



Leistungselektronik in Schleswig-Holstein – Stand und Perspektiven



Wir fördern Wirtschaft



Landesprogramm Wirtschaft: Gefördert durch die Europäische Union - Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), den Bund und das Land Schleswig-Holstein

Leistungselektronik in Schleswig-Holstein – Stand und Perspektiven

Auftraggeber:
Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie
Fraunhoferstraße 1
25524 Itzehoe

Auftragnehmer:
DSN – Connecting Knowledge
Andreas-Gayk-Straße 7-11
24103 Kiel

Titelbild:
Frequenzumrichter der nächsten Generation – 15 kW Variante
© Copyright/Foto: CAU (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Studie überwiegend auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Kiel, August 2019

Inhaltsverzeichnis

Seite:

1. Hintergrund und Anlass der Studie	5
2. Bedeutung der Leistungselektronik für Wirtschaft und Gesellschaft	7
3. Ziel der Studie	9
4. Methodisches Vorgehen	11
4.1. Datenbank- und Literaturrecherchen (Desk Research)	11
4.2. Onlinebefragung	11
4.3. Leitfadengestützte Experteninterviews	13
4.4. Workshop	15
5. Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein	16
5.1. Unternehmen und weitere Akteure heute	16
5.2. Künftige Leistungsangebote	34
5.3. Standortfaktoren	36
5.4. Exkurs: Eckdaten zur Leistungselektronik aus 2012	37
6. Themen der Leistungselektronik	39
6.1. Aktuelle Themen der Firmen in Schleswig-Holstein	39
6.2. Themen und Herausforderungen der Zukunft	42
6.3. Treiber der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein	48

7. Nachwuchsgewinnung und Personalentwicklung für die Leistungselektronik in Schleswig-Holstein	51
7.1. Heutige Situation (Verfügbarkeit, Personalkompetenzen und -qualifizierung)	51
7.2. Personalausbildung und –bindung	60
7.3. Status und Perspektiven	64
8. Finanzielle Förderung der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein	67
8.1. Fördermöglichkeiten heute und deren Nutzung	67
8.2. Künftige Förderthemen und Gegenstände	78
8.3. Status und Perspektiven	81
9. Netzwerk der Akteure der Leistungselektronik in SH	82
9.1. Heutige Bedarfe und Aktivitäten	82
9.2. Künftige Bedarfe an das Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein	84
9.3. Zukünftige Angebote und vorrangige Maßnahmen des Netzwerks	86
10. Literaturverzeichnis	89
Anhang	93

1. Hintergrund und Anlass der Studie

Im Oktober 2018 hat das Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie ISIT eine Studie zur Leistungselektronik in Schleswig-Holstein ausgeschrieben. Die Ausschreibung erfolgte vor dem Hintergrund des Netzwerks Leistungselektronik Schleswig-Holstein (LE.SH), das Anfang 2017 gestartet wurde. Neben dem Fraunhofer ISIT sind Unternehmen und Hochschulen aus dem Bereich Leistungselektronik in diesem Netzwerk aktiv. Das Netzwerk wird vom Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Arbeit, Technologie und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein für drei Jahre gefördert. Es baut dabei auf Kooperationserfahrungen auf, die von den Partnern in den vorangegangenen Jahren im Rahmen des Kompetenzzentrums Leistungselektronik Schleswig-Holstein gewonnen wurden.

Im Kompetenzzentrum Leistungselektronik arbeiteten viele der Akteure der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein bereits erfolgreich zusammen und entwickelten u.a. im Projekt „Neue Leistungshalbleiter“ (NELE) einen neuartigen Frequenzumrichter. Dieser arbeitet äußerst verlustarm, ressourcenschonend und verfügt über ein kleineres Volumen, ein geringeres Gewicht und einen höheren Wirkungsgrad als Vorgängermodelle. Dieser Frequenzumrichter ist auch auf der Titelseite der vorliegenden Studie abgebildet. Das Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein bietet die neue Basis, diese erfolgreiche Zusammenarbeit der Akteure in Schleswig-Holstein weiterzuführen.

Ziele des Netzwerks Leistungselektronik sind die

- Vernetzung und der Austausch zwischen den Akteuren der Leistungselektronik.
- Vorbereitung neuer Forschungsprojekte und Abstimmung laufender Forschungsarbeiten.
- Öffentliche Darstellung der Bedeutung der Leistungselektronik als Schlüssel- und Querschnittstechnologie.
- Unterstützung der Einführung neuer leistungselektronischer Komponenten und Systeme zur Steigerung der Energieeffizienz.

Die (operative) Leitung des Projekts Netzwerk Leistungselektronik obliegt dem Fraunhofer ISIT. Zur strategischen Planung und Steuerung des Netzwerks wurde eine Lenkungsgruppe gebildet, die aus Vertretern von beteiligten Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen Schleswig-Holsteins besteht. Sie ist neben der Vorgabe von Zielen und Maßnahmen des Netzwerks auch für die Kontrolle der jeweiligen Fortschritte verantwortlich.

Die Mehrheit der aktiven Mitglieder des Netzwerks stammt aus Schleswig-Holstein. Daneben gibt es auch einzelne Akteure, die sich am Netzwerk beteiligen, jedoch von außerhalb Schleswig-Holsteins, nämlich aus Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern oder (Süd-)Dänemark kommen.

DSN Connecting Knowledge hat im Dezember 2018 vom Fraunhofer ISIT den Auftrag bekommen, eine Studie zu dem Status und den Perspektiven der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein zu erstellen. Die Arbeiten an der Studie begannen im Januar 2019 und endeten im Sommer des gleichen Jahres. Die Studie knüpft an Ergebnissen aus dem Bericht „Power Electronics Volume and demands for research in Schleswig-Holstein & the Region of Southern Denmark“ aus dem Jahre 2012 an, der damals von der dänischen Agentur Epinion in Zusammenarbeit mit DSN Connecting Knowledge erstellt wurde. In diesem Bericht wurde für die Deutsch-Dänische Grenzregion untersucht, inwieweit der Bedarf bezüglich der Notwendigkeit eines neuen Forschungs- und Wissenszentrums für die Leistungselektronik in der Region bestand.

2. Bedeutung der Leistungselektronik für Wirtschaft und Gesellschaft

Leistungselektronik wird immer dann benötigt, wenn Strom umgewandelt werden muss, z.B. von hoher in niedrige Spannung oder von Gleichstrom in Wechselstrom (oder umgekehrt). Die Leistungselektronik stellt in vielen Bereichen das Bindeglied bei der Regelung elektrischer Energie in der Verfahrenskette vom Erzeuger bis zum Verbraucher dar. Die entsprechenden Leistungshalbleiter sind elementar für einen präzisen Energiefluss und eine zuverlässige Strominfrastruktur. Moderne Leistungselektronik sorgt für eine verbesserte Energieeffizienz und ist mittlerweile allgegenwärtig in vielen Anwendungen der Elektroindustrie. Studien gehen von einem weltweiten Marktvolumen der Leistungselektronik von 200 Mrd. US-Dollar für das Jahr 2018 aus (vgl. Roland Berger, S.2).

Die Leistungselektronik ist für die Entwicklung gesellschaftlicher Megatrends von entscheidender Bedeutung. Trends wie das steigende Umweltbewusstsein in der Gesellschaft mit der damit verbundenen Umsetzung der Energiewende, ein bewussterer, effizienterer und sparsamerer Umgang mit Energie und nachhaltigerer Elektromobilität bis hin zur Umsetzung der Verkehrswende verdeutlichen dies. Zusätzlich greift der Trend einer zunehmenden Digitalisierung nahezu aller gesellschaftlichen Bereiche mit hinein, insbesondere in die Elektromobilität, das autonome Fahren oder die digital vernetzte Industrie 4.0. Die Leistungselektronik leistet einen entscheidenden Beitrag zur effizienten Versorgung und damit zur Einsparung von Energie. Die Energie-Einsparpotenziale, die durch die Leistungselektronik erschließbar sind, werden auf 20 bis 35 Prozent des derzeitigen Bedarfes an elektrischer Energie geschätzt (vgl. BMBF, o.J.).

Durch Entwicklungen in der Leistungselektronik kann die Umweltbelastung aufgrund eines höheren Gesamtwirkungsgrad in der gesamten Energieflusskette vom Erzeuger bis einschließlich dem Verbraucher reduziert werden. Sie ermöglicht die Elektromobilität bei verschiedensten Transportmitteln (vom Elektroroller über E-Bike, Auto, Schiff, Zug, Flugzeug bis hin zu Fahrzeugen für die Land- und Forstwirtschaft) und führt zu einer stabilisierten und zuverlässigen Energieversorgung durch die Realisierung von Smart Grids mit Integration dezentraler elektrischer Energiequellen wie Wind und Sonne, einer intelligenten, bedarfsgerechten Energieflusssteuerung zu allen Verbrauchern sowie der Nutzung aller variablen Speicher. Die Leistungselektronik ist von entscheidender Bedeutung für die Realisierung der Energiewende und der Elektromobilität, die ohne den Bau und die Weiterentwicklung von modernen Leistungsbauelementen und –systemen nicht bewältigt werden können.

Entscheidend ist hierbei die bedarfsgerechte und zuverlässige Steuerung des elektrischen Energieflusses durch hocheffiziente leistungselektronische Energiewandler. Sie ermöglichen es, dass jedem Verbraucher zu jedem gewünschten Zeitpunkt genau diejenige elektrische Energie kostenoptimiert zur Verfügung steht, die er benötigt.

Auch in der industriellen Produktion wird Leistungselektronik im Kontext von Industrie 4.0 zunehmend an Bedeutung gewinnen. Insbesondere im industriellen Bereich kommen zur Datenerfassung in der Produktion verschiedenste Sensoren zum Einsatz, die jeweils mit Strom versorgt und mit einer übergeordneten Recheneinheit verbunden werden. Es wird derzeit daran gearbeitet, intelligente leistungselektronische Baugruppen zu entwickeln, die im Hinblick auf das verbundene System intelligente Entscheidungen treffen können. Dies ist letztlich als eine Entwicklung hin zu künstlicher Intelligenz von Produktionssystemen zu sehen, die durch leistungselektronische Komponenten ermöglicht wird.

Leistungselektronik ist daher eine Schlüsseltechnologie für die Zukunft. Nur mit Hilfe leistungselektronischer Systeme können Energieeffizienz, Elektromobilität, Energieerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen sowie die Zuverlässigkeit und Stabilität der gesamten Energieversorgung realisiert werden. Gerade in Schleswig-Holstein, einem Land mit hohem Anteil an erneuerbaren Energiequellen, kommt der Leistungselektronik eine bedeutende Rolle zu. Die Leistungselektronik ist in Schleswig-Holstein eine von insgesamt fünf Schlüsseltechnologien, die im Rahmen der Erstellung der Regionalen Innovationsstrategie des Landes Schleswig-Holstein (RIS) identifiziert wurden (vgl. WiMi 2014, S. 75f.). Schlüsseltechnologien sind für den Innovationsstandort Schleswig-Holstein und seine Unternehmen von großer Bedeutung, sie induzieren Beschäftigung, Umsatz und haben eine wichtige Multiplikatorfunktion (vgl. WiMi 2014, S. 26). Die Förderung im Rahmen von Landesprogrammen ist in Schleswig-Holstein generell branchenoffen, konzentriert sich aber auf die in der RIS identifizierten Schlüsseltechnologien. Dies verdeutlicht, welchen Stellenwert die Leistungselektronik für das Land einnimmt.

3. Ziel der Studie

Ziel der vorliegenden Studie ist es, zur Weiterentwicklung des Netzwerks Leistungselektronik Schleswig-Holstein beizutragen, um durch die künftige Ausrichtung des Netzwerks und seiner Leistungsangebote einen Beitrag zur Stärkung der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der schleswig-holsteinischen Unternehmen der Leistungselektronik zu leisten. Dafür wurde in den folgenden fünf Themenbereichen, die für die Weiterentwicklung der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein von Bedeutung sind, jeweils der derzeitige Status sowie die zukünftige Perspektive untersucht:

- Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein
- Themen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein
- Nachwuchs für die Leistungselektronik in Schleswig-Holstein
- Finanzielle Förderung der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein
- Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein

Die Analyse innerhalb der einzelnen Themenbereiche war von Leitfragen getragen, die an den jeweiligen Themenbereich angepasst waren. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Leitfragen der vorliegenden Studie:

Themenbereich	Statusanalyse	Perspektivanalyse
Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Welche Unternehmen sind in der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein aktiv? ▪ Wie viele Mitarbeiter haben die Unternehmen? ▪ Was für eine technische Ausstattung haben die Unternehmen? ▪ Welche Produkte werden angeboten? ▪ Welche Kooperationen zu anderen Unternehmen und Hochschulen gibt es? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Welche Marktakteure wird es morgen geben? ▪ Welche neuen Firmen mit welchen Produkten bzw. Leistungsangeboten werden zukünftig auf dem Gebiet der Leistungselektronik eine Rolle spielen?

Themenbereich	Statusanalyse	Perspektivanalyse
Themen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein	<ul style="list-style-type: none"> Welche Themen der Leistungselektronik bestimmen heute die Arbeit der Firmen? 	<ul style="list-style-type: none"> Wie werden die künftigen Themen der Leistungselektronik ermittelt und analysiert? Welche Themen der Leistungselektronik wird es morgen geben?
Personal für die Leistungselektronik in Schleswig-Holstein	<ul style="list-style-type: none"> Welche Ausbildung haben die Mitarbeiter? Wo gibt es Engpässe? Welche Weiterbildungen machen die Mitarbeiter? Gibt es geeignete Weiterbildungsangebote? 	<ul style="list-style-type: none"> Was sollte in der schulischen Ausbildung aus Sicht der Firmen der Leistungselektronik verbessert werden? Was sollte in der Hochschulausbildung aus Sicht der Firmen der Leistungselektronik verbessert werden? Wie können qualifizierte Mitarbeiter gewonnen und gehalten werden?
Finanzielle Förderung der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein	<ul style="list-style-type: none"> Welche Förderprogramme werden heute genutzt? 	<ul style="list-style-type: none"> Welche Themen der Leistungselektronik sollten gefördert werden? Welche Fördermaßnahmen seitens Landesregierung, Bund und EU sollte es künftig geben?
Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein (LE.SH)	<ul style="list-style-type: none"> Was sind heute die Bedarfe, denen sich das Netzwerk LE.SH stellt? Mit welchen Maßnahmen stellt sich das Netzwerk LE.SH heute den Bedarfen? 	<ul style="list-style-type: none"> Welches sind die künftigen Bedarfe an ein Netzwerk LE.SH? Wie kann das Netzwerk LE.SH oder ein Verein zur Verbesserung des Status der LE in SH beitragen? Welche Aktionen und Maßnahmen sollte ein Netzwerk LE.SH künftig anbieten? Welche Angebote sind vorrangig?

Tabelle 1: Fragen zum Stand (Statusanalyse) und zur künftigen Entwicklung (Perspektivanalyse) in den definierten Themenfeldern
 Quelle: Eigene Darstellung

4. Methodisches Vorgehen

4.1. Datenbank- und Literaturrecherchen (Desk Research)

Eine Grundlage der Analyse bildete die Recherche mithilfe von Online-Datenbanken, Artikeln, Studien und Onlineauftritten. Basierend auf den Ergebnissen des Desk Research wurde eine Identifizierung und Zusammenstellung der schleswig-holsteinischen Unternehmen der Leistungselektronik erstellt. Diese wurden in Form einer Akteursdatenbank zusammengeführt, welche als Grundlage zur Ermittlung von zu befragenden Unternehmen diente. Ferner war es ein Ziel der Recherche, aktuelle und künftige Trends und Themen der Leistungselektronik zu ermitteln. Die Ergebnisse dienten anschließend der inhaltlichen Vorbereitung weiterer methodischer Schritte in Bezug auf die Befragungen, die Interviews und den Workshop.

4.2. Onlinebefragung

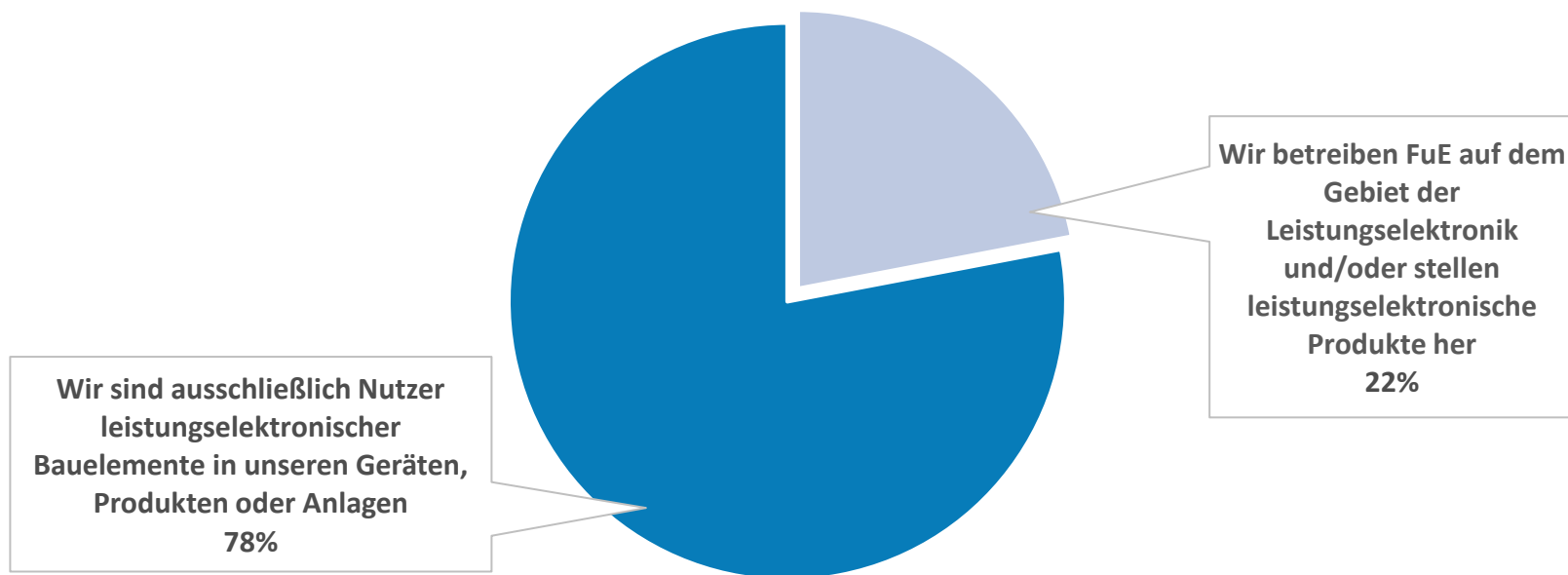
Ein zentrales methodisches Element zur Erarbeitung der Studie war die Durchführung einer Onlinebefragung bei Unternehmen in Schleswig-Holstein. Hierzu wurden zunächst mit dem Auftraggeber das Konzept und der (offline) Entwurf des Fragebogens abgestimmt, um anschließend die Programmierung der Onlinebefragung umzusetzen. Im weiteren Vorgehen wurde ein Auswertungskonzept für den Fragebogen erarbeitet, welches die Grundlage für die weitere visuelle Darstellung der Erhebungsergebnisse bildete.

Das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr des Landes Schleswig-Holsteins unterstützte die Onlinebefragung mit einem postalischen Schreiben an die Unternehmen, welches die Wichtigkeit der Studie und die Teilnahme an der Umfrage betonte und die Unternehmen zur Teilnahme motivieren sollte. Im Anschluss erhielten die Unternehmen die in dem postalischen Schreiben angekündigte E-Mail mit den Zugangsdaten zur Teilnahme an der Befragung.

Der erste Befragungszeitraum war vom 9.4. bis zum 25.4.2019 geöffnet. Im Sinne der Rücklaufoptimierung wurden mehrere Nachfassaktionen per E-Mail und Telefon durchgeführt. Die letzte Nachfassaktion endete am 20.05.2019.

Da Leistungselektronik eine Querschnittstechnologie ist und in vielen Bereichen Anwendung findet, wurde bei der Auswahl von Unternehmen als Teilnehmer der Onlinebefragung ein möglichst breiter Ansatz gewählt. Zielgruppe der Befragung waren Unternehmen, die in Schleswig-Holstein Forschung und Entwicklung im Bereich Leistungselektronik betreiben oder leistungselektronische Produkte herstellen.

Die Mehrzahl der in den folgenden Kapiteln dargestellten Ergebnisse und Abbildungen basieren u.a. auf Ergebnissen der Onlinebefragung. An der Onlinebefragung haben sich insgesamt 100 Unternehmen beteiligt. Die Mehrzahl dieser Unternehmen betreibt allerdings weder Forschung und Entwicklung im Bereich Leistungselektronik noch stellt sie leistungselektronische Produkte her, sondern ist ausschließlich Nutzer von Leistungselektronik. Da diese ausschließlichen Nutzer nicht die Zielgruppe der vorliegenden Studie sind, wurden sie zu Beginn des Fragebogens mit der Einstiegsfrage (vgl. Abbildung 1) herausgefiltert und haben den Fragebogen dann anschließend nicht weiter ausgefüllt. Etwa ein Viertel (22%) der befragten 100 Unternehmen gab an, selbst leistungselektronische Produkte herzustellen oder auf diesem Gebiet zu forschen und hat somit als Zielgruppe den Fragebogen weiter ausgefüllt.



n= 100

Abbildung 1: Welche Rolle spielt die Leistungselektronik in Ihrem Unternehmen?

