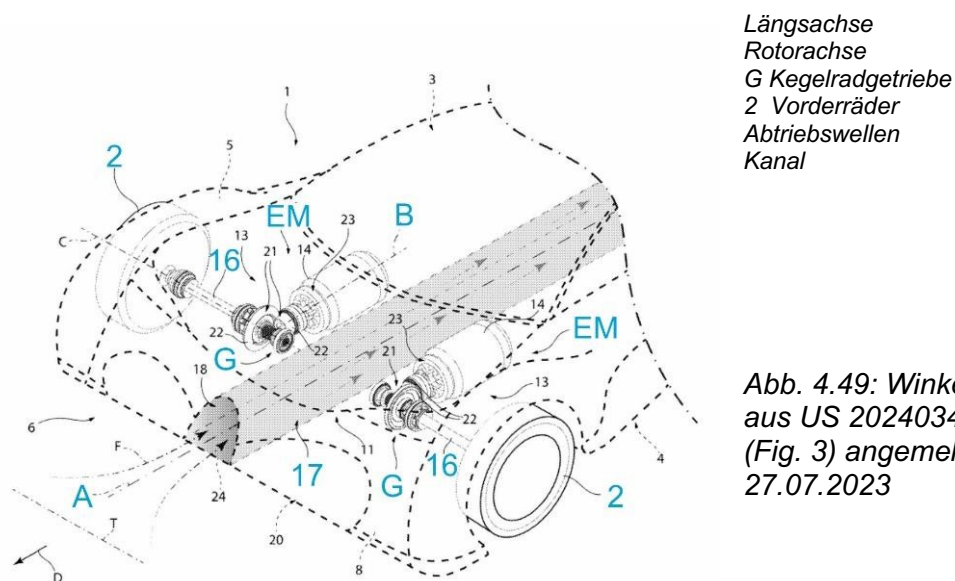


Abb. 4.49: Winkelantrieb aus US 2024034422 A1 (Fig. 3) angemeldet am 27.07.2023

In der DE 102018204291 A1 (Abb. 4.50) ist ebenfalls eine 90°-Anordnung dargestellt, bei der die beiden E-Maschinen in Fahrzeuglängsrichtung ausgerichtet sind. Das von Audi vorgeschlagene Antriebskonzept unterscheidet sich darin, dass zusätzlich zwischen den Elektromaschinen und dem jeweiligen Kegelradgetriebe (G1) jeweils ein 2-Gang-Schaltgetriebe angeordnet ist, welches über jeweils ein Schaltelement (SE) wahlweise zwischen zwei Gangstufen (S1, S2) und einer Neutralstellung schaltbar ist. Die beiden Schaltelemente (SE) sind hierbei benachbart zueinander angeordnet, sodass diese über eine gemeinsame Schaltgabel (33) synchron betätigt werden können [80].

In der DE 102015207074 A1 (Abb. 4.51) von ZF wird ein winkliger Einzelradantrieb vorgeschlagen, welcher streng genommen einen winkligen Radnabenantrieb bildet, da das Gehäuse der elektrischen Maschine fest mit dem Radträger verbunden ist und somit zumindest teilweise zur ungefederten Masse beiträgt. Da die die winkligen Einzelradantriebe bereits eine Sonderform darstellen, wurde im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht zwischen winkligen Einzelradantrieben und winkligen Radnabenantrieben unterschieden. Die elektrische Maschine ist über ein Winkelgetriebe winklig zu

4.3 Radnabenantrieb

4.3.1 Direkter Radnabenantrieb

Die einfachste Bauform bildet die direkte Anbindung der elektrischen Maschine an die Radnabe, wodurch eine Antriebskraft ohne Zwischenschaltung eines Getriebes direkt auf das Fahrzeugrad übertragen wird. Hierzu ist die elektrische Maschine üblicherweise radial innerhalb der Felge angeordnet und als Außenläufer ausgebildet. Ein derartiger Radnabenantrieb wurde beispielsweise von BMW in der DE 102021127658 A1 (Abb. 4.52) beschrieben. Der Rotor (30) weist hierzu einen Rotorring (32) auf, welcher umlaufend an einer Felge (12) des Fahrzeugrads (10) angeordnet ist, wobei der Stator (40) radial innerhalb des Rotors angeordnet und beispielweise an einem Radträger abgestützt ist [82]. Durch die Verwendung von Außenläufermotoren wird ein großer Drehmomentradius erreicht, wodurch ein größeres Drehmoment im Vergleich zu einem Innenläufermotor bereitgestellt werden kann.

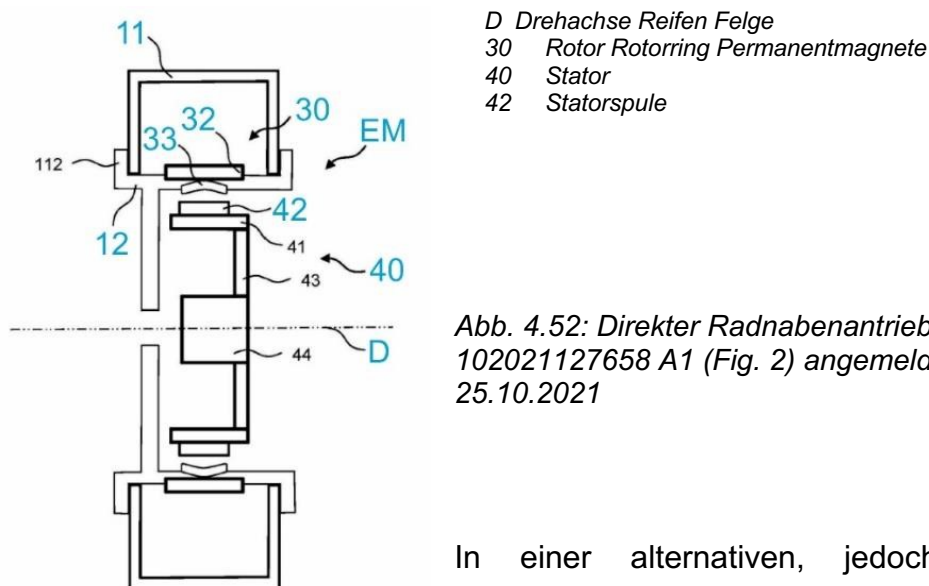
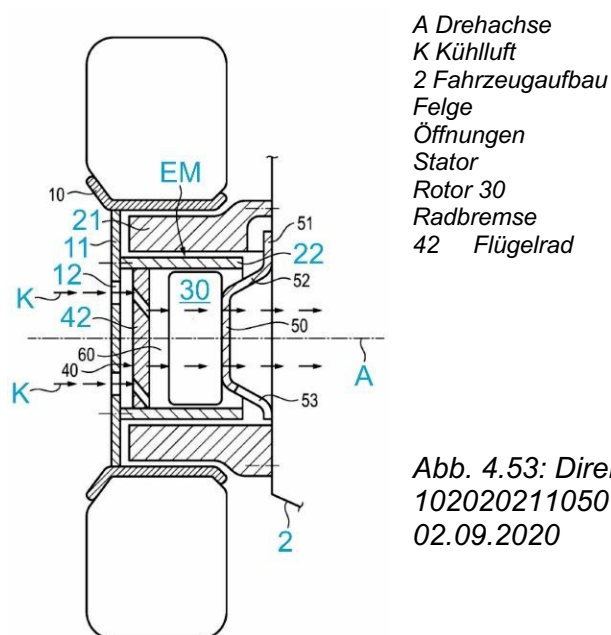


Abb. 4.52: Direkter Radnabenantrieb aus DE 102021127658 A1 (Fig. 2) angemeldet am 25.10.2021

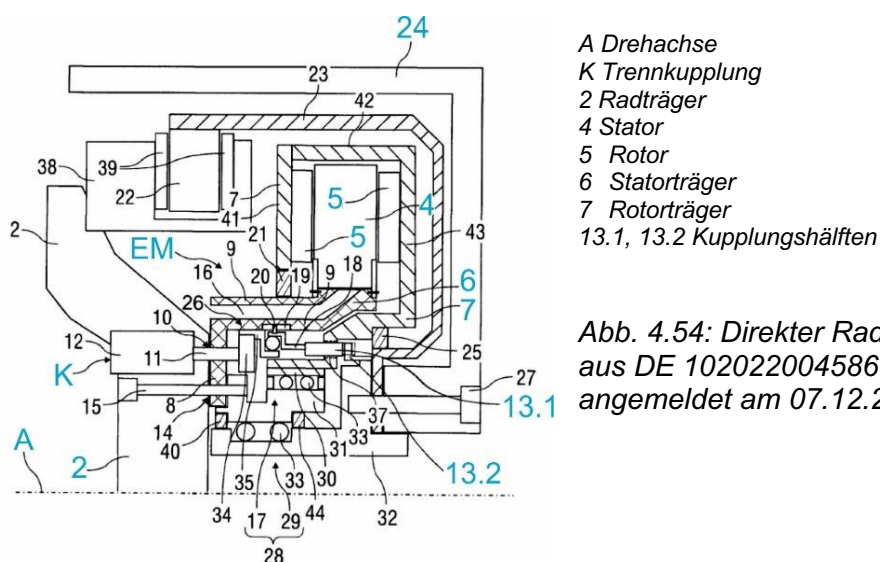
In einer alternativen, jedoch weniger verbreiteten Ausführung kann die elektrische Maschine auch als Innenläufer ausgeführt sein, wie dies beispielsweise von Volkswagen in der DE 102020211050 A1 (Abb. 4.53) beschrieben wurde. Der Rotor (22) ist hierzu radial innerhalb des Stators (21) angeordnet, welcher an einem Fahrzeugaufbau (2) festgelegt ist. Hierbei ist der Rotor als Hohlwelle ausgeführt werden, sodass innerhalb des Rotors eine Radbremse (30) angeordnet werden kann, welche mit dem Rotor zusammenwirkt. Zur Kühlung der Bremse kann zudem ein Flügelrad (42) innerhalb der Hohlwelle angeordnet sein, über welches Kühlluft (K) über die Radfelge (11) angesaugt und axial an die Bremse weitergeleitet wird [83].



A Drehachse
 K Kühlluft
 2 Fahrzeugaufbau
 Felge
 Öffnungen
 Stator
 Rotor 30
 Radbremse
 42 Flügelrad

Abb. 4.53: Direkter Radnabenantrieb aus DE 102020211050 A1 (Fig. 1) angemeldet am 02.09.2020

Eine weitere alternative Bauform wurde von Daimler in der DE 102022004586 B3 (Abb. 4.54) vorgeschlagen, wobei die elektrische Maschine als eine Axialflussmaschine ausgeführt ist. Wie aus Abb. 4.54 erkennbar, ist der Luftspalt zwischen Stator (4) und Rotor (5) hierbei nicht in radialer Richtung, sondern in axialer Richtung bezüglich der Raddrehachse (A) gebildet. Weiterhin wird im Rahmen dieser Anmeldung eine Trennkupplung (K) vorgeschlagen, welche dazu dient, den Rotor von dem Radträger (2) zu entkoppeln [84].



A Drehachse
 K Trennkupplung
 2 Radträger
 4 Stator
 5 Rotor
 6 Statorträger
 7 Rotorträger
 13.1, 13.2 Kupplungshälften

Abb. 4.54: Direkter Radnabenantrieb aus DE 102022004586 B3 (Fig. 1) angemeldet am 07.12.2022

Eine besonders kompakte und hochintegrierte Bauweise eines Radnabenantriebs wurde von Ford in der DE 102014217975 A1 (Abb. 4.55) beschrieben, bei der zusätzlich alle zum Antrieb des Fahrzeugrads erforderlichen Komponenten, insbesondere die elektrische Maschine sowie

der Energiespeicher, in das Rad integriert sind. Die E-Maschine ist hierbei als Außenläufer ausgebildet, wobei der Energiespeicher (7) zwischen der Radnabe (3) und dem Stator (4) angeordnet ist. Somit kann das Rad komplett vormontiert und muss lediglich über die Radnabe mit der Radachse verbunden werden [85]. Durch die Integration des Energiespeichers in das Fahrzeugrad wird jedoch auch die ungefederte Masse deutlich erhöht.

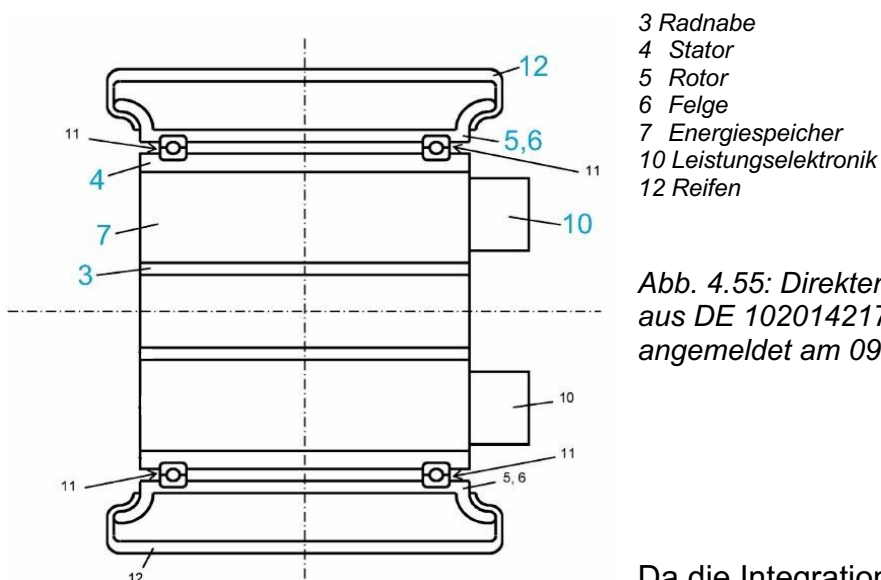


Abb. 4.55: Direkter Radnabenantrieb aus DE 102014217975 A1 (Fig. 2) angemeldet am 09.09.2014

Da die Integration der elektrischen Maschine maßgeblich zur ungefederten Masse des Fahrzeugrades beiträgt, schlägt der Automobilzulieferer SGF in der DE 102020000944 A1 (Abb. 4.56) hierzu eine Entkopplung der elektrischen Maschine vor, um diesen Einfluss zu reduzieren. Hierzu ist der Rotor (46) über eine Entkopplungseinrichtung (20) elastisch an der Radnabe (24) und der Stator (54) über eine weitere Entkopplungseinrichtung (22) elastisch an der Radaufhängung (30) gelagert. Die Entkopplungseinrichtungen bilden eine Drehmomentstütze, sodass ein Drehmoment auf das Fahrzeugrad (26) übertragen bzw. ein Gegenmoment an der Radaufhängung (30) abgestützt werden kann. Dadurch wird erreicht, dass die E-Maschine statisch mit dem Fahrzeugrad einfedert, aber bei dynamischer Anregung von dem Fahrzeugrad entkoppelt ist und somit nicht mehr oder nur noch anteilmäßig zur ungefederten Masse an dem Fahrzeugrad beiträgt [86].

20, 22 Entkopplungseinrichtungen
 24 Radnabe
 26 Rad
 30 Radaufhängung
 36 Felge
 46 Rotor
 54 Stator

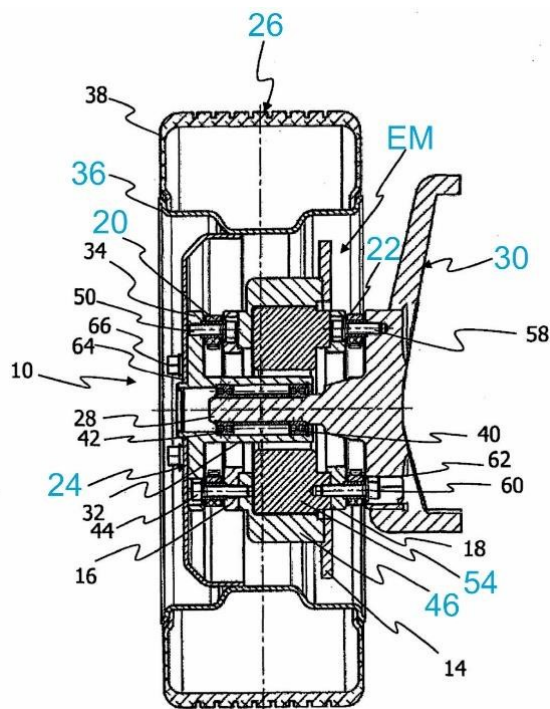


Abb. 4.56: Direkter Radnabenantrieb
 aus DE 102020000944 A1 (Fig. 3)
 angemeldet am 14.02.2020

4.3.2 Koaxialer Radnabenantrieb

Unter koaxialen Radnabenantrieben werden alle Radnabenantriebe zusammengefasst, deren elektrische Maschine koaxial zur Raddrehachse angeordnet und zudem über mindestens ein Getriebe mit der Radnabe bzw. der Felge trieblich verbunden ist. Dadurch kann eine kleinere E-Maschine verwendet werden, deren Antriebsmoment über das Getriebe vergrößert wird. Die Verwendung kleinerer Innenläufer-Motoren hat zudem den Vorteil, dass sich diese durch eine höhere Leistungsdichte sowie ein geringeres Gewicht und einen geringeren Bauraumbedarf auszeichnen, was nicht zuletzt einen positiven Effekt auf die ungefederte Masse bewirkt.

Ein Beispiel hierzu wird von Schaeffler in der DE 102017100769 A1 (Abb. 4.57) vorgeschlagen, wobei eine Übertragung des Antriebsmoments durch ein Planetengetriebe realisiert wird. Die elektrische Maschine ist als Innenläufer ausgeführt, welche gemeinsam mit dem Planetengetriebe innerhalb der Felge (12) angeordnet ist. Hierbei ist der Rotor (4) mit einem Sonnenrad (10), der Stator (3) mit einem Hohlrads (11) und die Felge (12) mit einem Planetenträger (8) verbunden, wobei das Sonnenrad und das Hohlrads über mehrere am Planetenträger drehbar gelagerte Planetenträger (9) miteinander im Zahneingriff stehen. Das Planetengetriebe kann hierbei radial innerhalb des Antriebsmotors angeordnet werden, wodurch ein besonders geringer Bauraumbedarf und gleichzeitig eine hohe Übersetzung ermöglicht wird [87].

- G Planetengetriebe
- 3 Stator
- 4 Rotor
- 8 Planetenträger
- 9 Planetenräder
- 10 Sonnenrad
- 11 Hohlräder
- 12 Felge
- 14 Reifen

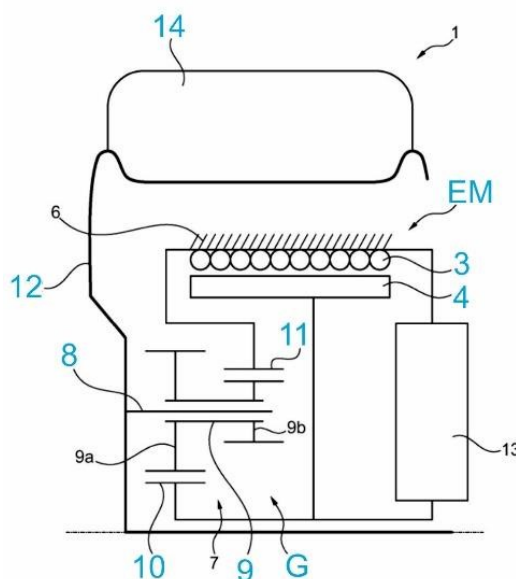
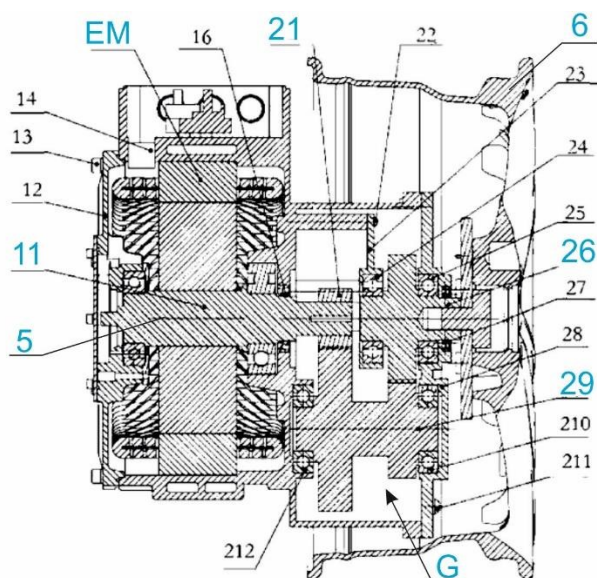


Abb. 4.57: Koaxialer
Radnabenantrieb aus DE
102017100769 A1 (Fig. 1)
angemeldet am 17.01.2017

Weiterhin ist zur Übertragung des Antriebsmomentes auf das Fahrzeugrad auch die Verwendung eines Stirnradgetriebes möglich, wie dies beispielsweise von Linquan Motor in der CN 110203058 A (Abb. 4.58) gezeigt ist. Das Antriebsmoment wird hierzu von der Rotorwelle (11) über eine Zwischenwelle (29) auf die Radnabe (26) übertragen, wobei die Rotorwelle koaxial zu einer Raddrehachse (5) angeordnet ist [88].



- G Stirnradgetriebe
- Raddrehachse
- Felge
- 11 Rotorwelle
- 21 Motorritzel
- 26 Radnabe
- 29 Zwischenwelle

Abb. 4.58: Koaxialer
Radnabenantrieb aus CN
110203058 A (Fig. 2) angemeldet
am 31.05.2019

Ein speziellerer, hauptsächlich von NTN verwendeter Radnabenantrieb sieht die Verwendung eines Exzentergetriebes zur Übersetzung des Antriebsmoments der elektrischen Maschine vor, wie dies beispielsweise in der WO 2015137470 A1 (Abb. 4.59) beschrieben wurde. Hierzu ist die

Rotorwelle (24a) mit einer Exzenterwelle (30) eines als mehrstufigen Zykloidgetriebe ausgebildeten Exzentergetriebes drehfest verbunden. Die Exzenterwelle (30) umfasst zwei Exzenterabschnitte (30a, 30b), auf welchen jeweils eine Kurvenscheibe (31) wälzend gelagert und um 180° versetzt zueinander angeordnet sind. Die Kurvenscheiben greifen am Außenumfang abschnittsweise in die feststehenden Bolzen (32) ein. Die koaxial zur Exzenterwelle angeordnete Radnabe (81) ist mit mehreren Bolzen (37) verbunden, welche wiederum drehbar in entsprechenden Aufnahmeöffnungen (36) der Kurvenscheiben aufgenommen sind. Durch eine Rotation der Kurvenscheiben wird das Antriebsmoment von der Exzenterwelle auf die Radnabe übertragen bzw. übersetzt. Durch die Verwendung eines mehrstufigen Zykloidgetriebes kann ein besonders hohes Übersetzungsverhältnis realisiert werden, um das Antriebsmoment in ein besonders hohes Drehmoment an der Radnabe zu übersetzen [89].

Eine weitere Sonderausführung ist in der GB 2599592 A (Abb. 4.60) von der Jiangsu University beschrieben, wobei eine Axialflussmaschine mit zwei Rotoren (6, 7) sowie einem dazwischenliegenden Stator (3) genutzt wird, um unterschiedliche Drehmomente an der Radnabe bereitzustellen. Hierbei ist der linke Rotor (6) über eine Kupplung (K1) unmittelbar und der rechte Rotor (7) über eine Kupplung (K2) und ein zusätzliches Reduziergetriebe mit der Radnabe (1) koppelbar. Somit kann das Rad wahlweise durch einen der beiden Rotoren oder gemeinsam durch beide Rotoren angetrieben werden. Der getriebeübersetzte Antrieb wird bei niedrigen Geschwindigkeiten und hohem Drehmoment, z. B. bei einer Stadtfahrt, genutzt, wohingegen der direkte Antrieb bei konstanter und/oder hoher Geschwindigkeit, z. B. bei einer Überlandfahrt, verwendet wird. Bei einer hohen Lastanforderung, z. B. bei einer Bergauffahrt oder beim Beschleunigen bei niedriger Geschwindigkeit, kann der gemeinsame Antrieb genutzt werden, um ein erhöhtes Drehmoment bereitzustellen. Es wird somit ein bedarfsgerechtes Antriebskonzept vorgeschlagen, welches sich durch einen effizienten Betrieb und somit einen geringeren Energieverbrauch des gesamten Fahrzeugs auszeichnet [90].

- G Zykloldgetriebe
24a Rotorwelle
Exzenterwelle
30a, 30b Exzenterabschnitte
Kurvenscheiben
äußere Bolzen
Aufnahmeöffnungen
innere Bolzen (Abtrieb)
44 Raddrehachse
50 Getriebegehäuse
81 Radnabe

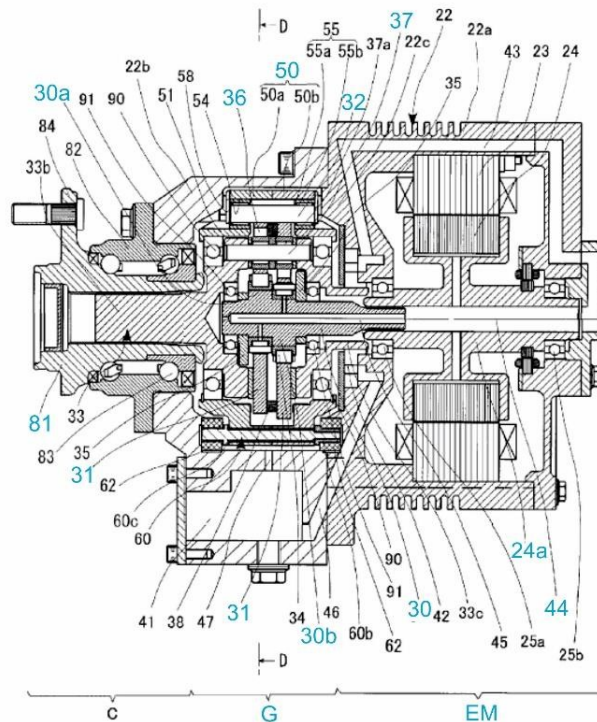
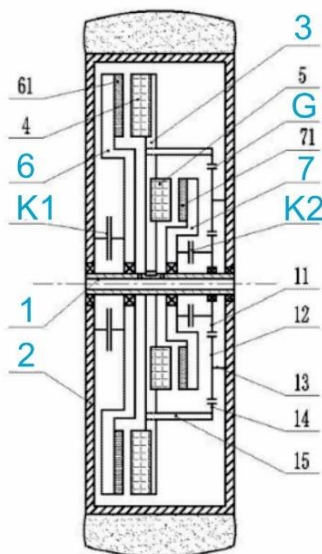


Abb. 4.59: Koaxialer
Radnabenantrieb aus WO
2015137470 A1 (Fig. 1)
angemeldet am 12.03.2015



- G Planetengetriebe
K1, K2 Kupplungen
Radträger
Radnabe
Stator
5, 6 Rotoren

Abb. 4.60: Koaxialer Radnabenantrieb aus GB 2599592
A (Fig. 1) angemeldet am 16.03.2021

4.3.3 Paralleler Radnabenantrieb

Neben der koaxialen Anordnung der elektrischen Maschine zur Raddrehachse, ist auch ein paralleler Versatz möglich, welcher üblicherweise durch eine Stirnradstufe realisiert wird. Durch das Auseinanderfallen von Antriebsachse und Radachse kann der Antrieb trotz des beschränkten Bauraums in der Radaufhängung derart angeordnet werden, dass ein größerer Radlenkwinkel realisiert werden kann.