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

4.3. Leitfadengestützte Experteninterviews

Eine weitere methodische Säule bei der Studiererstellung waren die leitfadengestützten Experteninterviews mit Akteuren aus den unterschiedlichen Bereichen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein. Ziel war es, die Einschätzungen und Erfahrungen von Unternehmen, Wissenschaftlern und Intermediären zu den fünf definierten Themenbereichen zu ermitteln. Im ersten Schritt wurden dafür in Abstimmung mit dem Auftraggeber das Interviewkonzept entworfen und Gesprächsleitfäden entwickelt, die inhaltlich an die jeweilige Akteursgruppe (Unternehmen, Hochschulen, Intermediäre) angepasst waren.

Zur inhaltlichen Vorbereitung auf das Gespräch wurde den Interviewpartnern der jeweilige Gesprächsleitfaden im Vorfeld des Gesprächs zugesendet. Der Gesprächsleitfaden diente als Orientierung für die Interviewten und stellte sicher, dass Fragen zu allen vordefinierten Themenbereichen während des Gesprächs abgedeckt wurden. Die Reihenfolge der Fragen musste dabei nicht stringent eingehalten werden, so dass der Interviewer auf den jeweiligen Gesprächsverlauf flexibel reagieren konnte.

Die Gespräche wurden in der Mehrzahl telefonisch geführt. Bei einzelnen Akteuren ergab es sich, dass Gespräche in direktem persönlichem Kontakt (face-to-face) geführt werden konnten. Diese Gespräche fanden dann bei DSN Connecting Knowledge in Kiel statt.

Die Ergebnisse der Experteninterviews wurden vorrangig genutzt, um die Erkenntnisse der Onlinebefragung zu interpretieren, einzuordnen, zu erläutern und mit Beispielen zu verdeutlichen. In der folgenden Tabelle sind die Akteure der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein aufgelistet, mit denen im Rahmen der vorliegenden Studie Interviews geführt wurden.

Name	Organisation	Ort
Frank Wiedemann	Getriebebau NORD GmbH & Co. KG	Bargteheide
Dr. Steffan Hansen	Siemens Gamesa Renewable Energy	Brande
Prof. Dr. Frank Hinrichsen	Hochschule Flensburg	Flensburg
Prof. Dr. Frank Osterwald	Danfoss Silicon Power	Flensburg
Torsten Hagge	Kristonics GmbH	Flensburg
Mark Ahmling	WSTech	Flensburg
Prof. Dr. Reiner Schütt	Fachhochschule Westküste	Heide
Prof. Dr. Holger Kapels	Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie	Itzehoe
Joachim Bergmann	WTSH GmbH	Kiel
Prof. Dr. Marco Liserre	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	Kiel
Prof. Dr. Ronald Eisele	Fachhochschule Kiel	Kiel
Prof. Dr. Roland Tiedemann	Technische Hochschule Lübeck	Lübeck
Dr. Juan Ramirez	Jungheinrich AG	Norderstedt

Tabelle 2: Übersicht der Interviewpartner
Quelle: Eigene Darstellung

4.4. Workshop

Im Anschluss an die Onlinebefragung und nach Durchführung der Mehrzahl der vorgesehenen Experteninterviews wurde als nächster methodischer Baustein der Studiererstellung ein Workshop mit 20 Akteuren der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein aus Wirtschaft und Wissenschaft durchgeführt. Dieser fand am 17.06.2019 in den Räumlichkeiten der Fachhochschule Kiel statt. Ziele des Workshops waren es, die bisherigen Studienergebnisse gemeinsam in der Gruppe zu verifizieren und neue inhaltliche Impulse für die Studie aus den gemeinsamen Diskussionen während des Workshops zu gewinnen.

Zu diesem Zwecke wurde den Teilnehmenden zu Beginn des Workshops Auszüge aus den Ergebnissen der Onlinebefragung vorgestellt und gemeinsam diskutiert. Im Anschluss wurden 50 vorbereitete Thesen zu vier vordefinierten Themenbereichen vorgestellt, welche sich aus den Ergebnissen der Befragung und der Interviews abgeleitet hatten. Die Teilnehmenden wurden in drei heterogene Gruppen eingeteilt, um anschließend die Thesen zu den jeweiligen Themenbereichen zu verifizieren bzw. falsifizieren. Zudem konnten die Teilnehmenden die Thesen kommentieren, inhaltlich ergänzen oder weitere Thesen hinzufügen. Zuletzt wurden die Thesen von jedem Teilnehmer nach ihrer Wichtigkeit priorisiert. Die so erzielten Ergebnisse wurden abschließend in Form eines Gallery Walks der Gesamtgruppe präsentiert und noch einmal in der Gesamtschau mit allen Teilnehmenden diskutiert. Im Nachgang wurden die Ergebnisse des Workshops protokolliert und flossen in die Studiererstellung mit ein.

5. Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein

In diesem Kapitel stehen der Status und die Perspektiven der Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein im Vordergrund. Inhaltlich orientiert sich dieses Kapitel an folgenden Leitfragen (vgl. hierzu auch Kap. 3):

- Welche Unternehmen sind in der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein aktiv?
- Wie viele Mitarbeiter haben die Firmen?
- Was für eine technische Ausstattung haben die Firmen?
- Welche Produkte werden angeboten?
- Welche Kooperationen zu anderen Firmen und Hochschulen gibt es?
- Welche neuen Firmen mit welchen Produkten bzw. Leistungsangeboten werden zukünftig auf dem Gebiet der Leistungselektronik eine Rolle spielen?

5.1. Unternehmen und weitere Akteure heute

Zur Identifizierung von Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein dienten im Wesentlichen die Ergebnisse der Onlinebefragung. Als Unternehmen der Leistungselektronik im Sinne der vorliegenden Studie gelten Unternehmen, die in Schleswig-Holstein Forschung und Entwicklung im Bereich Leistungselektronik betreiben oder leistungselektronische Produkte herstellen. Im Rahmen der Onlinebefragung ordneten sich 22 Unternehmen dieser Kategorie zu. Zusätzlich sind die Unternehmen aufgeführt, die im Netzwerk Leistungselektronik aktiv sind, sich aber nicht an der Onlinebefragung beteiligt haben. Die folgende Tabelle gibt einen grundlegenden Überblick über die Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein. Im Anhang findet sich eine weitere Tabelle, in der die Tätigkeitsbereiche der Unternehmen in ausführlicherer Form dargestellt sind.

Nr.	Unternehmen	Ort	Branchenkurzbeschreibung
1	ATP Elektronik GmbH	Halstenbek	Fertigung elektronischer Baugruppen und Spezialkomponenten
2	AVB GmbH Wind Engineering	Büdelndorf	Technische Ausrüstung für Offshore-Windparks
3	Danfoss Silicon Power GmbH	Flensburg	Leistungsmodule für Automobil-, Solar-, Wind- und Industrieanwendungen
4	eta energietechnik GmbH	Klixbüll	Regeltechnik und Energieberatung für die Industrie
5	Flensburger Schiffbau-Gesellschaft GmbH	Flensburg	Entwurf, Konstruktion und Bau von Schiffslösungen
6	FTCAP GmbH Fischer & Tausche Capacitors	Husum	Entwicklung und Produktion von Kondensatoren
7	FUCHS Fördertechnik AG	Oststeinbek	Fördertechnik-Lösungen mit Schwerpunkt Kranbau
8	Getriebebau NORD GmbH & Co. KG	Bargtheide	Antriebstechnik mit mechanischen und elektronischen Lösungen
9	H. Timm Elektronik GmbH	Glinde	Hersteller elektronischer Mess- und Steuerungstechnik
10	Jungheinrich Norderstedt AG & Co. KG	Norderstedt	Fertigung von Staplern, Flurförderzeugen und Regalsystemen
11	KION Group STILL GmbH	Hamburg	Entwickler und Hersteller von Gabelstaplern und Lagertechnikgeräten
12	Konzept Energietechnik GmbH	Eutin	Produktion von Geräten und Systemen für eine sichere Stromversorgung
13	Kristronics GmbH	Harrislee	Entwicklung und Fertigung von elektronischen Baugruppen und Systemen
14	Liacon GmbH	Itzehoe	Hochleistungsspeicher mit großformatigen Lithium-Titanat-Polymer-Zellen

Nr.	Unternehmen	Ort	Branchenkurzbeschreibung
15	MOTEG GmbH	Flensburg	Entwicklung und Produktion elektrischer Antriebe und Generatoren
16	Nordex Energy GmbH	Rostock	Fertigung, Errichtung und Wartung von Windkraftanlagen
17	OFFCON GmbH	Kappeln	Beratung in den Bereichen Meerestechnik und ROV-Betrieb
18	paratus electronic GmbH	Flintbek	Flachbaugruppenfertigung für elektronische Geräte
19	Reese & Thies GmbH	Itzehoe	Entwicklung elektronischer Steuerungen
20	Siemens Gamesa Renewable Energy A/S	Brande (DK)	Hersteller von Onshore- und Offshore-Windenergieanlagen
21	Vincorion Jenoptik Advanced Systems GmbH	Wedel	Antriebs- und Energiesysteme, Stabilisierungssysteme und Luftfahrtsysteme
22	Vishay Siliconix Itzehoe GmbH	Itzehoe	Hersteller von diskreten Halbleiterbauelementen und passiven Bauteilen
23	Weier Antriebe und Energietechnik GmbH	Eutin	Entwicklung von Motoren für Maritime Technik, Fahrtreppen und Maschinenbau
24	WISKA Hoppmann GmbH	Kaltenkirchen	Schiffbau- und Industriezulieferer
25	WSTECH GmbH	Flensburg	Entwicklung von Umrichtern im Bereich der erneuerbaren Energien

Tabelle 3: Übersicht der 22 Unternehmen der Onlinebefragung und aktiven Akteure im Netzwerk für Leistungselektronik (detaillierte Übersicht im Anhang)
 Quelle: Eigene Darstellung

Neben den Unternehmen wurden im Rahmen der vorliegenden Studie auch insgesamt 5 Hochschulen in Schleswig-Holstein identifiziert, die einen Bezug zur Leistungselektronik aufweisen. In der folgenden Tabelle sind die Fachbereiche, die Professuren sowie die Studiengänge der einzelnen Hochschulen mit Anknüpfungspunkten zum Thema Leistungselektronik aufgeführt.

Nr.	Hochschule	Fachbereich(e) oder Institut	Professur(en) mit Bezug zur Leistungselektronik	Zugehörige Studiengänge
26	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	Elektrotechnik und Informationstechnik	Lehrstuhl für Leistungselektronik (Prof. Dr. Marco Liserre)	Elektrotechnik und Informationstechnik Wirtschaftsingenieurwesen Elektrotechnik und Informationstechnik
27	Fachhochschule Kiel	Informatik und Elektrotechnik	Messtechnik und Aufbau- und Verbindungstechnik (Prof. Dr. Ronald Eisele) Leistungselektronik und elektrische Antriebstechnik (Prof. Dr. Ulf Schümann)	Mechatronik Elektrotechnik Elektrische Technologien
28	Fachhochschule Westküste	Technik	Steuerungen und Elektrische Antriebe (Prof. Dr. Reiner Johannes Schütt)	Elektrotechnik Green Energy
29	Hochschule Flensburg	Energie und Biotechnologie	Elektrische Energietechnik (Prof. Dr. Frank Hinrichsen)	Energiewissenschaften Wind Engineering Automatisierungstechnik
30	Technische Hochschule Lübeck	Elektrotechnik und Informatik	Leistungselektronik und Elektrische Antriebe (Prof. Dr. Roland Tiedemann)	Energiesysteme und Automation
31	Fachhochschule Wedel	Technik	Studiengangsleitungen (Prof. Dr. Michael Anders; Prof. Dr. Carsten Burmeister; Prof. Dr. Sergei Sawitzki; Prof. Dr. Ulrich Hoffmann)	Wirtschaftsingenieurwesen IT-Ingenieurwesen Technische Informatik Smart Technology

Tabelle 4: Übersicht und Informationen zu Hochschulen in Schleswig-Holstein mit Bezug zur Leistungselektronik
Quelle: Eigene Darstellung

In Ergänzung zu den Unternehmen und Hochschulen gibt es in Schleswig-Holstein auch Forschungseinrichtungen und Intermediäre, die sich dem Thema Leistungselektronik unterschiedlich stark widmen:

Nr.	Organisation	Kategorie	Ort	Bezug zur Leistungselektronik
32	Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung	Forschungseinrichtung	Geesthacht	Arbeiten mit regionalen Unternehmen aus der LE-Branche im Bereich Materialforschung zusammen
33	Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH	Wirtschaftsförderung	Kiel	Leistungselektronik ist einer von sieben Innovationsschwerpunkten der WTSH, in denen sie Innovationsberatung für Unternehmen anbietet
34	Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie	Forschungseinrichtung	Itzehoe	Leitung des Projekts „Netzwerk LE.SH“; die Leistungselektronik ist eines von drei Geschäftsfeldern

Tabelle 5: Übersicht der Forschungseinrichtungen und Intermediäre in Schleswig-Holstein mit Bezug zur Leistungselektronik

Quelle: Eigene Darstellung

Die identifizierten Organisationen und Einrichtungen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein sind zudem in der folgenden Karte abgebildet. Die unterschiedlichen Farben geben dabei an, um welche Art von Einrichtung es sich handelt, während ein Punkt bzw. Kreis indiziert, ob der jeweilige Akteur zum Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein gehört oder nicht. Anhand der Nummern auf der Karte lässt sich dann mit Blick in die vorherigen Tabellen feststellen, um welchen Akteur es sich explizit handelt.

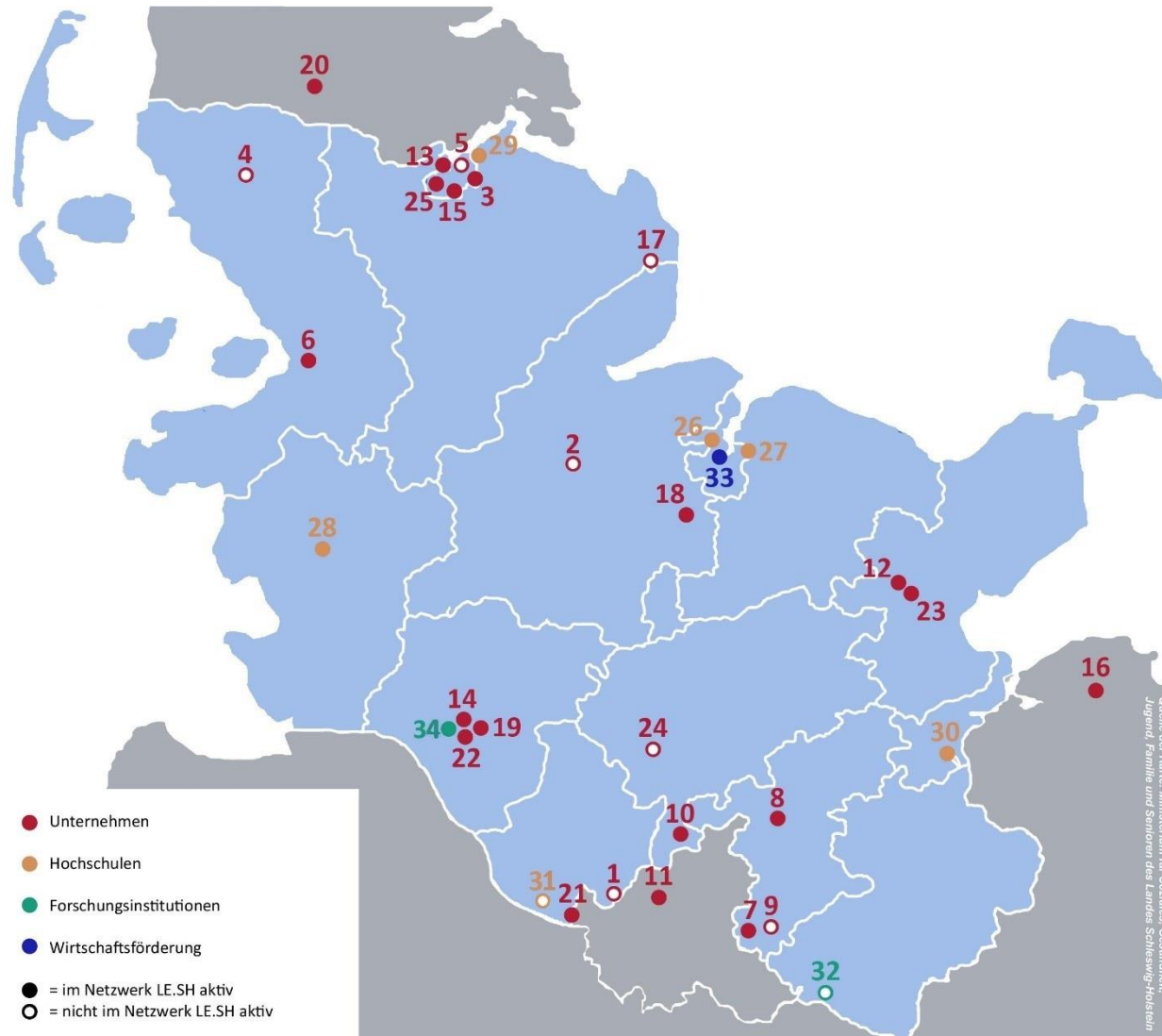


Abbildung 2: Standorte der Akteure der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein
 Quelle: Kartengrundlage MSGJFS, eigene Darstellung

Anzahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Bereich Leistungselektronik

Im Rahmen der Onlinebefragung wurden die Unternehmen nach ihrer Zahl der Mitarbeiter am Standort Schleswig-Holstein sowie nach dem Anteil der Mitarbeiter, die mit Forschung und Entwicklung in Bezug zu Leistungselektronik beschäftigt sind, gefragt. Die aggregierten Ergebnisse der Onlinebefragung ergeben eine Gesamtzahl von 4.707 Beschäftigten in den 17 schleswig-holsteinischen Unternehmen, die sich in der Onlinebefragung zu dieser Fragestellung geäußert haben. Die Größe der einzelnen Unternehmen reicht dabei von einem einzigen Mitarbeiter oder einer einzigen Mitarbeiterin am Standort Schleswig-Holstein bis hin zu 1.500 Beschäftigten. Die folgende Abbildung 3 verdeutlicht, dass Unternehmen der unterschiedlichsten Größenklassen in der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein vertreten sind. Bei der Mehrzahl handelt sich um kleine und mittlere Unternehmen mit max. 250 Beschäftigten.

Von diesen insgesamt 4.707 Beschäftigten waren am Ende des Jahres 2017 in den Unternehmen an Standorten in Schleswig-Holstein insgesamt 669 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit Forschung und Entwicklung in Bezug zu Leistungselektronik beschäftigt. Dies entspricht einem Anteil von 14,2 % in Bezug auf die Gesamtbeschäftigtenzahl der Unternehmen.

Für die zukünftige Entwicklung der Beschäftigtenzahl in den kommenden Jahren geht die Mehrheit der Unternehmen davon aus, dass der Personalbestand im Jahr 2022 dieselbe Größe aufweisen wird wie im Jahr 2017. Insgesamt 6 der befragten Unternehmen rechnen mit einem Personalzuwachs von bis zu 10% im Zeitraum von 2017 bis 2022. Keines der Unternehmen geht von einem Personalrückgang in diesem Zeitraum aus (vgl. Abbildung 4). Im Gesamtdurchschnitt über alle befragten Unternehmen beträgt der durchschnittliche Zuwachs an Beschäftigten vom Jahr 2017 bis zum Jahr 2022 insgesamt max. 4%.

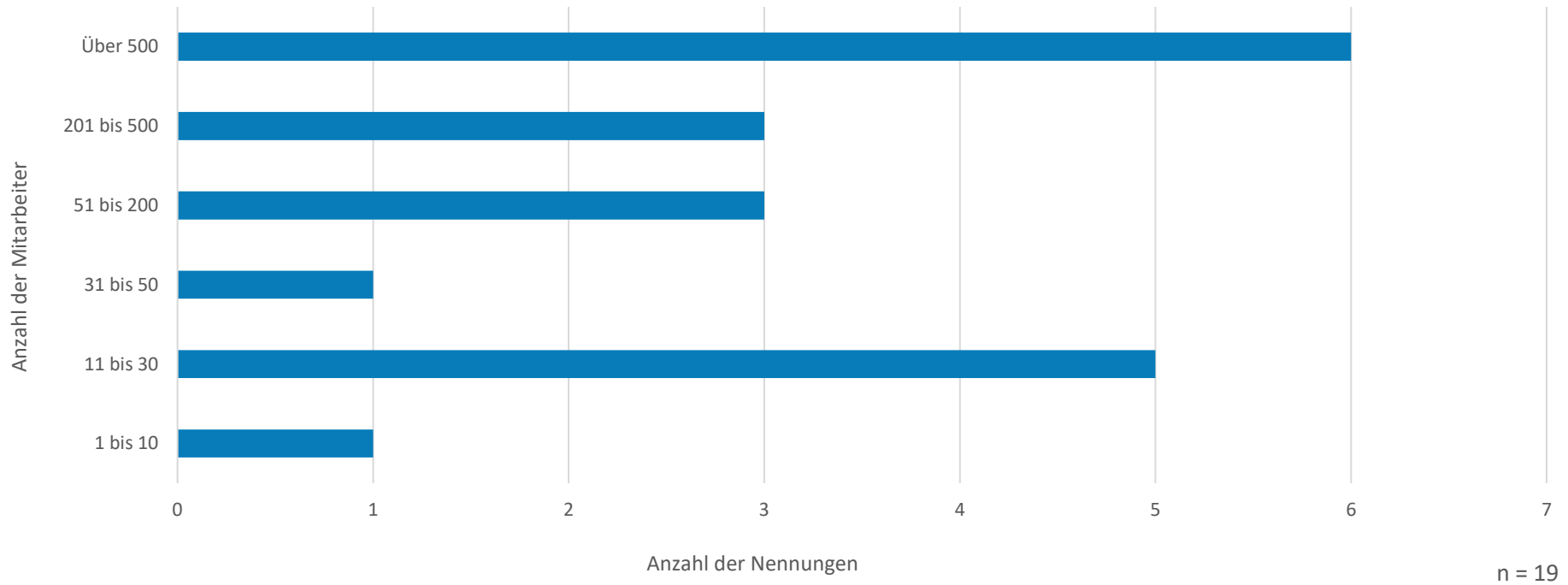


Abbildung 3: Wie viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter waren in Ihrem Unternehmen an Standorten in Schleswig-Holstein am Ende des Jahres 2017 insgesamt ca. beschäftigt?
Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

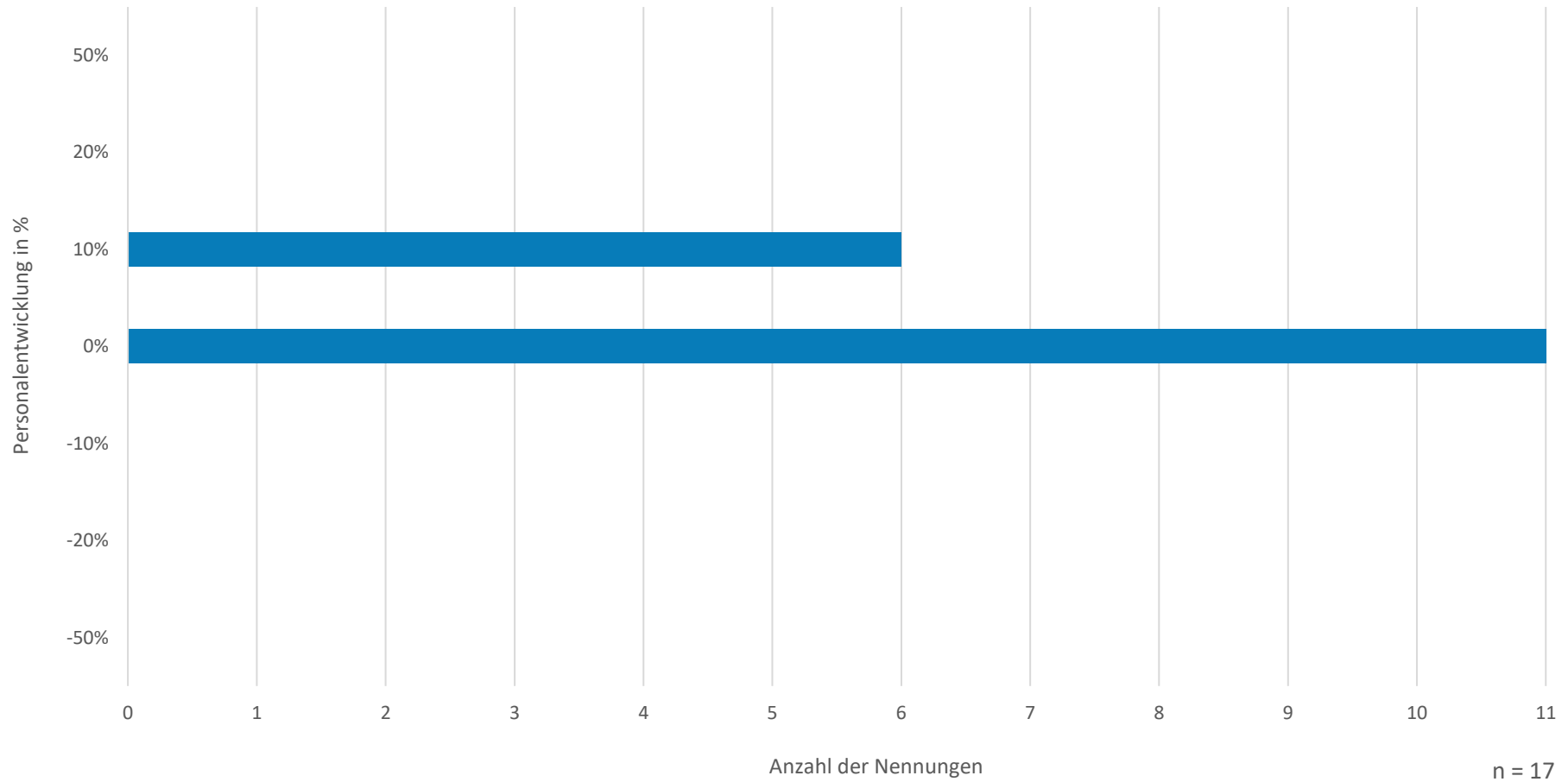


Abbildung 4: Welche Entwicklung erwarten Sie beim Personalstand und beim Umsatz für den Bereich Leistungselektronik für das Jahr 2022 gegenüber dem Jahr 2017?

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

Umsatz in der Leistungselektronik

Zur Frage nach dem Gesamtumsatz der Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein haben insgesamt 16 Unternehmen Angaben im Rahmen der Onlinebefragung gemacht. Demnach lag der Gesamtumsatz dieser 16 Unternehmen im Jahr 2017 bei knapp 4,4 Mrd. EUR. Der Anteil der Leistungselektronik an diesem Umsatz variiert in den einzelnen Unternehmen in Schleswig-Holstein.

Er reicht von einem Anteil von 5 % am Gesamtumsatz des Unternehmens bis zu einem Anteil von 100 % bei einzelnen Unternehmen. Dies verdeutlicht, dass die Leistungselektronik bei einigen Unternehmen einen Teil des gesamten Produktportfolios ausmacht, das auch aus Produkten ohne Relevanz zur Leistungselektronik besteht, während sich das Produktspektrum bei anderen Unternehmen vollumfänglich auf die Leistungselektronik bezieht. Der Anteil der Leistungselektronik an diesem Gesamtumsatz beträgt im Durchschnitt der Angaben aller Unternehmen rund 11,4 %. Der Umsatz der schleswig-holsteinischen Unternehmen, die sich an der Onlinebefragung beteiligt haben, und der auf die Leistungselektronik zurückgeführt werden kann, liegt damit bei gut 502 Mio. EUR im Jahr 2017.

In Bezug auf die zukünftige Entwicklung des Umsatzes erwartet die Mehrzahl von 12 der befragten Unternehmen eine positive Entwicklung bis zum Jahr 2022 gegenüber dem Umsatz im Jahr 2017 (vgl. Abbildung 5). Keines der Unternehmen rechnet mit einem Rückgang des Umsatzes. Im Durchschnitt über alle Unternehmen, die sich an der Onlinebefragung beteiligt haben, ergibt sich ein Umsatzwachstum von max. 9,44% für den Zeitraum von 2017 bis 2022.

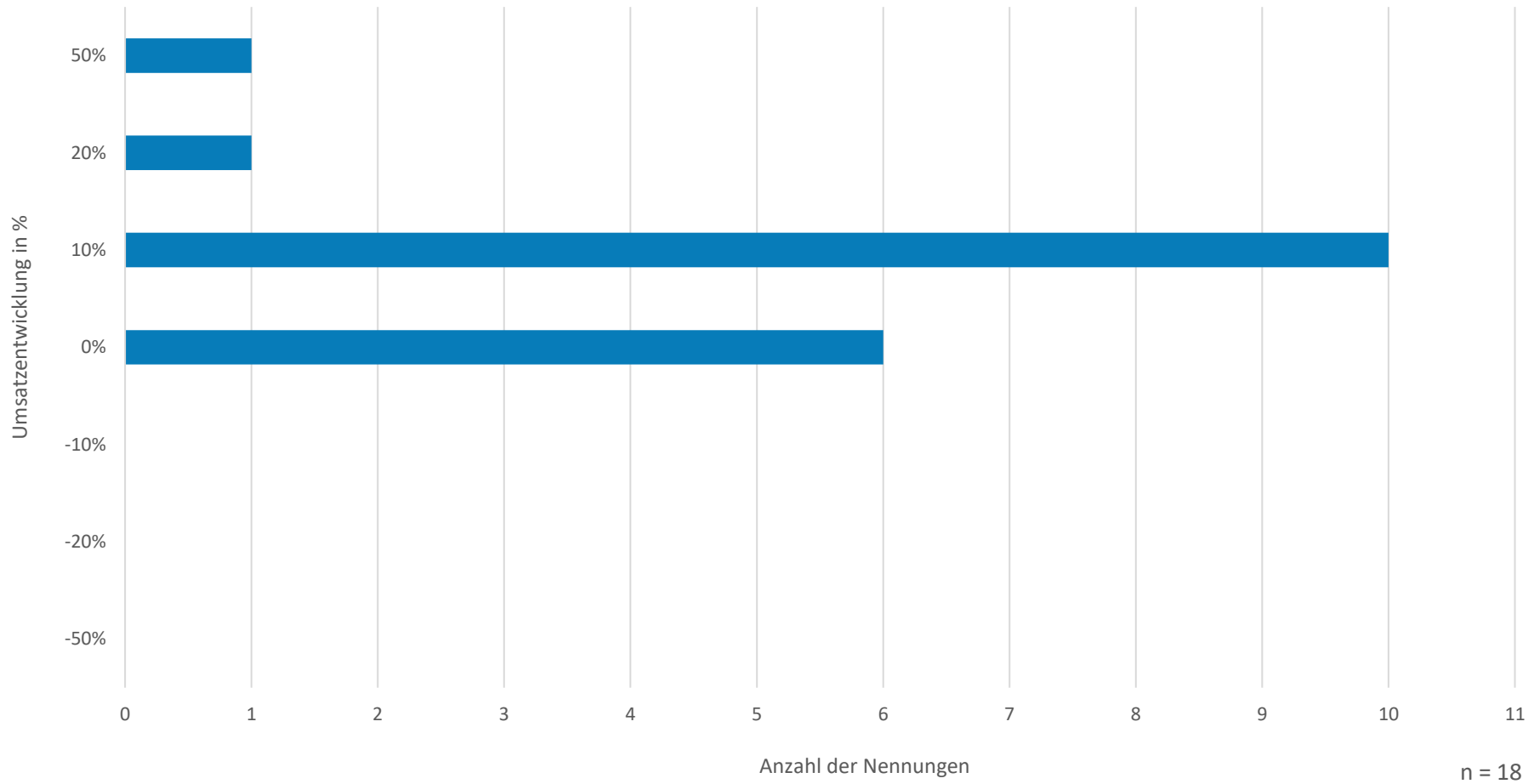


Abbildung 5: Welche Entwicklung erwarten Sie beim Personalstand und beim Umsatz für den Bereich Leistungselektronik für das Jahr 2022 gegenüber dem Jahr 2017?

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

Kooperationen der Unternehmen der Leistungselektronik

Kooperationen können Synergien für ein Unternehmen schaffen, die zu Ergebnissen führen, die das Unternehmen alleine nicht hätte realisieren können. Im Rahmen der vorliegenden Studie galt es daher zu untersuchen, welche Kooperationen die Unternehmen im Bereich Leistungselektronik in Schleswig-Holstein zu Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie zu anderen Unternehmen unterhalten.

Ein Blick auf die Kooperation der Unternehmen zu Hochschulen und Forschungseinrichtungen (vgl. Abbildung 6) insgesamt zeigt, dass die Mehrzahl (13 von 18) der befragten Unternehmen mit mindestens einer *Hochschule oder Forschungseinrichtung* aus Schleswig-Holstein kooperieren. Insgesamt 5 der 18 Unternehmen verfügen bisher über keine Erfahrung mit einer solchen Kooperation im Bereich der Leistungselektronik.

Werden die einzelnen Kooperationen der Unternehmen dahingehend betrachtet, zu welchen Hochschulen und Forschungseinrichtungen Kooperationen unterhalten werden, ist zu erkennen, dass *alle* Hochschulen in Schleswig-Holstein mit Bezug zur Leistungselektronik über Kooperationen mit mindestens einem Unternehmen der Leistungselektronik verfügen. Dabei weisen die Christian-Albrechts Universität zu Kiel sowie die FH Kiel die höchste Anzahl an Kooperationsbeziehungen zu den regional ansässigen Unternehmen auf. Dies sind insbesondere Kooperationen mit dem Lehrstuhl für Leistungselektronik an der Christian-Albrechts Universität (CAU) sowie Kooperationen zur FH Kiel mit den Fachbereichen Messtechnik und Aufbau- und Verbindungstechnik sowie Leistungselektronik und elektrische Antriebstechnik inklusive dem Labor für Leistungselektronik. Neben den Hochschulen stellt außerdem das Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie (ISIT) mit seinem Angebot im Bereich Leistungselektronik einen wichtigen Kooperationspartner für viele Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein dar.

Die Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen, wie sich die Anzahl der Kooperationen der Unternehmen in Schleswig-Holstein mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen außerhalb von Schleswig-Holstein verhält. Die Ergebnisse aus den beiden Grafiken verdeutlichen, dass die Häufigkeit der Kooperationen tendenziell von regionaler zu globaler Kooperation gegliedert ist. So zeigt sich, dass der Großteil der Unternehmen (71%) bereits auf regionaler Ebene geeignete Kooperationspartner finden konnte (vgl. Abbildung 7) während die Anzahl der genannten Kooperationen außerhalb Schleswig-Holsteins mit steigender Distanz zum Kooperationspartner abnahm (vgl. Abbildung 8). Dementsprechend kooperieren die Unternehmen auch außerhalb Schleswig-Holsteins noch am häufigsten innerhalb der deutschen Grenzen und jeweils seltener mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Europa und dem Rest der Welt (vgl. Abbildung 8). An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass die Ergebnisse der beiden

Abbildungen keine Aussage über die Intensität der Kooperationen zulassen, sondern sich nur auf die absolute Anzahl an Kooperationen zwischen Unternehmen zu Fachhochschulen und Forschungseinrichtungen beziehen.

Was die Kooperation der Unternehmen in Schleswig-Holstein mit anderen *Unternehmen* betrifft, kooperieren insgesamt etwa die Hälfte der befragten Unternehmen mit anderen Unternehmen der Leistungselektronik. Dabei wird besonders mit anderen Unternehmen aus Schleswig-Holstein, also auf regionaler Ebene, kooperiert. Hier finden sich zu einem Großteil geeignete Kooperationspartner, so dass kaum Partner auf Bundesebene eingebunden werden müssen. Viele der Unternehmen kooperieren auch auf internationaler Ebene. Hier werden überwiegend Kooperationen mit Partnern aus anderen europäischen Ländern eingegangen (vgl. Abbildung 9).

Die Unternehmen kooperieren zu einem Großteil sowohl fallweise, d.h. in Form von einzelnen gemeinsamen Projekten auf bestimmte Zeit zu einem sehr spezifischen Zweck, als auch strategisch-langfristig in Form von wiederkehrenden Kooperationsbeziehungen zum Aufbau einer gemeinsamen strategischen Beziehung. Reine Ausbildungskooperationen werden dagegen deutlich weniger eingegangen (vgl. Abbildung 10).

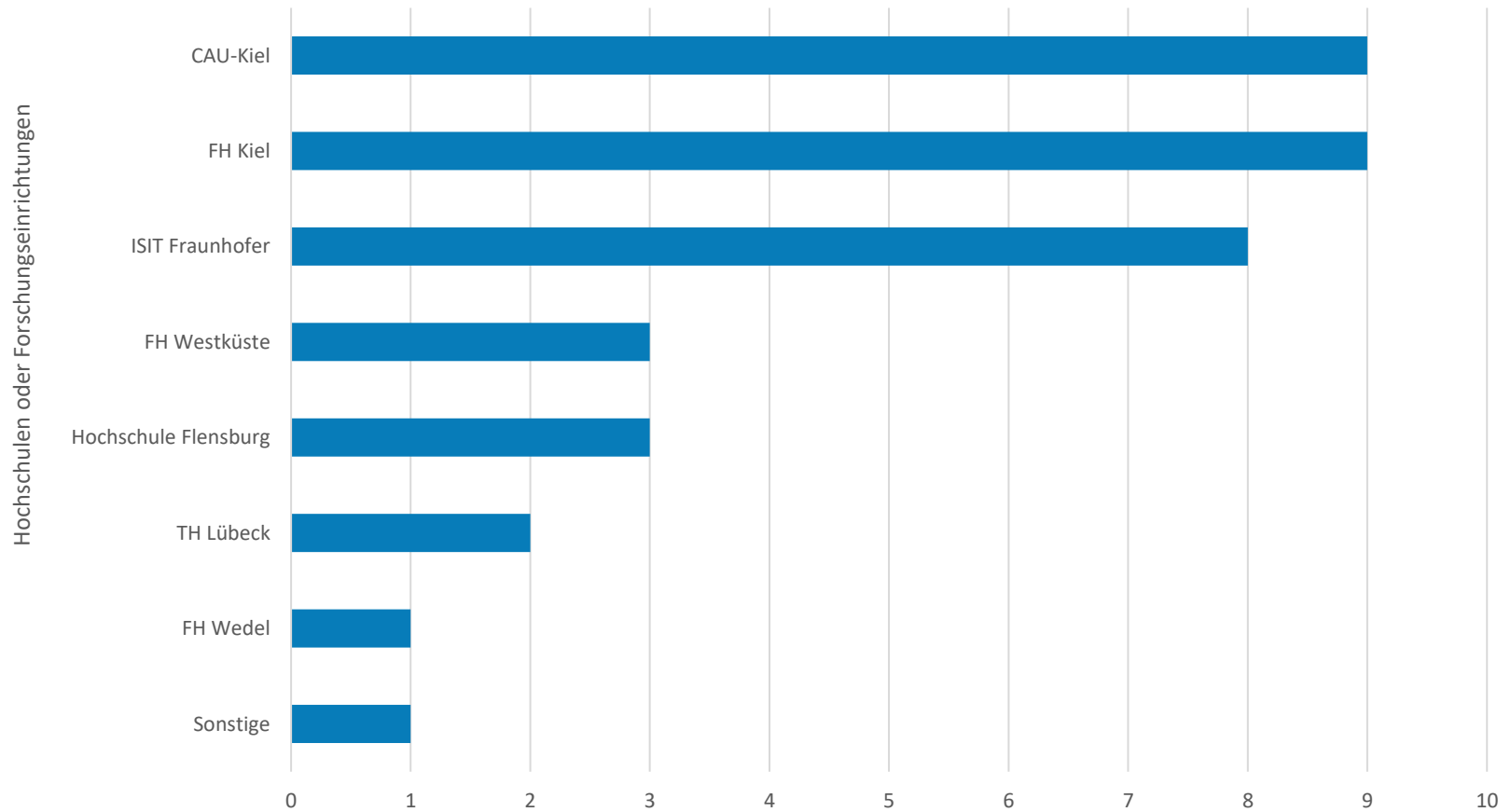


Abbildung 6: Kooperieren Sie im Bereich der Leistungselektronik mit Hochschulen oder Forschungseinrichtungen aus Schleswig-Holstein? (Mehrfachantworten möglich)

n = 18

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

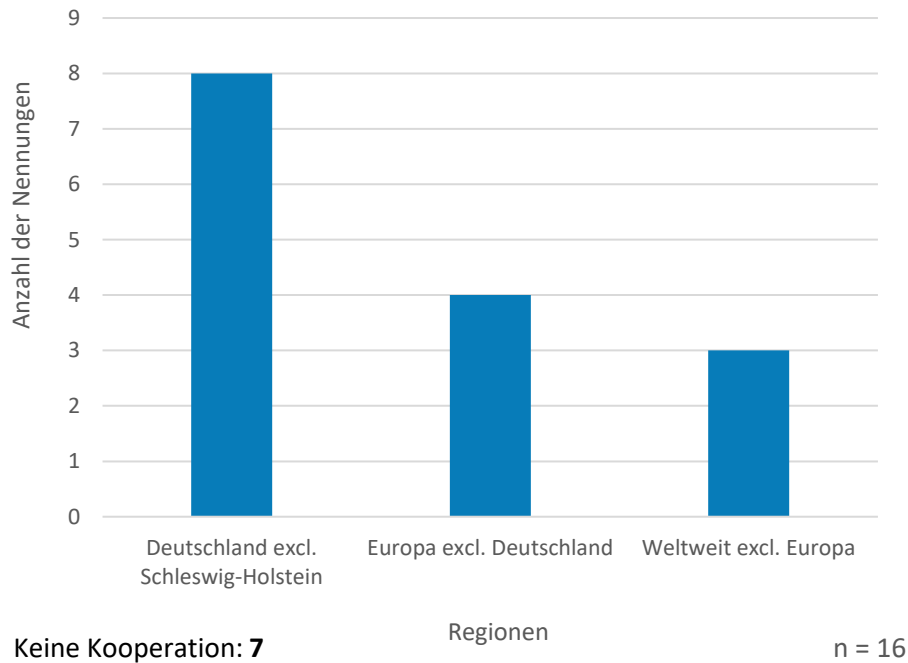


Abbildung 7: Kooperieren Sie mit Hochschulen oder Forschungseinrichtungen außerhalb Schleswig-Holsteins? (Mehrfachantworten möglich)
 Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