Hierzu kann, wie z. B. von Toyota in der DE 102018120828 A1 (Abb. 4.61) vorgeschlagen, zwischen der Rotorwelle (16) und einer mit der Radnabe (36) verbundenen Ausgangswelle (24) eine Stirnradstufe gebildet sein, welche einen Achsversatz zwischen Rotorachse (C1) und Raddrehachse (C2) bewirkt. Das Getriebegehäuse (28) ist hierbei an einem Radträger (20) festgelegt, wobei das Motorgehäuse (15) wiederum über eine elastische Kupplung (44) mit dem Getriebegehäuse gekoppelt ist. Dadurch können Vibrationen absorbiert und das Auftreten von Fahrzeugkarosserie-vibrationen sowie die Verschlechterung der Fahrqualität aufgrund der Exzentrizität des Schwerpunkts (MC) des Elektromotors unterdrückt werden [91].

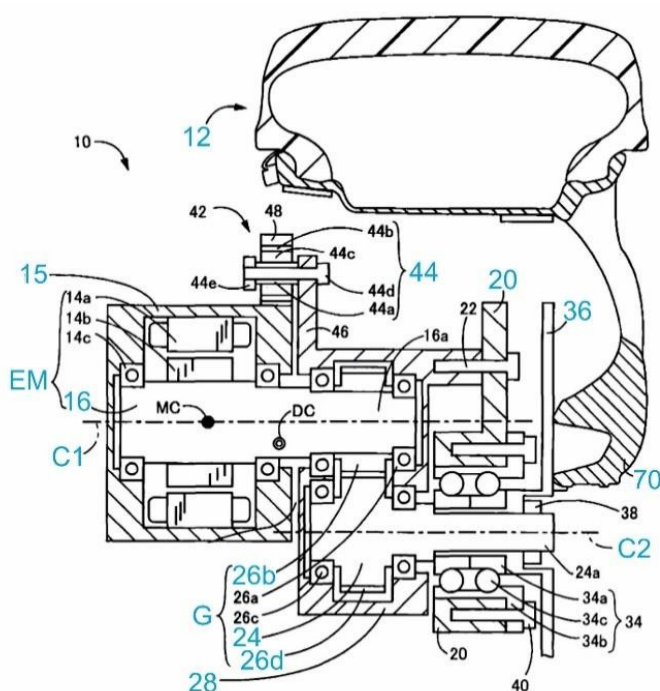
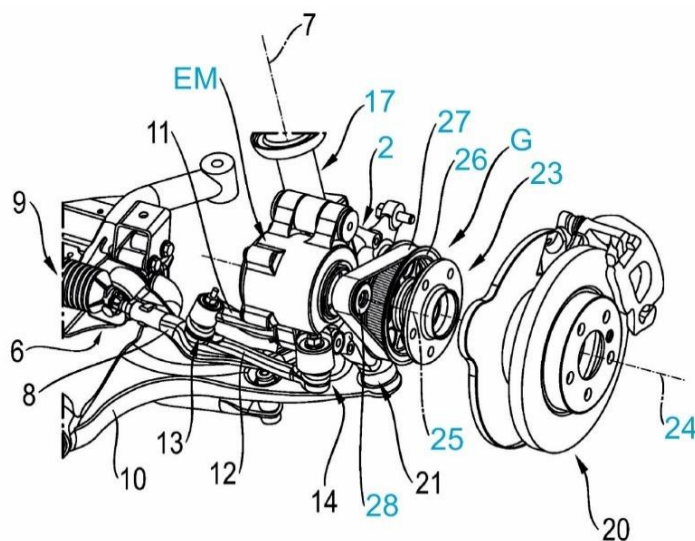


Abb. 4.61: Paralleler Radnabenantrieb aus DE 102018120828 A1 (Fig. 1) angemeldet am 27.08.2018

Eine Alternative hierzu ist in der DE 102022202016 B3 (Abb. 4.62) von ZF beschrieben, wobei anstelle eines Stirnradgetriebes auch ein Zugmittelgetriebe zur Überbrückung des Achsabstandes genutzt werden kann. Die elektrische Maschine ist hierbei am Radträger (2) befestigt und treibt ein Riemenrad (28) um die Rotorachse (25) an. Ein weiteres Riemenrad ist koaxial zur Raddrehachse (24) angeordnet und drehfest mit der Radnabe (23) verbunden, wobei die beiden Riemenräder über einen Riemen (27) miteinander verbunden sind. Durch die Verwendung des Riemens wird eine Schwingungsentkopplung sowie eine akustische Entkopplung zwischen dem Antrieb und der Radnabe ermöglicht. Weiterhin können zwischen der E-

Maschine und dem Radträger Elastomerlager angeordnet sein, welche ebenfalls zur Schwingungsentkopplung dienen [92].



- G Zugmittelgetriebe
- 2 Radträger
- 17 Stoßdämpfer
- 23 Radnabe
- 24, 25 Drehachsen
- 26, 28 Riemenräder
- 27 Riemen

Abb. 4.62: Paralleler Radnabenantrieb aus DE 102022202016 B3 (Fig. 2) angemeldet am 28.02.2022

Als weiteres Untersetzungsgetriebe kann ein Planetengetriebe genutzt werden, wie dies von Hyundai in der DE 102020134961 A1 (Abb. 4.63) beschrieben wurde. Hierzu ist die Rotorwelle (110) mit einem Sonnenrad (210) gekoppelt, welches mit mehreren Planetenrädern (220) in Eingriff steht. Die Planetenräder sind an einem Planetenträger (240) gelagert und stehen wiederum mit einem Hohlrad (230) in Eingriff. Zur Bildung des Achsversatzes wird weiterhin ein Stirnradgetriebe eingesetzt, welches durch ein mit dem Planetenträger verbundenes Außenzahnrad (500) gebildet wird. Bei hohen Geschwindigkeiten kann es zu Problemen beim Zeitstandverhalten des Motors kommen, wenn der Kraftübertragungsweg bei der Rekuperation dem gleichen Kraftübertragungsweg wie beim Radantrieb entspricht. Es wird daher vorgeschlagen, eine erste unidirektionale Kupplung (K1) zwischen Rotorwelle und dem Sonnenrad und eine zweite unidirektionale Kupplung (K2) zwischen der Rotorwelle und dem Planetenträger vorzusehen. Wenn eine Drehwinkelgeschwindigkeit der Rotorwelle größer als die Drehwinkelgeschwindigkeit des Planetenträgers ist, kann das Antriebsmoment über die erste Kupplung (K1) an das Sonnenrad übertragen werden, um ein erhöhtes Drehmoment an das Antriebsrad zu übertragen. Wenn hingegen die Drehwinkelgeschwindigkeit des Planetenträgers größer als die Drehwinkelgeschwindigkeit der Rotorwelle ist, wird der Kraftübertragungsweg an das Sonnenrad durch die erste Kupplung (K1) unterbrochen und das durch das Fahrzeugrad erzeugte Drehmoment von dem Planetenträger über die zweite Kupplung (K2) unmittelbar an die Rotorwelle übertragen, um ein regeneratives Drehmoment auf die E-Maschine zu übertragen [93].

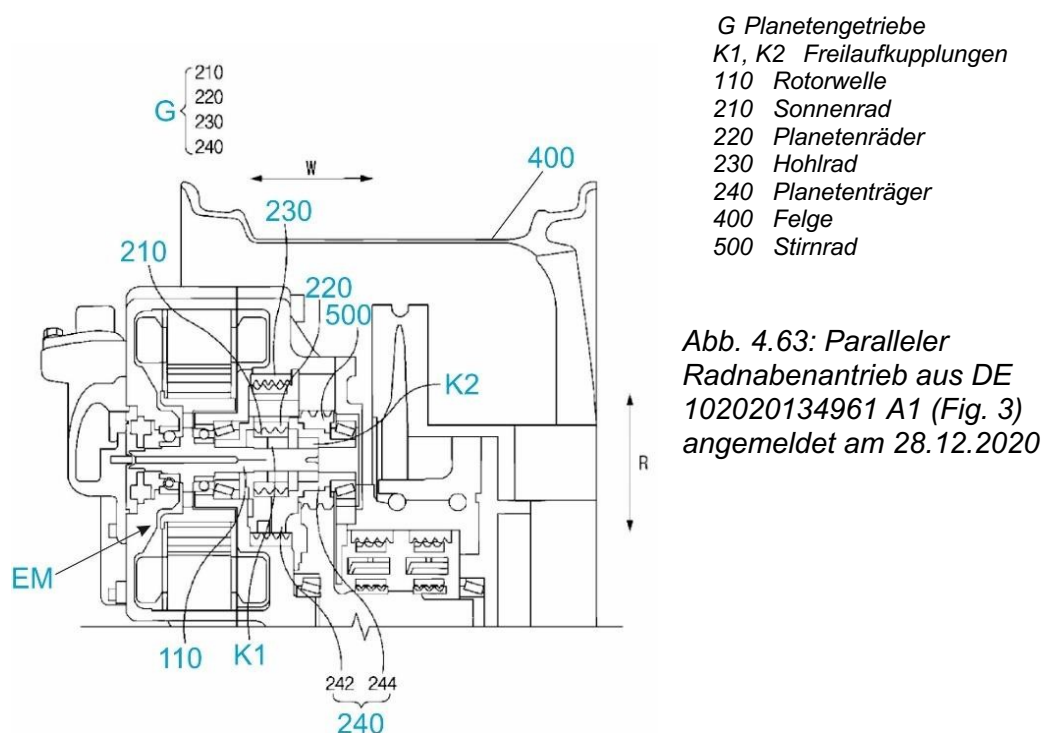


Abb. 4.63: Paralleler Radnabenantrieb aus DE 102020134961 A1 (Fig. 3) angemeldet am 28.12.2020

Durch die parallele Anordnung der elektrischen Maschine ergibt sich zudem die Möglichkeit mehrere E-Maschinen in das Fahrzeugrad zu integrieren, wie dies beispielsweise von ZF in der DE 102021200354 A1 (Abb. 4.64) beschrieben wurde. Die Rotorwellen (5a, 5b) der beiden EMaschinen sind parallel zu einer Raddrehachse (6) angeordnet und bilden jeweils eine Eingangswelle eines Getriebes. Die Rotorwelle (5a) ist über eine zwischen zwei Gangstufen schaltbare Übersetzungsstufe (G1) sowie ein im Leistungsfluss nachgeschaltetes Planetengetriebe (PG) mit einer koaxial zur Raddrehachse angeordneten Abtriebswelle (4) antriebswirksam verbunden. Die erste Übersetzungsstufe umfasst zwei Stirnradstufen (S1, S2) mit unterschiedlicher Übersetzung, welche wahlweise über ein Schaltelement (SE) mit der Rotorwelle (5a) koppelbar bzw. entkoppelbar sind. Hierbei wird das Antriebsmoment über die Stirnradstufen auf eine Zwischenhohlwelle (15) übertragen, welche eine Eingangswelle in das Planetengetriebe bildet und durch welche die Abtriebswelle koaxial geführt ist. Die Zwischenhohlwelle (15) steht zudem über einen weiteren Zahneingriff mit der anderen Rotorwelle (5b) in Wirkverbindung, wobei der weitere Zahneingriff einen Teil der ersten Stirnradstufe (S1) bildet. Je nach Bedarf können die elektrischen Maschinen einzeln oder in Kombination eine Antriebsleistung mit einer bestimmten Übersetzung auf die Abtriebswelle übertragen. Durch die Aufteilung auf mehrere elektrischen Maschinen kann der Gesamtwirkungsgrad des Getriebes optimiert werden [94], im Gegenzug erhöht sich jedoch die ungefederte Masse.

Um den Einfluss auf die ungefederte Masse zu reduzieren kann die elektrische Maschine in die Radaufhängung (3) eines Fahrzeugrades integriert werden, wie dies beispielsweise von BMW in der DE 102015218793 A1 (Abb. 4.65) beschrieben wurde. Durch den durch das Stirnradgetriebe erzeugten Achsabend zwischen Motorachse (24) und Radachse (12) ist die E-Maschine beabstandet zur Radmitte angeordnet, wodurch sich deren Einfluss auf die ungefederte Masse verringert. Die elektrische Maschine ist somit nur als teilgefederte Masse anzusehen, was sich vorteilhaft auf die mechanische Beanspruchung sowie auf das fahrdynamische Verhalten der Radaufhängung auswirkt. Durch die radnahe Anordnung sowie die Integration der elektrischen Antriebseinheit in die Radaufhängung wird zudem eine kompakte Bauweise erzielt [95].

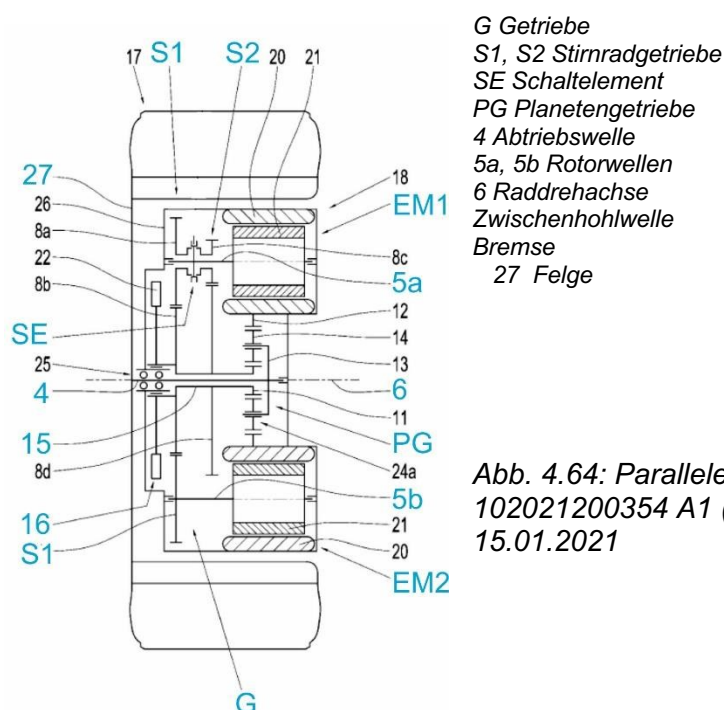
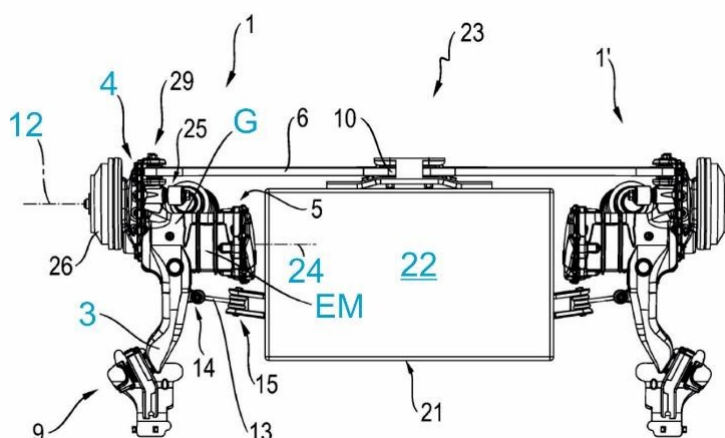


Abb. 4.64: Paralleler Radnabenantrieb aus DE 102021200354 A1 (Fig. 3) angemeldet am 15.01.2021

G Stirnradgetriebe
 Längslenker
 Radträger
 12 Raddrehachse
 22 Batterie
 24 Motorachse

Abb. 4.65: Paralleler Einzelradantrieb aus DE 102015218793 A1 (Fig. 6) angemeldet am 29.09.2015



4.4 Zwischenergebnis

Anhand der qualitativen Patentanalyse zeigt sich, dass in jeder Kategorie eine Vielzahl an Alternativen und Weiterentwicklungen existieren, welche unterschiedliche Lösungen für verschiedene Problemstellungen vorschlagen. Hierbei ist festzuhalten, dass nicht „die Eine“ Antriebstopologie existiert, welche die Vorteile aller Topologien in sich vereint. Vielmehr bringt jedes Antriebskonzept seine eigenen Vor- und Nachteile mit sich und muss situativ entsprechend der Rahmenbedingungen des Fahrzeuges ausgewählt werden.

Im Rahmen der qualitativen Auswertung konnten weitere Einteilungsmöglichkeiten der Antriebstopologien identifiziert werden, welche eine alternative Betrachtungsweise der einzelnen Topologien ermöglichen. Alternativ zu der aus der Literatur abgeleiteten Unterteilung können die Antriebstopologien auch gemäß Tab. 4.1 durch die Reihenfolge der Hauptkomponenten entlang des Momentenpfades unterteilt werden. Eine derartige Einteilung ist allerdings nur bei den Zentralantrieben sinnvoll, da hier durch das Differentialgetriebe unterschiedliche Varianten möglich sind. Somit würden die Druckschriften nicht nach der Orientierung der E-Maschine, sondern nach ihrer Anordnung im Antriebsstrang sortiert werden. Beispielsweise könnte die in

Abb. 4.24 dargestellte Bauform als „EM – DG – G“ bezeichnet werden, da hier das Differentialgetriebe im Momentenpfad zwischen der E-Maschine und den Planetengetrieben für die beiden Räder angeordnet ist. Bei den Radnaben- und den Einzelradantrieben hingegen macht eine derartige Unterteilung nur wenig Sinn, da die Reihenfolge aufgrund des Wegfalls des Differentialgetriebes immer gleich ist. Ein Vorteil bei dieser Unterteilung ist jedoch, dass hier auch die Anzahl der elektrischen Maschinen mitberücksichtigt werden könnte.

Tab. 4.1: Übersicht über die verschiedenen Anordnungsmöglichkeiten der Antriebskomponenten

Anordnung der Hauptkomponenten im Antriebsstrang

Zentralantriebe	EM – G – DG
	EM – DG – G
	EM – DG
	Bei zwei elektrischen Maschinen:
	EM1/EM2 – G – DG
Einzelradantriebe	EM1/EM2 – G1/G2 – DG (auch für Einzelradantrieb mit DG)
	EM1/EM2 – G1/G2
Radnabenantrieb	EM – G

Bei den Einzelradantrieben kann zudem eine weitere Unterteilung nach der Anordnung des Getriebes sinnvoll sein. Hierbei kann sowohl bei den parallelen als auch den koaxialen Einzelradantrieben zwischen einer mittigen Anordnung der Getriebe (EM1– G1/G2 – EM2) sowie einer mittigen Anordnung der E-Maschinen (G1 – EM1/EM2 – G2) unterschieden werden. Als weitere Bauform konnte eine Kombination aus koaxialer und paralleler Anordnung der E-Maschine zur Abtriebsachse identifiziert werden, was eine einseitige Anordnung der beiden EMaschinen bzw. der beiden Getriebe (EM1/EM2 – G1/G2) ermöglicht. Die Kurzschreibweisen beziehen sich hierbei auf die räumliche Anordnung der E-Maschine und des Getriebes und sind nicht mit der Schreibweise aus Tab. 4.1 zu verwechseln, bei welcher lediglich die Reihenfolge im Momentenpfad dargestellt wird.

Als weitere Verfeinerung der Antriebstopologie könnten die getriebeübersetzten Antriebe weiter nach ihren Getriebearten unterteilt werden. Hier haben sich insbesondere Stirnrad-, Planeten- und Zugmittelgetriebe als Hauptgetriebearten ergeben. Vereinzelt konnten noch Exzentergetriebe bei einigen Radnabenantrieben identifiziert werden. Diese Unterteilung macht jedoch nur Sinn, wenn man ausschließlich die getriebeübersetzten Antriebe nach ihrer verwendeten Getriebeart untersuchen möchte. Zudem können bei mehrstufigen und/oder mehrgängigen Getrieben mehrere Getriebearten in Kombination vorkommen, sodass hier zusätzlich zwischen der Anzahl der Getriebestufen (ein- oder mehrstufig) sowie der Übersetzungsart (Festübersetzung und Schaltgetriebe) unterschieden wird. Eine derartige Unterteilung würde zusätzliche Unterebenen bei den getriebeübersetzten Antrieben erzeugen, wodurch das Ergebnis bei einer

grafischen Auswertung unter Berücksichtigung der Direktantriebe nicht mehr aussagekräftig wäre.

Bei den Radnabenantrieben ist auch noch eine Unterteilung der elektrischen Maschinen nach Motorbauform möglich, da hier als verwendete Bauformen sowohl Innenläufer als auch Außenläufer und vereinzelt auch Axialflussmaschinen identifiziert werden konnten. Somit könnte untersucht werden, welche Motorbauform bei den Radnabenantrieben bevorzugt genutzt wird. Eine derartige Untergliederung beschränkt sich jedoch nur auf die Radnabenantriebe und ist somit für eine ganzheitliche Betrachtung aller Antriebstopologien nicht geeignet, da ein überwiegender Teil der E-Maschinen bei den anderen Antriebskonzepten als Innenläufer ausgeführt ist.

Da alle identifizierten alternativen bzw. weiteren Unterteilungsmöglichkeiten nicht oder nur beschränkt für die Auswertung aller Antriebstopologien geeignet sind, wurde die Strukturierung des Technologiefeldes, wie in Kapitel 3.2 vorgeschlagen, im Wesentlichen beibehalten. Durch die qualitative Inhaltsanalyse konnte jedoch eine weitere Unterteilung bei den getriebeübersetzten Radnabenantrieben identifiziert werden, welche eine eindeutigere Zuordnung der Radnabenantriebe ermöglicht. Durch die zusätzliche Unterscheidung zwischen koaxialem und parallelem Radnabenantrieb weisen die Zentralantriebe, die Einzelradantriebe und die Radnabenantriebe somit eine vergleichbare Strukturierung auf, wodurch ein aussagekräftigeres Ergebnis hinsichtlich der Topologien zu erwarten ist. Diese modifizierte Unterteilung wurde für die nachfolgende Auswertung beibehalten.

5. Evaluation der Ergebnisse

Im Rahmen der Patentanalyse wurden 1.157 Patentfamilien aufgefunden, welche gemäß der modifizierten Unterteilung eindeutig zugeordnet werden konnten. Hierzu wurde eine topologiebezogene Ordnerstruktur gemäß Abb. 5.1 angelegt, in welche die relevanten Druckschriften einsortiert wurden. Aufgrund der hohen Anzahl an Dokumenten, wurden die meisten Druckschriften durch Sichten der Zeichnungen dem jeweiligen Unterordner zugewiesen, wobei die Ansprüche oder die Beschreibung, bis auf die für das Kapitel 4 relevanten Druckschriften, nur bei Unklarheiten zur Hilfe genommen wurden. Wie bereits in Kapitel 3.3 erläutert, bezieht sich der Begriff Dokument bzw. Druckschrift stets auf das prioritätsbegründende Dokument einer Patentfamilie.

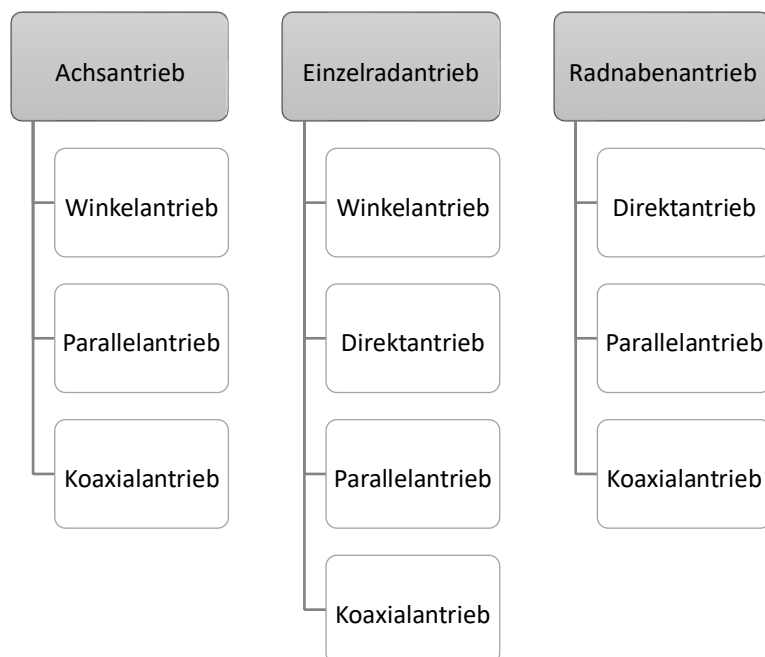


Abb. 5.1: Übersicht über die Unterteilung der einzelnen Antriebstopologien

Teilweise konnten Dokumente aufgefunden werden, in denen mehrere übergeordnete oder untergeordnete Topologien miteinander kombiniert wurden, um ein Gesamtantriebskonzept eines Elektrofahrzeuges oder verschiedene Ausführungsvarianten zu beanspruchen. Bei Vorliegen einer derartigen Topologiekombination wurde überprüft, welche Grundtopologie dieser Anmeldung zugrunde liegt und die Druckschrift entsprechend dieser einsortiert. Konnte keine Grundtopologie eindeutig identifiziert werden, wurde überprüft, ob eine mehrfache Zuordnung sinnvoll ist. Wurden beispielsweise die Anordnung eines Winkelantriebs und eines Parallelantriebs als gleichwertige Alternativen in einem Dokument beschrieben, so wurde dieses sowohl in den Unterordner „Winkelantrieb“ als auch in den Unterordner „Parallelantrieb“ einsortiert. Wurden allerdings mehr als zwei Antriebstopologien beschrieben, wurde auf eine Mehrfachzuordnung verzichtet und die Druckschrift als nicht relevant verworfen, da hier zumeist die Antriebstopologie nicht mehr im Vordergrund stand.

Nachfolgend sollen die recherchierten Dokumente anhand unterschiedlicher zur Verfügung stehender bibliographischer Daten untersucht werden, um daraus eine Aussage über mögliche Innovationsströmungen und -schwerpunkte treffen zu können. Hierbei sollen neben einer gesamtheitlichen und einer topologiebezogenen Untersuchung der Patentaktivitäten, auch die anmeldestärksten Länder und Unternehmen hinsichtlich ihrer Anmeldezahlen ermittelt werden. Weiterhin sollen anhand festgelegter Kriterien Schlüsselpatente identifiziert werden, um Anmeldungen mit einer hohen

wirtschaftlichen Relevanz sowie daraus resultierende Innovationsschwerpunkte zu ermitteln.

5.1 Gesamtheitliche Auswertung

Wie in Abb. 5.2 dargestellt, konnten von den insgesamt 1.157 Patentfamilien ca. die Hälfte (567 Dokumente $\approx 48\%$) in die Kategorie „Zentralantrieb“ einsortiert werden, wohingegen die restlichen Patentfamilien zu ungefähr den gleichen Anteilen den Einzelradantrieben (261 Dokumente $\approx 22\%$) und Radnabenantrieben (347 Dokumente $\approx 30\%$) zugeordnet werden konnten. Hierbei lässt sich bereits erkennen, dass den Zentralantrieben in der Gesamtbetrachtung ein größeres Interesse zukommt als den Einzelrad- und Radnabenantrieben. Betrachtet man die Einzelrad- und Radnabenantriebe jedoch unter dem gemeinsamen Oberbegriff „Radantriebe“, sind die Ergebnisse ungefähr gleich verteilt.

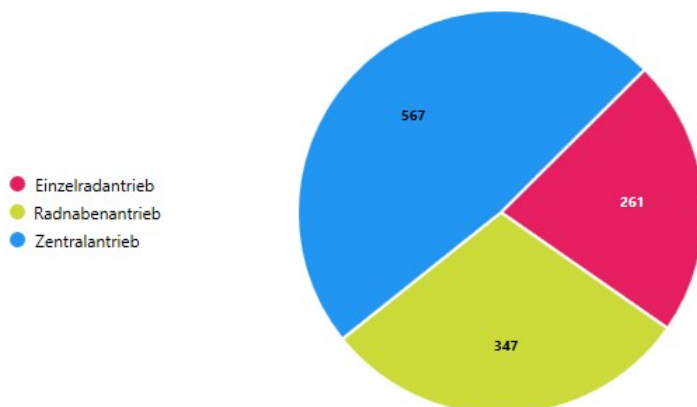


Abb. 5.2: Gesamtanzahl der aufgefundenen und kategorisierten Patentfamilien

5.1.1 Zeitliche Betrachtung

Bei einer zeitlichen Betrachtung über einen festgelegten Zeitraum von 10 Jahren, wie dies in Abb. 5.3 dargestellt ist, lässt sich eine stark zunehmende Anzahl der Anmeldungen bei den Zentralantrieben erkennen. Eine weitere interessante Erkenntnis ist, dass die Anmeldezahl bei den Radnabenantrieben in den letzten Jahren zurückgegangen ist, wohingegen die Anmeldezahl bei den Einzelradantrieben seit 2020 leicht gestiegen ist. Ebenso ist aus Abb. 5.3 erkennbar, dass die Radnabenantriebe im Jahr 2018 einen Peak aufweisen. Dies könnte möglicherweise auf das gestiegene Interesse bei den Radnabenantrieben seit 2014 zurückzuführen sein, wie dies beispielsweise aus dem Beitrag zum Thema "Radnabenantrieb" im Rahmen des Schaeffler Kolloquiums (2014) hervorgeht, bei der ein besonderes Augenmerk auf eine

hochintegrierte Ausführung des Radnabenantriebs gelegt wurde [96]. Weiterhin ist zu erkennen, dass im Jahr

2020 ein Einbruch in allen Bereichen zu verzeichnen ist, was möglicherweise auf die COVID19-Pandemie zurückzuführen ist, da die Unternehmen aufgrund der wirtschaftlichen Lage vermutlich kurzzeitig ihre Patentaktivitäten reduziert haben.

Der im Jahr 2023/2024 erkennbare Einbruch der Anmeldungen ist hingegen nicht auf ein sinkendes Interesse im Bereich der Elektromobilität zurückzuführen, sondern durch die verspätete Veröffentlichung der eingereichten Patentanmeldungen nach 18 Monaten ab dem Anmeldetag begründet. Was bedeutet, dass ein Großteil der Anmeldungen, sofern diese keine Gebrauchsmuster betreffen oder vorveröffentlicht wurden, erst nach 18 Monaten ab Anmeldetag recherchierbar sind. Da die Recherche im April 2024 abgeschlossen wurde, ist ein recherchierbarer Zeitraum somit bis Oktober 2022 möglich, was die stark gesunkenen Anmeldezahlen in den Jahren ab 2022 erklärt.

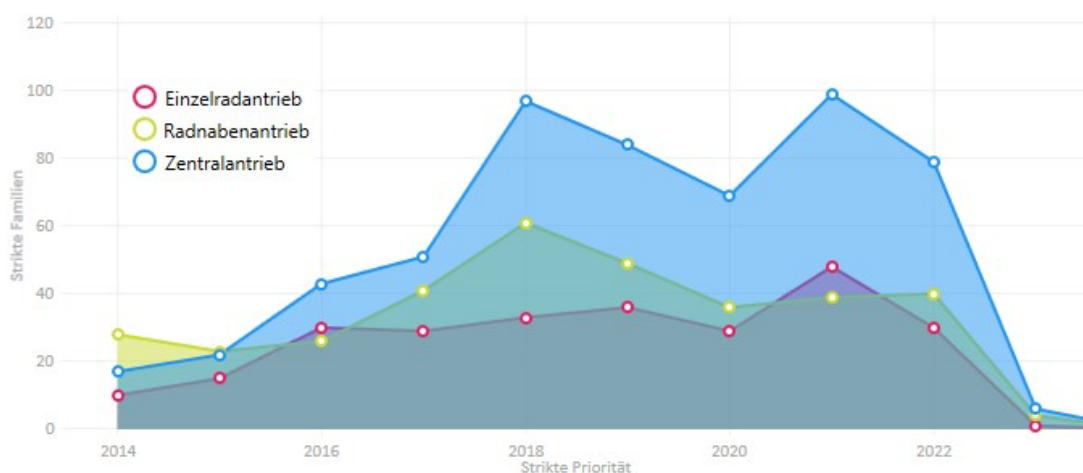


Abb. 5.3: Gesamtbetrachtung der Topologien über den festgelegten Zeitraum (Stand: 01.04.2024)

5.1.2 Rechtsstandauswertung

Um eine Aussage über die Qualität des recherchierten Ergebnisses zu erhalten, kann der vereinfachte Rechtsstand der Patentfamilien herangezogen werden. Wie der Abb. 5.4 zu entnehmen, sind ca. 83 % der Patentfamilien lebende bzw. aktive Patentfamilien, was bedeutet, dass mindestens ein Familienmitglied noch aktiv ist. Hiervon sind rund ein Drittel der Patentfamilien (382 Patente \approx 33 %) noch ungeprüft bzw. im laufenden Prüfungsverfahren. Weiterhin betrifft ein geringer Anteil der repräsentativen Familienmitglieder Gebrauchsmusterschriften (78 Gebrauchsmuster \approx 7 %), welche in der Regel

ebenfalls als ungeprüftes Schutzrecht zu werten sind. Ein hoher Anteil der Patentfamilien (495 Patente \approx 43 %) wurden jedoch erteilt und bilden somit ein geprüftes Schutzrecht hoher Güte. Da für die Aufrechterhaltung der Schutzrechte Aufrechterhaltungsgebühren entstehen, zeigt sich auch, dass viele Unternehmen diese Investitionen in Kauf nehmen und an den Schutzrechten festhalten, woraus gefolgert werden kann, dass dem Gebiet der Antriebstopologien weiterhin ein hohes Interesse seitens der Unternehmen zukommt.

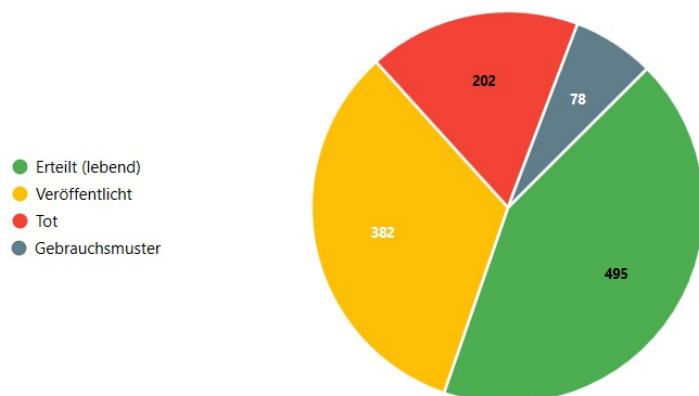


Abb. 5.4: Vereinfachter Rechtsstand der Patentfamilien (Stand: 19.06.2024)

Aus Abb. 5.5 lässt sich der zeitliche Verlauf der erteilten Patentfamilien entnehmen, wobei zu erkennen ist, dass die Anzahl seit 2014 stark gestiegen ist und seit 2019 wieder abnimmt. Dieser Rückgang ist jedoch hauptsächlich auf die Dauer zwischen Anmeldung und Erteilung zurückzuführen, welche in der Regel 2 bis 5 Jahre dauern kann. Somit sind die sinkenden Erteilungszahlen nicht darauf zurückzuführen, dass die Qualität der Patentanmeldungen nachlässt und die Innovationskraft im Bereich der Antriebstopologien ausgeschöpft ist. Vielmehr ist der zu betrachtende Zeitraum sinnvollerweise im Jahr 2019 abzuschließen, wodurch sich unter dieser Einschränkung eine konstant hohe Anzahl an Patenterteilungen ergibt.

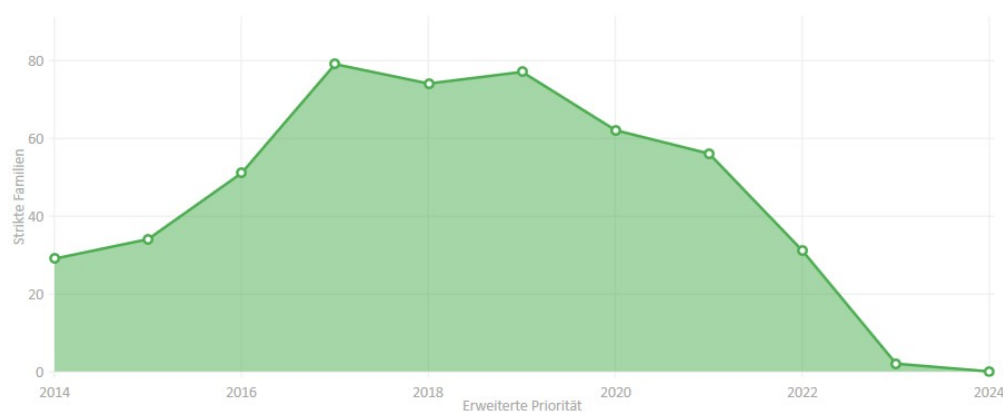


Abb. 5.5: Zeitlicher Verlauf der erteilten Patentfamilien (Stand: 19.06.2024)

5.2 Auswertung der bibliographischen Daten

Durch eine Auswertung der bibliographischen Daten soll überprüft werden, in welchen Ländern bevorzugt Patentanmeldungen eingereicht werden und welche Unternehmen führend bei der Entwicklung von elektrischen Antriebstopologien sind. Somit können durch die bibliographische Auswertung Schlüsselländer und führende Innovationsunternehmen identifiziert werden, welche für weitere Auswertungen herangezogen werden können.

5.2.1 Länder

Da meistens mehrere Patentanmeldungen einer Patentfamilie in verschiedenen Ländern angemeldet werden, wurden zur Auswertung der Anmeldungen alle Familienmitglieder berücksichtigt. Wie in Abb. 5.6 zu sehen, werden neben China auch eine große Anzahl an Anmeldungen in Deutschland getätigt. Weiterhin sind eine erhöhte Anzahl an Schutzrechtsanmeldungen in USA, Japan und Korea zu verzeichnen. Zudem ist zu erkennen, dass ein großer Anteil der Anmeldungen auch als internationale Patentanmeldung (WO-Anmeldung) bei der WIPO und/oder als europäische Patentanmeldung (EP-Anmeldung) beim EPA eingereicht werden. Da die Amtsgebühren bei diesen Ämtern meist deutlich höher sind als bei den nationalen Patentämtern, kann davon ausgegangen werden, dass hier nur hochwertige und für die Unternehmen strategisch bedeutsame Patentanmeldungen eingereicht und weiterverfolgt werden. Somit können diese Patentanmeldungen ebenfalls als wichtiger Indikator für die Identifikation und Bewertung von zukünftigen Antriebskonzepten herangezogen werden. Problematisch bei dieser Betrachtung ist jedoch, dass die Anzahl der Patentanmeldungen nicht zwingend einen Rückschluss auf die Innovationskraft des jeweiligen Landes zulässt, da hier die Anmeldestrategien der einzelnen Unternehmen bzw. die Größe der einzelnen Patentfamilien nicht mitberücksichtigt werden. So ist es nicht unüblich, dass große Unternehmen ihre Patente in mehreren Ländern, insbesondere den Schlüsselländern China, Deutschland, USA, zur Anmeldung bringen.

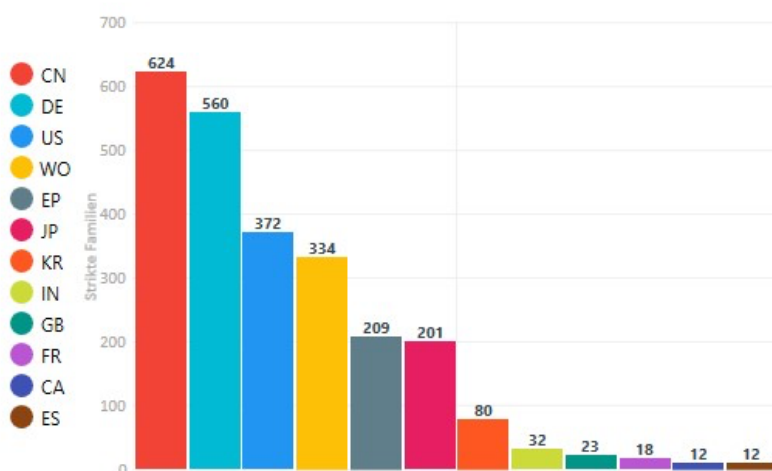


Abb. 5.6: Anzahl der Dokumente aller Patentfamilien in den einzelnen Ländern (Stand: 01.04.2024)

Über den in Abb. 5.7 gezeigten zeitlichen Verlauf kann festgestellt werden, dass die Anzahl der Anmeldungen in Deutschland bis 2018 deutlich zugenommen hat. Zudem ist bei den chinesischen Anmeldungen seit 2019 ein leichter Rückgang bzw. eine Stagnation zu verzeichnen, wohingegen die Anzahl der deutschen Anmeldungen weiterhin leicht gestiegen ist. Dies hängt vermutlich mit dem stark gestiegenen Interesse der E-Mobilität in Europa zusammen. Dies bestätigen auch die Zahlen aus den Jahren 2018/2019, wobei die Anzahl der in Europa verkauften Elektrofahrzeuge (BEV und PHEV) im Jahr 2019 im Vergleich zum Vorjahr um 44 % auf ca. 600.000 Fahrzeuge gestiegen ist [1]. Zudem haben zahlreiche globale Automobilhersteller bereits den Ausstieg aus der Verbrenner-Technologie angekündigt und den Fokus auf die Entwicklung batterieelektrischer Fahrzeuge gelegt. So wollen beispielsweise Jaguar, Ford und Volvo bereits bis 2030 die Produktion von Verbrennungsmotoren einstellen. Weiterhin haben Volkswagen und GM ihren Ausstieg bis 2035 angekündigt, gefolgt von Hyundai und Honda bis 2040 [4]. Dies zwingt auch die in Deutschland ansässigen Automobilzulieferer zu einer Umstellung ihrer Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet der elektrischen Antriebsstränge.

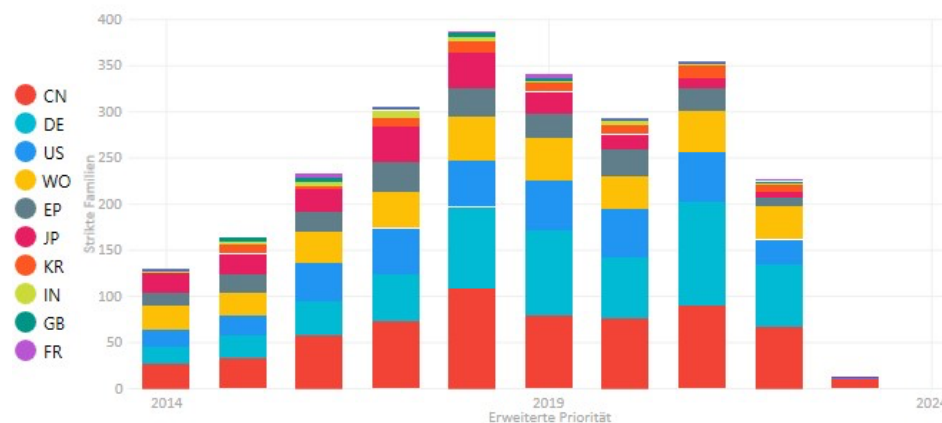


Abb. 5.7: Zeitlicher Verlauf der Dokumente in den einzelnen Ländern (Stand: 01.04.2024)

5.2.2 Anmelder

Aus Abb. 5.8 ergibt sich überraschenderweise, dass die Anmelder mit dem größten Volumen an Schutzrechtsanmeldungen zwei deutsche Automobilzulieferer sind, nämlich Schaeffler und ZF, welche beide mit jeweils einer Anzahl von weit mehr als 100 Patentfamilien den japanischen Konkurrenten NTN mit 50 Patentfamilien deutlich übertreffen. Weiterhin sind neben dem dritten deutschen Automobilzulieferer Bosch auch noch die vier deutschen Automobilhersteller Audi, BMW, Daimler und Porsche unter den Top-Anmeldern vertreten. Dies zeigt, dass die deutsche Automobilindustrie massiv in die Entwicklung von elektrischen Antriebssträngen investiert und ein umfangreiches Schutzrechtportfolio aufbaut.

Um zu überprüfen, ob die von den Unternehmen getätigten Anmeldungen eine hohe Güte aufweisen, muss der vereinfachte Rechtsstand der Patentfamilien der einzelnen Anmelder untersucht werden. Wie der Abb. 5.9 zu entnehmen, zeigt sich hierbei, dass die beiden führenden Anmelder Schaeffler und ZF rund ein Drittel ihrer Patentfamilien zur Erteilung bringen, wohingegen Audi, Toyota, Aisin, Dana und Honda deutlich höhere Erteilungsquoten von bis zu 90 % aufweisen. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass Schaeffler und ZF mit ihrer Anmeldestrategie versuchen, möglichst viel Stand der Technik zu generieren und nur die tatsächlich verwendeten bzw. lizenzierbaren Erfindungen bis zur Erteilung fortführen, um den Wettbewerbern die Erlangung eigener Schutzrechte auf diesen Gebieten zu erschweren.

Zudem könnte dies jedoch auch daran liegen, dass viele der angemeldeten Schutzrechte sich noch im Prüfungsverfahren befinden und somit noch nicht erteilt wurden.

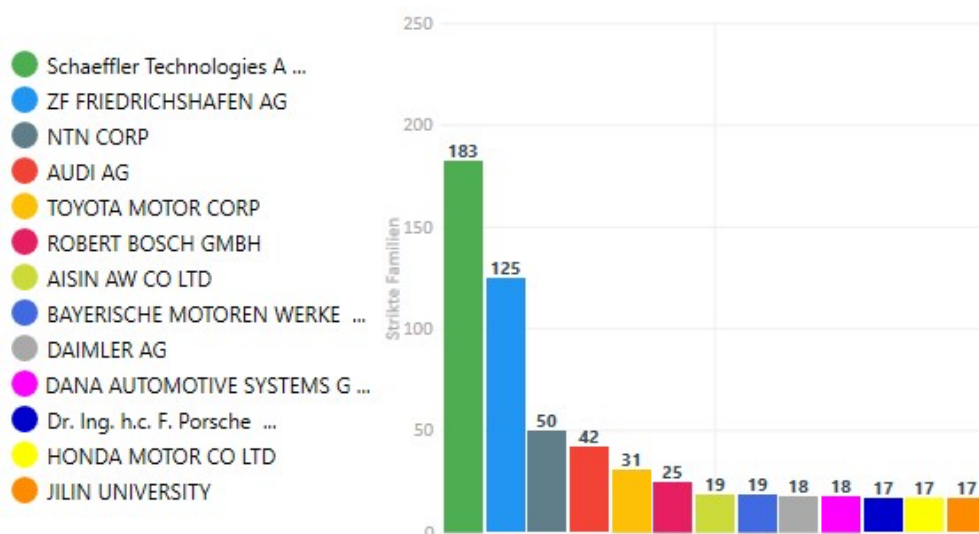


Abb. 5.8: Anzahl der Patentfamilien pro Anmelder (für Anmelder mit > 15 Familien)

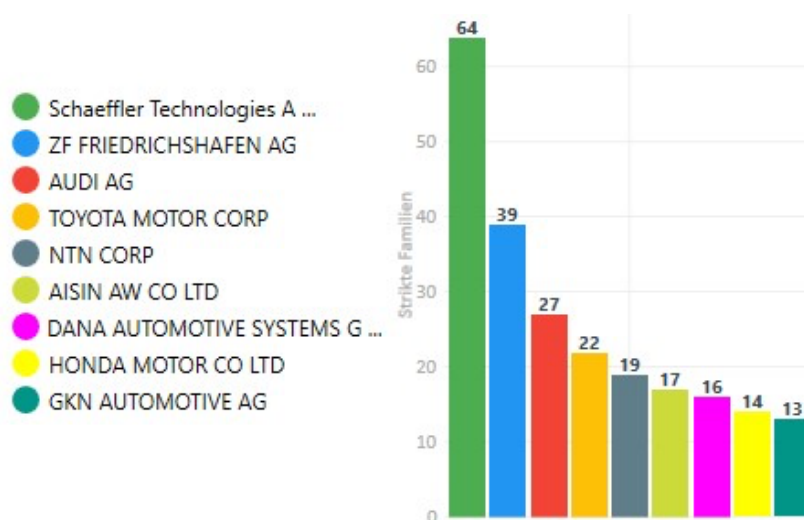


Abb. 5.9: Anzahl der erteilten Patentfamilien je Anmelder (für Anmelder mit > 10 erteilten Familien)

Zur Überprüfung dieser These werden die „toten“ Patentfamilien bezogen auf das jeweilige Unternehmen untersucht, wobei sich, wie in Abb. 5.10 gezeigt, herausstellt, dass vor allem bei Schaeffler rund ein Drittel der Patentfamilien (60 Familien \approx 33 %) aufgegeben bzw. aufgrund mangelnder Patentierungsvoraussetzungen zurückgewiesen wurden. Daraus ergibt sich, dass ein erheblicher Anteil der von Schaeffler getätigten Schutzrechtsanmeldungen möglicherweise als Sperrveröffentlichungen eingereicht werden, um hier gezielt Stand der Technik zu schaffen und somit den Wettbewerbern die Erlangung eigener Schutzrechte zu erschweren. Bei ZF hingegen wurde ein deutlich geringerer Teil der Patentfamilien (17 Familien \approx

14 %) zurückgewiesen bzw. aufgegeben. Somit scheint ZF eine selektivere Strategie bei der Auswahl von patentfähigen Erfindungsmeldungen im Innovationsprozess anzuwenden. Alternativ könnte dies jedoch auch darauf zurückzuführen sein, dass Schaeffler nur die tatsächlich genutzten Patente zur Erteilung bringt, wohingegen bei ZF möglicherweise auch nicht genutzte Schutzrechte zur Erteilung gebracht werden, um daraus gegen Wettbewerber vorzugehen.

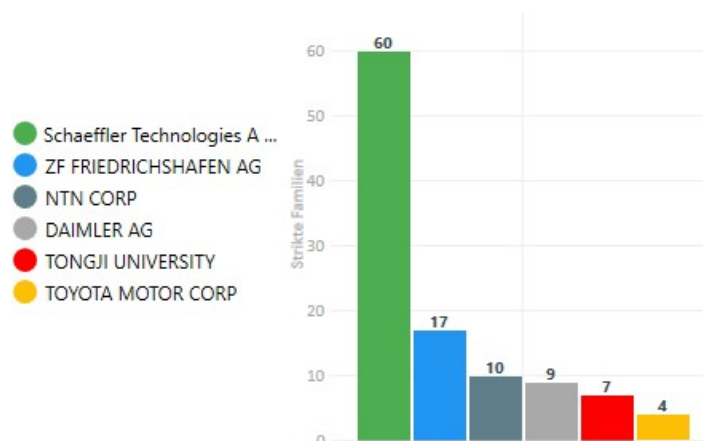


Abb. 5.10: Anzahl der toten Patentfamilien je Anmelder (für Anmelder mit > 4 toten Patenten)

5.3 Topologiebezogene Auswertung

Wie in Abb. 5.11 dargestellt, ist zu erkennen, dass sich innerhalb der übergeordneten Antriebstopologien „Zentralantrieb“, „Einzelradantrieb“ und „Radnabenantrieb“ jeweils ein priorisiertes Antriebskonzept mit einer erhöhten Anmeldezahl ergibt. Zudem kann festgestellt werden, dass der parallele Zentralantrieb insgesamt die höchsten Anmeldezahlen (345 Dokumente \approx 28 %) aufweist. Um eine Häufung von Anmeldungen in den einzelnen Antriebstopologien feststellen und eine Aussage über die Innovationsströmungen tätigen zu können, empfiehlt es sich, die einzelnen Topologien gemäß der in Abb. 5.1 gezeigten Unterteilung einzeln auszuwerten.

Da nach Ensthaler und Strübbe (2006) Patentdaten ein geeigneter Indikator für F&E-Aktivitäten in einem Unternehmen sind, können diese zur Vorhersage des Technologielebenszyklus herangezogen werden. Um eine Aussage in Bezug auf den Technologielebenszyklus treffen zu können, müssen die Erstanmeldungen aufgelöst nach dem betrachteten Zeitraum untersucht werden. Hierbei ist die Verwendung der reinen Patentanmeldezahlen sinnvoll, um die Aktivität in dem untersuchten Technologiefeld in einfacher aber direkter Weise darzustellen [97]. Wie bereits eingangs erwähnt, ist der zu betrachtende

Zeitraum dabei aufgrund des zeitlichen Verzugs bedingt durch die 18-monatige Veröffentlichung nach Anmeldetag sinnvollerweise im Oktober 2022 abzuschließen.

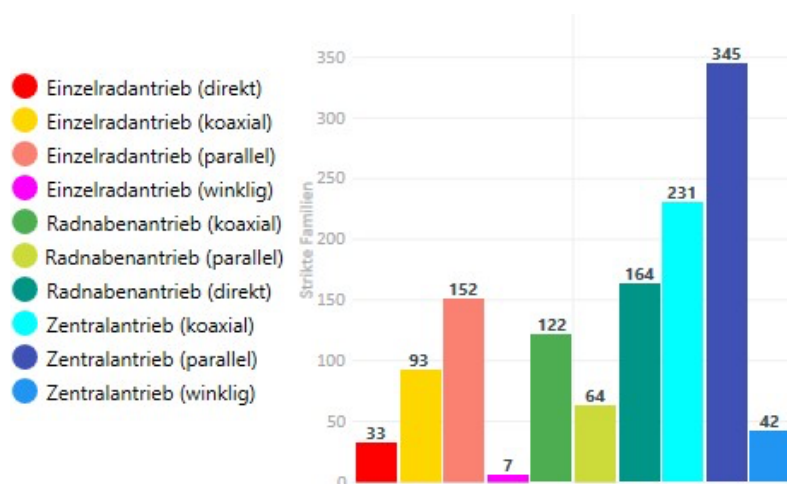


Abb. 5.11: Anzahl der Patentfamilien gemäß der Unterteilung der einzelnen Antriebstopologien

Wie in Abb. 5.12 dargestellt, entspricht der Verlauf des Patentanmeldezyklus nach Ernst (1997) typischerweise einer doppelten Glockenkurve, welche die drei Phasen „Entstehung“ (I), „Konsolidierung“ (II) und „Markpenetration“ (III) durchläuft. In der „Entstehungsphase“ wird die zuvor stabile Patentaktivität durch einen signifikanten Anstieg der Patentanmeldungen unterbrochen, wobei die Anzahl der patentierenden Unternehmen in dieser Phase vergleichsweise gering ist. Ein lokales Maximum der Patentanmeldungen symbolisiert hierbei das Ende der ersten Phase. In der „Konsolidierungsphase“ ist ein Rückgang oder eine Stagnation der Patentanmeldungen feststellbar, wobei die geringere Patentaktivität auf die Einstellung oder Neuausrichtung der F&E-Aktivitäten einiger Unternehmen zurückzuführen ist. Die letzte Phase ist durch einen erneuten starken Anstieg der Patentanmeldungen aufgrund neu hinzugekommener Unternehmen gekennzeichnet. Hierbei erreichen die Patentanmeldungen ein neues, wesentlich höheres Maximum, welches den endgültigen Durchbruch der neuen Technologie anzeigt und somit als „Markpenetrationsphase“ bezeichnet wird [98].