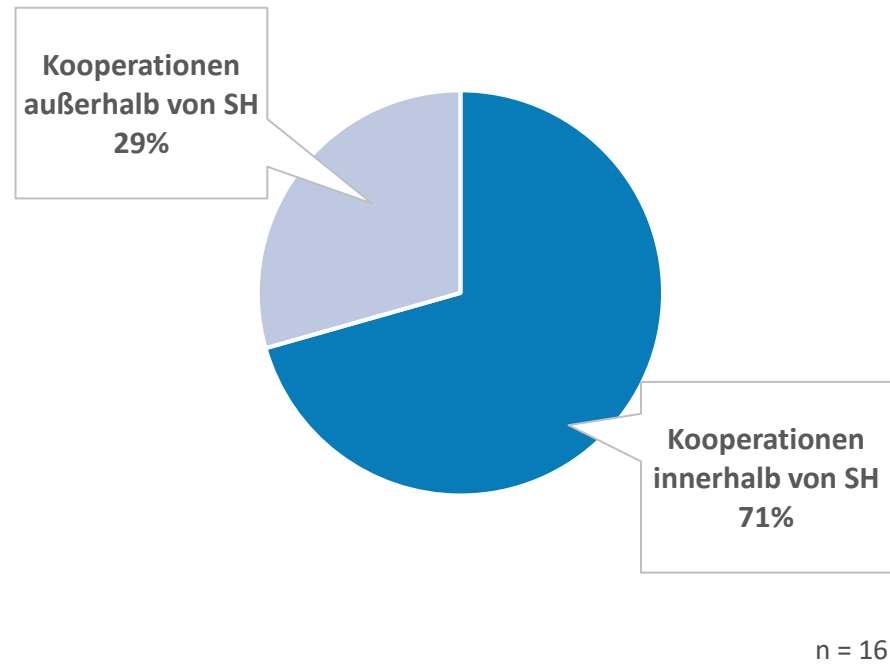


Abbildung 8: Verteilung der Kooperationen mit Hochschulen oder Forschungseinrichtungen innerhalb und außerhalb Schleswig-Holsteins
 Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

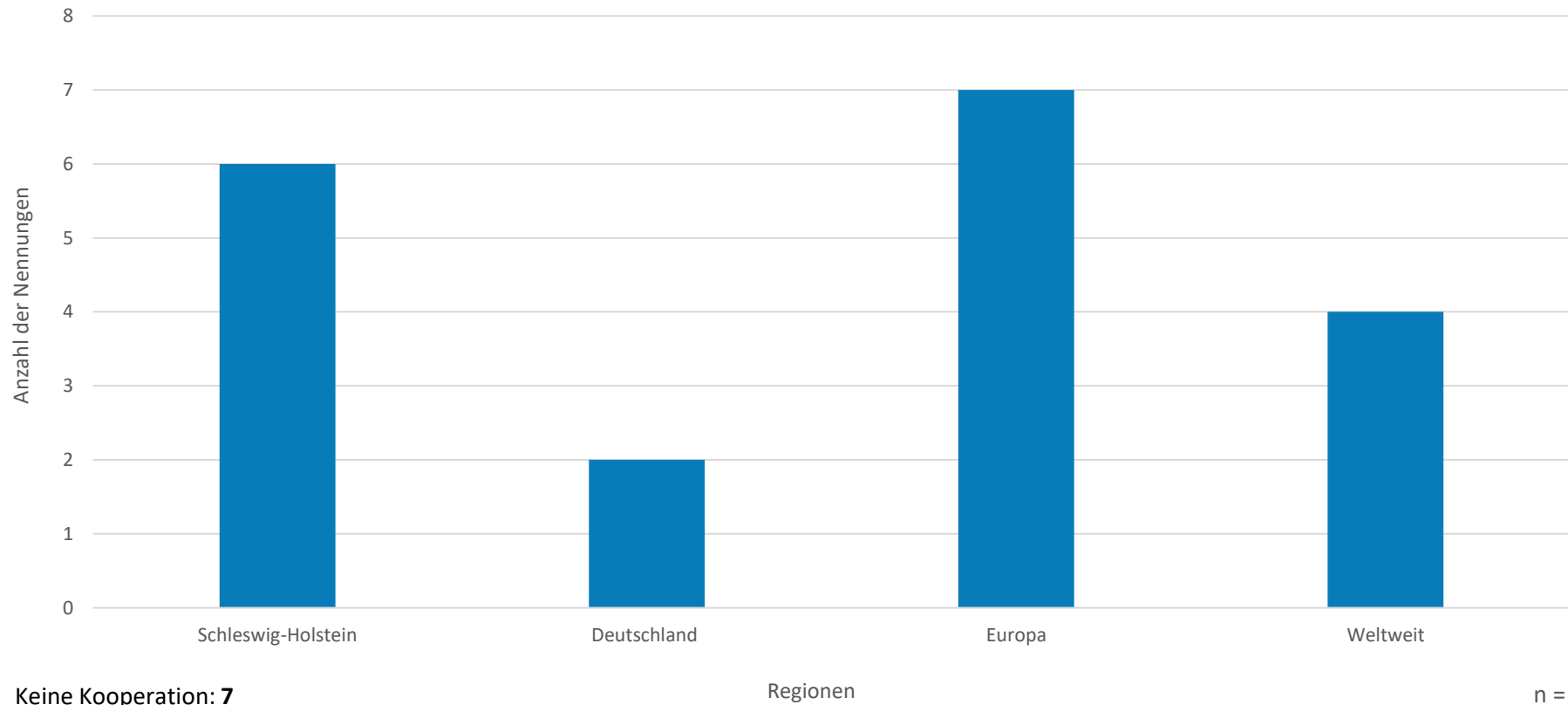


Abbildung 9: Unterhalten Sie im Bereich der Leistungselektronik Kooperationen mit anderen Unternehmen und wenn ja, mit Unternehmen aus welcher/n Region/en? (Mehrfachantworten möglich)
Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung.

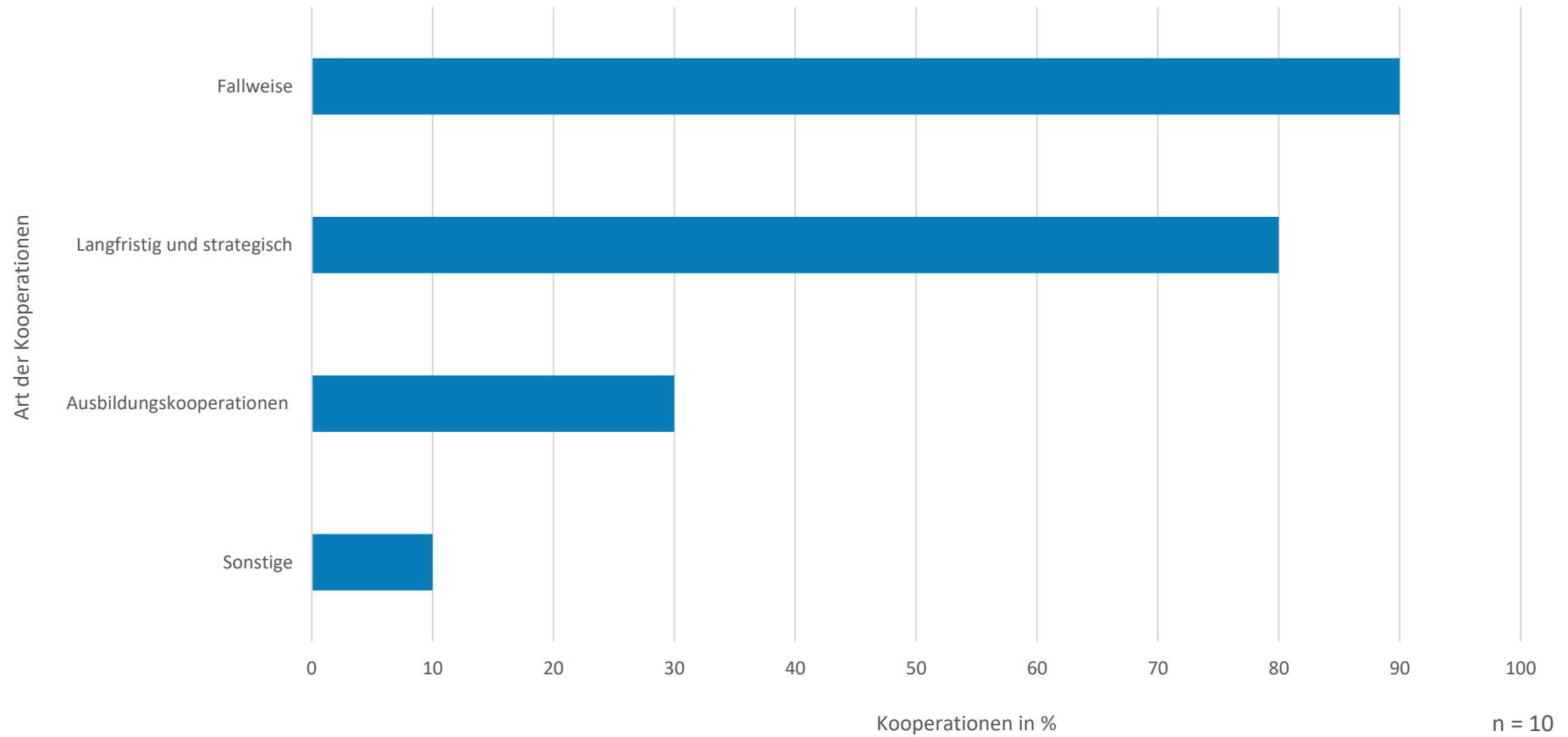


Abbildung 10: Welcher Art sind die Kooperationen zu anderen Unternehmen im Bereich der Leistungselektronik? (Mehrfachantworten möglich)

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

Aus den zuvor dargestellten Ergebnissen sowie den geführten Interviews lassen sich in Bezug auf die Kooperationen der Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein folgende Aussagen ableiten:

- Es gibt Kooperationen zwischen Unternehmen der Leistungselektronik und Hochschulen in Schleswig-Holstein entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Materialforschung über die Entwicklung von leistungselektronischen Bauelementen und Baugruppen bis hin zu Aggregaten und Anlagen.
- In den im Rahmen der Studie geführten Gesprächen hat sich gezeigt, dass sich bei den Unternehmen, die über Kooperationen zu Hochschulen in Schleswig-Holstein verfügen, diese Kooperationen über Jahre hinweg entwickelt haben und inzwischen etabliert sind. Diese Kooperationen sind zumeist auch auf enger persönlicher Ebene zu den Professoren der Hochschulen aufgebaut. Schwierigkeiten in Kooperationsbeziehungen können sich ergeben, wenn Professoren emeritieren oder die Hochschule wechseln. Dann müssen diese engen persönlichen Beziehungen der Kooperationspartner mit den neuen Professoren wieder neu aufgebaut werden.
- Die Kooperationen zwischen den Unternehmen der Leistungselektronik und den Hochschulen in Schleswig-Holstein finden in vielfältigen Formen statt. Sie kooperieren in Form von gemeinsamen Projekten, in Form von Bachelor- und Masterthesen oder in Form von Promotionen. Darüber hinaus kooperieren Unternehmen und Hochschulen in der gemeinsamen Netzwerkarbeit (im Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein) oder auch in Form informeller Informationsaustausche.
- Einzelne Unternehmen verfügen darüber hinaus über Kooperationen mit Hochschulen in Form eines dualen Studiums mit Bezug zu Leistungselektronik. Diese Kooperationen unterhalten Unternehmen sowohl mit Hochschulen aus Schleswig-Holstein als auch mit Hochschulen aus Hamburg.

5.2. Künftige Leistungsangebote

Im Zusammenhang mit künftigen Leistungsangeboten der Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein geht es um die Frage, ob es aus Sicht der Akteure Themen in der Leistungselektronik gibt, die sich heute bereits abzeichnen, aber derzeit noch nicht von Unternehmen mit bestimmten Produkten oder Leistungen bedient werden, in absehbarer Zukunft aber bedient werden könnten. Folgende Themen mit künftigen Leistungsangeboten zeichnen sich ab:

- Entwicklung von Komponenten, die sich sehr leicht integrieren lassen

Derzeit sind leistungselektronische Komponenten und Bauelemente zumeist sehr individuell konzipiert und müssen vom Kunden für seine Systeme und Anlagen angepasst werden. Diese Integration der Komponenten in die Systeme ist für die Kunden mit einem hohen Zeit- und damit auch Kostenaufwand verbunden. Aus Kundensicht wäre es ein Vorteil, leistungselektronische Komponenten und Bauelemente nutzen zu können, die so generell konzipiert sind, dass sie in verschiedensten Anwendungsbereichen sehr einfach integriert werden können. Je stärker die Komponenten generalisiert und vereinfacht sind und somit leichter integriert werden können, desto mehr steigt der Mehrwert und damit die Akzeptanz beim Nutzer für diese Komponenten. Aufgrund des generellen Charakters der Komponenten und deren vielseitigen Einsetzbarkeit könnten diese in hohen Stückzahlen produziert und damit kostengünstiger als individuelle Komponenten vermarktet werden. Das ganze Thema der Integration kann so weit gehen, dass neue Produkte entstehen, die aus einem integrierten System aus Ansteuerung und Leistungselektronik bestehen, so dass beide Ebenen noch stärker zusammenwachsen können.

- Verknüpfung von Smart Grids und Digitalisierung

Smart Grid Technologien für digitalisierte, mitdenkende und selbstverwaltende Stromnetze sind ein Eckpfeiler für die Realisierung der Energiewende mit erneuerbaren Energien. Durch dezentrale Stromerzeuger steigen Komponenten und Komplexität innerhalb des öffentlichen Stromnetzes sowie die Informationen und Daten über die Mengen des erzeugten und verbrauchten Stroms. Die Smart Grids sind mit Sensoren und digitalen Schnittstellen ausgestattet, die kontinuierlich Daten zu Erzeugung und Verbrauch von Strom erfassen. In der Verarbeitung und Nutzung dieser vielfältigen Daten mit Digitalisierungsmethoden liegt ein zukünftiges Potenzial für neue Produkte und Dienstleistungen.

- Umwandlung von passiven in aktive Komponenten

Ein Bereich mit Potenzial ist die Umwandlung von passiven Komponenten in aktive Komponenten der Leistungselektronik. Beispielweise könnten passive Leistungstransformer in aktive Komponenten umgewandelt werden. Dies führt zu einem deutlich kompakteren Produkt, das durch den geringeren Volumenverbrauch zu kompakteren Gesamtsystemen führen kann. Die Herausforderung besteht insbesondere darin, diesen Umwandlungsprozess so zu gestalten, dass die neuen Komponenten auch wirtschaftlich in der Produktion und Anschaffung sind.

- Ladestecker für die E-Mobilität

Die Ladezeiten von Elektrofahrzeugen sind ein Bereich mit hohem Entwicklungsbedarf zur weiteren Entwicklung der E-Mobilität und Nutzung von elektrischen Fahrzeugen. In diesem Zusammenhang stellt der Ladestecker derzeit ein Hindernis dar, um schnellere Ladezeiten zu realisieren. Andere im Ladevorgang eingebundene Komponenten würden ein schnelleres Laden bereits ermöglichen. Insbesondere die Kühlung der Ladestecker ist derzeit noch ineffizient. Hier könnten potenziell Innovationen und damit Produkte realisiert werden. Wichtig wäre in diesem Zusammenhang, dass sich bei den Ladesteckern auf einen einheitlichen Standard geeinigt wird, so dass die Ladestecker dann deutlich kostengünstiger produziert werden könnten.

- Schaltungen in Mittelspannungsnetzwerken

Schaltungen in Mittelspannungsnetzwerken werden derzeit noch weitestgehend mechanisch gesteuert. Hier ist es durchaus für die Zukunft denkbar, dass leistungselektronische Lösungen gefunden werden, die eine schnellere und effektivere Steuerung des Stromflusses ermöglichen und dadurch Verluste in diesem Bereich reduzieren. Dieser Bereich ist sehr kapitalintensiv, so dass dieses Thema insbesondere für größere Unternehmen von Relevanz sein wird, die im Mittelspannungsbereich tätig sind.

- Solarwechselrichter, die netzbildend wirken können

Über Solarwechselrichter, die netzbildend wirken, können Micro-Grids aufgebaut werden. Die einzelnen dezentralen Stromquellen (Solaranlagen) können über den Solarwechselrichter lokal miteinander verbunden werden und so lokale SmartGrids aufgebaut werden. Die so verbundenen Stromquellen verhalten sich wie ein kleines Kraftwerk, das über den Wechselrichter gemanagt wird. Insbesondere in Entwicklungsländern zur Versorgung von lokalen Einheiten oder in weltweit schwer zugänglichen Gebieten gäbe es einen Bedarf an dieser Technologie, um eine (stabile) Stromversorgung sicherzustellen.

5.3. Standortfaktoren

Im Zusammenhang mit dem Status der Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein haben sich im Zuge der Recherchen einige Aspekte zu Standortfaktoren für die Leistungselektronik in Schleswig-Holstein herausgestellt. Diese lassen sich in Kurzform zu folgenden Aussagen zusammenfassen:

- Schleswig-Holstein verfügt über eine sehr gute Hochschulausbildung im Bereich der Leistungselektronik. An der CAU zu Kiel existiert ein eigener Lehrstuhl für Leistungselektronik sowie verschiedene leistungselektronische Angebote in den Studiengängen der Elektrotechnik und Informationstechnik sowie des Wirtschaftsingenieurwesens. An den Hochschulen in Kiel, Lübeck, Flensburg, Heide und Wedel werden leistungselektronische Schwerpunkte und Inhalte im Rahmen der Elektrotechnik und Mechatronik vermittelt. Die Einrichtungen verfügen zum Teil über gut ausgestattete Labore im Bereich Elektrotechnik und Leistungselektronik.
- Schleswig-Holstein zeichnet sich durch eine sehr gute Forschung in verschiedenen Themenbereichen der Leistungselektronik aus. Diese Forschung findet insbesondere im Fraunhofer ISIT sowie in den Hochschulen des Landes statt.
- Die Unternehmenslandschaft in der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein ist überwiegend von kleinen und mittleren Unternehmen geprägt. Zusätzlich sind in Schleswig-Holstein wenige Großunternehmen im Bereich Leistungselektronik ansässig.
- In Schleswig-Holstein gibt es Ingenieure und Wissenschaftler in vielfältigen Bereichen der Leistungselektronik. So ist Kompetenz in verschiedensten Bereichen im Land vorhanden. Darüber hinaus existieren auch interdisziplinäre Zusammenarbeiten von Ingenieuren und Wissenschaftlern der Leistungselektronik mit anderen Themenbereichen. Als Beispiel seien hier Zusammenarbeiten des Netzwerks Leistungselektronik Schleswig-Holstein mit dem Norddeutschen Kompetenznetzwerk zur Förderung innovativer Nanotechnologie (NINa SH e.V.) genannt.
- Schleswig-Holstein verfügt noch über eine vergleichsweise schlechte digitale Infrastruktur, insbesondere in ländlichen Gebieten. Grundsätzlich ist aufgrund der fortwährenden Digitalisierung die räumliche Nähe zum Kunden weniger wichtig geworden als das vorhandene Know-How am Standort. So können Aufträge aus der ganzen Welt entgegen genommen werden. Genau da kommt der digitalen Infrastruktur eben eine entscheidende Bedeutung für Unternehmen zu.

5.4. Exkurs: Eckdaten zur Leistungselektronik aus 2012

Die vorliegende Studie ist auch vor dem Hintergrund zu betrachten, dass bereits im Jahr 2012 eine Studie zur Leistungselektronik mit Bezug zu Schleswig-Holstein durchgeführt wurde. Die Studie wurde damals von Epinion aus Dänemark und DSN Connecting Knowledge aus Kiel im Auftrag des damaligen LEAN Energy Clusters erstellt (vgl. Epinion, DSN Connecting Knowledge, 2012).

Das LEAN Energy Cluster ist inzwischen in das das Cleantech Cluster CLEAN aufgegangen. CLEAN ist ein clean-technology Cluster aus Dänemark, welches es sich zur Aufgabe gemacht hat, die Umstellung auf nachwachsende Energiequellen zu beschleunigen (vgl. Clean Cluster, 2019). Ziel der damaligen Studie war es, festzustellen, ob in der Grenzregion zwischen Deutschland und Dänemark Bedarf besteht, ein gemeinsames, deutsch-dänisches Fraunhofer Forschungszentrum für angewandte Forschung im Bereich Leistungselektronik mit Schwerpunkt Energieeffizienz zu entwickeln und, sofern dies der Fall ist, zu beantworten für welche Akteure das Netzwerk von Interesse sein könnte.

Die Studie konzentrierte sich damals weniger auf den Status und die Perspektiven der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein, wie es bei der vorliegenden Studie der Fall ist, sondern vorwiegend auf Bedürfnisse und Anforderungen der Unternehmen in Bezug auf qualifiziertes Personal und auf die Darstellung von Argumenten für und wider die Errichtung eines gemeinsamen Forschungszentrums. Nichtsdestotrotz wurden in der Studie von 2012 einige grundlegende Eckdaten zur Leistungselektronik, sowohl auf dänischer Seite (Region Süddänemark) als auch auf deutscher Seite (Schleswig-Holstein und Hamburg) erhoben. Methodisch wurden damals qualitative Experteninterviews mit jeweils neun Vertretern aus Wirtschaft und Wissenschaft auf deutscher und dänischer Seite durchgeführt. Die Eckdaten zur Leistungselektronik entstammen dem Desk Research sowie Hochrechnungen und Abschätzungen auf Basis der geführten Interviews.

In der Methodik zur Erhebung der Kennzahlen der Leistungselektronik liegt auch der wesentliche Unterschied zur vorliegenden Studie, in welcher die Kennzahlen nicht auf Basis von Interviews und darauf basierenden Abschätzungen, sondern auf Basis der Onlinebefragung der Unternehmen in Schleswig-Holstein ermittelt wurden. Zudem bezog sich der regionale Zuschnitt in der Studie von 2012 für den deutschen Teil auf das Gebiet Schleswig-Holstein und Hamburg. In der vorliegenden Studie werden Unternehmen und Akteure im Raum Schleswig-Holstein betrachtet.

In der nachstehenden Tabelle sind die Eckdaten zur Leistungselektronik beider Studien einmal gegenübergestellt. Auch wenn aufgrund der jeweils unterschiedlichen methodischen Ansätze und unterschiedlichen Gebietszuschnitte die Daten nicht direkt vergleichbar sind, gibt die Tabelle eine grundlegende Übersicht zu Kennzahlen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein.