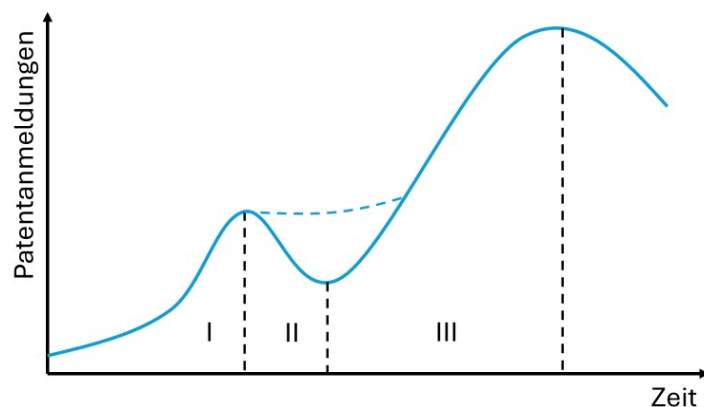


Abb. 5.12: Patentanmeldezyklus nach Ernst [98]

Laut einer Studie von Haupt et al. (2004) eignet sich das Modell nach Ernst jedoch nur bedingt für eine Vorhersage, da hier die von der Attraktivität der potenziellen Märkte abhängige Anmeldestrategie der Unternehmen zu unterschiedlichen Lebenszyklen in den verschiedenen Ländern führt. Zudem ist Voraussetzung der Patentlebenszyklusanalyse, dass alle zur Grundgesamtheit der Technologie gehörigen Patente identifiziert werden und zugleich alle nicht zur Grundgesamtheit gehörigen Patente eliminiert werden müssen, da es ansonsten zu einer erheblichen Fehleinschätzung der Chancen und Risiken eines Technologiefeldes kommen kann [99]. Da eine vollständige Recherche jedoch, wie bereits in Kapitel 3.3.4 dargelegt, nicht realistisch ist, kann eine Identifizierung aller zur Grundgesamtheit gehörigen Patente nicht sichergestellt werden. Um anhand der vorliegenden Datenlage zumindest eine grobe Abschätzung der zukünftigen Patentaktivitäten in dem jeweiligen Technologiefeld ableiten zu können, soll dieser Umstand bei der nachfolgenden Betrachtung jedoch geduldet werden.

Betrachtet man die drei übergeordneten Antriebstopologien nach Abb. 5.3, so lässt sich für alle drei Topologien unter der Annahme, dass diese dem Idealverlauf nach Ernst folgen, eine Aussage bezüglich des Patentlebenszyklus treffen. Hierbei kann für die Zentralantriebe die Phase I für die Periode 2014 bis 2018 festgestellt werden, aufgrund der rückläufigen Anmeldezahlen zwischen 2018 und 2020 ist die Phase II in diesem Zeitraum einzuordnen. Die gestiegenen Anmeldezahlen ab 2020 deuten hierbei auf den Beginn der Phase III hin. Bei den Radnabenantrieben ist die Phase I ebenfalls in dem Zeitraum 2014 bis 2018 zu erkennen, wohingegen die Phase II aufgrund des Rückgangs der Anmeldezahlen seit 2018 und der anhaltenden Stagnation seit 2020 noch anhält. Bei den Einzelradantrieben ist hingegen eine deutlich längere Phase I zwischen 2014 und 2021 zu erkennen, wobei die seit 2021 sinkenden Anmeldezahlen ein Indiz für die Phase II sein könnten.

Alternativ könnte dies jedoch bereits ein Anzeichen für den Niedergang dieser Antriebstopologie sein.

Da die Anmeldezahlen der einzelnen Antriebstopologien in ihren jeweiligen Untergruppen jedoch unterschiedlich stark verteilt sind, soll nachfolgend eine detaillierte Auswertung der einzelnen Antriebskonzepte durchgeführt werden, um hier eine eindeutigere Aussage bezüglich der Innovationsströmungen treffen zu können.

5.3.1 Zentralantriebe

Wie in Abb. 5.13 gezeigt, ergibt sich bei den Zentralantrieben als dominierende Antriebsvariante der Parallelwellenantrieb (345 Dokumente \approx 56 %), wohingegen dem klassischen Winkeltrieb (42 Dokumente \approx 7 %) scheinbar eine deutlich geringere Bedeutung bei der Entwicklung der Zentralantriebe zukommt. Dies könnte vor allem daran liegen, dass eine rechtwinklige Anordnung der elektrischen Maschine deutlich mehr Bauraum beansprucht als eine parallele oder koaxiale Anordnung der E-Maschine. Da bei BEVs, ein Großteil des Bauraums im Unterbodenbereich für den Energiespeicher benötigt wird, scheinen hier die achsnahen und somit bauraumsparenden Koaxial- und Parallelantriebe bevorzugt zu werden. Zudem ist der zentrale Winkeltrieb eine längsbekanntere Antriebstopologie, welche sowohl bei verbrennungsmotorischen als auch hybriden Antriebssträngen seit langem verwendet wird, sodass hier möglicherweise das Entwicklungspotential in Bezug auf rein elektrische Antriebsstränge bereits ausgeschöpft ist.

Gemäß Abb. 5.14 zeigt sich, dass die parallelen Zentralantriebe seit 2018, bis auf den Einbruch im Jahr 2020, eine konstant hohe Anzahl an Anmeldungen aufweisen. Vermutlich ist der Rückgang der Patentanmeldungen im Jahr 2020 auf die Covid-19-Pandemie zurückzuführen, was bei der Betrachtung des Verlaufs berücksichtigt werden muss. Somit kann der Zeitraum zwischen 2014 und 2018 als Entstehungsphase interpretiert werden, wobei aufgrund der Stagnation seit 2018 der Zeitraum von 2018 bis 2022 als Konsolidierungsphase interpretiert werden kann. Somit entspricht der dargestellte Patentlebenszyklus zumindest annähernd dem von Ernst idealtypischen Verlauf, was darauf hindeutet, dass sich der Lebenszyklus der Zentralantriebe noch in der Konsolidierungsphase befinden könnte. Alternativ könnte der leichte Rückgang der Anmeldezahlen zwischen 2015 und 2016 auch bereits als Konsolidierungsphase interpretiert werden, sodass der signifikante Anstieg im Jahr 2018 aufgrund der sehr hohen Anzahl an Patentanmeldungen bereits den Eintritt in die Marktpenetrationsphase bezeichnen könnte. Um hier eine zuverlässige Aussage zu erhalten, müsste der Zeitraum vor 2014 in die Auswertung miteinbezogen werden. Die

nachfolgende Stagnation zwischen 2019 und 2021 könnte auch durch die Covid-19-Pandemie bedingt sein, was eine zuverlässige Aussage bezüglich des Patentlebenszyklus zusätzlich erschwert und somit kritisch zu sehen ist.

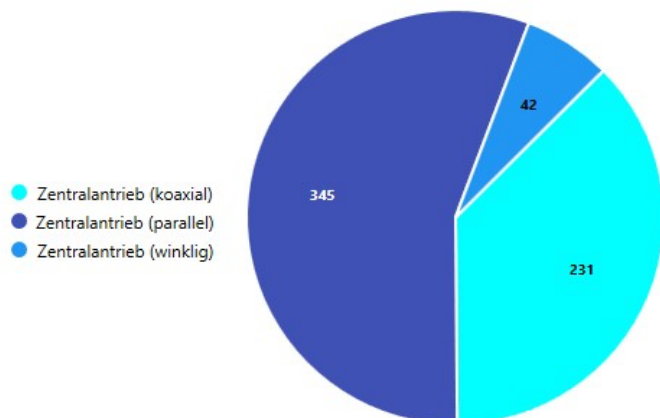


Abb. 5.13: Topologiebezogene Verteilung der Schutzrechte innerhalb der Zentralantriebe

Bei den Koaxialantrieben ist seit 2020 ein deutlicher Anstieg der Anmeldezahlen zu erkennen, welcher sich an einen Rückgang der Anmeldezahlen zwischen 2018 und 2020 anschließt. Somit kann dieser Zeitraum als Phase der Konsolidierung eingeschätzt werden. Der Zeitraum von 2014 bis 2018 bildet somit die Entstehungsphase, sodass der Patentlebenszyklus der Koaxialantriebe dem Idealverlauf nach Ernst entspricht und aufgrund der zunehmenden Patentaktivitäten einen Übergang in die Marktpenetrationsphase beschreibt.

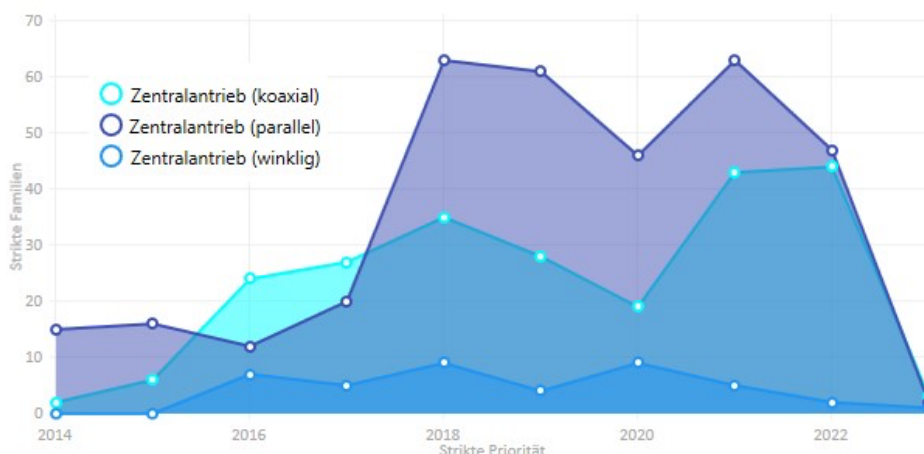


Abb. 5.14: Zeitlicher Verlauf der Erstanmeldungen der Zentralantriebe (Stand: 01.04.2024)

Die Anzahl der Erstanmeldungen im Bereich der Winkelantriebe ist konstant niedrig mit abnehmender Tendenz, sodass sich hier keine besonders auffällige Patentaktivität erkennen lässt. Dies lässt darauf rückschließen, dass diese

Technologie zum aktuellen Zeitpunkt weniger interessant ist. Alternativ könnten die Winkelantriebe auch die Phase der Entstehung noch vor sich haben, was jedoch aufgrund des erhöhten Bauraumbedarfs und der bereits bekannten Topologie unwahrscheinlich scheint.

5.3.2 Einzelradantriebe

Gemäß Abb. 5.15 zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Zentralantrieben, wobei auch hier der parallele Einzelradantrieb (152 Dokumente \approx 53 %) und der koaxiale Einzelradantrieb (93 Dokumente \approx 33 %) deutlich stärker vertreten sind als der winklige und der direkte Einzelradantrieb. Insbesondere die winklige Anordnung des Einzelradantriebes bildet eine Sonderform und wird aufgrund des höheren Bauraumbedarfs nur von wenigen Herstellern angemeldet. Ebenso scheint der direkte Antrieb des Fahrzeugrades durch jeweils eine E-Maschine aufgrund der hohen Drehmomentanforderungen an den Fahrzeugrädern nicht sinnvoll zu sein, da hier stärkere und somit größere Elektromotoren benötigt werden, was mit höheren Kosten und einem höheren Gewicht einhergeht. Ein Großteil der Unternehmen scheint daher auf eine getriebeübersetzte Anbindung der elektrischen Maschine zu setzen, wobei hier eine parallele Anordnung der beiden E-Maschinen bevorzugt wird.

Aus Abb. 5.16 ist zu entnehmen, dass die Anmeldezahlen, welche den parallelen Einzelradantrieb betreffen, weiterhin eine stark steigende Tendenz aufweisen. Auffällig ist, dass die Anzahl der Patentanmeldungen bei den parallelen Einzelradantrieben im Jahr 2020 keinen Einbruch wie bei den parallelen und koaxialen Zentralantrieben aufweisen. Dies könnte auf einen hohen Wettbewerb bei dieser Antriebstechnologie und somit eine besonders hohe Relevanz bei der Entwicklung hindeuten. Aufgrund des lokalen Maximums im Jahr 2018, kann der Zeitraum zwischen 2015 und 2018 als Entstehungsphase bezeichnet werden, wobei die anschließende Periode zwischen 2018 und 2020 aufgrund des leichten Rückgangs bzw. der Stagnation der Anmeldezahlen als Phase der Konsolidierung erklärt werden kann. Der drastische Anstieg der Patentanmeldungen seit 2020 könnte bereits ein Anzeichen für die Phase der Marktpenetration sein.

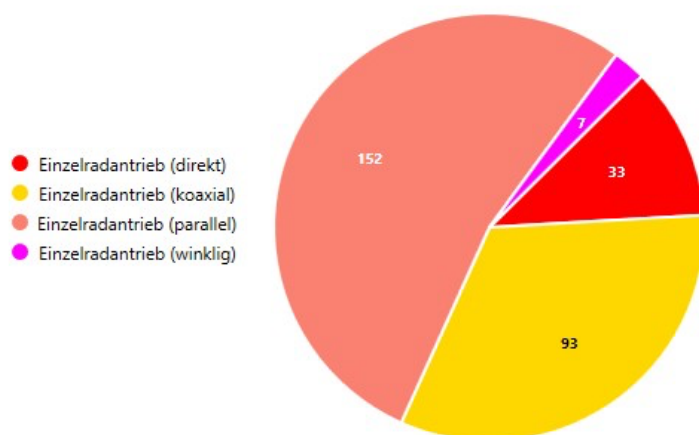


Abb. 5.15: Topologiebezogene Verteilung der Schutzrechte innerhalb der Einzelradantriebe

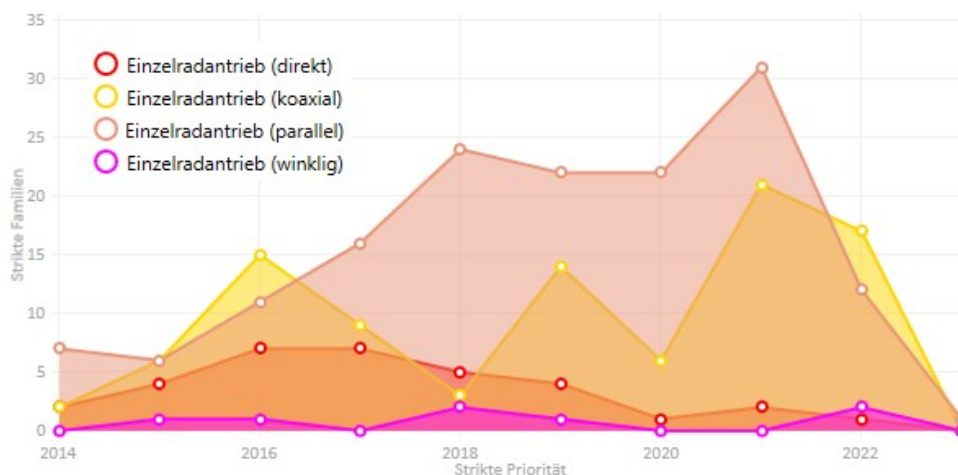


Abb. 5.16: Zeitlicher Verlauf der Erstanmeldungen der Einzelradantriebe (Stand: 01.04.2024)

Beim Koaxialantrieb sind neben dem Einbruch der Anmeldezahlen im Jahr 2020, welcher vermutlich auf die Covid-19-Pandemie zurückzuführen ist, auch ein starker Rückgang zwischen 2016 und 2018 zu erkennen, was auf eine Konsolidierungsphase hindeuten könnte. Somit kann die seit 2020 gestiegene Anzahl an Anmeldungen als ein Übergang in die Phase der Marktpenetration gedeutet werden.

Anders verhält sich dies hingegen bei den direkten Einzelradantrieben, welche im Vergleich zu den parallelen und koaxialen Einzelradantrieben eine deutlich niedrigere Anzahl an Patentanmeldungen mit abnehmender Tendenz aufweisen. Da die Anzahl der Patentanmeldungen über den betrachteten Zeitraum jedoch auf einem konstant niedrigen Niveau ist, kann hier keine zuverlässige Aussage über den Lebenszyklus angestellt werden, da nicht

abgeschätzt werden kann, ob hier noch die Phase der „Entstehung“ bevorsteht.

Da die winklige Anordnung des Einzelradantriebs eine Sonderform darstellt, kann bezüglich des Technologielebenszyklus ebenfalls keine zuverlässige Aussage getroffen werden. Da hier nur eine geringe Anzahl an Patentmeldungen vorliegt, könnte das auch auf das mangelnde Interesse der F&E-Abteilungen in Bezug auf dieses Antriebskonzept zurückzuführen sein.

5.3.3 Radnabenantriebe

Bei den Radnabenantrieben kann grundsätzlich zwischen den direkten Radnabenantrieben und den getriebeübersetzten Radnabenantrieben unterschieden werden. Fasst man den koaxialen und den parallelen Radnabenantrieb also unter dem Begriff getriebeübersetzter Radnabenantrieb zusammen, so ergibt sich, wie aus Abb. 5.17 ersichtlich, eine annähernd gleichmäßige Verteilung zwischen direktem Radnabenantrieb (164 Dokumente $\approx 47\%$) und den getriebeübersetzten Radnabenantrieben (186 Dokumente $\approx 53\%$). Im Rahmen der Auswertung hat sich jedoch gezeigt, dass eine weitere Unterteilung der getriebeübersetzten Radnabenantriebe in den koaxialen und den parallelen Radnabenantrieb aufgrund der hohen Anzahl an Dokumenten sinnvoll ist. Daraus erschließt sich, dass die Dokumente, welche eine koaxiale Anordnung der elektrischen Maschine (122 Dokumente $\approx 35\%$) beschreiben, überwiegen.

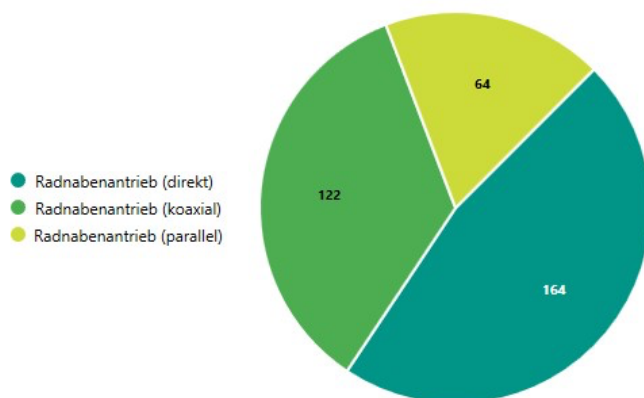


Abb. 5.17: Topologiebezogene Verteilung der Schutzrechte innerhalb der Einzelradantriebe

Wie der Abb. 5.18 zu entnehmen ist, weisen die Anmeldezahlen, welche den Radnabendirektantrieb betreffen, ein konstantes Niveau mit leicht steigender Tendenz auf. Wie bereits bei den parallelen Einzelradantrieben beobachtet wurde, kann auch bei den direkten Radnabenantrieben kein signifikanter Einbruch der Anmeldezahlen im Jahr 2020 festgestellt werden. Dies könnte

ebenfalls ein Hinweis darauf sein, dass diese beiden Antriebskonzepte besonders relevant für die Automobilindustrie sind und hier ein großer Wettbewerb zwischen den einzelnen Herstellern herrscht. Betrachtet man den Verlauf unter der Annahme, dass der Zeitraum zwischen 2018 und 2021 aufgrund der Stagnation der Anmeldezahlen auf eine Konsolidierungsphase hindeutet, so kann der sich dezent abzeichnende Anstieg der Anmeldezahlen im Jahr 2022 bereits als erstes Anzeichen für eine Marktdurchdringung interpretiert werden.

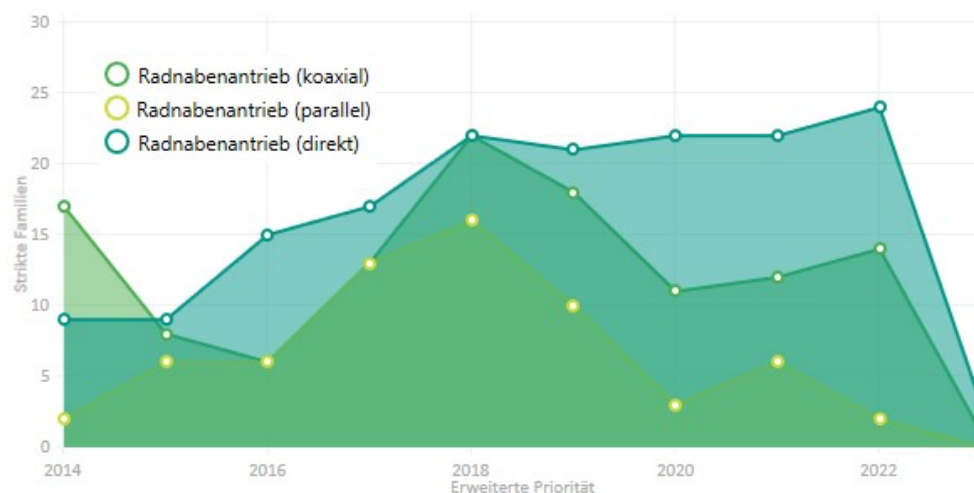


Abb. 5.18: Zeitlicher Verlauf der Erstanmeldungen der Radnabenantriebe (Stand: 01.04.2024)

Bei den koaxialen Radnabenantrieben ist hingegen zwischen 2014 und 2016 ein deutlicher Rückgang der Anmeldezahlen zu erkennen, welcher als Konsolidierungsphase gedeutet werden könnte, da der nachfolgende starke Anstieg der Anmeldezahlen bis 2018 noch dem Idealverlauf nach Ernst entspricht. Allerdings weicht der erneute Rückgang der Anmeldezahlen zwischen 2018 und 2020 von dem idealtypischen Verlauf ab. Bei den parallelen Radnabenantrieben hingegen scheint die Phase der Konsolidierung erst in der Periode von 2018 bis 2020 stattgefunden zu haben. Aufgrund der stark ähnlichen Verläufe der koaxialen und parallelen Radnabenantriebe wird deshalb auch für die koaxialen Radnabenantriebe die Phase der Konsolidierung in dem Zeitraum zwischen 2018 und 2020 vermutet. Der leichte Anstieg der Anmeldezahlen beider Topologien seit 2020 könnte somit bereits auf ein Ende der Konsolidierungsphase hindeuten.

Auffällig ist, dass der Höchststand der Patentanmeldungen bei den getriebeübersetzten Radnabenantrieben im Jahr 2018 konträr zu dem Peak im Jahr 2018 bei den koaxialen Einzelradantrieben aus Abb. 5.16 ist. Möglicherweise haben hier die F&E-Abteilungen durch eine Neuausrichtung der Entwicklungstätigkeiten ihren Fokus, weg von den koaxialen

Einzelradantrieben, hin zu den getriebeübersetzten Radnabenantrieben gerichtet. Eine mögliche Ursache hierfür könnte in der höheren Effizienz sowie dem geringeren Bauraumbedarf der Radnabenantriebe gegenüber den Einzelradantrieben liegen, wie dies als Ergebnis in mehreren Untersuchungen zu den einzelnen Antriebstopologien festgestellt werden konnte.

Beispielsweise haben Wang et al. (2018) in einer Studie festgestellt, dass die Radnabenantriebe basierend auf verschiedenen Fahrzyklen um bis zu 10 % weniger Energie verbrauchen. In Ermangelung jeglicher Getriebe müssen die Radnabenmotoren jedoch mit niedrigen Drehzahlen bei gleichzeitiger Bereitstellung eines großen Drehmoments arbeiten, was in einem geringen Motorwirkungsgrad resultiert [100]. Diese Erkenntnis könnte möglicherweise ein Grund dafür sein, weshalb der Fokus zwischenzeitlich auf die getriebeübersetzten Radnabenantriebe gerichtet wurde.

In einer weiteren Studie von Kuhlmann et al. (2013) konnte der Radnabenantrieb anhand einer Nutzwertanalyse technisch betrachtet als die beste Variante identifiziert werden, welche sich vor allem durch eine optimale Ausnutzung des Bauraumes sowie eine hohe Effizienz auszeichnet. Aufgrund der zum Zeitpunkt der Studie hohen Kosten für Radnabenantriebe, wurde der radnahe Einzelradantrieb in der Gesamtwertung jedoch besser bewertet, da für diesen konstruktionsbedingt schneller verfügbare und kostengünstigere Standardkomponenten verwendet werden können [25]. Dies könnte auch das zunächst gestiegene Interesse bei den Einzelradantrieben, insbesondere des koaxialen Einzelradantriebes, in den Jahren 2015/2016 (Abb. 5.16) erklären.

5.4 Länderspezifische Auswertung

Um einen Überblick darüber zu erhalten, welche Antriebstopologien in welchen Ländern bevorzugt angemeldet wurden, wurden die drei anmeldestärksten Länder China, Deutschland und USA nach Abb. 5.7 untersucht. Durch die länderbezogene Auswertung soll überprüft werden, ob in den genannten Ländern eine Anmeldungshäufung bei einzelnen Antriebstopologien zu erkennen ist und ob in unterschiedlichen Ländern verschiedene Antriebskonzepte bevorzugt angemeldet werden. Wie bereits in Kapitel 5.2.1 erwähnt, ist eine länderspezifische Betrachtung aufgrund der unterschiedlichen Anmeldestrategien der Unternehmen kritisch zu bewerten, wird jedoch nachfolgend geduldet.

5.4.1 China

Gemäß Abb. 5.19 ist zu erkennen, dass zum parallelen Zentralantrieb über den gesamten Betrachtungszeitraum Schutzrechtsanmeldungen in China eingereicht wurden, wobei insbesondere in den Jahren 2018 bis 2022 eine

überhöhte Anzahl an Anmeldungen zu verzeichnen ist. Seit 2016 wird zudem auch der koaxiale Zentralantrieb verstärkt angemeldet.

Eine interessante Entwicklung ist hierbei auch bei den Radnabenantrieben, insbesondere beim direkten und getriebeübersetzten, koaxialen Radnabenantrieb, zu erkennen, welche über den gesamten Zeitraum kontinuierlich angemeldet wurden und seit 2017 ebenfalls erhöhte Anmeldezahlen aufweisen. Dies könnte daran liegen, dass die chinesische Automobilindustrie stärker im Kleinwagensegment, z. B. Wuling Hongguang Mini EV oder BYD Seagull, vertreten ist. Dies bestätigen auch die Verkaufszahlen, welche im Jahr 2023 bei den kleineren und mittleren Fahrzeuggrößen in China mit einem Anteil von über 50 % immer noch deutlich höher sind als in Europa oder den USA, weshalb hier gerade bauraumsparende Antriebskonzepte weiterhin von hohem Interesse sein dürften.

Allerdings zeichnet sich auch in China ein Trend hin zu größeren Fahrzeugklassen, insbesondere SUVs, ab, deren Anteil sich gegenüber dem Jahr 2018 fast verdoppelt hat, was auch die zunehmenden Anmeldezahlen bei den Zentralantrieben sowie den Einzelradantrieben, insbesondere den parallelen Einzelradantrieben erklären würde [101]. Somit scheint man in China neben dem koaxialen und direkten Radnabenantrieb verstärkt auch auf den koaxialen und parallelen Zentralantrieb zu setzen.

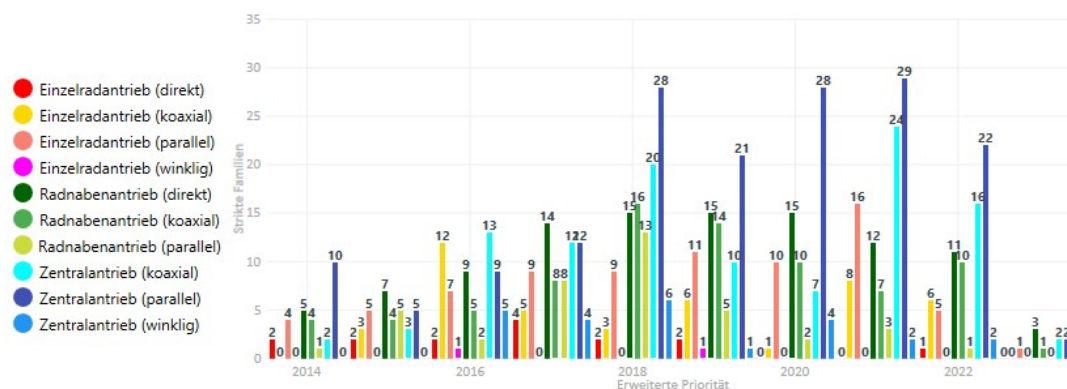


Abb. 5.19: Anzahl und Verteilung aller Schutzrechtsanmeldungen in China (Stand: 01.04.2024)

5.4.2 Deutschland

Bei den Anmeldezahlen der deutschen Patentanmeldungen kann, wie in Abb. 5.20 zu sehen, eine deutliche Überhöhung bei den koaxialen und parallelen Zentralantrieben erkannt werden. Zudem scheinen seit 2019 auch die Patentanmeldungen zu den koaxialen und parallelen Einzelradantrieben zuzunehmen.

Ein deutlicher Unterschied im Vergleich zu China ist hingegen bei den Radnabenantrieben festzustellen, welche in Deutschland deutlich weniger angemeldet werden. Dies spricht auch für die in Deutschland beliebteren größeren Fahrzeugklassen, wie z. B. den Audi Q4 e-tron oder BMW iX1, welche aufgrund der größeren Fahrzeugkarosserie mehr Bauraum für den Antrieb bereitstellen, sodass hier die Bauraumprobleme in den Hintergrund rücken.

Zudem geht der Trend in Europa ebenfalls zu den größeren Fahrzeugklassen hin, deren Anteile bei den Gesamtverkaufszahlen von 2018 mit gerade einmal 20 % auf über 60 % im Jahr 2023 gestiegen sind [101]. Es kann somit festgestellt werden, dass in Deutschland neben dem parallelen Zentralantrieb zunehmend auch auf den koaxialen Zentralantrieb gesetzt wird. Zudem scheinen auch der koaxiale und der parallele Einzelradantrieb von zunehmendem Interesse zu sein.

5.4.3 USA

Auch in den USA, wie in Abb. 5.21 zu sehen, ist eine höhere Anmeldezahl bei den parallelen Zentralantrieben zu erkennen, welche zwischen 2015 und 2020 kontinuierlich zugenommen hat. Auffällig hierbei ist, dass seit 2021 eine deutliche Zunahme bei den koaxialen Einzelradantrieben zu erkennen ist, welche auch in China und in Deutschland zu erkennen ist.

Weiterhin sind die Anmeldezahlen der direkten Radnabenantrieben zwischen 2014 und 2017 leicht gestiegen und befinden sich seit 2017 auf einem annähernd konstanten Niveau. Auch bei den parallelen Einzelradantrieben ist seit 2014 ein nahezu konstanter Anstieg zu erkennen, wohingegen die Anmeldezahlen bei den koaxialen Einzelradantrieben seit 2016 eher rückläufig sind.

Wie anhand Anmeldezahlen aus dem Jahr 2021 zu erkennen ist, scheinen aktuell in den USA vor allem die parallelen und koaxialen Zentralantriebe sowie die parallelen Einzelradantriebe im Fokus zu stehen. Dies ist ebenfalls auf die stark zunehmende Anzahl größerer Fahrzeugklassen bei den Verkaufszahlen zurückzuführen, deren Anteile bei den Gesamtverkaufszahlen im Jahr 2018 mit knapp 20 % auf über 70 % im Jahr 2023 gestiegen sind. Hierbei sind seit 2023 auch erstmals Pick-ups mit einem Anteil von ca. 5 % an den Gesamtverkaufszahlen beteiligt [101].

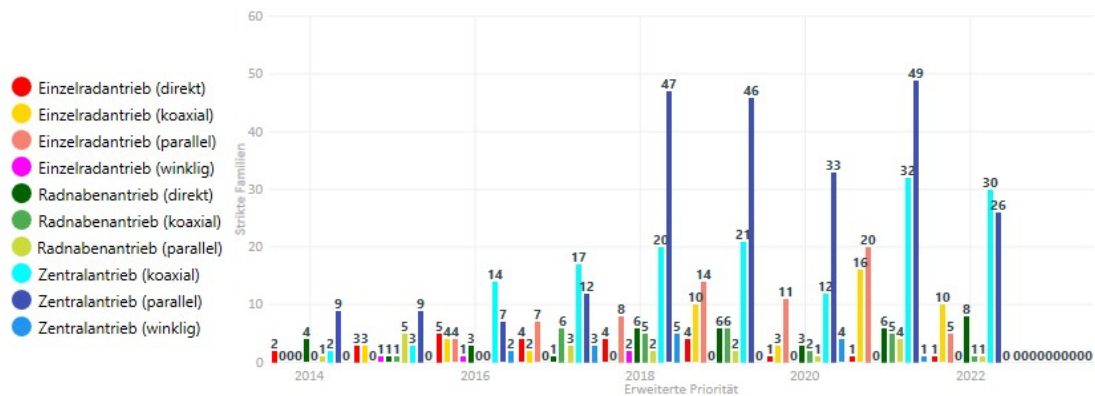


Abb. 5.20: Anzahl und Verteilung aller Schutzrechtsanmeldungen in Deutschland (Stand: 01.04.2024)

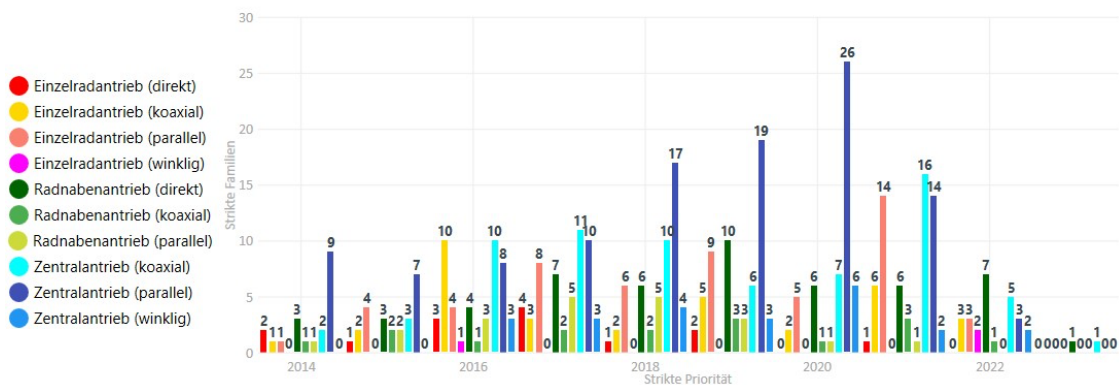


Abb. 5.21: Anzahl und Verteilung aller Schutzrechtsanmeldungen in USA (Stand: 01.04.2024)

5.5 Anmelderspezifische Auswertung

Weiterhin soll anhand der Anzahl an Patentfamilien der fünf anmeldungsstärksten Unternehmen nach Abb. 5.8 untersucht werden, ob bei verschiedenen Anmeldern ein unterschiedlicher Schwerpunkt bei der Entwicklung der Antriebstopologien vorliegt. Es ist davon auszugehen, dass unter den einzelnen Unternehmen unterschiedliche Anmeldestrategien angewendet werden, was im Rahmen der Auswertung nicht berücksichtigt wurde. Dennoch soll anhand von deutlichen Überhöhungen bei den Anmeldezahlen untersucht werden, welche Antriebstopologie fokussiert wurde. Es ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Patentanmeldungen signifikant steigt, wenn der Hersteller eine bestimmte Technologie priorisiert hat.

5.5.1 Schaeffler

Wie in Abb. 5.22 erkennbar ist, hat der deutsche Automobilzulieferer Schaeffler vor allem in den Jahren 2018/2019 massiv versucht, sich Schutzrechte verschiedener Antriebskonzepte im Bereich der parallelen Zentralantriebe zu sichern. Ebenso ist ersichtlich, dass auch die koaxialen Zentralantriebe eine erhöhte Anzahl an Patentanmeldungen zwischen 2016 und 2020 aufweisen. Seit 2019 scheint Schaeffler auch vermehrt im Bereich der Einzelrad- und Radnabenantriebe zu entwickeln, wobei die Anmeldezahlen im Bereich der Zentralantriebe deutlich zurückgegangen sind. Betrachtet man den Kundenkreis von Schaeffler, so zählen hier neben den deutschen Automobilherstellern, wie Audi, BMW, Mercedes, Porsche, Volkswagen, etc., unter anderem auch amerikanische Hersteller, wie Ford und General Motors, sowie asiatische Hersteller, wie Hyundai und Subaru, dazu [102]. Somit scheint Schaeffler für viele verschiedene Fahrzeugklassen und Fahrzeuggrößen entsprechende Antriebssysteme oder zumindest entsprechende Antriebskomponenten zur Verfügung zu stellen, was das breite Schutzrechtportfolio erklärt. Da ein Großteil der Kunden jedoch die deutsche Automobilindustrie bildet, scheint dies eine Erklärung für die bevorzugte Entwicklung der Zentralantriebe zu sein, wie dies bereits zuvor in Kapitel 5.4.2 festgestellt werden konnte.

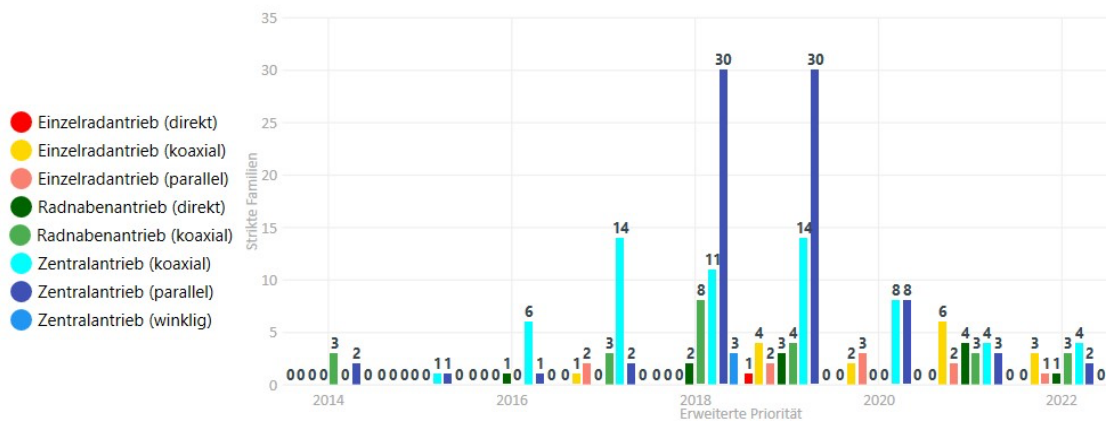


Abb. 5.22: Anzahl und Verteilung aller Patentfamilien von Schaeffler (Stand: 01.04.2024)

5.5.2 ZF Friedrichshafen

Ein ähnliches Bild ergibt sich auch bei dem zweiten deutschen Automobilzulieferer ZF, wobei aus Abb. 5.23 zu entnehmen ist, dass vor allem seit 2018 verstärkt Anmeldungen in verschiedenen Bereichen der Antriebstypologien eingereicht wurden. Dies könnte darauf hindeuten, dass ZF vor allem seit 2018 die Entwicklungsarbeit erhöht hat und sich zunächst an

unterschiedlichen Antriebstopologien versucht hat. In den nachfolgenden Jahren zeigt sich jedoch, dass auch bei ZF die Entwicklung der koaxialen und der parallelen Zentralantriebe, insbesondere in den Jahren 2021/2022, forciert wurde. Neben den Zentralantrieben scheint ZF zunehmend auch auf den parallelen und koaxialen Einzelradantrieb zu setzen, was anhand der konstant hohen Anmeldezahlen seit 2018 zu erkennen ist. Auffallend ist auch, dass ZF in den Jahren 2015 und 2021 mehrere Anmeldungen bei den parallelen Radnabenantrieben eingereicht hat. Vergleicht man die Anmeldezahlen von Schaeffler und ZF, fällt auf, dass Schaeffler deutlich stärker im Bereich der koaxialen und direkten Radnabenantriebe vertreten ist, wohingegen ZF eher im Bereich der parallelen Radnabenantriebe aktiv ist und bereits im Jahr 2015 mit einer erhöhten Anzahl an Patentanmeldungen versucht hat, diese Lücke für sich zu beanspruchen.

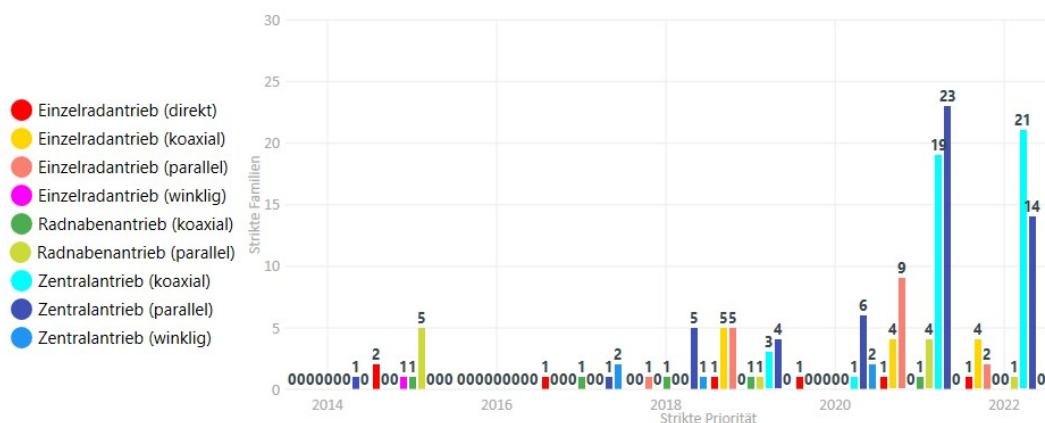


Abb. 5.23: Anzahl und Verteilung aller Patentfamilien von ZF (Stand: 01.04.2024)

5.5.3 NTN Corporation

Ein deutlicher Unterschied zu den deutschen Zulieferern ist beim japanischen Automobilzulieferer NTN zu erkennen, welcher größtenteils im Bereich der Radnabenantriebe Anmeldungen platziert hat. Wie in Abb. 5.24 zu erkennen, wurde hier vor allem im Jahr 2014 eine hohe Anzahl von Schutzrechten bei den koaxialen Radnabenantrieben eingereicht. Zudem konnte 2014 auch eine erhöhte Anzahl von Anmeldungen bei den parallelen Einzelradantrieben ausgemacht werden. Seit 2016 scheint der Fokus allerdings eher auf den parallelen Radnabenantrieben zu liegen, wohingegen die Anzahl der Anmeldungen bei den direkten und koaxialen Radnabenantrieben deutlich zurückgegangen ist, was ein weiteres Indiz dafür sein könnte, dass gerade im asiatischen Raum den Radnabenantrieben eine besondere Bedeutung zukommt. Dies bestätigt auch eine 2018 von NTN bekannt gegebene

Kooperation mit dem chinesischen Unternehmen FAST, welches leichte Elektrofahrzeuge mit Radnabenantrieben herstellen will [103]. Was auch den deutlichen Peak bei den parallelen Radnabenantrieben im Jahr 2018 erklären würde.

5.5.4 Audi

Wie in Abb. 5.25 dargestellt, ergibt sich auch beim Automobilhersteller Audi ein ähnliches Ergebnis wie bei den beiden deutschen Zulieferern Schaeffler und ZF, wobei auch bei Audi der parallele Zentralantrieb seit 2018 priorisiert wird. Insbesondere in den Jahren 2016 bis 2019 hat Audi scheinbar an vielen der Antriebstopologien gleichzeitig geforscht und entwickelt, wobei hier gerade bei den Einzelradantrieben und auch den Radnabenantrieben einige Patentanmeldungen entstanden sind. Auffällig hierbei ist, dass seit 2019 kaum noch Anmeldungen im Bereich dieser beiden Antriebstopologien getätigt wurden. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass sich diese Antriebskonzepte nicht durchgesetzt haben. Beispielsweise setzt Audi beim e-tron GT auf einen zentralen Parallelantrieb mit Zweiganggetriebe an der Hinterachse sowie einen zentralen Koaxialantrieb an der Vorderachse [104]. Auch beim Audi Q6 e-tron wird ein paralleler Zentralantrieb mit Festgetriebe an Vorder- und Hinterachse eingesetzt [105]. Somit scheint zumindest bei Audi der Zentralantrieb, insbesondere der Parallelantrieb, ein zentrales Antriebskonzept zu sein, was auch die stark gestiegenen Anmeldezahlen seit 2018 in diesem Bereich erklären würde.

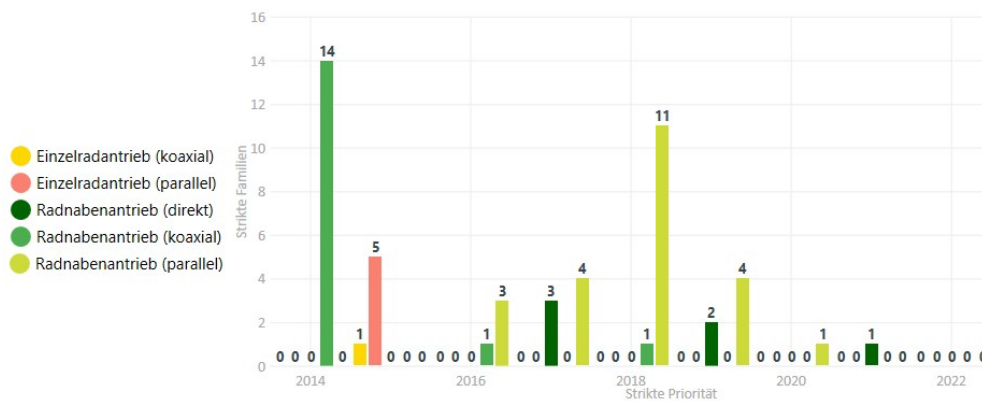


Abb. 5.24: Anzahl und Verteilung aller Patentfamilien von NTN (Stand: 01.04.2024)

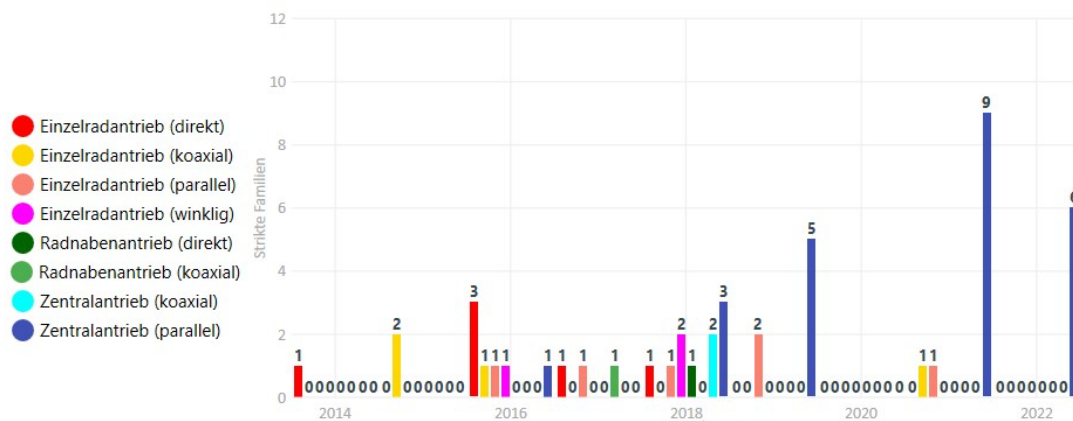


Abb. 5.25: Anzahl und Verteilung aller Patentfamilien von Audi (Stand: 01.04.2024)

5.5.5 Toyota

Bei Toyota hingegen ist, wie in Abb. 5.26 gezeigt, zu erkennen, dass neben dem parallelen und dem winkligen Zentralantrieb ebenfalls der direkte und parallele Radnabenantrieb erhöhte Anmeldezahlen aufweist. Scheinbar scheint Toyota an mehreren verschiedenen Antriebskonzepten zu entwickeln, wobei anhand der Anzahl an Patentfamilien noch kein bevorzugtes Antriebskonzept identifiziert werden kann. Toyotas aktuell einzig verfügbares elektrisches Serienmodell bZ4X aus der bZ-Modellreihe nutzt allerdings eine in Kooperation mit BluE, AISIN, and DENSO entwickelte elektrische Achse, welche auf einem parallelen Zentralantrieb basiert [106]. Laut Toyota sind bis 2026 sechs weitere vollelektrische Fahrzeugmodelle geplant [107], welche möglicherweise mit einem eigenen von Toyota entwickelten Antriebskonzept ausgestattet sein könnten. Scheinbar sind hier neben den Zentralantrieben auch die Radnabenantrieben vom erhöhten Interesse.

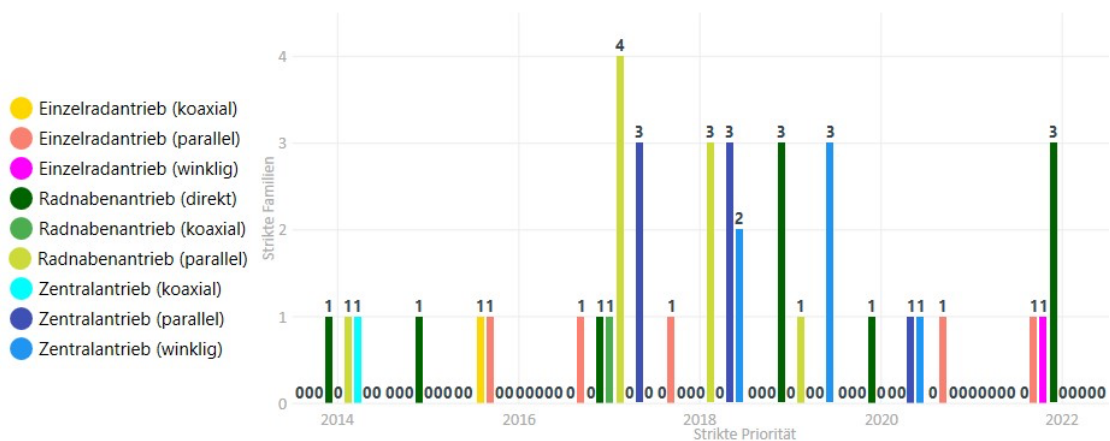


Abb. 5.26: Anzahl und Verteilung aller Patentfamilien von Toyota (Stand:01.04.2024)

5.6 Ermittlung von Innovationsschwerpunkten anhand von Schlüsselpatenten

In einer weiterführenden bibliographischen Patentanalyse sollen anhand zuvor aufgestellter Bewertungskriterien diejenigen Patente identifiziert werden, welche einen hohen Qualitätswert besitzen. Patente, die einen besonders hohen Qualitätswert aufweisen, können als „Schlüsselpatente“ bezeichnet werden und können somit als Indikator für tatsächlich genutzte Antriebstopologien herangezogen werden. Anhand dieser wenigen Schlüsselpatente soll anschließend eine Aussage über bevorzugte Antriebskonzepte getroffen und ein möglicher Trend abgeschätzt werden.

5.6.1 Bewertungskriterien

Durch das Aufstellen von Bewertungskriterien soll das recherchierte Ergebnis auf eine geringe Anzahl an Patentmeldungen reduziert werden, welche potenzielle, qualitativ hochwertige Schutzrechte bilden. Hierbei ist es entscheidend, dass alle Schutzrechte herausgefiltert werden, welche diese Bewertungskriterien nur teilweise oder nicht erfüllen. Es sei darauf hingewiesen, dass die nachfolgenden Bewertungskriterien allesamt auf den bibliographischen Daten der Patentedokumente basieren und für sich betrachtet nicht ausreichen, um auf den tatsächlichen Wert des Patentbesitzes zu schließen. Vielmehr soll durch die Kombination der verschiedenen Bewertungskriterien die Gefahr einer Fehl- bzw. Überbewertung einzelner Patente anhand der zur Verfügung stehenden bibliografischen Daten reduziert werden, sodass eine Grobeinschätzung bezüglich möglicher Trends vorgenommen werden kann. Dieses Vorgehen ist nicht mit einer klassischen Patentbewertung zu verwechseln, bei welcher eine intensive Aus- und Bewertung jedes einzelnen Patentbesitzes durchgeführt wird.

5.6.1.1 Schutzrechtsart

Als erstes Bewertungskriterium kann die Schutzrechtsart dienen. Wie bereits in Kapitel 2.1 vorgestellt, können die technischen Schutzrechte in Patente und Gebrauchsmuster unterteilt werden. Da Patentanmeldungen hinsichtlich Schutzbereich und Schutzrechtsdauer einen deutlichen Vorteil gegenüber Gebrauchsmustern haben, werden in der Regel nur Erfindungen zum Patent angemeldet, bei denen eine reelle Erteilungschance besteht. Es ist daher davon auszugehen, dass Gebrauchsmuster in der Regel nur für Erfindungen eingereicht werden, welche eine untergeordnete Rolle spielen oder deren Entwicklungsaufwand und -kosten gering sind. Prinzipiell besteht jedoch ein geringes Restrisiko, dass aus einem Gebrauchsmuster durch die Nutzung des Prioritätsanspruches innerhalb der Prioritätsfrist von 12 Monaten nach Einreichung der Erstanmeldung auch noch ein wertvolles Patent hervorgehen

kann. Dieses Risiko wird jedoch trotzdem als eher gering eingestuft, da viele große Unternehmen ihre Innovationen in der Regel direkt durch eine Patentanmeldung schützen lassen, da der Aufwand zur Ausarbeitung einer Gebrauchsmusteranmeldung mit dem einer Patentanmeldung vergleichbar ist. Aufgrund dessen, dass ein Großteil der Schutzrechte Patentanmeldungen sind, ist dieses Kriterium allein nicht ausreichend, um eine Aussage über die Wertigkeit treffen zu können.