Angabe	Studie: Power Electronics Volume and demands for research in Schleswig-Holstein & the region of Southern Denmark	Studie: Leistungselektronik in Schleswig-Holstein – Status und Perspektiven ¹
Jahr der Erstellung	2012	2019
Regionale Abgrenzung in Deutschland	Schleswig-Holstein und Hamburg	Schleswig-Holstein
Anzahl der Unternehmen	18	22 ²
Anzahl Beschäftigter mit Bezug zur Leistungselektronik	k.A.	669
Anteil Beschäftigter mit Bezug zur Leistungselektronik	k.A.	14.21% ³
Gesamtumsatz in den Unternehmen	5.150 Mio. EUR	4.398,3 Mio. EUR
Anteil von Leistungselektronik am Gesamtumsatz	6%	11,42%
Leistungselektronik Umsatz	314 Mio. EUR	502,4 Mio. EUR
Weitere Unternehmen mit Bezug zu Leistungselektronik	35	78
Wachstumsprognose	20% ⁴	9,44% ⁵
Methodik	Desk Research; Hochrechnung und Abschätzung auf Basis von neun Experteninterviews auf deutscher Seite	Onlinebefragungen von 22 Unternehmen; Experteninterviews; Workshops

¹ Angabe der Unternehmen für das Jahr 2017. ² Zu den Kategorien dieser Spalte haben jeweils 16-17 der 22 Unternehmen Angaben gemacht. ³ Selbst berechneter Anteil aus den beiden darüberstehenden Angaben. ⁴ Im Zeitraum von 2013 bis 2017. ⁵ Im Zeitraum von 2017 bis 2022. ⁶

Tabelle 6: Vergleich von Kennzahlen der Leistungselektronik für Schleswig-Holstein (und Hamburg) der Studien aus 2012 und 2019

Quelle: Epinion, 2012; DSN Connecting Knowledge 2019. Eigene Darstellung.

6. Themen der Leistungselektronik

Das Kapitel zu Themen der Leistungselektronik widmet sich folgenden Fragen zur Leistungselektronik in Schleswig-Holstein:

- Über welche Leistungsangebote verfügen die Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein?
- Welche Themen der Leistungselektronik bestimmen heute die Arbeit der Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein?
- Welche Themen der Leistungselektronik sehen die Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein in der nahen Zukunft für sich?
- Welches sind für die Unternehmen in Schleswig-Holstein die Herausforderungen der Zukunft in der Leistungselektronik?
- Wie ermitteln und analysieren die Unternehmen die für sie relevanten zukünftigen Themen der Leistungselektronik?

6.1. Aktuelle Themen der Firmen in Schleswig-Holstein

Die Unternehmen in Schleswig-Holstein decken insgesamt betrachtet ein breites Feld an Leistungsangeboten im Bereich der Leistungselektronik ab (vgl. Abbildung 11). Die Mehrzahl der Unternehmen in Schleswig-Holstein bieten Leistungen im Bereich Grundlagenforschung, Vertrieb von Prüf- und Fertigungseinrichtungen sowie Forschungs- und Entwicklungsaufträge an. Unter der Kategorie „Sonstiges“ wurde von einzelnen Unternehmen die Durchführung von Machbarkeitsanalysen und der Bau von Prüfstandseinrichtungen ergänzt oder die Fertigung von leistungselektronischen Bauteilen für Windturbinen präzisiert.

Für viele Unternehmen ist die Grundlagenforschung ein zumeist kleiner aber notwendiger Arbeitsschritt innerhalb ihrer Produktions- und Angebotskette. Diese Grundlagenforschung führen die Unternehmen nicht nur alleine, sondern auch in Kooperation mit Hochschulen in Schleswig-Holstein durch (vgl. Kapitel 5.1 zum Thema Kooperationen).

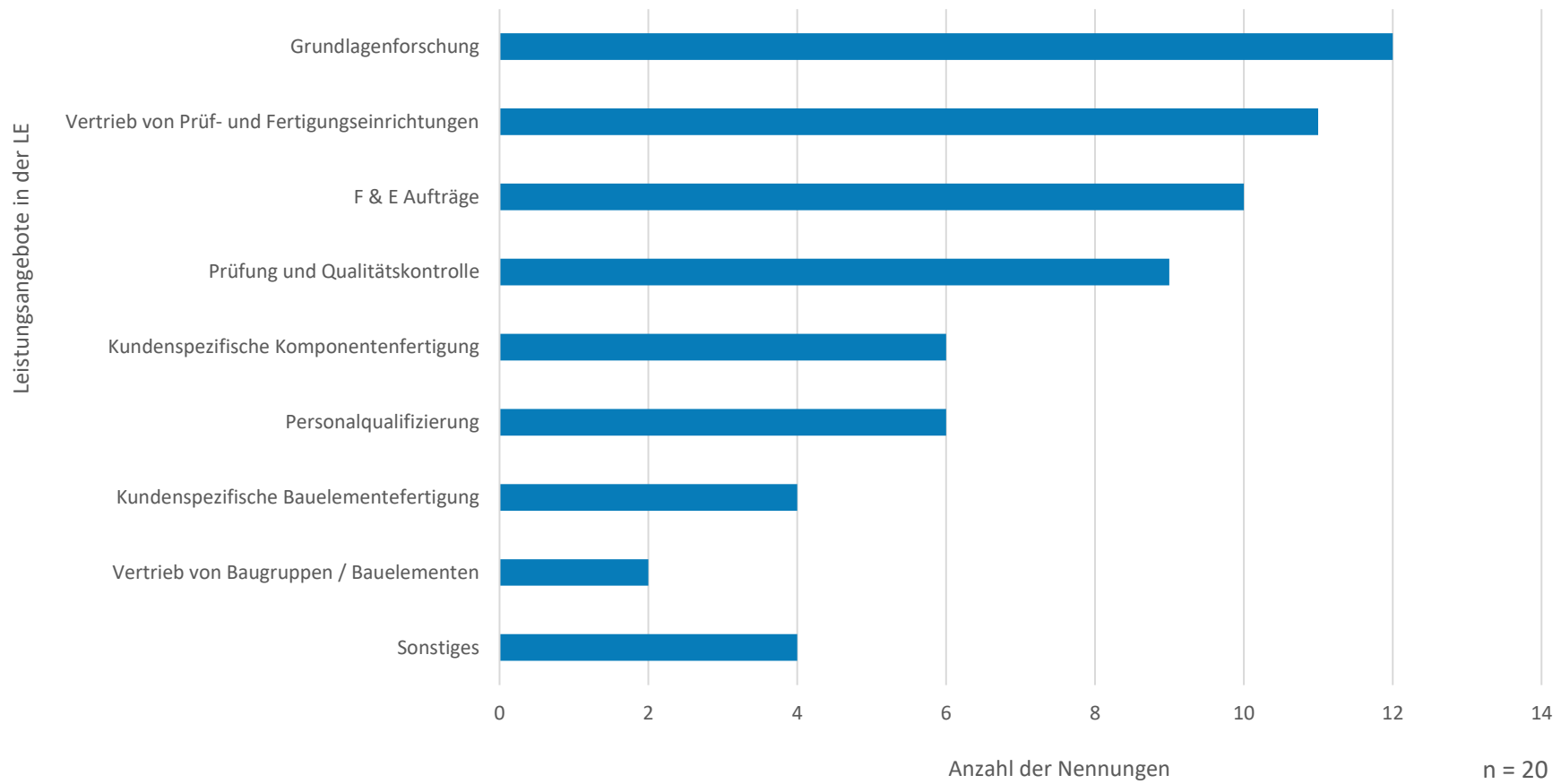


Abbildung 11: Über welches Leistungsangebot im Bereich Leistungselektronik verfügt Ihr Unternehmen? (Mehrfachantworten möglich)

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

Das Wertschöpfungssystem in der Leistungselektronik reicht von der Materialforschung über die Entwicklung und Fertigung einzelner Bauelemente und Standard Baugruppen über die Entwicklung und Fertigung spezifischer Baugruppen und Standard Aggregate bis hin zur Fertigung von Geräten und Anlagen, in denen Leistungselektronik ein integraler Bestandteil ist. Die Ergebnisse aus der Onlinebefragung (vgl. Abbildung 12) zeigen, dass die Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein mit ihren Produkten und Dienstleistungen alle Elemente des Wertschöpfungssystems abdecken.

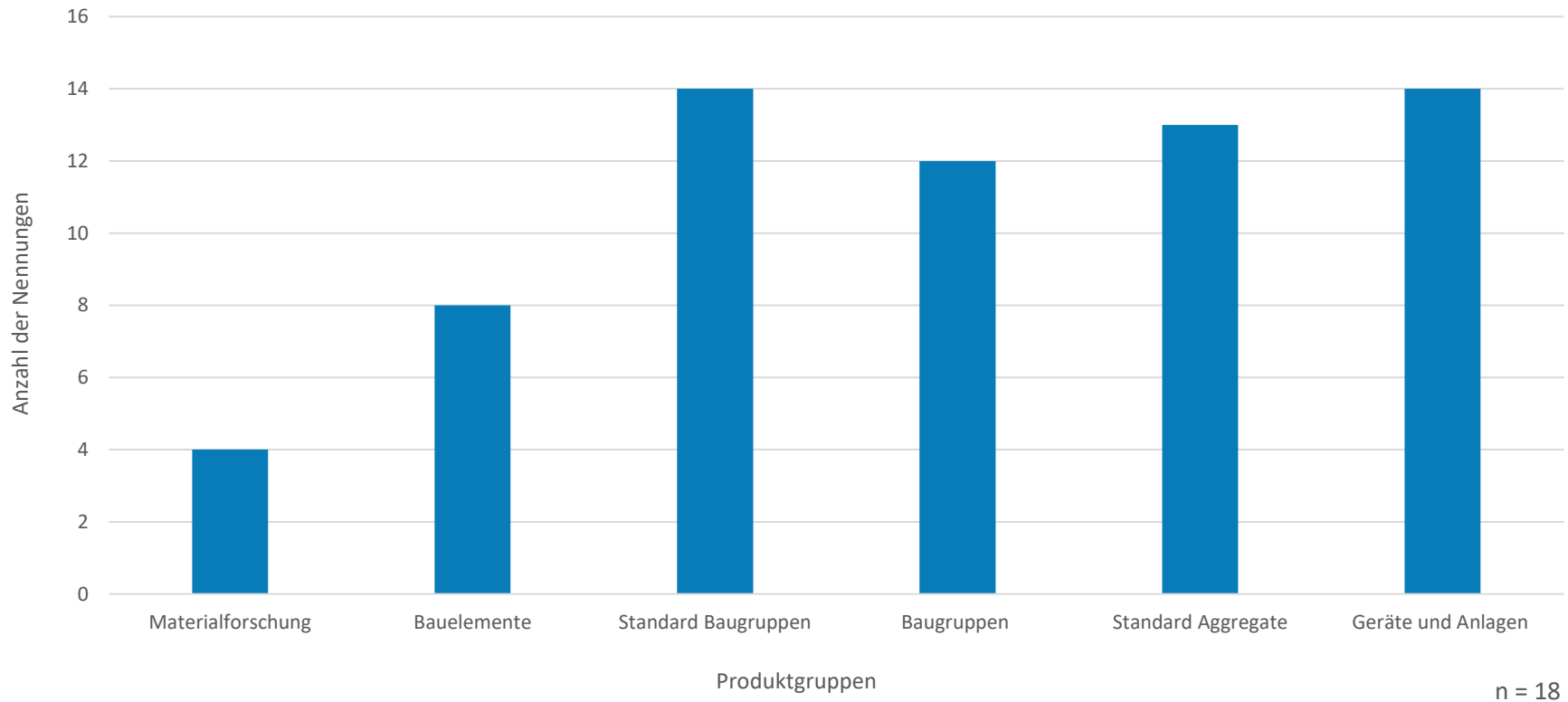


Abbildung 12: Wo ordnen Sie Ihre Produkte/Dienstleistungen mit Bezug zur Leistungselektronik in das Wertschöpfungssystem der Leistungselektronik ein? (Mehrfachantworten möglich)

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

6.2. Themen und Herausforderungen der Zukunft

In der Onlinebefragung wurden die Unternehmen gebeten, die Themen der Leistungselektronik zu benennen, die einerseits heute, andererseits zukünftig (im Jahr 2025) die wichtigsten Themen für das jeweilige Unternehmen sind bzw. sein werden. Das Ergebnis (vgl. Abbildung 13) zeigt zum einen, dass für die Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein nicht ein einziges Thema, sondern gleich eine Vielzahl von Themen sowohl heute als auch zukünftig wichtig sind. Für die Mehrzahl der Unternehmen sind dies die Fahrzeug- und Verkehrstechnik, die Industrieelektronik und die Energietechnik.

Für die zukünftige Entwicklung bis zum Jahr 2025 lässt sich festhalten, dass keines der Themen bei den Unternehmen zukünftig an Bedeutung einbüßen wird. Es zeigt sich aber auch, dass die Bedeutung der Mehrzahl der Themen bei den Unternehmen in Schleswig-Holstein in naher Zukunft nicht anwachsen sondern konstant bleiben wird. In der Bedeutung am stärksten zunehmen wird in Zukunft das Thema Smart Grids bei einigen Unternehmen in Schleswig-Holstein.

Die Robotik ist nach Angaben der Unternehmen derzeit noch kein wichtiges Thema für die Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein. Bis zum Jahr 2025 gehen allerdings einzelne Unternehmen davon aus, dass sich die Robotik als wichtiges Thema für sie im Bereich Leistungselektronik entwickeln wird, bspw. zur Stromversorgung, zunehmenden Autonomie von Robotern (Industrie 4.0) oder durch geforderte Effizienzsteigerungen.

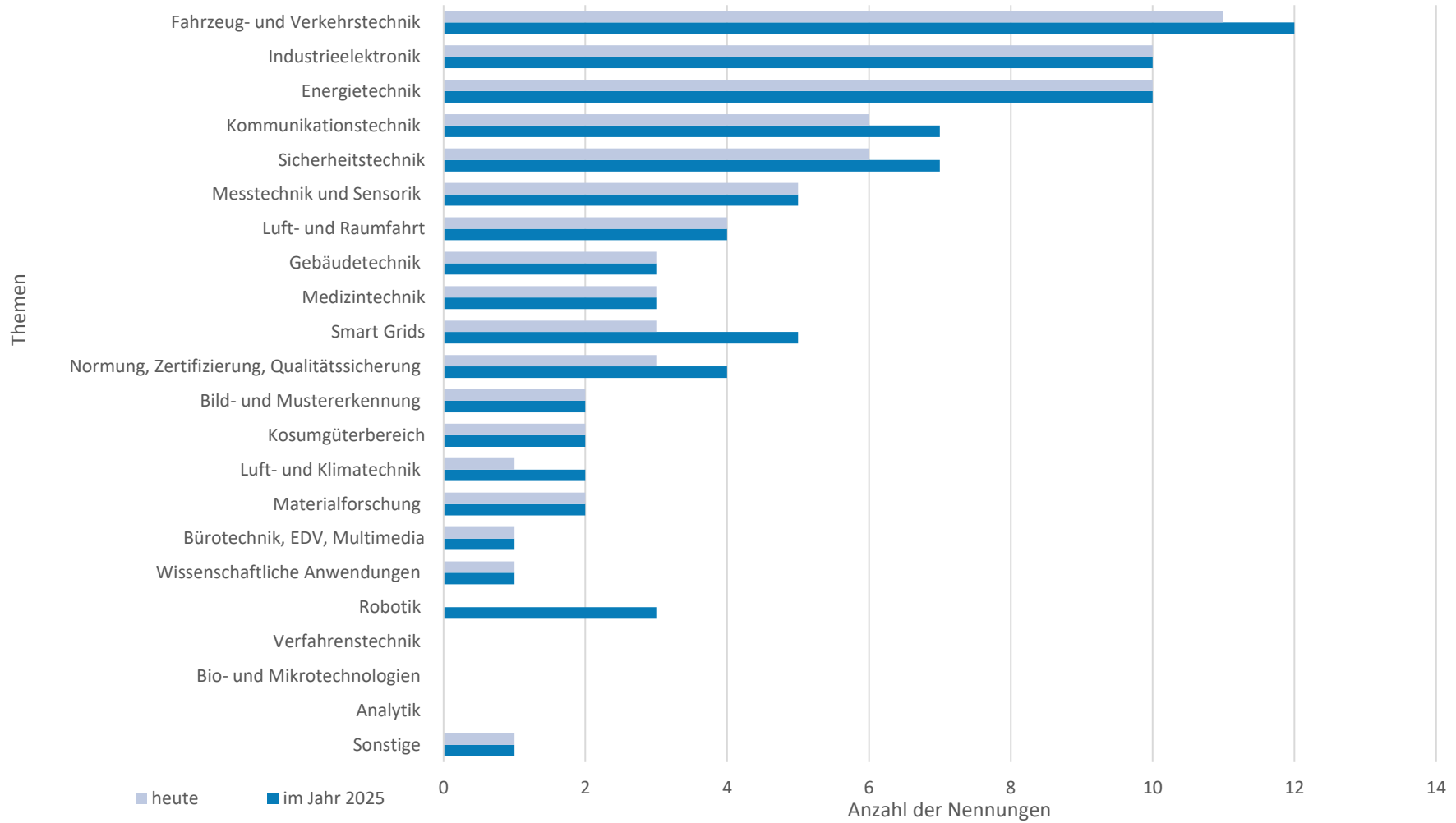


Abbildung 13: Vergleich der wichtigsten Themen der Leistungselektronik heute gegenüber zukünftig (im Jahr 2025)

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

n = 18

Die Herausforderungen der Zukunft in Bezug auf die Leistungselektronik sehen die Unternehmen in Schleswig-Holstein für sich vor allem in der Gewährleistung einer hohen Zuverlässigkeit leistungselektronischer Komponenten und Systeme auch unter extremen Bedingungen, steigenden Leistungsdichten sowie geringeren Kosten bei gleicher Lebensdauer. Dies sind Herausforderungen, die sich auf die verschiedensten Bereiche der Leistungselektronik wie Bauelemente und Baugruppen beziehen. Künstliche Intelligenz für leistungselektronische Systeme, modular schlüsselfertige Systeme und IKT vernetzte leistungselektronische Systeme werden von wenigen Unternehmen in Schleswig-Holstein als eine für sie relevante Herausforderung für die Zukunft angesehen.

Diese Herausforderungen lassen darauf schließen, dass es in der Leistungselektronik eine Art „Magisches Dreieck“ gibt mit den Eckpunkten Wirkungsgraderhöhung / Effizienzsteigerung, Volumenreduktion / Miniaturisierung, Preisreduktion / Wirtschaftlichkeit.

Dies bedeutet, die Leistungselektronik steht vor der Herausforderung, die Effizienz und den Wirkungsgrad von Komponenten und Bauelementen stetig zu erhöhen und zu verbessern. Dies allerdings vor dem Hintergrund, dass diese Komponenten und Bauelemente gleichzeitig immer kleiner werden, was wiederum zu besonderen Herausforderungen der Gestaltung (bspw. Packaging) und insbesondere zu thermischen Problemen führt, welche es zu überwinden gilt. Als eine zusätzliche Rahmenbedingung ist die Effizienzsteigerung und Miniaturisierung dabei stets unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu realisieren. Das bedeutet, die Zusammenstellung der Bauelemente und Komponenten darf den Kostenrahmen nicht überschreiten oder sie führt – im besten Fall – sogar zu einer Preisreduktion.