5.6.1.2 Rechtsstand

Als weiteres Kriterium kann der Rechtsstand herangezogen werden, hierbei sollen vor allem Schutzrechte identifiziert werden, welche bereits ein Prüfungsverfahren erfolgreich durchlaufen haben und somit ein erteiltes und rechtsbeständiges Schutzrecht bilden. Zudem können diejenigen Patente aussortiert werden, welche bereits erloschen und somit für die Patentbewertung uninteressant sind. Für die Erteilung des Schutzrechtes muss stets ein Prüfungsverfahren durchlaufen werden, welches mit zusätzlichen Kosten verbunden ist. Nach Erteilung des Patentbesitzes entstehen zusätzliche Kosten in Form von Jahresgebühren, um den Patentschutz aufrecht zu halten. Es ist daher davon auszugehen, dass nur Patente von den Unternehmen zur Erteilung gebracht werden, hinter welchen ein ernsthaftes wirtschaftliches Interesse steht. Kritisch zu sehen ist jedoch die Tatsache, dass gerade bei neueren Patentschriften noch kein Prüfungsantrag gestellt wurde oder sich diese noch im laufenden Prüfungsverfahren befinden und somit deren Ausgang nicht vorhersehbar ist. Dies muss bei der Anwendung dieses Bewertungskriteriums mitberücksichtigt werden, sodass neben den erteilten auch die veröffentlichten und somit ungeprüften Dokumente mit in Betracht gezogen werden müssen. Weiterhin ist zu beachten, dass gerade bei größeren Patentfamilien einzelne Familienmitglieder einen unterschiedlichen Rechtsstand aufweisen, sodass hier eine entsprechende Grenze für die Anzahl der erteilten bzw. toten Familienmitglieder innerhalb größerer Patentfamilien festgelegt werden muss.

5.6.1.3 Größe der Patentfamilie

Die Patentfamilie umfasst alle Länder, in denen ein Patentschutz für eine Erfindung begehrt wird. Da eine große Patentfamilie ebenfalls mit einem erhöhten Kostenaufwand, insbesondere Amts- und Anwaltskosten, verbunden sind, kann einer Patentschrift mit einer großen Patentfamilie ebenfalls ein hoher Patentwert zugerechnet werden. In Anlehnung an die Studie von Guellec und van Pottelsberghe de la Potterie (2000) können EP-Anmeldungen sowie PCT-Anmeldungen, aus welchen eine EP-Anmeldung hervorgegangen ist, einen hohen Wert aufweisen. Als weitere Einschränkung kann auch eine Mindestanzahl an nationalen Patentanmeldungen festgelegt werden, falls die

Patentfamilie keine PCT- oder EP-Anmeldung umfasst [108]. Hierzu muss festgelegt werden, welche Länder bzw. Patentanmeldungen als Bewertungskriterium herangezogen werden. Dies setzt jedoch voraus, dass diese Informationen bereits zum Bewertungszeitpunkt bekannt sind. Somit ergibt sich auch bei diesem Bewertungskriterium gerade bei jüngeren Schutzrechten eine hohe Unsicherheit, da die einzelnen Länder bei der EPAnmeldung und der PCT-Anmeldungen zu Beginn noch nicht festgelegt werden müssen und somit noch nicht erfassbar sind. Bei EP- Anmeldungen beträgt die Frist für die Validierung drei Monate nach der Erteilung und bei PCT-Anmeldungen üblicherweise 30 Monate ab dem Prioritätsdatum.

5.6.2 Festlegung der Bewertungskriterien

Anhand der zuvor aufgestellten Bewertungskriterien soll das gesamte Ergebnis der Recherche auf Schlüsselpatente hin untersucht werden. Da die Bewertungskriterien bei einer uneingeschränkten Anwendung jedoch allesamt Unsicherheiten mit sich bringen, ist es erforderlich, diese, wenn möglich, in sinnvoller Weise einzuschränken. Hierzu wurde ein eigens entwickelter Bewertungsrahmen für die einzelnen Bewertungskriterien aufgestellt, welcher wie folgt definiert wurde:

Schutzrechtsart: Patentschriften

Rechtsstand: erteiltes EP-Patent > mindestens 50% erteilte und/oder veröffentlichte Familienmitglieder; Ausschlusskriterium: erloschenes EP-Patent

Patentfamilie: EP-Anmeldung > PCT-Anmeldung mit mindestens einer EP-Anmeldung und/oder mindestens zwei nationalen Anmeldungen in einem der Schlüsselländer DE, US oder CN

Durch die Anwendung der Bewertungskriterien konnten von den insgesamt 1157 recherchierten Druckschriften 215 potenzielle Schlüsselpatente identifiziert werden, welche allesamt die Bewertungskriterien erfüllen und somit eine besonders hohe Relevanz bei der Betrachtung der verschiedenen Antriebstopologien aufweisen. Wie in Abb. 5.27 dargestellt, ist auch bei den Schlüsselpatenten seit 2016 eine starke Überhöhung bei den parallelen Zentralantrieben festzustellen, wodurch die bisher erlangten Erkenntnisse bezüglich der Priorisierung dieser Topologie bestätigt werden können. Weiterhin ist zu erkennen, dass auch bei den parallelen Einzelradantrieben sowie den koaxialen Zentralantrieben seit 2016 eine konstant hohe Anzahl an Schlüsselpatenten zu verzeichnen ist. Zwischen 2017 und 2020 wurden auch verstärkt bei den direkten Radnabenantrieben Anmeldungen mit einer hohen Relevanz eingereicht.

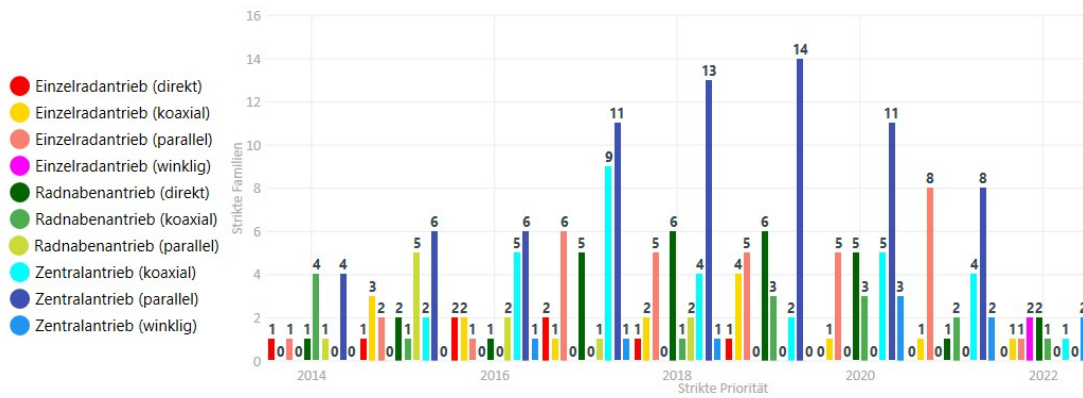


Abb. 5.27: Anzahl und Verteilung der Schlüsselpatente (Stand: 01.07.2024)

5.7 Zwischenergebnis

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass im Bereich der Zentralantriebe fast doppelt so viele Anmeldungen eingereicht werden wie bei den Einzelrad- und Radnabenantrieben. Während bei den Radnabenantrieben die Anzahl der Anmeldungen seit 2018 gesunken und seitdem annähernd konstant ist, sind bei den Einzelradantrieben seit 2021 zunehmende Anmeldezahlen zu verzeichnen.

Im Bereich der Zentralantriebe scheinen sich auf lange Sicht eher der parallele oder koaxiale Zentralantrieb durchzusetzen, wohingegen der Winkelantrieb aus Patentsicht eher uninteressant zu sein scheint. Bei den Einzelradantrieben scheint sich der Entwicklungsschwerpunkt ebenfalls in Richtung der parallelen und koaxialen Einzelradantriebe zu verlagern. Aufgrund der sehr geringen Anmeldezahlen bilden die winkligen und direkten Einzelradantriebe eher eine Sonderform, welcher bis dato ein geringeres Interesse bei der Entwicklung zukommt. Die Radnabenantriebe weisen eine konstant hohe Anzahl an Patentanmeldungen im Bereich der direkten Radnabenantriebe auf, wohingegen die Anzahl der Patentanmeldungen bei den getriebeübersetzten Radnabenantrieben zurückgegangen ist.

In der Gesamtbetrachtung sind somit vor allem der parallele und koaxiale Zentralantrieb, der parallele Einzelradantrieb und der direkte Radnabenantrieb die vorherrschenden Antriebstopologien. Durch die Identifikation von Schlüsselpatenten konnten ebenfalls Entwicklungsschwerpunkte bei den zuvor genannten Antriebstopologien festgestellt und somit die Ergebnisse bestätigt werden.

Unter der Annahme, dass ein direkter Zusammenhang zwischen den F&E-Aktivitäten eines Unternehmens und der Anzahl der daraus resultierenden Erfindungen besteht, kann basierend daraus der Technologielebenszyklus mittels der Anmeldezahlen von Patentanmeldungen beschrieben werden [99]. Bezieht man den Technologielebenszyklus der einzelnen Antriebskonzepte in die Gesamtbetrachtung mit ein, so sind, wie in Tab. 5.1 zu erkennen, bei den einzelnen Topologien unterschiedliche Phasen des Patentlebenszyklus erreicht. Hierbei ist festzustellen, dass bei allen Antriebstopologien mit einer auffälligen Patentaktivität die Entstehungsphase bereits abgeschlossen ist. Zusammengefasst kann prognostiziert werden, dass insbesondere bei den koaxialen Zentralantrieben sowie den parallelen und koaxialen Einzelradantrieben es aktuell zu starken Bewegungen kommt, was auf eine beginnende Marktpenetration hindeuten könnte. Somit ist zu erwarten, dass hier in den nächsten Jahren weitere Unternehmen Patentanmeldungen platzieren und somit mit weiterhin steigenden Anmeldezahlen zu rechnen ist.

Diese Erkenntnis könnte daher als Ansatz bei der Ausrichtung der F&E-Aktivitäten von Unternehmen im Bereich der elektrischen Antriebsstränge genutzt werden.

Bei den parallelen Zentralantrieben sowie den direkten Radnabenantrieben könnte aufgrund der leicht steigenden Anmeldezahlen ebenfalls bereits der Beginn der Marktpenetration stattfinden. Aus der Sicht des Technologielebenszyklus kann die konstant hohe Anzahl der Patentanmeldungen jedoch auch bereits auf eine Reifephase hindeuten. Bei den getriebeübersetzten Radnabenantrieben verhält es sich ähnlich, wobei hier die Konsolidierungsphase aufgrund des starken Rückgangs eindeutiger zu erkennen ist. Aufgrund der zunehmenden Anmeldezahlen dürfte auch hier in naher Zukunft gemäß der Annahme nach Ernst eine zunehmende Anzahl an Patentanmeldungen zu erwarten sein.

Tab. 5.1: Beschreibung der Lebenszyklusphasen der Antriebstopologien nach Ernst

Topologien	Anordnung	Anmeldezahlen	Lebenszyklusphase
Zentralantrieb	winklig	abnehmend, niedrig	keine erkennbar
	parallel	konstant, hoch	Konsolidierung/Markteintritt
	koaxial	zunehmend, hoch	Markteintritt
Einzelradantrieb	direkt	abnehmend, niedrig	keine erkennbar
	parallel	zunehmend, hoch	Markteintritt
	koaxial	zunehmend, hoch	Konsolidierung/Markteintritt
Radnabenantrieb	direkt	konstant, hoch	Konsolidierung/Markteintritt
	parallel	abnehmend, hoch	Konsolidierung
	koaxial	abnehmend, hoch	Konsolidierung

Beim winkligen Zentralantrieb sowie beim direkten Einzelradantrieb scheint das Interesse seitens der Industrie eher zurückhaltend zu sein. Alternativ könnte die geringe Anzahl an Patentanmeldungen auch darauf hindeuten, dass das Entwicklungspotenzial der bereits bekannten Antriebstopologien ausgeschöpft ist. Es ist daher zu erwarten, dass hier in naher Zukunft keine großen Veränderungen bei den Anmeldezahlen zu erwarten sind.

Auffällig ist, dass bei fast allen Antriebstopologien ein Rückgang bei den Anmeldezahlen zwischen 2018 und 2020 stattgefunden hat, wobei insbesondere im Jahr 2020 bei vielen ein signifikanter Einbruch erkennbar ist. Hier weist das Modell von Ernst seine Schwächen auf, da der Einbruch im Jahr 2020 fälschlicherweise als Konsolidierungsphase gedeutet werden kann. Wahrscheinlicher jedoch ist, dass der Einbruch durch die Covid-19-Pandemie bedingt ist und die Unternehmen aufgrund der wirtschaftlichen Lage ihre Patentaktivitäten reduziert haben. Nichtsdestotrotz weisen die Perioden vor und nach dem pandemiebedingten Einbruch den idealtypischen Verlauf auf, sodass unter diesen Umständen das Modell von Ernst trotzdem angewandt werden kann, um eine grobe Abschätzung der zukünftigen Patentaktivitäten zu erhalten.

Unter Berücksichtigung der anmeldestärksten Länder ist ersichtlich, dass in unterschiedlichen Ländern unterschiedliche Antriebskonzepte vermehrt angemeldet wurden. So sind in China neben den koaxialen und parallelen Zentralantrieben, vor allem auch die Radnabenantriebe verstärkt angemeldet worden. Wohingegen in Deutschland deutlich stärker auf den koaxialen und parallelen Zentralantrieb sowie zunehmend auch auf den parallelen und koaxialen Einzelradantrieb gesetzt wird. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch für die USA, wobei hier anstelle des koaxialen Einzelradantriebes vermehrt auch Anmeldungen beim direkten Radnabenantrieb zu beobachten sind. Analog hierzu kann auch bei den anmeldestärksten Unternehmen ein vergleichbarer Trend beobachtet werden. Während die deutschen Unternehmen vermehrt Anmeldungen bei den Zentralantrieben einreichen, stehen bei den asiatischen Unternehmen eher die Radnabenantriebe im Vordergrund.

6. Fazit und Ausblick

Aufgrund der individuellen Gestaltungs- und Anordnungsmöglichkeiten von elektrischen Maschinen existieren eine Vielzahl von unterschiedlichen Antriebstopologien im Bereich der elektrischen Antriebsstränge, was eine Auswahl des richtigen Antriebskonzepts erschwert. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, durch die Analyse von Patentdokumenten eine Übersicht über die verschiedenen Antriebstopologien zu schaffen und diese in einer strukturierten Form darzustellen, um daraus Innovationsströmungen zu identifizieren und zu bewerten.

Hierzu wurde zunächst in Kapitel 3.2 eine Literaturrecherche durchgeführt und untersucht, ob sich aus der Literatur eine einheitliche und allgemeingültige Unterteilung der einzelnen Topologien ableiten lässt. Anschließend wurde eine an das zu untersuchende Technologiefeld adaptierte Patentrecherche durchgeführt, aus deren Ergebnis in Kapitel 4 eine repräsentative Teilmenge an Patentdokumenten ausgewählt und qualitativ ausgewertet wurde. Hierbei wurden vor allem der Kraftübertragungsweg sowie die Anordnung der elektrischen Maschine untersucht und auf alternative Ausführungsvarianten oder weitere Unterteilungsmöglichkeiten hin überprüft. Die ausgewählten Druckschriften wurden entsprechend der zuvor erarbeiteten Untergliederung einsortiert sowie deren prinzipieller Aufbau kurz vorgestellt. Anschließend wurden alternative Einteilungsmöglichkeiten ermittelt und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit bewertet.

In Kapitel 5 wurde eine quantitative Auswertung, basierend auf der zuvor festgelegten Unterteilung der Antriebstopologien, durchgeführt, wobei durch die Betrachtung unterschiedlicher bibliographischer Daten die Innovationsströmungen der einzelnen Antriebskonzepte untersucht wurden. Hierzu wurde einerseits das Rechercheergebnis ganzheitlich betrachtet und hinsichtlich der Qualität der recherchierten Dokumente bewertet. Weiterhin wurden anhand der Anzahl der Patentanmeldungen die anmeldestärksten Länder und Unternehmen identifiziert, welche in einem weiteren Schritt für eine länder- und anmelderspezifische Auswertung herangezogen wurden. Durch eine topologiebezogene Auswertung wurden zudem die einzelnen Antriebstopologien untersucht, wobei deren zeitlicher Verlauf, basierend auf dem Patentlebenszyklus nach Ernst, analysiert wurde, um daraus eine Aussage über die Innovationsströmungen der einzelnen Topologien abzuleiten. In einer abschließenden Untersuchung wurden sogenannte „Schlüsselpatente“ identifiziert, indem das Ergebnis der Recherche mittels eigens festgelegter Bewertungskriterien nachgefiltert wurde, wobei anhand der Schlüsselpatente Innovationsschwerpunkte innerhalb der einzelnen Topologien ermittelt wurden.

Die Ergebnisse der Recherche zeigen, dass eine Vielzahl von verschiedenen Antriebskonzepten existiert, welche sich hinsichtlich ihrer Komponenten und Funktionen stark voneinander unterscheiden. Zudem wurde festgestellt, dass bei den einzelnen Antriebskonzepten eine Vielzahl von Ausführungsvarianten bestehen, welche sich in weitere Untergruppen untergliedern lassen. So konnten für die getriebeübersetzten Antriebe eine weitere Unterteilung nach Getriebeart, bei den Einzelradantrieben eine Unterteilung nach Getriebeanordnung und speziell bei den Radnabenantrieben eine zusätzliche Untergliederung nach Motorbauform als weitere sinnvolle Unterteilung ermittelt werden. Weiterhin konnte als alternative Unterteilungsmöglichkeit die Reihenfolge der Antriebskomponenten im Momentenpfad identifiziert werden, welche sich insbesondere aufgrund der verschiedenen Anordnungsvarianten für den Zentralantrieb anbietet. Alle identifizierten Unterteilungsmöglichkeiten berücksichtigen jedoch nur eine Auswahl aus der recherchierten Grundgesamtheit, sodass eine weitere Unterteilung der aus der Literatur ermittelten Aufteilung der Antriebstopologien zu einer Fehlinterpretation der Grundgesamtheit führen würde. Weiterhin hat es sich als sinnvoll herausgestellt, die getriebeübersetzten Radnabenantriebe aufgrund der hohen Anzahl an Druckschriften zusätzlich in die zwei Untergruppen

„koaxialer Radnabenantrieb“ und „paralleler Radnabenantrieb“ zu unterteilen. Diese Erkenntnis wurde in Form einer modifizierten Unterteilung der Antriebstopologien bei der anschließenden Auswertung berücksichtigt.

Im Rahmen der quantitativen Analyse konnte festgestellt werden, dass allgemein betrachtet die Zentralantriebe bereits in ihrer Entwicklungsphase weiter vorangeschritten sind als die Einzelradantriebe und die Radnabenantriebe. Unter der Berücksichtigung des Patentlebenszyklus konnte hierbei festgestellt werden, dass die Zentralantriebe bereits die Phase der Marktpenetration erreicht haben, während die Einzelrad- und Radnabenantriebe sich noch in der Konsolidierungsphase befinden. Dies bestätigt auch die Anzahl der Patentanmeldungen, welche bei den Zentralantrieben doppelt so hoch ist, wie bei den Einzelrad- und Radnabenantrieben. Weiterhin konnte durch eine Auswertung der einzelnen Antriebstopologien festgestellt werden, dass über den gesamten Betrachtungszeitraum der parallele Zentralantrieb die vorherrschende Antriebsvariante ist. Jüngste Entwicklungen zeigen jedoch, dass der parallele Zentralantrieb vor allem in Deutschland und USA durch den koaxialen Zentralantrieb überholt werden könnte. Durch die Auswertung des Patentlebenszyklus zeigt sich zudem, dass der Koaxialantrieb die Phase der Marktpenetration erreicht hat, sodass hier in den kommenden Jahren mit einer zunehmenden Anzahl an Patentanmeldungen gerechnet werden kann. Da bei einer Betrachtung des Patentlebenszyklus jedoch die gesamte

Grundgesamtheit berücksichtigt werden muss und zugleich unterschiedliche Anmeldestrategien verschiedener Unternehmen sowie äußere Einflüsse, wie z. B. Krisen, im Verlauf nicht berücksichtigt werden, können aus der alleinigen Betrachtung des Patentlebenszyklus keine allgemeingültigen Schlussfolgerungen gezogen werden. Dennoch liefert der Patentlebenszyklus für die weitere Betrachtungsweise wertvolle Ansätze, um zu einem aussagekräftigen Ergebnis bezüglich der Innovationsströmungen zu gelangen.

Weiterhin konnte festgestellt werden, dass neben den parallelen und koaxialen Zentralantrieben im asiatischen Raum vor allem die Radnabenantriebe von größerem Interesse sind, wohingegen in Deutschland und USA der Fokus eher auf den Einzelradantrieben liegt. Dies bestätigen auch die Untersuchungen der anmeldestärksten Unternehmen, wonach die deutschen Unternehmen ihren Fokus eher auf den Zentral- und Einzelradantrieb gerichtet haben, wohingegen die asiatischen Unternehmen verstärkt im Bereich der Zentral- und Radnabenantriebe Schutzrechte anmelden. Durch die Ermittlung von Schlüsselpatenten konnten zudem Entwicklungsschwerpunkte bei den parallelen Einzelradantrieben, den direkten Radnabenantrieben sowie den parallelen und koaxialen Zentralantrieben festgestellt werden.

Zusammenfassend ist vor allem bei den parallelen und koaxialen Zentralantrieben, aber auch bei den parallelen Einzelradantrieben und den direkten Radnabenantrieben eine erhöhte Patentaktivität zu erkennen, was als Indikator für eine verstärkte Entwicklungsarbeit in diesen Bereichen verstanden werden kann. Dies bestätigt auch die Auswertung der Schlüsselpatente, bei welcher die genannten Antriebstopologien ebenfalls eine entsprechende Überhöhung aufweisen und zudem aufgrund ihres hohen Patentwertes einen zuverlässigen Indikator für Innovationsschwerpunkte in einem Unternehmen abbilden. Weiterhin hat sich herausgestellt, dass bestimmte Antriebstopologien in unterschiedlichen Ländern und bei unterschiedlichen Unternehmen eine unterschiedliche Relevanz aufweisen, sodass sich hier unterschiedliche Innovationsströmungen und -schwerpunkte ableiten lassen.

In dieser Arbeit wurde untersucht, in welche Grundtopologien und etwaige Untergruppen sich die Antriebstopologien unterteilen lassen. Die Ergebnisse dieser Arbeit haben dabei gezeigt, dass für unterschiedliche Anforderungen verschiedene Antriebskonzepte bereitstehen, welche sich anhand deren Topologie in die drei übergeordneten Hauptgruppen, nämlich „Zentralantrieb“, „Einzelradantrieb“ und „Radnabenantrieb“, einteilen lassen. Diese konnten wiederum unter Berücksichtigung der Anordnung (koaxial, parallel, winklig) und der Momentenübertragung (direkt oder getriebeübersetzt) der elektrischen Maschine in weitere Untergruppen unterteilt werden, sodass sich eine strukturierte und übersichtliche Einteilung der Antriebstopologien ergibt,

welche für zukünftige Untersuchungen in diesem Bereich verwendet werden können.

Weiterhin wurde untersucht, welche Ausführungsvarianten in den einzelnen Kategorien existieren und ob sich daraus weitere oder alternative Unterteilungen ableiten lassen. Hierbei hat die qualitative Auswertung ergeben, dass bei den getriebeübersetzten Radnabenantrieben aufgrund der hohen Anzahl an Schutzrechtsanmeldungen eine weitere Unterteilung in „koaxial“ und „parallel“ sinnvoll ist. Zudem konnte gezeigt werden, dass sich einzelne Antriebskonzepte zwar weiter unterteilen lassen, dies jedoch unter Berücksichtigung der Grundgesamtheit nicht empfehlenswert ist, da durch die weitere Unterteilung das Gesamtergebnis bei der quantitativen Auswertung verfälscht werden würde. Dies liegt daran, dass die weitere Untergliederung nach Getriebeart, Motorbauform und Getriebeanordnung immer nur eine Teilmenge der Gesamtheit berücksichtigt. Ebenso hat sich gezeigt, dass eine alternative Einteilung der Antriebskonzepte gemäß Tab. 4.1 zwar für einen groben Überblick genügt, sich für ein aussagekräftiges Ergebnis jedoch nicht anbietet, da hier lediglich die Zentralantriebe weiter untergliedert werden können, die Anordnung bei den Einzelrad- und Radnabenantrieben aufgrund des Wegfalls des Differentialgetriebes jedoch nicht weiter unterteilbar ist.

Zur Beantwortung der Frage, wie sich die Ergebnisse der Patentanalyse visualisieren und interpretieren lassen, um Innovationsströmungen und -schwerpunkte zu identifizieren, wurde unter Bezugnahme auf die verschiedenen zur Verfügung stehenden bibliographischen Daten die Anzahl der Schutzrechtsanmeldungen bzw. Patentfamilien über die Zeit aufgetragen, um basierend darauf auf die verschiedenen Innovationsströmungen rückschließen zu können. Unter der Annahme, dass der Patentlebenszyklus im Wesentlichen dem Verlauf einer doppelten Glockenkurve entspricht, wurden die einzelnen Topologien bewertet und ein Trend abgeleitet. Zur Identifizierung von Innovationsschwerpunkten konnten mithilfe von Bewertungskriterien Schlüsselpatente identifiziert werden, welche aufgrund ihres hohen Patentwertes einen Indikator für Entwicklungen mit hoher technischer und wirtschaftlicher Relevanz bilden.

Abschließend lässt sich festhalten, dass die in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnisse einen allgemeinen Überblick über die verschiedenen Antriebstopologien von Elektrofahrzeugen sowie neue Erkenntnisse bezüglich deren Einteilung sowie Innovationsströmungen und -schwerpunkte liefern. Wie bereits in Kapitel 4.4 festgestellt, konnten weitere Unterteilungen der Topologien identifiziert werden, welche sich auf die einzelnen Komponenten sowie deren Anordnung bzw. Reihenfolge im Antriebsstrang beziehen, jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter untersucht wurden. Dies könnte als Ansatz für weitere Untersuchungen dienen, um herauszufinden, welche

Einzelkomponenten, z. B. Getriebearart/-topologie, Motorart/-bauform, etc., in den einzelnen Antriebstopologien bevorzugt genutzt werden und welche das größte Zukunftspotential haben. Ein interessanter Ansatz für weitere Forschungsvorhaben, könnte die Untersuchung der elektrischen Komponenten und/oder verschiedener Kombinationen von Antriebstopologien zur Realisierung eines Allradantriebes bilden. Da sich diese Arbeit ausschließlich auf Personenkraftwagen bezieht, wäre es weiterhin interessant zu wissen, welche Antriebstopologien in anderen Fahrzeugen, wie z. B. Nutzfahrzeugen, vorherrschen. Ferner konnte durch die Patentanalyse nicht festgestellt werden, welche der Antriebstechnologien wirtschaftlich und technisch das größte Potenzial aufweist. Hier könnte als Anschlussarbeit beispielsweise eine umfangreiche Nutzwertanalyse der einzelnen Topologien durchgeführt
werd

Literatur

- [1] „Global EV Outlook 2023,“ IEA, April 2023. [Online]. Available: https://iea.blob.core.windows.net/assets/dacf14d2-eabc-498a-8263-9f97fd5dc327/GE_VO2023.pdf. [Zugriff am 17 Februar 2024].
- [2] „Americans Reveal Fresh Thoughts on Electric Vehicles,“ AAA, 13 Juli 2022. [Online]. Available: <https://newsroom.aaa.com/2022/07/americans-reveal-freshthoughts-on-electric-vehicles/>. [Zugriff am 18 Februar 2024].
- [3] „EU-Klimaschutzpaket: Fit For 55,“ Bundesregierung, 11 Oktober 2023. [Online]. Available: [de/schwerpunkte/europa/fit-for-55eu-1942402](https://www.bundesregierung.de/schwerpunkte/europa/fit-for-55eu-1942402). [Zugriff am 18 Februar 2024].
- [4] A. Kampker und H. H. Heimes, *Elektromobilität: Grundlagen einer Fortschrittstechnologie*, Heidelberg: Springer Vieweg, 2024
- [5] M. G. Möhrle und R. Isenmann, *Technologie-Roadmapping: Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen*, Heidelberg: Springer Vieweg, 2017.
- [6] S. Basler, *Patente in der Praxis: Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler im ersten Umgang mit technischen Schutzrechten*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2023.
- [7] P. Mes, *Patentgesetz Gebrauchsmustergesetz*, München: C. H. Beck, 2020.
- [8] „WIPO IP Statistics Data Center,“ WIPO, Dezember 2023. [Online]. Available: <https://www3.wipo.int/ipstats/key-search/search-result?type=KEY&key=201>. [Zugriff am 20 März 2024].
- [9] H. Haberstumpf und S. Husemann, *Wettbewerbs- und Kartellrecht, Gewerblicher Rechtsschutz*, München: C.H.Beck, 2015.
- [10] H. Eisenmann und U. Jautz, *Grundriss Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht*, München: C.F. Müller, 2012.
- [11] Deutsches Patent- und Markenamt, „Normierung von Patentliteratur,“ Januar 2014. [Online]. Available: https://www.dpma.de/docs/dpma/veroeffentlichungen/dpma_informativ_01.pdf. [Zugriff am 20. März 2024].
- [12] Deutsches Patent- und Markenamt, „Schriftenartencodes bei Patentdokumenten,“ Juni 2016. [Online]. Available:

- https://www.dpma.de/docs/dpma/veroeffentlichungen/1/02_dpmainformativ_schriftenartencodes.pdf. [Zugriff am 22 März 2024].
- [13] Deutsche Patent- und Markenamt, „Aktenzeichenformate der verschiedenen Schutzrechtsarten im Deutschen Patent- und Markenamt seit 1877 bis heute,“ Juli 2012. [Online]. Available: https://www.dpma.de/docs/dpma/veroeffentlichungen/dpmainformativ_nr05.pdf. [Zugriff am 22 März 2024].
- [14] „Die internationale Patentklassifikation IPC,“ dpma, 10 August 2019. [Online]. Available: <https://www.dpma.de/recherche/klassifikationen/patenteundgebrauchsmuster/internationalepatentklassifikation/index.html>. [Zugriff am 22 März 2024].
- [15] Deutsches Patent- und Markenamt, „Merkblatt für Patentanmelder,“ August 2016. [Online]. Available: <https://www.dpma.de/docs/formulare/patent/1/p2791.pdf>. [Zugriff am 23 März 2024].
- [16] Deutsches Patent- und Markenamt, „Merkblatt für Patentanmelder,“ 2022. [Online]. Available: <https://www.dpma.de/docs/formulare/patent/p2791.pdf>. [Zugriff am 23. März 2024].
- [17] K. M. Häußler, „Die Klarheit der Patentansprüche,“ *GRUR*, p. 1011, Oktober 2013.
- [18] B. Wolfgang und e. al., *Patentmanagement: Strategischer Einsatz und ökonomische Bewertung von technologischen Schutzrechten*, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2007.
- [19] W. Franz, *Topologie: Allgemeine Topologie*, o. O.: De Gruyter, 1973.
- [20] „IPC-Recherche,“ Deutsches Patent- und Markenamt, o. D. [Online]. Available: <https://depatistnet.dpma.de/ipc/recherchex.do>. [Zugriff am 23. Februar 2024].
- [21] H. Tschöke, *Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs: Basiswissen*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015.
- [22] M. Doppelbauer, *Grundlagen der Elektromobilität*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2020.
- [23] A. Karki und e. al., „Status of Pure Electric Vehicle Power Train Technology and Future Prospects,“ *Applied System Innovation*, 17 August 2020.

- [24] H. El Hadraoui und e. al., „A Multi-Criteria Analysis and Trends of Electric Motors for Electric Vehicles,“ *World Electric Vehicle Journal*, 7. April 2022.
- [25] K. Kuhlmann und e. al., „Methodische Auswahl des Antriebsstrangs hinsichtlich Motoren und Getriebe für ein Elektrofahrzeug,“ in 11. *Magdeburger MaschinenbauTage*, Magdeburg, 2013.
- [26] „Weltweite bibliografische Daten des EPA (DOCDB),“ EPO, o. D. [Online]. Available: <https://www.epo.org/de/searching-for-patents/data/bulk-data-sets/docdb>. [Zugriff am 25 April 2024].
- [27] „Patentfamilien,“ EPO, o. D.. [Online]. Available: <https://www.epo.org/de/searchingfor-patents/helpful-resources/first-time-here/patent-families>. [Zugriff am 19 Juli 2024].
- [28] „IPC-Verzeichnis,“ dpma, o. D. [Online]. Available: <https://depatisnet.dpma.de/ipc/ipc.do?s=B60K0000000000&v=20240101&l=DE&dh=dh11&sn=n00&sci=i00#B60K0000000000>. [Zugriff am 18 März 2024].
- [29] S. E. Rao, „Expansion of Electrical Vehicles: A Status Report,“ *International Journal of Research Publication and Reviews*, Bd. III, Nr. 10, pp. 1010-1018, 2022.
- [47] B. Heißing, M. Ersoy und S. Gies, *Fahrwerkhandbuch: Grundlagen, Fahrdynamik, Komponenten, Systeme, Mechatronik, Perspektiven*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013.
- [96] R. Fischer, „Flinker in der Stadt: Radnabenantriebe von Schaeffler,“ in *Schaeffler Kolloquium*, Baden-Baden, 2014.
- [97] J. Ensthaler und K. Strübbe, *Patentbewertung: Ein Praxisleitfaden zum Patentmanagement*, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006.
- [98] H. Ernst, „The Use of Patent Data for Technological Forecasting: The Diffusion of CNC-Technology in the Machine Tool Industry,“ *Small Business Economics*, Bd. 9, pp. 361-381, 1997.
- [99] R. Haupt, K. Jahn, M. Lange und W. Ziegler, „Der Patentlebenszyklus: Methodische Lösungsansätze der externen Technologieanalyse,“ *Jenaer Schriften zur Wirtschaftswissenschaft*, Bd. 24, pp. 1-19, 2004.
- [100] B. Wang, D. L.-S. Hung, J. Zhong und K.-Y. Teh, „Energy consumption analysis of different BEV powertrain topologies by design optimization,“ *International Journal of Automotive Technology*, Bd. 19, Nr. 5, p. 907–914, 2018.

- [101] „Global EV Outlook 2024: Trends in electric cars,“ IEA, April 2024. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>. [Zugriff am 23 Juni 2024].
- [102] „Partner und Kunden: Gemeinsam Innovationen gestalten,“ Schaeffler, o. D. [Online]. Available: https://www.schaeffler-engineering.com/site.engineering/de/ueber_uns/partner_und_kunden/. [Zugriff am 27 Juni 2024].
- [103] „NTN Concludes License Contract with FSAT Corp.(China) regarding In-Wheel Motor System,“ NTN Global, 20 April 2018. [Online]. Available: <https://www.ntnglobal.com/en/news/press/news201800036.html>. [Zugriff am 28 Juni 2024].
- [104] „Audi RS e-tron GT – Antriebskonzept,“ Audi Technology Portal, Februar 2021. [Online]. Available: <https://www.audi-technology-portal.de/de/antrieb/elektroantriebe/rs-e-tron-gt-antriebskonzept-de>. [Zugriff am 28. Juni 2024].
- [105] „Audi Q6 e-tron – Antriebssystem und Thermomanagement,“ Audi Technology Portal, März 2024. [Online]. Available: <https://www.audi-technology-portal.de/de/antrieb/elektroantriebe/audi-q6-e-tron-antriebssystem-und-thermomanagement-de>. [Zugriff am 28. Juni 2024].
- [106] „BluE Nexus's First eAxle Adopted on Toyota's "bZ4X",“ Denso, 13 April 2022. [Online]. Available: <https://www.denso.com/us-ca/en/news/newsroom/2022/20220413-01/>. [Zugriff am 28 Juni 2024].
- [107] „Toyota präsentiert neue Elektroautos und künftige Batterietechnologien,“ Toyota Media, 4 Dezember 2023. [Online]. Available: <https://www.toyota-media.de/blog/technik/artikel/toyota-prasentiert-neue-elektroautos-und-kunftigebatterietechnologien/text>. [Zugriff am 28 Juni 2024].
- [108] D. Guellec und B. van Pottelsberghe de la Potterie, „Applications, grants and the value of patent,“ *Economic Letters*, Bd. 69, Nr. 1, pp. 109-114, 2000.

Patente

- [30] M. Pirhalla, „Modulare 1- oder 2-Gang-Getriebevorrichtung für ein Elektrofahrzeug“. DE Patent 102016002592 (A1), 7 September 2017.
- [31] U. Solka, „Antriebsvorrichtung einer Achse eines Kraftfahrzeugs“. DE Patent 102017223134 (A1), 19 Juni 2019.
- [32] A. Pydin, „Vehicle Drive Device“. JP Patent 2019115135 (A), 22 Juli 2020.
- [33] J. J. Chow, G. D. Gaither und R. C. MacArthur, „Electric or Hybrid Electric Vehicle Having Adjustable Vertical Electric Drive Motor and Method of Making and Using“. US Patent 2021101480 (A1), 8 April 2021.
- [34] T. Biermann und F. Kurth, „Antriebsvorrichtung für ein Kraftfahrzeug“. DE Patent 02018127881 (A1), 14 Mai 2020.
- [35] E. D. Lorenz, A. P. Sadlik, M. Schlundt und R. D. Marathe, „Antriebsachsensystem mit mehreren Elektromotoren“. EP Patent 3885170 (A2), 21 Januar 2021.
- [36] K. Bornträger, J. Glückler, J. Kaltenbach, S. Renner, S. Spühler und M. Trübenbach, „Anordnung zum Antrieb einer Achse eines Elektrofahrzeuges“. DE Patent 102020201291 (A1), 5 August 2021.
- [37] A. Szabo und M. Wesa, „Zahnradanordnung für Elektrofahrzeuggetriebe“. DE Patent 102018221824 (A1), 18 Juni 2020.
- [38] U. Kehr und B. Vahlensieck, „Elektrischer Achsantrieb für ein Fahrzeug“. DE Patent 102019205987 (A1), 29 Oktober 2020.
- [39] D. Nishiumi, M. Miyakawa, K. Ohshima und N. Mori, „Fahrzeug“. EP Patent 3369600 (A1), 5 September 2018.
- [40] M. Hinterkausen, U. Weidmann, I. Schleining, A. Illmann, E. Calva und R. L. Dempel, „Achsantrieb für ein Fahrzeug“. DE Patent 102016210461 (A1), 14 Dezember 2017.
- [41] M. Reisch, U. Kehr und M. Kozok, „Getriebe für ein Fahrzeug sowie Antriebsstrang mit einem solchen Getriebe“. DE Patent 102021212217 (A1), 4 Mai 2023.
- [42] T. Scholle, „Antriebsvorrichtung für ein elektrisch betriebenes Fahrzeug“. DE Patent 102018203458 (A1), 12 September 2019.

- [43] T. Scholle, „Antriebsvorrichtung für ein Kraftfahrzeug“. DE Patent 102018202837 A1, 29 August 2019.
- [44] H. Falk und K. Daniel, „Elektrische Portalachse zum elektrischen Antrieb eines Kraftfahrzeuges“. DE Patent 102014101713 (A1), 13 August 2015.
- [45] G. R. Ramakrishnan und P. Baheti, „Drehmomentverteilung unter Verwendung eines stufenlosen Getriebes“. DE Patent 102022002616 (A1), 26 Januar 2023.
- [46] D. Knoblauch, „Elektrischer Achsantrieb für ein Kraftfahrzeug“. DE Patent 102015104203 (A1), 22 September 2016.
- [47] O. Marechal und B. Couturier, „Antriebssystem für Elektrofahrzeug“. EP Patent 3892484 (A1), 13 Oktober 2021.
- [48] L. Fusco, C. Hughes und M. Hose, „Antriebsanordnung für ein Fahrzeug“. DE Patent 112017004884 (T5), 13 Juni 2019.
- [49] C. T. Lee und A. L. McGrew Jr., „Fahrzeuggetriebe mit Planetenradsatz mit gemeinsamem Träger“. DE Patent 102015106503 (A1), 19 November 2015.
- [50] Y. Tahara, N. Nonaka, T. Kimura und M. Michishita, „Schmieraufbau für ein Fahrzeugantriebssystem“. DE Patent 102015016636 (A1), 30 Juni 2016.
- [51] T. Mehlis und A. Kinigadner, „Getriebeanordnung für einen Elektromotor eines Fahrzeugs“. DE Patent 102015200798 (B3), 16 Juni 2016.
- [52] C. Fei, Y. Wu und D. Zuo, „Electric drive axle assembly and vehicle“. CN Patent 115157925 (A), 11 Oktober 2022.
- [53] K.-J. Roth, A. Illmann, J. Allgeier, R. Wegst, K. Reutlinger und D. Bauer,
- [54] „Antriebseinrichtung zum Antreiben einer elektrischen Achse“. DE Patent 102016220630 (A1), 26 April 2018.
- [55] E. Sten und P. Petrov, „Radnabeneinheit und Achseinheit für ein Fahrzeug“. EP Patent 4324673 (A1), 21 Februar 2024.
- [56] G. J. Meingassner und M. Staake, „Antriebsachse für ein Kraftfahrzeug“. DE Patent 102021120253 (A1), 9 Februar 2023.
- [57] F. Kurth, „Antriebsvorrichtung für ein Kraftfahrzeug“. DE Patent 102016223110 (B3), 1 Februar 2018.

- [58] M. Wesa, S. Demmerer, C. Gürlich, M. Laile, K. Führer und M. Winkel, „Antriebsanordnung für ein Fahrzeug“. DE Patent 102021213478 (A1), 1 Juni 2023.
- [59] T. Makino, I. Hirai und Y. Shibuya, „Motorantriebsvorrichtung für Automobil und ausgestattet mit einem Drehzahlminderer“. EP Patent 3284972 (A1), 21 Februar 2018.
- [60] T. Biermann, D. Burghardt, B. Lee und C. Shamie, „Elektromechanische Antriebseinrichtung für ein mehrspuriges Kraftfahrzeug“. DE Patent 102017123264 (B3), 27 Dezember 2018.
- [61] M. Alexander, „Drive system for electric or hybrid vehicles“. GB Patent 2571130 (A), 21 August 2019.
- [62] N. Venuto, „Motorisierungseinheit für Fahrzeuge“. EP Patent 4298718 (A1), 3 Januar 2024.
- [63] A. Hiereth, „Vorrichtung zur Steuerung eines Einzelradantriebs in zweiachsigen elektrifizierten Kraftfahrzeugen“. DE Patent 102021120594 (A1), 9 Februar 2023.
- [64] R. Huang, X. Huang und J. Liang, „Automobile wheel-side disconnected single-motor electric drive system“. CN Patent 209409793 (U), 20 September 2019.
- [65] X. Chen, Y. Liu, Q. Xiao und N. Xu, „Electric drive system for double-transverse arm suspension wheel edge“. CN Patent 203832232 (U), 17 September 2014.
- [66] J. Hornischer, „Reibungsoptimiertes elektrisches Antriebssystem“. DE Patent 102016222844 (A1), 24 Mai 2018.
- [67] T. Makino und R. Yukishima, „Antriebsvorrichtung für ein zweimotoriges Kraftfahrzeug“. EP Patent 3260736 (A1), 27 Dezember 2017.
- [68] D. C. Clegg und H. Allum, „Electric drive unit housing“. WO Patent 2021023762 (A1), 11 Februar 2021.
- [69] M. Laile, C. Gürlich, S. Demmerer, M. Winkel und K. Führer, „Antriebsordnung für ein Fahrzeug“. DE Patent 102021211660 (A1), 20 April 2023.
- [70] T. Kurz, T. Ritz, C. Riese und M. Ehrmann, „Einzelradsteller für ein Kraftfahrzeug“. DE Patent 102021206939 (A1), 5 Januar 2023.

- [71] T. Schilder, T. Haerter, J. Zeibig, C. Gitt und K. Riedl, „Elektrisches Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug“. DE Patent 102021004236 (A1), 23 Februar 2023.
- [72] J. S. Park, H. J. Lee, J. C. Park und J. H. Kong, „Universal wheeldriving system“. US Patent 11639101 (B1), 2 Mai 2023.
- [73] F. Vincon, „Radantriebseinheit und Kraftfahrzeug mit zumindest einer Radantriebseinheit“. DE Patent 102016009701 (A1), 9 Februar 2017.
- [74] S. Schmalzrieth, M. Ertl, C. Fendt, D. Budnik, A. Valluri und M. Beck, „Antriebsmodul für ein Kraftfahrzeug sowie entsprechendes Kraftfahrzeug“. ..DE Patent 102016007496 (A1), 21 Dezember 2017.
- [75] H.-J. Langhoff, „Radaufhängung für ein Rad einer Achse eines Kraftfahrzeugs“. DE Patent 102016223631 (A1), 30 Mai 2018.
- [76] A. Knoll, M. Schieß, D. Baasch, P. Hofmann und K. Heidsieck, „Radaufhängungsanordnung“. DE Patent 102015226589 (A1), 22 Juni 2017.
- [77] M. Faulwasser, „Antriebseinrichtung für ein Kraftfahrzeug und Kraftfahrzeug mit einer Antriebseinrichtung“. DE Patent 102018213229 (A1), 13 Februar 2020.
- [78] H. Zou, „Fahrzeugantriebsstrang und dessen Betriebsverfahren“. DE Patent 102015216689 (A1), 10 März 2016.
- [79] A. Segalini, „Road vehicle provided with a central aerodynamic channel and proper powertrain system“. US Patent 2024034422 (A1), 1 Februar 2024.
- [80] S. Albl und A. Scharlach, „Antriebsvorrichtung für ein elektrisch betriebenes Fahrzeug“. DE Patent 102018204291 (A1), 26 September 2019.
- [81] W. Knaub und I. Albers, „Antriebsvorrichtung für ein Fahrzeug“. DE Patent 102015207074 (A1), 20 Oktober 2016.
- [82] S. Rubbert, „Elektrische Maschine für ein Kraftfahrzeug“. DE Patent 102021127658 (A1), 27 April 2023.
- [83] M. Fippl und C. Don, „Antriebseinrichtung für ein Kraftfahrzeug“. DE Patent 102020211050 (A1), 3 März 2022.
- [84] F. Schwed, M. Schmidt, A. Adam, J. Dehn und J. Roos, „Elektrischer Radnabenantrieb für ein Kraftfahrzeug“. DE Patent 102022004586 (B3), 29 Februar 2024.

- [85] F. Wolf-Monheim, „Antriebsrad mit Elektro-Radnabenmotor für Kraftfahrzeuge und Kraftfahrzeug“. DE Patent 102014217975 (A1), 10 März 2016.
- [86] A. Huber, M. Brandl, W. Orthofer, M. Jämdl und J. Reihle, „Entkopplungseinrichtung für einen Radnabenmotor“. DE Patent 102020000944 (A1), 19 August 2021.
- [87] F. Kurth, „Radnabenantrieb“. DE Patent 102017100769 (A1), 19 Juli 2018.
- [88] L. Jin, D. Tang, Y. Tang, W. Xi, S. Xu und L. Zhu, „Wheel hub electric drive assembly of parallel shaft reducer“. CN Patent 110203058 (A), 6 September 2019.
- [89] A. Ikeda, S. Oooka, K. Sato, S. Sugiura, Y. Watanabe und T. Yamamoto, „In-Wheel Motor Drive Device“. WO Patent 2015137470 (A1), 17 September 2015.
- [90] J. Li, „Dual-rotor in-wheel motor based on axial magnetic field and control method thereof“. GB Patent 2599592 (A), 6 April 2022.
- [91] K. Odaka, „Fahrzeugantriebsvorrichtung der Inrad-Motorart“. DE Patent 102018120828 (A1), 28 Februar 2019.
- [92] P. Kontermann, A. Gurr und M. Laile, „Radaufhängung für ein Rad eines Fahrzeugs“. DE Patent 102022202016 (B3), 7 Juni 2023.
- [93] K. H. Shin, „Kraftübertragungsvorrichtung“. DE Patent 102020134961 (A1), 10 Februar 2022.
- [94] Ziemer und A. Beisswenger, „Getriebe und Antriebsvorrichtung für ein zumindest teilweise elektrisch angetriebenes Fahrzeug“. DE ...Patent 102021200354 (A1), 21 Juli 2022.
- [95] W. Knaub, C. Elbers, K. Heidsieck, A. Pruckner, R. König und U. Ochner, „Radaufhängung“. DE Patent 102015218793 (A1), 30 März 2017.

Anhang

Dokumentennummer

EP 3152817 A1 DE 102018210949 A1 DE 102020104847 A1 DE 102022206034 A1
DE 102021123019 A1 DE 102018117206 A1 DE 102020104851 A1 EP 4167444 A1
DE 102018100777 A1 EP 3608140 A1 DE 102020104854 A1 EP 4166816 A1
EP 3582988 A1 DE 102018119485 A1 KR 20210099429 A CN 218805227 U
EP 3676118 A1 DE 102018119483 A1 DE 102021202684 A1 CN 115958952 A
US 2016017958 A1 DE 102018119488 A1 CN 113386502 A DE 102021212045 A1
EP 2942218 A1 DE 102018119487 A1 EP 3892484 A1 CN 115972896 A
DE 102014101713 A1 DE 102018211360 A1 CN 214492502 U DE 102021212217 A1
CN 203766511 U DE 102018119486 A1 US 2021347257 A1 DE 102021128081 A1
DE 102014205135 A1 DE 102018119484 A1 DE 102020206300 A1 CN 218948852 U
DE 102014213146 A1 DE 102018213651 A1 EP 3924206 A1 DE 102021129779 A1
EP 3096965 A2 DE 102018120276 A1 DE 202021104326 U1 DE 102021130407 A1
CN 205818905 U DE 102018120273 A1 CN 113954613 A DE 102021213004 A1
DE 102015116537 A1 DE 202020100331 U1 CN 215204390 U DE 102021130151 A1
EP 3126172 A1 DE 102018216506 A1 CN 114043823 A DE 102022131062 A1
DE 102015104778 A1 DE 102018125116 A1 DE 102020121916 A1 DE 102021131522 A1
DE 102014215449 A1 DE 102018127881 A1 DE 102020122906 A1 DE 102021211858 A1
US 2017023114 A1 DE 102018218535 A1 DE 102021209473 A1 CN 116160853 A
DE 102015104203 A1 DE 102018127588 A1 DE 102020125975 A1 DE 102021132494 A1
DE 102015214309 A1 DE 102018127882 A1 DE 102020125804 A1 US 2023202294 A1
DE 102014117227 A1 DE 102018128955 A1 US 2022099168 A1 EP 4215778 A1
DE 102014223502 A1 EP 3653419 A1 US 2022105801 A1 CN 116533732 A
DE 102014112602 A1 DE 102018129928 A1 DE 102021111060 A1 DE 102022201320 A1
DE 102015119075 A1 DE 102018129936 A1 DE 102020127829 A1 EP 4222843 A1
DE 102014119168 A1 DE 102019202599 B3 DE 102021127969 A1 DE 102022102997 A1
DE 102015110839 A1 DE 102018131492 A1 DE 112020003857 T5 EP 4222844 A1
DE 102015208825 A1 DE 102018131488 A1 CN 216507737 U DE 102022103840 A1
DE 102015103584 A1 DE 102018131502 A1 DE 102021212578 A1 DE 102022103838 A1
EP 3100898 A1 DE 102018221824 A1 DE 102021130599 A1 DE 112021006028 T5
DE 102015101042 A1 DE 112018005296 T5 CN 216659571 U CN 116658616 A

WO 2016150411 A1 DE 102019205105 B3 EP 4011719 A1 DE 102022202383 A1
WO 2017114422 A1 GB 2581134 A EP 4012901 A1 DE 102022202912 A1
WO 2017114423 A1 DE 102019201980 A1 DE 102021134209 A1 EP 4261435 A1
DE 102017104674 A1 DE 102019103711 A1 EP 4019311 A1 DE 102023110319 A1
DE 102016206479 A1 DE 102019201945 A1 CN 114688217 A DE 102022204193 A1
EP 3187353 A1 DE 102019001515 A1 DE 102021200276 A1 WO 2023204915 A1
DE 102016210461 A1 DE 102019203387 A1 DE 102021200281 A1 DE 102022204227 A1
EP 3266635 A1 DE 102019108875 A1 DE 102021100868 A1 DE 102023200598 A1
DE 202017101450 U1 DE 102019108183 A1 DE 102021101100 A1 EP 4279312 A2
DE 102018100649 A1 DE 102019119950 B3 CN 114801720 A DE 102022113042 A1
EP 3297891 A1 CN 211710610 U CN 217074010 U EP 4288680 A1
DE 1020171111049 A1 DE 102019205987 A1 CN 114834245 A DE 102022206874 A1
DE 102017212500 A1 DE 102019111810 A1 DE 102021201547 A1 DE 102022208153 A1
DE 102016014732 A1 DE 102019111809 A1 CN 114889424 A DE 102022119475 A1