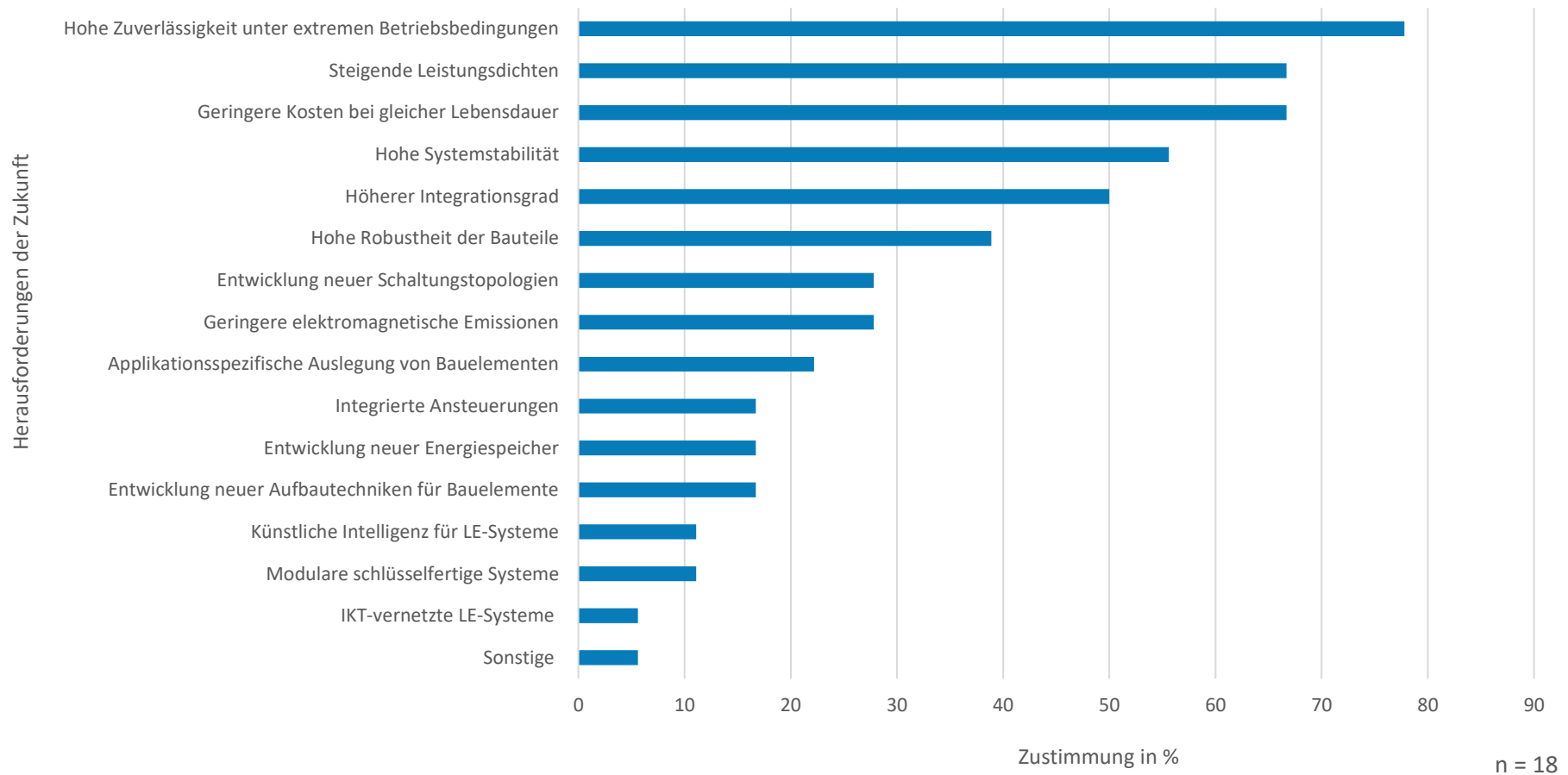


Abbildung 14: Welches sind die wichtigsten Herausforderungen der Zukunft für Ihr Unternehmen im Bereich Leistungselektronik? (Mehrfachantworten möglich)

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

Die Unternehmen erschließen sich die für sie bedeutsamen zukünftigen Themen der Leistungselektronik auf verschiedene Art und Weise. Die Ergebnisse der Onlinebefragung (vgl. Abbildung 15) zeigen, dass die Unternehmen hierbei nicht auf eine einzelne, sondern zumeist auf mehrere Wissensquellen gleichzeitig zurückgreifen. Von hoher Bedeutung sind dabei Gespräche der Unternehmen mit ihren Kunden, Kontakte zu Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie Fachkonferenzen. Diese Formen der Wissensgewinnung zu neuesten Themen und Entwicklungen sind dadurch bestimmt, dass der direkte persönliche Kontakt hier eine entscheidende Rolle spielt. Wissen, das über wissenschaftliche Publikationen oder Fachmagazine zugänglich ist, ist ebenfalls eine nicht unbedeutende Wissensquelle für Unternehmen, aber nicht so bedeutsam wie der Weg über direkte persönlichen Kontakte und Gespräche zu Kunden, zu Hochschulprofessoren oder -dozenten sowie zu Konferenzrednern oder Konferenzteilnehmern, um sich über die neuesten Entwicklungen zu informieren.

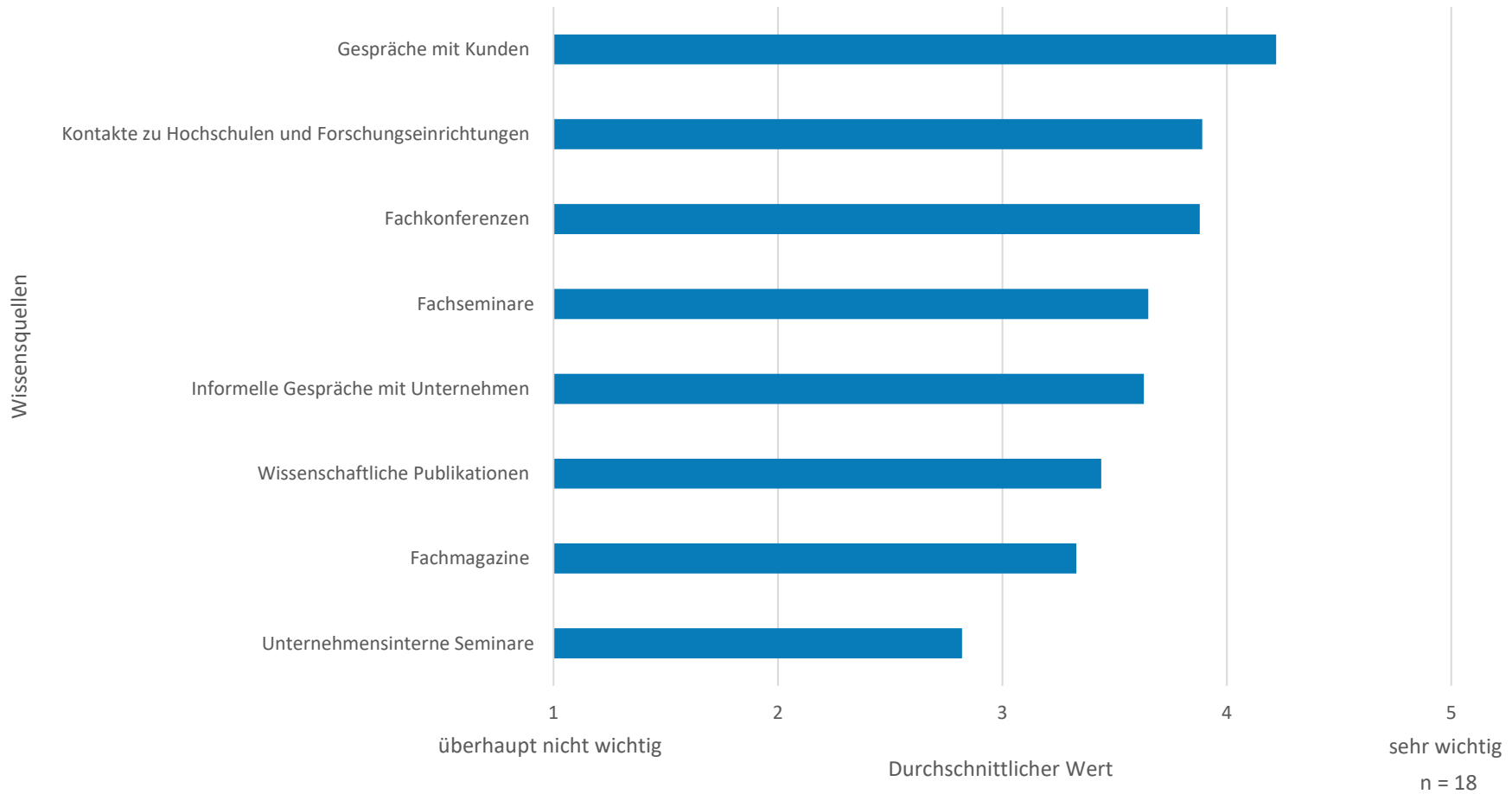


Abbildung 15: Wie wichtig sind für Sie die folgenden Wissensquellen, um die zukünftigen Themen der Leistungselektronik zu ermitteln und zu analysieren?
Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

6.3. Treiber der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein

Für die Leistungselektronik zeichnen sich folgende Entwicklungen, Themen oder Notwendigkeiten ab, die für die zukünftige Entwicklung der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein von besonderer Bedeutung sein können:

1. Entwärmung aufgrund thermischer Problematiken

Durch die stetige Verkleinerung der Elektronik und Leistungselektronik wird gleichbleibende oder nur mäßig reduzierte elektrische Energie auf kleinere Flächen oder kleineres Volumen konzentriert. Dies führt unter anderem zu mehr Wärmeenergie, die von den elektrischen Komponenten wieder weggeführt werden muss, um sie nicht zu schädigen. Die Entwärmung aufgrund thermischer Problematiken ist heutzutage eine Herausforderung und wird eine grundlegende Herausforderung in der Leistungselektronik bleiben. Daher kann davon ausgegangen werden, dass hier weiterhin deutliche Innovationspotenziale realisiert werden, die als Treiber für die Leistungselektronik wirken.

2. Neue Halbleitermaterialien

In der Halbleitertechnologie nimmt Silizium als Material für die Halbleiter heutzutage eine bedeutende Rolle ein. Aufgrund steigender Ansprüche an die Leistungselektronik wird Silizium diesen Ansprüchen immer weniger gerecht und erreicht seine Grenzen. Neue Halbleitermaterialien wie Siliziumkarbid (SiC) und Galliumnitrid (GaN), sog. wide-bandgap Halbleiter, die im Vergleich zum Silizium weniger Verlustleistung erzeugen und deutlich effizienter sind, kommen mehr und mehr zum Einsatz und werden zukünftig zunehmend an Bedeutung gewinnen. Diese neuen Halbleiter ermöglichen neue Anwendungs- und Entwicklungspotenziale und wirken als Treiber für die Leistungselektronik.

3. Erneuerbare Energien

Durch die Energiewende und den Ausbau erneuerbarer Energien wird der Bedarf an Technologien für Erneuerbare Energien weiter wachsen. Im Gegensatz zur konventionellen Energieerzeugung mit wenigen, räumlich zentralen Anlagen, sind Stromerzeuger wie bspw. Windräder oder Solaranlagen dezentral und über größere Flächen verteilt. Um die aus Wind oder Sonne gewonnene Energie ins Netz einzuspeisen, muss die Energie umgewandelt und verteilt werden. Hierzu braucht es leistungsfähige Leistungselektronik wie bspw. netzkompatible elektronische Leistungswandler. So wird die Leistungselektronik im Zusammenhang mit dem Wachstum der erneuerbaren Energien und der Umsetzung der Energiewende eine immer entscheidendere

Rolle spielen. Die Entwicklung erneuerbarer Energien ist somit gleichzeitig eine treibende Kraft für die Entwicklung von Leistungselektronik.

4. Miniaturisierung fordert Innovationen in der Aufbau- und Verbindungstechnik (packaging)

Wie bereits erwähnt, gibt es in der Elektronik und Leistungselektronik die Entwicklung zur Miniaturisierung von elektronischen Komponenten und Baugruppen. Diese Entwicklung wird insbesondere angeschoben durch die Telekommunikationstechnik, durch elektronische Konsumgüter und durch die Fahrzeugtechnik. Diese Miniaturisierung mit immer kleineren und feineren Strukturen wird Innovationen in Aufbau- und Verbindungstechnik (packaging) erfordern. Die Aufbau- und Verbindungstechnik muss diesen kleineren und feineren Strukturen folgen, damit sie kein einschränkender Faktor für die weitere Miniaturisierung wird. Hier zeigen sich Innovationspotenziale, die sich positiv auf die Anwendung und Entwicklung für Leistungselektronik auswirken.

5. Steigende Nachfrage nach Leistungselektronik durch Automotive / Elektromobilität wird LE-Produktion in großen Stückzahlen ermöglichen

Die Leistungselektronik ist eine Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität und umfasst zentrale Komponenten von elektrischen Antriebssträngen in Hybrid- und Elektrofahrzeugen. Die Aufgabe leistungselektronischer Komponenten beinhaltet im Fahrzeug bspw. die Ansteuerung der elektrischen Maschine, die Kommunikation mit der Fahrzeugsteuerung oder die Diagnose des Antriebs. Die prognostizierte wachsende Marktentwicklung von Elektrofahrzeugen (vgl. NPE 2018, S. 51) wird mit einer steigenden Nachfrage nach leistungselektronischen Komponenten und Bauteilen einhergehen. Dies ermöglicht es, leistungselektronische Komponenten in größerer Stückzahl als bisher zu produzieren, was sich wiederum positiv auf die Kosten und damit auf die Wirtschaftlichkeit von Leistungselektronik auswirken wird.

6. Kompaktere und leistungsfähigere Speichermedien für Energie

Speichermedien für Energie finden bereits heute in vielen Systemen Anwendung und sind u.a. ein zentraler Faktor für die Umsetzung der Elektromobilität. Insbesondere in Bezug auf die Elektromobilität sind die Batterien derzeit noch ein limitierender Faktor für die Anwendung von Elektrofahrzeugen. Die Speichermedien werden zukünftig kompakter und leistungsfähiger sein müssen, um die Entwicklung der Elektromobilität weiter zu stärken. Dies kann durch die Erforschung und Entwicklung neuer

Materialsysteme, z.B. neuer Batteriechemikalien oder einer neuen Kombination von Batteriechemikalien, gelingen. Neue Speichermedien sind ein Treiber für die Entwicklung der Leistungselektronik.

7. Substitution ineffizienter mechanischer Komponenten durch effizientere elektrische Komponenten und Systeme

Es gibt ein Potenzial, dass langfristig mechanische Komponenten, die bspw. über Hydraulik oder Druckluft betrieben werden, durch elektrische Komponenten und Systeme aus der Leistungselektronik ersetzt werden. Die elektrischen Komponenten und Systeme sind deutlich energieeffizienter, platzsparender und wartungsärmer als die etablierten mechanischen Komponenten. In einer Übergangsphase von mechanischen zu elektrischen Komponenten kann es eine Phase der Hybridisierung geben, in der sowohl mechanische als auch elektrische Komponenten gleichzeitig in Systemen oder Anwendungen genutzt werden. Wenn sich diese Entwicklung der Substitution von mechanischen durch elektrische Komponenten und Systeme fortsetzt, ist sie ein Treiber für die weitere Entwicklung der Leistungselektronik.

8. Innovationspotenziale klassischer Halbleitermaterialien nutzen

Neue Halbleitermaterialien sind in der Erforschung und Erprobung, aber noch sind nicht alle Effekte zu diesen neuen Materialien wie SiC oder GaN vollumfänglich bekannt. Daher wird Silizium auch in der näheren Zukunft weiterhin eine wichtige Rolle als bewährtes Halbleitermaterial spielen. Auch zu Silizium wird daher weiter geforscht und es gibt in Bezug auf dieses Material noch Innovationspotenziale, die realisiert werden und als ein kleiner Treiber für die Leistungselektronik wirken können.

7. Nachwuchsgewinnung und Personalentwicklung für die Leistungselektronik in Schleswig-Holstein

Im diesem Kapitel stehen die Nachwuchsgewinnung und dessen Qualifizierung für leistungselektronische Themen im Vordergrund. Es wird dabei auf folgende Fragen eingegangen:

- Welche Ausbildung haben die Mitarbeiter?
- Wo gibt es Engpässe?
- Welche Weiterbildungen machen die Mitarbeiter?
- Gibt es geeignete Weiterbildungsangebote?
- Was sollte in der schulischen Ausbildung aus Sicht der Firmen der LE verbessert werden?
- Was sollte in der Hochschulausbildung aus Sicht der Firmen der LE verbessert werden?

7.1. Heutige Situation (Verfügbarkeit, Personalkompetenzen und -qualifizierung)

Bildungsabschluss

In den Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein verfügen insgesamt 73% der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit Bezug zur Leistungselektronik über einen Hochschulabschluss. Weitere 19% der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter haben eine abgeschlossene Berufsausbildung und lediglich 8% haben keine abgeschlossene Berufsausbildung (vgl. Abbildung 16). Damit ist der Anteil an Akademikern im Bereich Leistungselektronik deutlich höher als in anderen Branchen. Deutlich wird dieser Unterschied beim Vergleich mit Branchen wie der Elektroindustrie oder der Metall- und Elektro-Industrie. Hier liegt der Akademikeranteil jeweils bei 25% bzw. 17%, während der Anteil an Mitarbeitern mit einer abgeschlossenen Berufsausbildung jeweils 59% bzw. 67% beträgt (vgl. Abbildung 17). Über alle Branchen hinweg betrachtet ergibt sich für Deutschland ein vergleichbares Bild - 16% der Beschäftigten haben einen Abschluss an einer Hochschule gemacht, 62% der Beschäftigten verfügen über eine abgeschlossene Berufsausbildung, während 12% keinen Ausbildungsabschluss besitzen.

Damit unterscheiden sich die Anteile der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit Hochschulabschlüssen bzw. einer Berufsausbildung deutlich zwischen den genannten Branchen und den hier betrachteten Berufen mit Bezug zur Leistungselektronik. Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere die Hochschulausbildung eine übergeordnete Rolle für die Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein spielt.

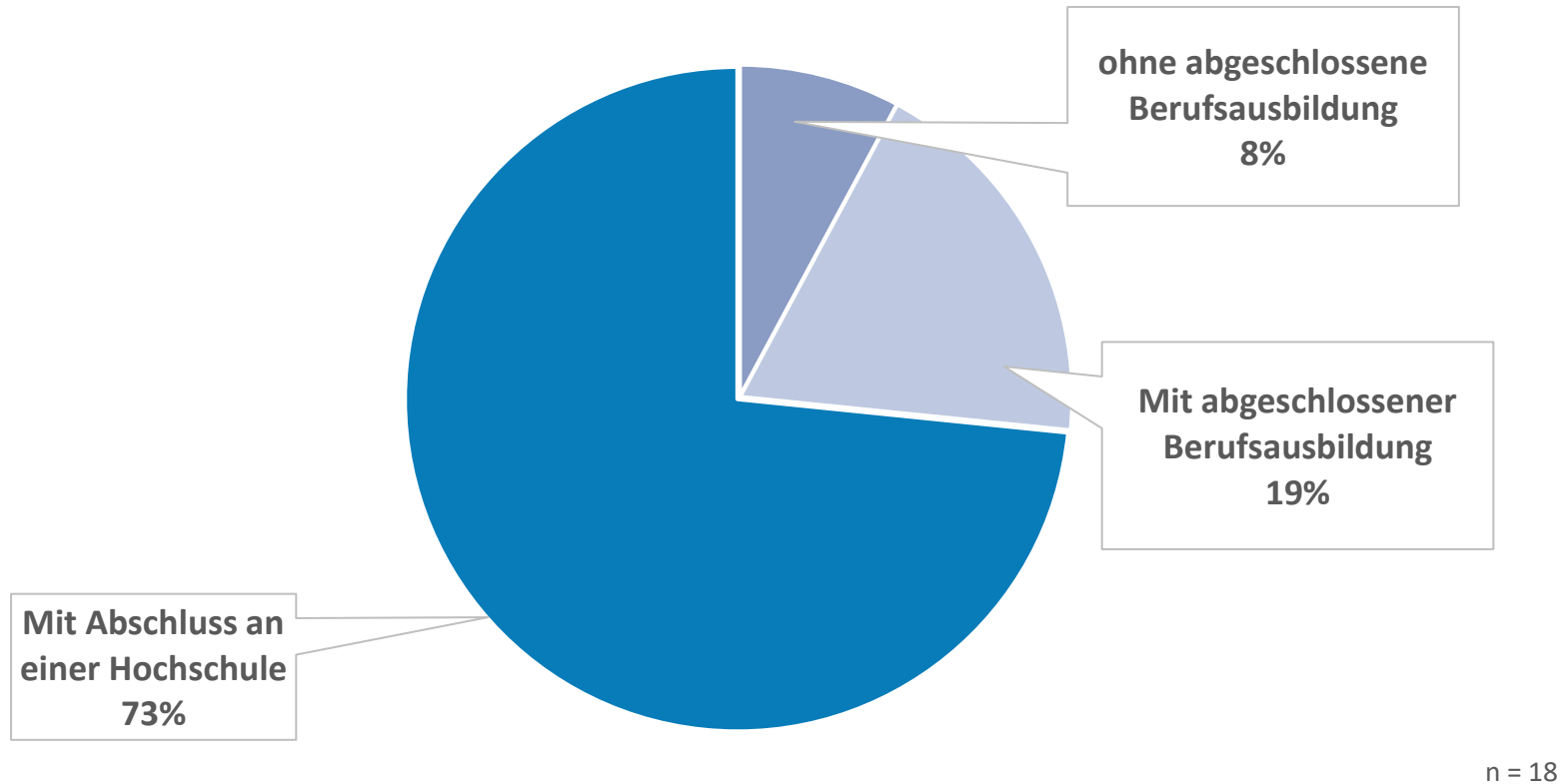


Abbildung 16: Wieviel % dieser Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit Bezug zu Leistungselektronik haben einen der folgenden Abschlüsse? (es zählt jeweils nur der höchste Bildungsabschluss; ggf. Schätzung)

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

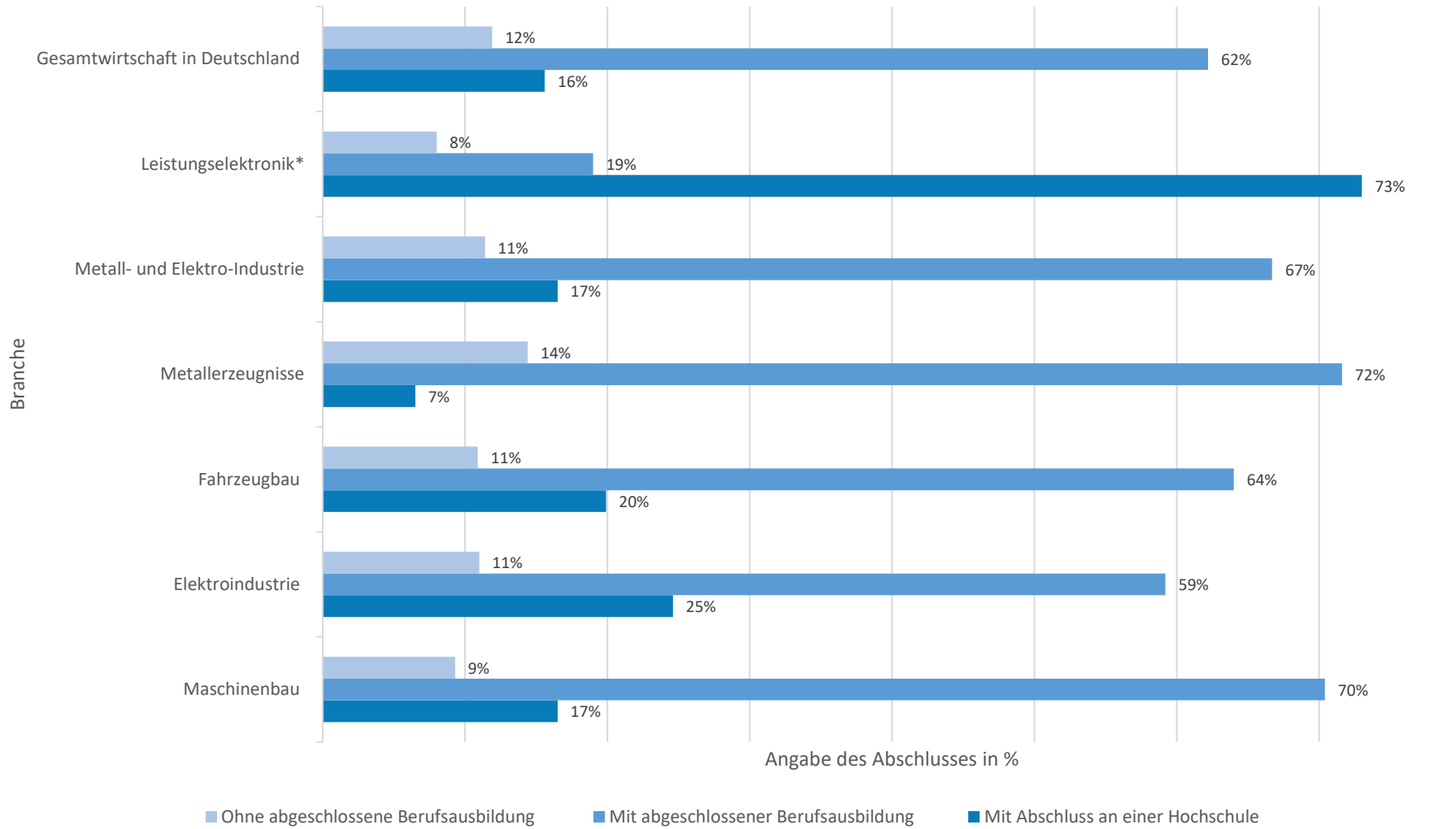


Abbildung 17: Berufsausbildungsabschlüsse nach Branchen in Prozent (Rest zu 100: Ausbildung unbekannt)

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft (IWD) 2018. *Die Werte für Leistungselektronik entstammen der Onlinebefragung gemäß Abbildung 16, eigene Darstellung

Aktuelle Kennzahl der Studierenden mit Bezug zur Leistungselektronik in Schleswig-Holstein

Die Leistungselektronik ist eine Querschnittstechnologie, die Verbindungen zu verschiedensten Tätigkeits- und Anwendungsfeldern aufweist. Dies spiegelt sich auch im Bereich der Hochschulausbildung wieder.