DE 102017103397 A1 DE 102019131770 A1 DE 102021112967 B3 DE 102022208155 A1
DE 102017103400 A1 DE 102019132306 A1 EP 4048538 A1 DE 102022208156 A1
DE 102017103399 A1 DE 102019112553 A1 CN 217396243 U DE 102022208154 A1
EP 3369600 A1 DE 102019131753 A1 DE 102021202447 A1 DE 102022208157 A1
EP 3382860 A1 DE 102019131758 A1 CN 115027239 A DE 102022208150 A1
US 2018299001 A1 DE 102019114807 A1 DE 102021202446 A1 DE 102023118140 A1
DE 112017000856 T5 DE 102019114801 A1 CN 217396242 U DE 102022120761 A1
DE 102017004930 A1 DE 102019115557 A1 CN 115027238 A DE 102022120760 A1
DE 102018111800 A1 EP 3750728 A1 CN 115042607 A CN 205736876 U
DE 102018004500 A1 DE 202020104323 U1 CN 217415481 U CN 205573597 U
DE 102017216492 A1 DE 102019119946 B3 DE 102021106438 A1 DE 102016002592 A1
CN 208428917 U DE 112018007566 T5 CN 115071415 A DE 102016109075 A1
CN 109229079 A DE 102019119955 A1 DE 102021203418 A1 WO 2018079615 A1
CN 208393085 U DE 102019119951 A1 DE 102021203416 A1 DE 102017220073 A1
CN 208515357 U DE 102019119953 A1 CN 217553701 U CN 108859706 A
DE 102017127146 B3 DE 102019119954 A1 DE 102021109781 A1 CN 208148961 U
EP 3459774 A1 DE 102019119952 A1 CN 217553702 U EP 3436301 A1
CN 208646517 U DE 102019119949 A1 DE 102021109712 A1 CN 208558999 U
DE 102017217829 A1 DE 102019119948 A1 CN 217553700 U CN 109466291 A
DE 102017124592 A1 DE 102019119947 A1 EP 4082960 A1 DE 102017223134 A1
DE 102017127816 A1 JP 2021021434 A DE 102021204472 A1 CN 109866590 A
DE 102017128113 A1 DE 202020106436 U1 DE 102021112973 A1 JP 2019115135 A
FR 3073452 A1 US 2021079991 A1 DE 102021205443 A1 US 2019270367 A1
DE 102018129927 A1 US 2021107350 A1 DE 102021208560 B3 DE 102018127710 A1
CN 208993478 U DE 102019129186 A1 DE 102021208564 B3 DE 102019218760 A1
FR 3075704 A3 DE 102019129163 A1 DE 102021208567 B3 JP 2020093665 A
CN 209051290 U DE 102019129635 A1 DE 102021206599 A1 US 10821816 B1
CN 109955730 A EP 3815945 A1 DE 102021117059 A1 US 2021101480 A1
CN 110014813 A EP 3814159 A1 DE 102021206962 A1 US 2021101479 A1
DE 102018101270 A1 DE 102019217154 A1 DE 102022002616 A1 DE 102020109097 B3
DE 102018101553 A1 DE 102019217156 A1 DE 102021003969 A1 WO 2021201113 A1
CN 209112155 U DE 102019217886 A1 DE 102022103837 B3 EP 3960513 A1
EP 3517745 A1 DE 102019131023 A1 DE 102021208565 A1 DE 102020212588 A1
EP 3521092 A1 DE 102019131764 A1 DE 102021208555 A1 US 2022105790 A1
EP 3527410 A1 DE 102019132082 A1 DE 102021208554 A1 US 2022126700 A1
EP 3527847 A1 DE 102019131765 A1 EP 4129725 A1 DE 102020214046 A1
EP 3530989 A1 DE 102019131763 A1 KR 20230010350 A EP 4047243 A1
DE 102018202837 A1 DE 102020131251 A1 DE 102021208553 A1 US 2023010171 A1
US 2019263377 A1 DE 102019132246 A1 DE 102021208559 A1 EP 4119374 A1
DE 102018203345 A1 DE 102019132591 A1 WO 2023006217 A1 DE 102022100655 A1
DE 102018203458 A1 DE 102020128858 A1 DE 102021208543 A1 EP 4209370 A1
DE 102018203366 A1 GB 2590382 A DE 102021208557 A1 EP 4209371 A1
US 2019275884 A1 DE 102020104727 B3 DE 102021208550 A1 CN 116811562 A
DE 102018204988 A1 DE 102020114639 A1 DE 102021208556 A1 EP 4292855 A2
DE 102018129935 B3 DE 102020200770 A1 DE 102021208568 A1 EP 4295060 A1
DE 102018129934 B3 DE 102020201291 A1 JP 2023006748 A DE 102015106503 A1
DE 102018207110 A1 DE 102020201093 A1 KR 20230011076 A CN 106004424 A
DE 102018111798 A1 DE 102020201426 A1 DE 102021121312 A1 DE 102015214339 A1
DE 102018111796 A1 DE 102020201758 A1 FR 3126201 A1 CN 106274459 A
DE 102018112997 A1 DE 102021201538 A1 DE 102022121547 A1 CN 205239116 U
DE 102018208583 A1 DE 102021103831 A1 DE 102021209947 A1 CN 106347091 A
DE 102018116197 A1 DE 102021103829 A1 EP 4145016 A1 DE 102015016636 A1
DE 102018210948 A1 DE 102021103814 A1 DE 102022106305 B3 EP 3138712 A1
EP 3591261 A1 DE 102021103825 A1 DE 102022103839 B3 DE 102015200798 B3
DE 102018116198 A1 DE 102021103808 A1 CN 218777397 U DE 102015122247 A1
DE 112020001747 T5 JP 2019095023 A CN 209409793 U DE 102017214640 A1
DE 102020208507 A1 EP 3517347 A1 GB 2573132 A DE 102018209418 A1
CN 113928101 A EP 3517346 A1 DE 202018103672 U1 CN 209305329 U
CN 113910880 A CN 110203057 A CN 209566788 U DE 102018205796 A1
CN 215590470 U EP 3584102 A1 EP 3597464 A1 DE 102018213391 A1
DE 102020121722 A1 CN 110641272 A DE 102018005947 A1 DE 102018213229 A1
DE 102020125984 A1 EP 3670227 A1 US 2020108661 A1 DE 102019101507 A1
DE 102020127790 A1 DE 102019204682 A1 IT 201800007254 A1 EP 3724018 A1
CN 114435122 A DE 102019129235 A1 IT 201800006201 A1 DE 112019002947 T5
CN 114701318 A DE 102019129236 A1 JP 2020065380 A DE 102020123806 A1

EP 4031396 A1 DE 102019206957 A1 EP 3659843 A1 DE 102019216505 A1
DE 102021103176 A1 EP 3738809 A1 EP 3663118 A1 DE 102019132776 A1
DE 102021105448 A1 DE 102019206950 A1 DE 102019133843 A1 DE 102020215472 A1
CN 114962569 A DE 102019114123 A1 DE 102019133843 A1 DE 102021200875 A1
DE 102021202991 A1 WO 2021023762 A1 DE 102018221601 A1 US 2023133075 A1
CN 115157925 A EP 3774428 A1 DE 102019202207 A1 CN 204895109 U
DE 102022205029 A1 DE 102019214664 A1 DE 112018006402 T5 WO 2015144528 A1
DE 112020006522 T5 DE 102019214986 A1 DE 202019103770 U1 DE 102015218793 A1
DE 102021112788 A1 EP 3812188 A1 DE 202019103778 U1 DE 102015213354 A1
DE 102021205497 A1 DE 102020104788 A1 DE 202019103781 U1 DE 102015213356 A1
DE 102022122590 A1 CN 214728159 U DE 202019103771 U1 DE 102015213357 A1
DE 102022205582 A1 EP 3950468 A1 DE 102019206961 A1 DE 102015213355 A1
WO 2022248731 A1 DE 102020216358 A1 CN 212124773 U WO 2017167617 A1
DE 102021115680 A1 CN 114619867 A US 2021010580 A1 WO 2018083809 A1
DE 202022002451 U1 DE 102020216356 A1 DE 102019210100 A1 KR 101856588 B1
DE 102021206652 A1 US 2022212527 A1 DE 102020118194 A1 CN 108382189 A
DE 102021207050 A1 CN 114704596 A US 2021033182 A1 KR 20180092525 A
US 2022410684 A1 CN 217099666 U EP 3778283 A1 WO 2018180422 A1
CN 115556551 A DE 102021108707 A1 EP 3784929 A1 CN 108621780 A
CN 115534586 A DE 112020006134 T5 CN 112549955 A KR 20180119746 A
US 2023001777 A1 DE 102021110838 A1 DE 102020102432 B3 DE 102018120828 A1
CN 115675039 A CN 115257328 A DE 102020117152 B3 DE 102018213802 A1
DE 102021208545 A1 DE 102022106888 A1 DE 112019005880 T5 WO 2019037744 A1
DE 102021120253 A1 DE 102021206732 A1 CN 214138234 U WO 2019059140 A1
DE 102021004151 A1 DE 102021206734 A1 DE 102021203043 A1 WO 2019065712 A1
DE 102021122043 A1 DE 102021206939 A1 DE 102020113192 A1 DE 102018126901 A1
DE 102021122042 A1 DE 102022106269 A1 EP 3919304 A1 JP 2019111970 A
US 2023068411 A1 US 2023019269 A1 CN 214850827 U EP 3512481 A1
DE 102021123668 A1 DE 102021118661 A1 US 2021381587 A1 CN 110065383 A
CN 115742733 A DE 102021004236 A1 DE 102020003840 A1 EP 3527413 A1
DE 102021212164 A1 DE 102021004237 A1 DE 102020117451 A1 JP 2019137395 A
CN 116118487 A DE 102021123083 A1 DE 202020105111 U1 EP 3533649 A1
DE 102021213478 A1 WO 2023025964 A1 EP 3936358 A1 JP 2019142312 A
DE 102021213674 A1 DE 102021211660 A1 CN 215042073 U WO 2019172255 A1
EP 4190609 A1 US 11639101 B1 DE 102020120683 A1 WO 2019177104 A1
EP 4192703 A1 DE 102021213673 A1 DE 102020124600 A1 JP 2019167005 A
EP 4199321 A1 DE 102021133268 A1 EP 3973210 A1 JP 2019172244 A
DE 102022213905 A1 DE 102021133269 A1 CN 114571989 A CN 110497787 A
DE 102022200613 A1 DE 102022000018 A1 CN 114571987 A EP 3614010 A1
DE 102022200610 A1 DE 102022211895 A1 CN 216774514 U DE 102019121659 A1
DE 102022200607 A1 US 2023268801 A1 DE 102021200280 A1 DE 102019121753 A1
DE 102022200615 A1 DE 102022000757 A1 DE 102021214207 A1 JP 2020040488 A
DE 102022200608 A1 KR 20230140065 A DE 102021209378 B3 US 2020139775 A1
DE 102022000141 A1 KR 20230140063 A DE 102021202692 A1 EP 3666573 A1
DE 102022000149 A1 DE 102022206033 A1 CN 115042612 A KR 102119101 B1
DE 112021004275 T5 EP 4299351 A1 DE 102021132528 A1 CN 111376708 A
DE 102022133316 A1 DE 102022209064 A1 EP 4071022 A1 JP 2020143689 A
DE 102022201321 A1 DE 102022003152 A1 DE 102021111607 A1 CN 111703293 A
DE 102022201821 A1 DE 102022209063 A1 DE 102021204923 A1 JP 2020157959 A
DE 102022104512 A1 DE 102018204291 A1 CN 115352271 A DE 102020203941 A1
CN 219634909 U DE 102018206059 A1 DE 102021205822 A1 US 2021001712 A1
CN 116749754 A CN 110758076 A DE 102021215060 A1 JP 2021008249 A
WO 2023192283 A1 EP 4306347 A1 EP 4105630 A1 CN 112762153 A
WO 2023206719 A1 US 2024034422 A1 DE 102021208174 A1 DE 102019218440 A1
DE 102022113286 A1 CN 203832232 U EP 4125202 A1 EP 3839289 A1
DE 102022113287 A1 CN 203832178 U EP 4124490 A1 FR 3105762 A1
DE 102022205853 A1 EP 2921331 A1 DE 102021120594 A1 EP 3851311 A1
US 11879529 B1 CN 204323058 U EP 4127517 A1 JP 2021138248 A
EP 4324673 A1 CN 205178739 U DE 102021121958 A1 EP 3896310 A1
DE 102022209070 A1 KR 20160054658 A EP 4166819 A1 EP 3929011 A1
DE 102022209068 A1 JP 2016176502 A EP 4188773 A1 CN 113883253 A
DE 102022209071 A1 CN 105459815 A DE 102021132409 A1 DE 102020134961 A1
DE 102022209069 A1 CN 205498613 U JP 2023092372 A DE 102021200354 A1
DE 102022003149 A1 CN 106864252 A DE 102022101279 A1 DE 102021200355 A1
US 2015375613 A1 DE 102016101514 A1 US 2023219409 A1 DE 102021200352 A1

JP 2015173537 A
CN 105922858 A
DE 102015008586 A1
DE 102015009667 A1
DE 102015104989 A1
CN 205736914 U
CN 106915252 A
CN 107150585 A
DE 102017107313 A1
EP 3246221 A1
EP 3260736 A1
JP 2018003930 A
CN 107745633 A
DE 102016217550 A1
GB 2555651 A
DE 102016222844 A1
CN 108128141 A
US 2018236982 A1
DE 102017123250 B3
DE 102016002567 A1
DE 102016003533 A1
DE 102016003575 A1
DE 102016003523 A1
DE 102016004373 A1
DE 102017004837 A1
US 2017331348 A1
DE 102016212565 A1
EP 3271202 A1
DE 102016223110 B3
DE 102016216802 B3
WO 2018019324 A1
DE 102017104019 B3
DE 102017120985 A1
DE 102016220060 B3
DE 102016220630 A1
DE 102016222452 A1
DE 102017111051 B3
DE 102017107803 B3
US 2018172138 A1
CN 108202596 A
CN 108204446 A
WO 2018144525 A1
CN 108454394 A
DE 102017108003 B3
CN 108583162 A
CN 207931450 U
DE 102017108005 A1
DE 102017108002 A1
DE 102017108001 A1
CN 108674160 A
DE 102017109763 A1
DE 102017109764 A1
DE 102017109762 A1
KR 20180112563 A
DE 102017111042 A1
DE 102017111036 A1
DE 102018112880 A1
CN 208247946 U
EP 3429878 A1
JP 2019001399 A
DE 202018106520 U1
CN 109435660 A
CN 208585075 U
EP 3456568 A1
EP 3473890 A1

JP 2017128283 A
DE 102017005462 A1
FR 3052110 A1
FR 3053007 A1
EP 3284972 A1
EP 3287666 A1
CN 207128596 U
DE 102016220414 A1
EP 3345778 A1
DE 102018000110 A1
CN 108274988 A
EP 3363672 A1
DE 102017203587 A1
DE 102017123264 B3
DE 212017000137 U1
CN 109515160 A
CN 109515162 A
CN 109572415 A
CN 109649140 A
WO 2015141389 A1
DE 102014010027 A1
DE 202014104276 U1
GB 2522907 A
CN 104742729 A
CN 104842733 A
CN 204845516 U
CN 104228549 A
WO 2016078250 A1
JP 2016054640 A
CN 205086668 U
DE 102014217975 A1
CN 106080835 A
CN 106364310 A
CN 106183785 A
CN 206060440 U
EP 3102846 A1
CN 205681232 U
DE 102016213792 A1
DE 102014217974 A1
CN 106696684 A
CN 106696683 A
CN 106740059 A
CN 106899111 A
US 2017225684 A1
JP 2017186006 A
DE 102016205717 A1
CN 106240338 A
EP 3254361 A1
CN 107492973 A
KR 101792434 B1
DE 202016105939 U1
CN 207241414 U
CN 207283369 U
DE 102016223360 A1
EP 3353004 A1
CN 108340769 A
CN 108482105 A
RO 131110 B1
CN 208028749 U
DE 102018109966 A1
CN 108749554 A
EP 3406019 A1
CN 108909388 A
CN 108973648 A
CN 208306359 U

EP 4227135 A1
WO 2023151752 A1
CN 116587929 A
DE 102022203096 A1
EP 4253118 A1
DE 102021006538 B4
AT 526126 A1
DE 102023110982 A1
DE 102022115120 A1
EP 4298718 A1
DE 102022206879 A1
DE 102016009701 A1
DE 102015216689 A1
DE 102015205817 B3
DE 102015226589 A1
EP 3162611 A1
DE 102014019433 A1
EP 3246185 A1
DE 102016006536 A1
EP 3100896 A1
EP 3271203 A1
CN 207059751 U
JP 2018043682 A
CN 107901751 A
DE 102017111229 A1
CN 108128142 A
DE 102017100769 A1
CN 108340768 A
DE 102017105458 A1
DE 102017204459 A1
CN 108638838 A
CN 109017271 A
CN 109109649 A
CN 109130837 A
CN 109278537 A
CN 109383281 A
CN 109398069 A
DE 102017216687 A1
CN 109469714 A
CN 109532462 A
CN 109866589 A
KR 20190063700 A
WO 2019156075 A1
CN 110126609 A
CN 110154735 A
CN 110203058 A
DE 102018206407 A1
CN 110341465 A
CN 110481305 A
CN 110576733 A
CN 110576736 A
CN 110576735 A
CN 110576734 A
KR 20190139671 A
CN 111114294 A
CN 210526288 U
DE 102018130817 A1
DE 102018131958 A1
DE 102018131876 A1
CN 210970658 U
CN 111391575 A
CN 111497596 A
DE 102019116603 A1
DE 102019212556 B3
CN 111775688 A

DE 102021200351 A1
CN 115476678 A
DE 102022202016 B3
DE 112015001522 B4
DE 102015207074 A1
DE 202017001665 U1
WO 2015133277 A1
CN 104648119 A
JP 2015182677 A
WO 2015104941 A1
JP 2015128959 A
JP 2015109799 A
WO 2015137085 A1
JP 2015166616 A
CN 205220337 U
DE 102015222003 A1
JP 2016039741 A
CN 205105045 U
JP 2016222062 A
WO 2022032231 A1
CN 114030321 A
DE 102020211050 A1
KR 20220026282 A
US 2022097529 A1
DE 102021105318 B3
EP 4005818 A1
CN 114559806 A
DE 212020000651 U1
CN 114590120 A
CN 114619868 A
EP 4013972 A1
EP 4019310 A1
JP 2022098520 A
CN 114801703 A
CN 114825831 A
JP 2022109530 A
DE 102021105321 B3
US 2022314691 A1
KR 20220135395 A
CN 115411981 A
EP 4100272 A1
JP 2022190366 A
CN 218335605 U
DE 102022118878 A1
WO 2023056531 A1
DE 102021127658 A1
WO 2023062444 A1
DE 102022116572 A1
DE 102021213549 A1
CN 116238276 A
DE 102022000035 A1
DE 102022200032 A1
DE 102022000026 A1
US 2023226885 A1
KR 20230102479 A
EP 4219207 A1
EP 4217218 A1
JP 2023110655 A
CN 116667580 A
US 2023327519 A1
CN 116885909 A
CN 116896227 A
EP 4269147 A1
CN 116901691 A
EP 4270740 A1

CN 109747402 A US 2019020227 A1 CN 111845320 A EP 4270738 A1
DE 112017004884 T5 JP 2019018839 A CN 111845319 A GB 2619979 A
DE 102017129594 A1 CN 109435676 A US 2020384856 A1 DE 102022116164 A1
CN 208978607 U CN 109552025 A US 2020393011 A1 DE 102022117984 A1
EP 3507123 A1 CN 109599987 A DE 102019118659 A1 DE 102022207888 A1
DE 102018108540 A1 CN 109774457 A DE 102019120409 A1 DE 102022005068 A1
DE 102018124034 A1 DE 102018100994 A1 CN 212446943 U WO 2024022562 A1
DE 102019100857 A1 CN 110001325 A CN 112440727 A EP 4315562 A1
JP 2019120399 A EP 3529878 A1 EP 3835620 A1 DE 102022004586 B3
EP 3519221 A1 EP 3529882 A1 CN 113071306 A CN 110733333 A
CN 209208448 U DE 202019104461 U1 CN 113124135 A US 2019061504 A1
DE 102019102994 A1 DE 102018107358 A1 DE 112019005658 T5 WO 2019053270 A2
DE 102019102940 A1 DE 102019204673 A1 EP 3875802 A1 EP 3480492 A1
CN 110159740 A CN 110380566 A CN 113492669 A CN 110203060 A
CN 209441170 U CN 110601441 A DE 112019007021 T5 CN 110203059 A
JP 2019173833 A US 10513186 B1 DE 112019007020 T5 EP 3539809 A1
DE 102018207749 A1 KR 20190142014 A CN 113799594 A DE 102016223631 A1
DE 102018129938 B3 CN 210212023 U CN 214984815 U DE 102017205358 A1
DE 102019114828 A1 DE 102018218925 A1 CN 114148160 A US 2018297629 A1
CN 209833343 U TW 202007051 A GB 2599592 A CN 105946589 A
DE 102018116318 A1 CN 111162630 A CN 114435108 A CN 105667296 A
DE 102018116319 A1 EP 3656042 A1 KR 20220049074 A CN 106972732 A
DE 102018122809 A1 EP 3655283 A1 CN 114670617 A EP 4274755 A1
EP 3630521 A1 DE 102018129734 A1 CN 114734809 A JP 2015169299 A
DE 112018003987 T5 CN 111193347 A US 2022266678 A1 WO 2015137470 A1
CN 210337544 U CN 111216541 A CN 114940060 A DE 102017006262 A1
DE 102018129931 A1 DE 102019100738 B3 CN 115257352 A EP 3419149 A1
EP 3667125 A1 EP 3680119 A1 CN 115296482 A EP 3437909 A1
EP 3679273 A1 KR 20200070853 A DE 112021001375 T5 DE 102017220945 A1
CN 210852018 U CN 210941332 U CN 115476680 A DE 102018201822 A1
DE 102019107517 B3 DE 102019101818 A1 CN 115476679 A GB 2571130 A
DE 102019210306 A1 CN 111572332 A CN 115503462 A DE 102016007496 A1
DE 102019202994 A1 JP 2020128134 A DE 102021116428 A1 DE 102016214925 A1
DE 102019111811 A1 CN 111682699 A DE 112021000773 T5 GB 2556409 A
DE 102019114803 A1 CN 111717020 A DE 102021207731 A1 CN 106335356 A
CN 112172489 A DE 102019107740 A1 DE 102021120847 A1 JP 2017093076 A
DE 102019210778 A1 EP 3722132 A1 DE 102021121502 A1 CN 105774526 A
US 2021018069 A1 DE 102019205189 A1 CN 218986351 U EP 4239220 A1
EP 3802182 A1 EP 3738192 A1 CN 116238319 A DE 102022106487 A1
DE 102019216013 A1 CN 112277623 A WO 2023130240 A1 GB 2617653 A
DE 102019216012 A1 US 2021061005 A1 WO 2023130242 A1 CN 214001298 U
US 2021114454 A1 US 2021061095 A1 CN 113500904 A CN 113525068 A
DE 102019132223 A1 CN 112549950 A CN 106926690 A CN 113561761 A
DE 102019132225 A1 US 2021094407 A1 EP 3225422 A1 CN 113602079 A
DE 102019133821 A1 CN 213072328 U EP 3225448 A1 CN 113602078 A
CN 213383878 U DE 102020000944 A1 EP 3225449 A1 CN 113715606 A
DE 102020000191 A1 EP 3863880 A1 WO 2015105097 A1 CN 113799595 A
DE 102020200477 A1 CN 213973560 U WO 2015137068 A1 US 2022001712 A1
EP 3861626 A1 DE 102020106063 A1 EP 3213957 A1 EP 3947108 A1
US 2021252959 A1 CN 113396523 A EP 3889005 A1 DE 112020000309
T5

DE 102020105449 A1

Autor:innen



Lukas Ebner,

ist seit Juli 2025 ist er als IP Manager in einem international tätigen Unternehmen der Medizintechnik mit Schwerpunkt auf pharmazeutischen Primärpackmitteln und Drug-Delivery-Systemen tätig. In dieser Funktion verantwortet er die globale Strategie und Steuerung sämtlicher IP-relevanter Themen. Zuvor absolvierte er ein Bachelorstudium im Patentingenieurwesen sowie ein Masterstudium in der Fahrzeugtechnik und war über mehr als zehn Jahre in einer mittelständischen Patentanwaltskanzlei im Bereich Fahrzeug- und Luftfahrttechnik tätig, mit besonderem Fokus auf die Ausarbeitung, Anmeldung und Durchsetzung technischer Schutzrechte.



Dr. Thomas Wenisch, geb. 1962

Nach dem Studium der Physik in Frankfurt promovierte er in Biophysik am Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (GSF). Es folgte die Weiterbildung zum Medizinphysiker. Über mehrere Jahre war er am Institut für Biophysik der Universität Frankfurt tätig, unter anderem in der Lehre für Medizinerinnen und Mediziner. Zudem vertrat er eine Professur an der University of Applied Sciences (FH Frankfurt).

Heute ist er in der wissenschaftlichen Beratung für Medizintechnik und klinische Pharmaforschung tätig, lehrt als Dozent an mehreren Hochschulen und ist Autor von Lehrbüchern für das Medizinstudium.

Überblick über die Bände der Schriftenreihe

- Band 1 / 2022** **Christoph Sternberg, Ralf Isenmann**
Untersuchung regionaler Besonderheiten im Individualverkehr bei ausgewählten deutschen Smart-City-Projekten
- Band 2 / 2022** **Fabian Fries, Manfred Hahn**
Dynamik von Doppelstern-Systemen
- Band 3 / 2022** **Stefan Kaden, Ralf Isenmann**
IT based Framework facilitating Technology Roadmapping striving for Sustainability
- Band 4 / 2022** **Hannah Seibel, Manfred Hahn**
Von der Raupe zur Drohne – Leichtbau in Anlehnung an die Natur
- Band 5 / 2022** **Thomas König, Manfred Hahn**
Statische Festigkeitsberechnung einer 5-Speichen Fahrradfelge aus Faserverbund- kunststoff
- Band 6 / 2022** **Alrik Selle, Manfred Hahn**
Ertüchtigung der automatisierten Wetterbeobachtung unter extremen Vereisungen
- Band 7 / 2023** **Valerie Seitz, Birgit Zimmermann**
Nachhaltiges Energiekonzept für einen Bauernhaushalt im ländlichen Äthiopien
- Band 8 / 2023** **Volker Kempf, Helge Nuhn**
Validation of personality survey instruments using vector space representations of natural language
- Band 9 / 2023** **Torben Rippe, Klaus Fischer**
Umweltökonomische Instrumente und Stakeholdermanagement
- Band 10 / 2023** **Guido Walz**
Introduction to Extrapolation Algorithms in Numerical Analysis including New Results
- Band 11 / 2024** **René Kumpf, Rüdiger Breitschwerdt, Helge Nuhn**
Evaluationskriterien für IT-Reifegradmodelle eine Analyse aus der Literatur mit beispielhafter Anwendung der Ergebnisse
- Band 12 / 2024** **Kurt Becker, Henrik Bruns, Gernot Graebner, Ralf Isenmann**
Never stop learning – Aktuelle Entwicklung in Unternehmen
- Band 13 / 2024** **Klaus Fischer, Karsten Glöser, Michael Haag, Ralf Isenmann, Ursula Tischner**
Transformation gestalten – Wissenschaftsforum 2023
- Band 14 / 2024** **Yanez Ahlfs, Nina Golowko**
Konzept zur Komplexitätsbewältigung für die Produktionsplanung und -steuerung in der auftragsorientierten Werkstattfertigung im Tischlerhandwerk
- Band 15 / 2026** **Valerie Seitz, Birgit Zimmermann**
Nachhaltigkeitsanalyse einer Bauerngemeinschaft in Äthiopien zur Identifikation von Förderpotential zur nachhaltigen ländlichen Entwicklung
- Band 16 / 2026** **Lukas Ebner, Thomas Wenisch**
Identifikation und Evaluation von Antriebstopologien in elektrischen Antriebssträngen von Elektrofahrzeugen mittels Patentanalyse



wbh

**WILHELM BÜCHNER
HOCHSCHULE**

Eine Hochschule der Klett Gruppe

Wilhelm Büchner Hochschule
Hilpertstraße 31
64295 Darmstadt