Im Hochschulbereich wird Leistungselektronik in Studiengängen vermittelt, die einen Bezug zur Elektrotechnik aufweisen. An den Hochschulen in Schleswig-Holstein sind dies verschiedenste Studiengänge, wie die folgende Tabelle 7 zeigt. Die späteren Anwendungsfelder für die Studentinnen und Studenten, die in diesen Studiengängen ihr Studium abgeschlossen haben, sind sehr breit und nur ein kleiner Teil wird sich im späteren Berufsfeld schwerpunktmäßig mit Leistungselektronik beschäftigen.

Daher kann nicht behauptet werden, dass alle in der Tabelle 7 aufgeführten Studierendenzahlen später auch in der Leistungselektronik arbeiten werden. Diese Zahl kann auch aus der Statistik der Hochschulen nicht ermittelt werden. Dennoch geben die unten aufgeführten Kennzahlen zumindest einen Eindruck darüber, wie viele Studierende während des Studiums mit dem Themenfeld der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein in Berührung kommen.

Die Angaben, welche Studiengänge an den Hochschulen für die Leistungselektronik von Relevanz sind, basieren auf Auskünften der Hochschulen oder auf einer Recherche der inhaltlichen Ausrichtung der Studiengänge. Die Tabelle gibt sowohl die Anzahl der Studierenden als auch die der Absolventinnen und Absolventen der jeweiligen Hochschule wider, sortiert nach Fachbereichen und Studiengängen. Die Zahlen beziehen sich auf die aktuell verfügbaren Daten und basieren entweder auf Angaben in offiziellen Veröffentlichungen der Hochschulen oder wurden auf Anfrage von den Hochschulen mitgeteilt.

Hochschule	Fachbereich	Studiengang	Studierende	Absolventen	Jahr der Daten
FH Westküste ¹	Technik	Elektrotechnik & Informationstechnik	142	28	WiSe 2017/18 (inkl. SoSe 2017)
		Green Energy	29	11	WiSe 2017/18 (inkl. SoSe 2017)
		Mikroelektronische Systeme	52	21	WiSe 2017/18 (inkl. SoSe 2017)
		Automatisierungstechnik	17	8	WiSe 2017/18 (inkl. SoSe 2017)
FH Kiel ²	Informatik und Elektrotechnik	Elektrotechnik	229	23	WiSe 2017/18
		Elektrotechnische Technologien	123	22	WiSe 2017/18
HS Flensburg ²	Energie- und Biotechnologie	Wind Engineering	83	4	WiSe 2017/18
		Energiewissenschaften	363	1	WiSe 2017/18
		Automatisierungstechnik	158	k.A.	WiSe 2017/18
		Auslaufende energiewissenschaftliche Studiengänge	158	20	WiSe 2017/18
CAU Kiel ²	Elektrotechnik und Informationstechnik	Elektrotechnik und Informationstechnik	274	22	WiSe 2017/18
		Wirtschaftsingenieur Elektrotechnik & Informationstechnik	408	29	WiSe 2017/18
TH Lübeck ^{2,3}	Elektrotechnik und Informatik	Elektrotechnik und ESA (Elektrotechnik, Energiesysteme und Automation)	148	4	2018 ⁴

¹ FH Westküste: Zahlen auf Basis des Jahresberichts 2017. ² FH Kiel, HS Flensburg, CAU Kiel, TH Lübeck: Angaben der Hochschulen auf Anfrage. ³ TH Lübeck: Zahl der Studierenden beruht auf Durchschnittswerten. ⁴ Keine Unterscheidung zwischen Sommer oder Wintersemester.

Tabelle 7: Zahl der Studierenden der Studiengänge mit Bezug zur Leistungselektronik an den Hochschulen in Schleswig-Holstein

Quelle: Jahres- und Geschäftsberichte der Hochschulen auf Basis individueller Anfragen

Weiterbildung

Weiterbildung ist ein wichtiges Element der Personalentwicklung. Für die Leistungselektronik in Schleswig-Holstein ist die Frage zu beantworten, ob das Weiterbildungsangebot für die Unternehmen ausreichend und geeignet zur Entwicklung des Personals ist. Für die Mehrheit der Unternehmen gibt es geeignete Weiterbildungsangebote (vgl. Abbildung 18). Es werden einerseits überregionale Weiterbildungsangebote genutzt, wie sie vom ECPE (European Center for Power Electronics) oder im Rahmen der PCIM (Fachmesse und Konferenz Power Conversion and Intelligent Motion) angeboten werden, sowie Fachvorträge oder Fachseminare im Rahmen von Veranstaltungen besucht. Regionale Angebote, die genutzt werden, sind die CAU Informationstage für die Industrie sowie Angebote im Rahmen von themenbezogenen transnationalen Projekten (INTERREG).

Für gut zwei Drittel der Unternehmen ist auch die Anzahl an Weiterbildungsmöglichkeiten für die Beschäftigten im Bereich Leistungselektronik ausreichend (vgl. Abbildung 19). Nach Aussage einzelner Unternehmen sind die Weiterbildungsangebote zwar „etwas knapp, aber noch ausreichend“. Allerdings wird angemerkt, dass es vor allem an regional verfügbaren Weiterbildungsangeboten mangelt. Die Wahrnehmung überregionaler Angebote ist, gerade für kleine Unternehmen, mit hohem Zeit- und damit auch Kostenaufwand verbunden. Dies hängt u.a. auch damit zusammen, dass in der Leistungselektronik sehr spezielles Fachwissen erforderlich ist. Zudem gibt es nur wenige Spezialisten, die dieses Wissen dann auch im Rahmen von Weiterbildungsangeboten weitergeben.

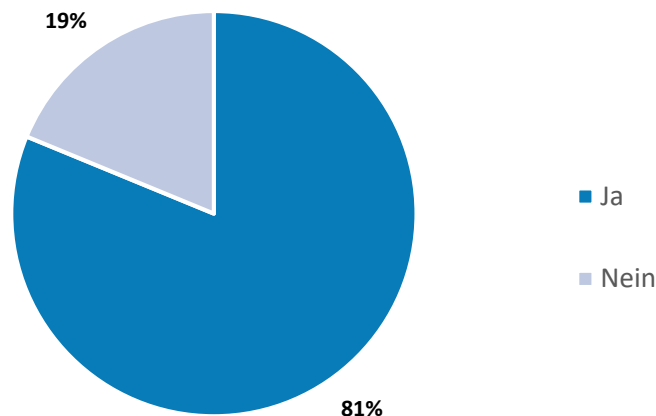


Abbildung 18: Gibt es geeignete Weiterbildungsangebote im Bereich Leistungselektronik für Ihr Unternehmen?

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

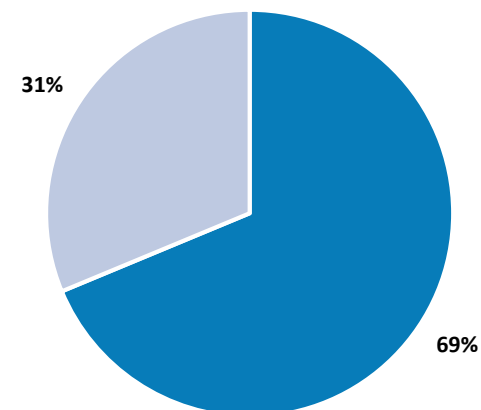


Abbildung 19: Ist die Anzahl an Weiterbildungsmöglichkeiten im Bereich Leistungselektronik für Ihr Unternehmen ausreichend?

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

Ausbildungs- und Studienberufe in der Leistungselektronik

Der folgende Abschnitt befasst sich vor allem mit der Frage, in welchen Ausbildungs- und Studienberufen mit Bezug zu Elektrotechnik aus Sicht der Unternehmen in Schleswig-Holstein Engpässe bestehen. Dies ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass es in der Leistungselektronik nicht den einen Ausbildungsberuf oder den einen Studienberuf Leistungselektroniker/in gibt. Vielmehr ist die Leistungselektronik Gegenstand der schulischen oder hochschulischen Ausbildungen in anderen Elektro-Berufsbildern wie bspw. der Elektrotechnik, der Werkstofftechnik oder der Mechatronik. Die folgenden Übersichten und Ergebnisse beziehen sich daher auf Ausbildungs- und Studienberufe mit Bezug zur Elektrotechnik und Leistungselektronik, wie sie in den Berufsfeldinformationen und Berufsfeldübersichten der Bundesagentur für Arbeit aufgeführt sind.

Für die Ausbildungsberufe zeigt sich, dass von den Unternehmen Engpässe in verschiedenen Ausbildungsberufen wahrgenommen werden (vgl. Abbildung 20). Die Ausprägungen der einzelnen Nennungen unterscheiden sich nur geringfügig. Mit Nennung von rund einem Drittel im Rahmen der Onlinebefragung sind die meist genannten Engpässe in den Ausbildungsberufen Elektroniker/in – Geräte und Systeme, Mechatroniker/in sowie Elektroniker/in Automatisierungstechnik zu sehen.

Bei den Studienberufen ergibt sich ein eindeutigeres Bild (vgl. Abbildung 21). Von den befragten Unternehmen wird ein Engpass im Studienberuf Ingenieur/in Elektrotechnik gesehen. Ingenieur/in Elektrotechnik ist ein sehr vielfältiges Berufsbild das verschiedenste Anwendungsgebiete rund um die Konstruktion, Entwicklung, Produktion und Montage von elektrischen Systemen, Anlagen, Maschinen, Geräten und Verfahren umfasst. Darüber hinaus sind vielfältige Spezialisierungen möglich, z.B. im Bereich Antriebstechnik, Kommunikationstechnik, Robotik, Automatisierung, Mikroelektronik, etc. Hieraus kann sich auch die hohe Nennung der Unternehmen für einen Engpass bei Ingenieur/in Elektrotechnik ableiten. Die Unternehmen benötigen zum einen Ingenieur/in Elektrotechnik, die vielseitig einsetzbar sind. Zum anderen benötigen sie auch auf spezielle Bedürfnisse spezialisierte Ingenieurinnen und Ingenieure mit spezialisierten Fachkenntnissen, z.B. im Bereich Fahrzeugtechnik, Automatisierung oder Energietechnik. So sammeln sich viele Nennungen der Unternehmen im Bereich Ingenieur/in Elektrotechnik und differenzieren sich dann bei den spezialisierten Berufsbildern aus.

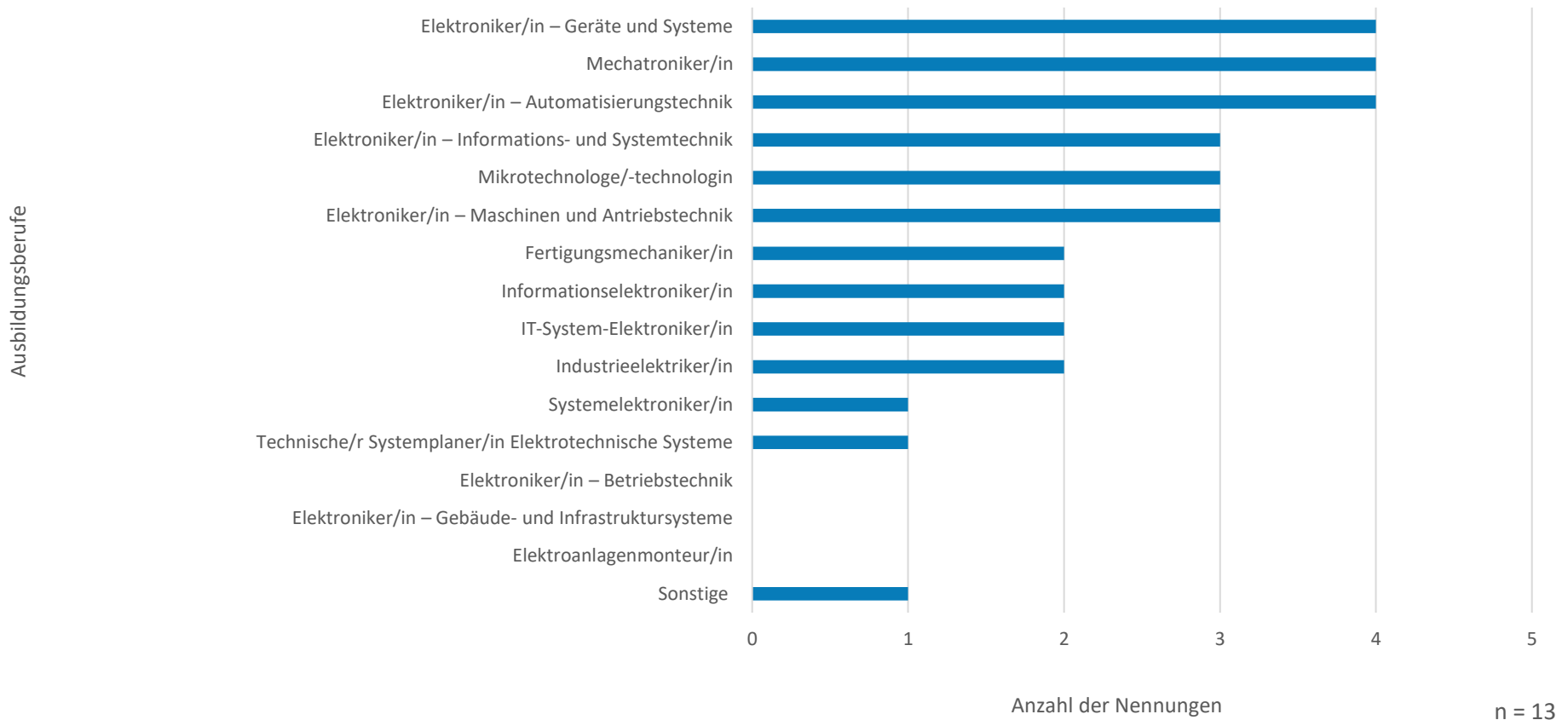


Abbildung 20: Für welche Ausbildungsberufe gibt es aus Ihrer Sicht Engpässe in der Besetzung offener Stellen im Themenfeld Leistungselektronik? (Mehrfachantworten möglich)

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

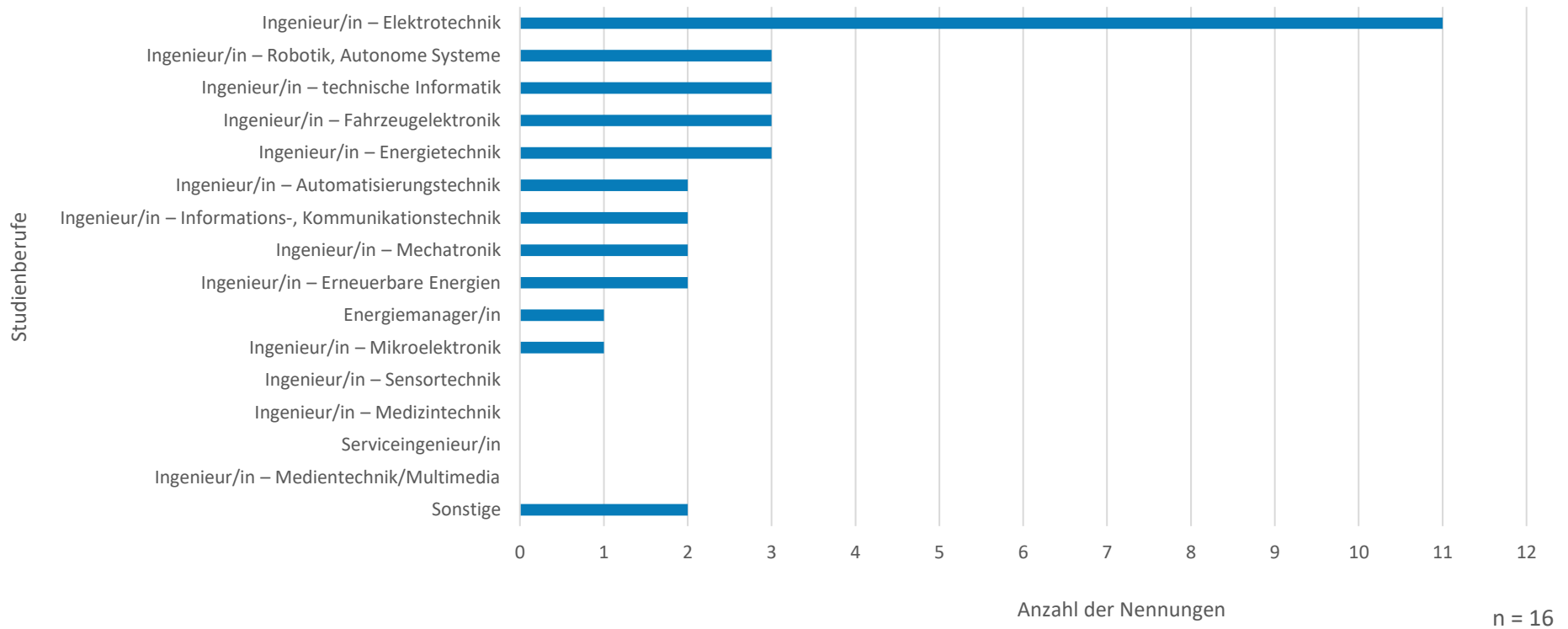


Abbildung 21: Für welche Studienberufe gibt es aus Ihrer Sicht Engpässe in der Besetzung offener Stellen im Themenfeld Leistungselektronik? (Mehrfachantworten möglich)

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

7.2. Personalausbildung und –bindung

Sowohl für die duale als auch für die hochschulische Ausbildung im Bereich der Leistungselektronik zeigt sich, dass vor allem folgende Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler sowie der Studierenden zukünftig in der Ausbildung weiter verbessert werden sollten:

- Technische Fähigkeiten
- Kommunikative Fähigkeiten
- Praxisbezug

Für die duale Ausbildung sind aus Sicht der Unternehmen der Leistungselektronik besonders die technischen Fähigkeiten und damit auch das technische Verständnis rund um die Leistungselektronik wichtig (vgl. Abbildung 22). Im Bereich der Hochschulausbildung ist es eindeutig der stärkere Praxisbezug der Studierenden, der weiter verbessert werden sollte (vgl. Abbildung 23).

Die Ergebnisse bestätigen, dass sogenannte Soft Skills wie Kommunikations-, Organisations- oder Managementfähigkeiten neben den eigentlichen technischen Fachfähigkeiten unerlässlich sind. Und dies eben auch in der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein. Diese Soft Skills sind insbesondere vor dem Hintergrund zunehmenden interdisziplinären Denkens und Arbeitens von Bedeutung. Die Unternehmen erwarten, dass in der Ausbildung -sei es die schulische oder die hochschulische- eine solide Wissensbasis um die Grundlagen von Elektrotechnik und Leistungselektronik geschaffen wird. Das Studium soll zu einer Übertragung dieser Grundlagen auf neue Situationen befähigen. Diese Übertragung erfolgt dann nach dem Studium in den Unternehmen, in denen unternehmensspezifische Kenntnisse und Anwendungen vermittelt werden.

Haben die Unternehmen qualifiziertes Personal im Bereich Leistungselektronik gewonnen, stehen sie vor der Aufgabe, das qualifizierte Personal möglichst langfristig im Unternehmen zu halten. Dabei sind aus den Erfahrungen der Unternehmen heraus vor allem die Werte und Einstellung des Unternehmens, das Bieten von herausfordernden und damit attraktiven Aufgaben sowie die Ermöglichung der Balance von Privat- und Berufsleben die wichtigsten Faktoren (vgl. Abbildung 24). Möglichkeiten der Gehaltssteigerungen für die Beschäftigten spielen auch eine wichtige Rolle, sind aber nicht ganz so wichtig einzustufen wie die weicheren Faktoren, die das Unternehmen als attraktiven Arbeitgeber in einem innovativen Tätigkeitsumfeld mit ausgeglichener Work-Life Balance und Unternehmensphilosophie abbilden.

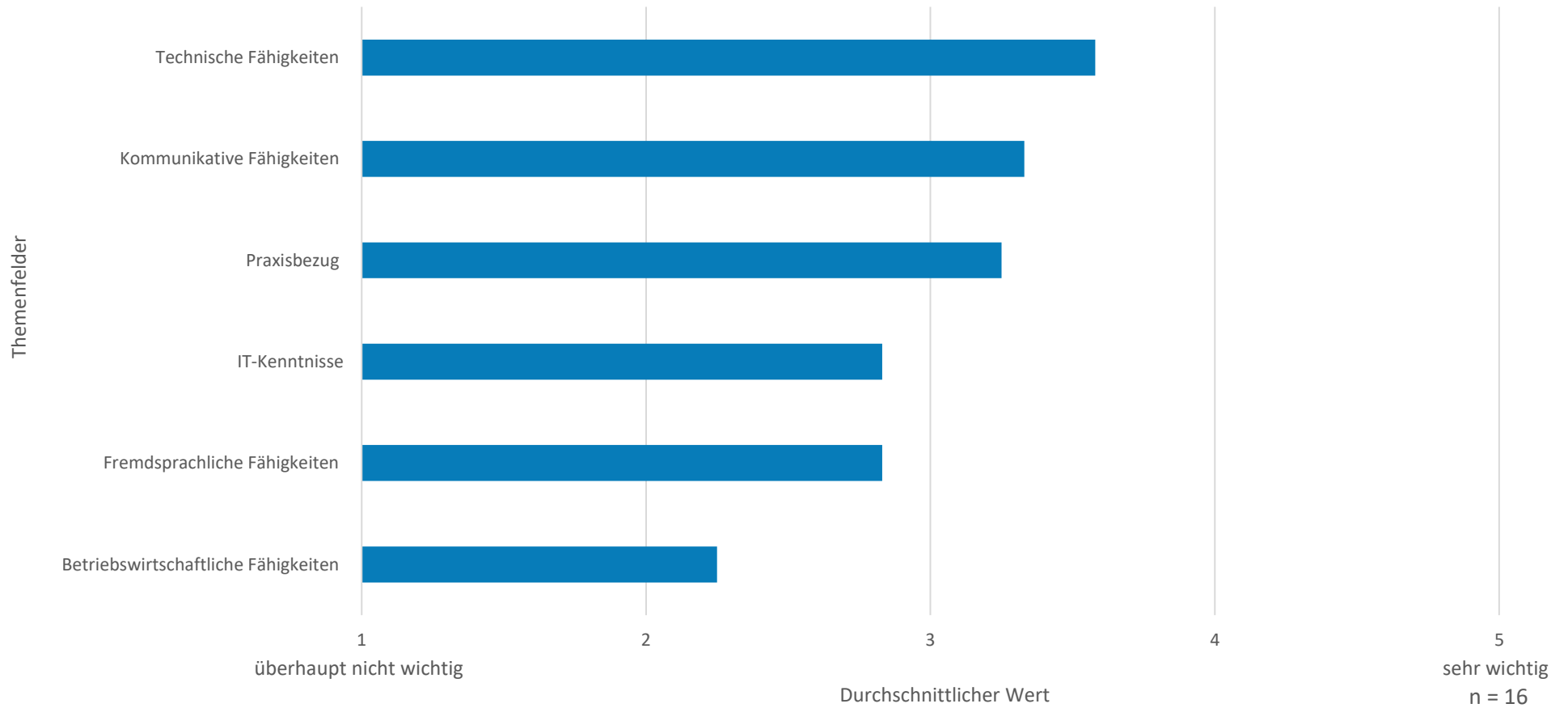


Abbildung 22: Was sollte in der dualen Ausbildung in Bezug auf das Themenfeld Leistungselektronik aus Ihrer Sicht verbessert werden?

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

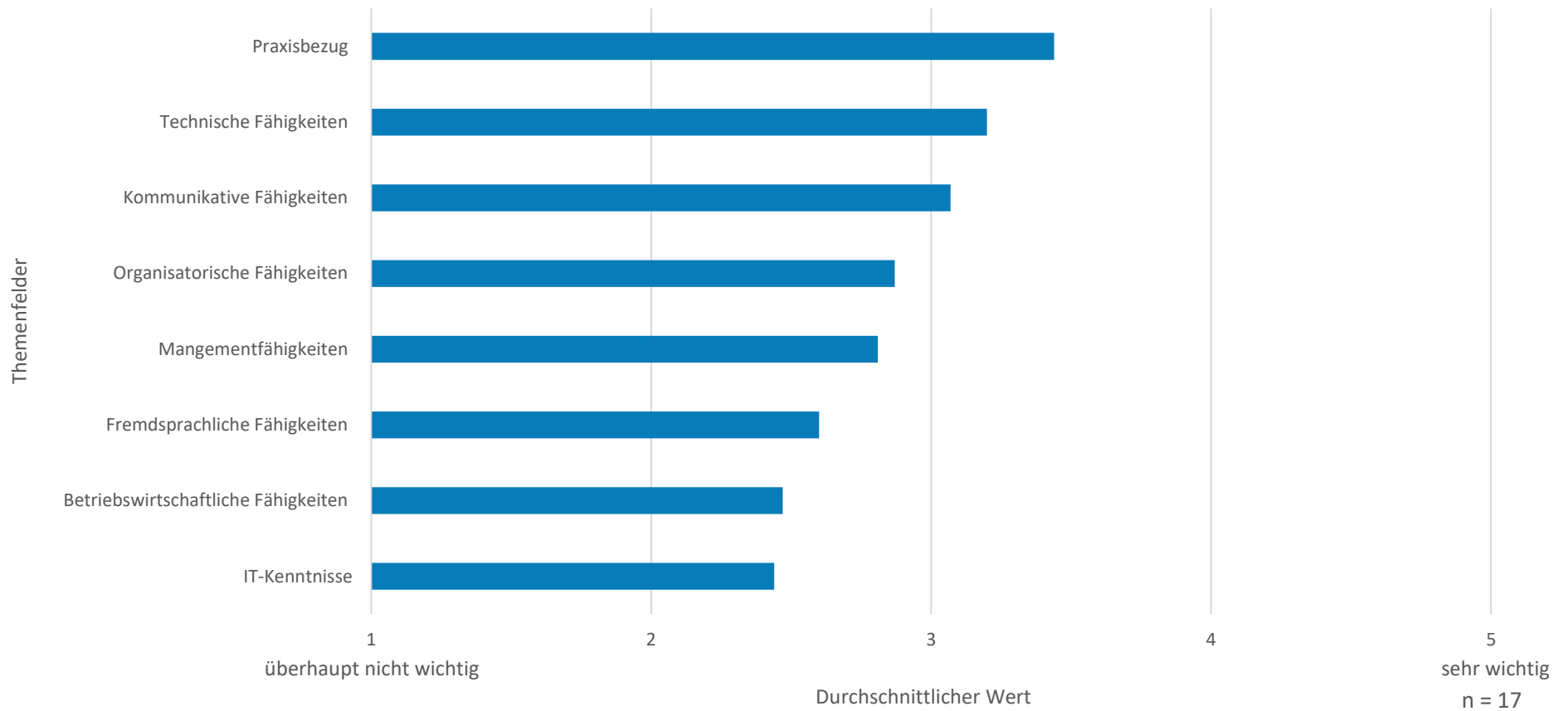


Abbildung 23: Was sollte in der Hochschulausbildung in Bezug auf das Themenfeld Leistungselektronik aus Ihrer Sicht verbessert werden?

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

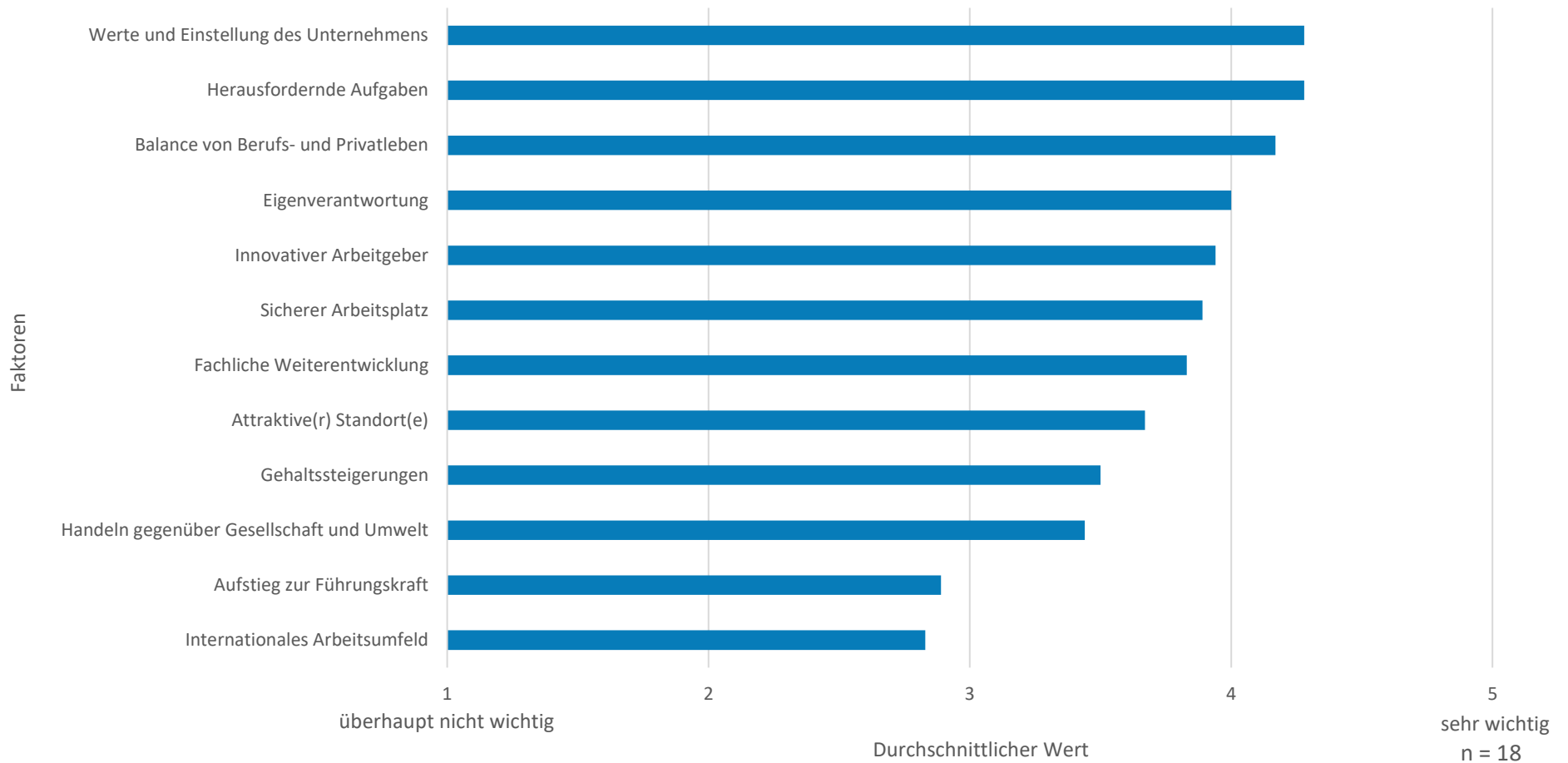


Abbildung 24: Für wie wichtig beurteilen Sie die folgenden Faktoren, um Personal im Bereich Leistungselektronik im Unternehmen zu halten?

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

7.3. Status und Perspektiven

Aus den oben dargestellten Ergebnissen und gewonnenen Erkenntnissen können folgende Einschätzungen zum derzeitigen Status sowie den zukünftigen Perspektiven zur Nachwuchsgewinnung und Personalentwicklung für die Leistungselektronik in Schleswig-Holstein abgeleitet werden:

Status

- Nach Erfahrungen der Akteure der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein sind die Themen Elektrotechnik im Allgemeinen sowie die Leistungselektronik im Speziellen an Schulen so gut wie nicht präsent. Leistungselektronik ist in erster Linie ein Thema, das im Rahmen des Schulfaches Physik vermittelt werden kann. Bundesweit wählen weniger als 5% der Schülerinnen und Schüler Physik als Leistungskurs (vgl. acatech, Körber-Stiftung 2017, S.12). Grundsätzlich könnte das Thema Leistungselektronik auch im Schulfach Informatik thematisiert werden, insbesondere da sich hier eine spielerische Herangehensweise an das Thema anbietet (z.B. verkabeln von Bauelementen und Bauteilen).
- Aus Gesprächen mit Vertretern der Hochschulen mit Bezug zum Thema Leistungselektronik lässt sich ableiten, dass aus Sicht der Hochschulen die Studierendenzahlen in Studiengängen mit Bezug zur Leistungselektronik derzeit noch stabil sind. Es ist aber deutlich schwieriger geworden, Studierende für die Leistungselektronik zu gewinnen. Das Bewusstsein um die Bedeutung von Leistungselektronik, nämlich dass Leistungselektronik in nahezu allen elektronischen Produkten enthalten ist, nimmt in der Gesellschaft und bei angehenden Studierenden zusehends ab. Dieser Punkt ist in engem Zusammenhang mit dem oben aufgeführten ersten Punkt, der geringen Präsenz von Elektrotechnik und Leistungselektronik an Schulen, zu sehen.
- Die Vermittlung des Themas Leistungselektronik an Studierende ist insgesamt schwieriger geworden. Es fehlt im Allgemeinen an der Vorstellung bei angehenden Studierenden, was Leistungselektronik eigentlich ist, was sie bewirkt und welche Bedeutung sie für gesellschaftliche Themen (z.B. Elektromobilität, Energiewende) spielt. Nur noch wenige Schüler beschäftigen sich während ihrer Schulzeit mit leistungselektronischen Bauelementen und Bauteilen oder kommen durch ein Hobby damit in Berührung und entscheiden sich aufgrund dieser Erfahrungen für ein Studium mit Bezug zur Leistungselektronik. Dieser Punkt ist ebenfalls in engem Zusammenhang mit den beiden zuvor aufgeführten Punkten zu sehen.

Perspektiven

- Für Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein sind neue Mitarbeiter mit Hochschulabschluss besonders attraktiv, wenn sie neben ihrem Studium auch bereits über eine gewisse Praxiserfahrung verfügen. Aus diesem Grund wäre es für die Unternehmen hilfreich, wenn an den Hochschulen in Schleswig-Holstein die Praxiserfahrung in Zukunft weiterhin berücksichtigt und noch weiter ausgebaut wird. Dies könnte bspw. in Form durch Vorgaben an die Studierenden zu mehreren oder längeren Praktika erfolgen oder durch verstärkte Initiativen in Richtung des Ausbaus von dualen Studiengängen in Kooperation zwischen Hochschulen und Unternehmen.
- Die Elektrotechnik bzw. Leistungselektronik sowie die Informatik sind Fächer, die zu teilweise gleichgelagerten Themen einmal die Hardware- und einmal die Softwareseite beleuchten. Sie konkurrieren damit auch in gewisser Weise um Studierende, die sich für diese Themen prinzipiell interessieren. Durch Entwicklungen wie die Digitalisierung ist auch in Schleswig-Holstein die Attraktivität des Studienfachs Informatik gestiegen. Die Digitalisierung zieht so zunehmend Studierende in die Informatik, was es für die Elektrotechnik und Leistungselektronik zunehmend schwieriger werden lässt, Studierende für diese Fächer zu gewinnen.
- Die Elektromobilität kann aber zu einem Treiber für mehr Studierende in Studienfächern mit Bezug zur Leistungselektronik werden. Hierzu muss das Bewusstsein in der Gesellschaft und bei den Studierenden weiter dafür wachsen, dass die Leistungselektronik eine der Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität ist. Denn die Präsenz von Leistungselektronik ist in der Elektromobilität – sowie häufig auch in anderen Technologiebereichen – nicht unmittelbar ersichtlich. Im Vordergrund der Betrachtungen steht zumeist das Gesamtsystem, also z.B. das Elektromobil, die Windkraftanlage oder das Smartphone, und weniger die einzelnen leistungselektronischen Komponenten, die das Gesamtsystem überhaupt erst ermöglichen.
- Zukünftig sollte darauf hingearbeitet werden, dass Hardware und Software in der hochschulischen Ausbildung nicht entkoppelt sind, sondern vielmehr eine Ausbildung in sich ergänzender Verbindung von Software und Hardware erfolgt. Dies erhöht das gegenseitige Verständnis von Denkweisen, Problemfeldern und Lösungsansätzen, was sich positiv auf die Umsetzung im späteren Arbeitsumfeld auswirkt. Es wird eine interdisziplinäre Denk- und Arbeitsweise vermittelt. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass es nicht zu einer Vermischung der Inhalte kommt in der Art, dass die Tiefe und Qualität der Vermittlung der Inhalte

leidet, so dass die Studierenden am Ende „von allem etwas, aber nichts richtig“ vermittelt bekommen. Der jeweilige Schwerpunkt – also Hardware oder Software – muss weiterhin zentraler Mittelpunkt der Ausbildung sein, aber ergänzt um jeweils gegenseitige Einblicke in grundlegenden Thematiken und Sachverhalten.

8. Finanzielle Förderung der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein

In diesem Kapitel geht es im Kern darum, in welchem Ausmaß öffentliche Förderprogramme von Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein in Anspruch genommen werden. Folgende Fragestellungen standen dabei im Mittelpunkt:

- Welche Förderprogramme werden heute genutzt?
- Welche Themen der LE sollten gefördert werden?
- Welche Fördermaßnahmen seitens Landesregierung, Bund und EU sollte es künftig geben?

Um diese Fragen zu beantworten, werden nachstehend zunächst die Förderprogramme auf EU-, Bundes- und Landesebene aufgelistet, die prinzipiell für die Förderung von Leistungselektronik geeignet sind. Anschließend werden die Ergebnisse der Onlinebefragung hinsichtlich der teilgenommenen Förderprogramme grafisch dargestellt.

8.1. Fördermöglichkeiten heute und deren Nutzung

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über laufende sowie bereits seit kurzem abgeschlossene Förderprogramme zur Leistungselektronik auf EU-, Bundes- und Landesebene. Dargestellt sind jeweils Name und Träger des Programms sowie eine Kurzcharakterisierung der Kernaussrichtung des Programms. Weitere Informationen können dem Link in der rechten Spalte der Tabelle entnommen werden, der auf die Internetpräsenz des jeweiligen Programms führt.

Diese Übersicht dient vor allem als Hintergrundinformation und dem Verständnis der Angaben der Unternehmen im Rahmen der Onlinebefragung, an welchen Förderprogrammen sie sich innerhalb der letzten fünf Jahre beteiligt haben.

Zu erwähnen bleibt, dass es sich beim Thema Leistungselektronik um eine Querschnittstechnologie handelt. Nur wenige Förderprogramme sind explizit auf diesen Bereich zugeschnitten, sodass eine Förderung des Themas zumeist im Rahmen generell technologieorientierter Programme erfolgt (vgl. Abbildung 25, Abbildung 26, Abbildung 27). Die folgenden Übersichten sind daher auch nicht als abschließend anzusehen, da es immer auch Programme geben kann, die prinzipiell eher nicht die Leistungselektronik fördern, aber in bestimmten Ausnahmefällen doch auch Bezug zu leistungselektronischen Themen nehmen.

Förderprogramm auf EU-Ebene	Träger	Kurzbeschreibung des Förderprogramms	Weitere Informationen
Horizon 2020	EU-Kommission	Rahmenprogramm der EU für Forschung und Innovation. Ziel ist es, eine wissens- und innovationsgestützte Gesellschaft sowie eine wettbewerbsfähige Wirtschaft aufzubauen.	https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/what-horizon-2020
ECSEL Joint Undertaking Electronic Components and Systems	EU-Kommission	Fördert Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsprojekte u.a. mit dem Ziel der Aufrechterhaltung der Produktionskapazitäten für Halbleiter und intelligente Systeme in Europa und der Unterstützung ihres Wachstums.	https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/ecsel
EUREKA Cluster PENTA in Micro- and Nano-Electronics	EUREKA Netzwerk	PENTA ist ein EUREKA Cluster mit dem Ziel, Forschung, Entwicklung und Innovationen (FEI) in den Bereichen der mikro- und nanoelektronischen Systeme und Anwendungen zu fördern.	https://www.eurekanetwork.org/content/penta
EUREKA Cluster EURIPIDES ² on Smart Electronic Systems	EUREKA Netzwerk	EURIPIDES ² ist ein EUREKA-Cluster, das die Entwicklung innovativer, industriegetriebener, vorwettbewerblicher FuE-Projekte im Bereich Smart Electronic Systems fördert.	https://www.euripides-eureka.eu/ https://www.eurekanetwork.org/content/euripides%C2%B2
INTERREG	EU-Kommission	INTERREG ist eine Gemeinschaftsinitiative des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) zur Förderung der transnationalen Zusammenarbeit von EU-Mitglieds- sowie Nicht-Mitgliedsstaaten.	https://www.interreg.de/

Tabelle 8: Liste möglicher Förderprogramme für die Leistungselektronik auf EU-Ebene

Quelle: vgl. rechte Spalte "Weitere Informationen", eigene Darstellung

Förderprogramm auf Bundes- ebene	Träger	Kurzbeschreibung des Förderprogramms	Weitere Informationen
KMU-Innovativ	BMBF	Mit KMU-Innovativ will das BMBF die Beantragung und Bewilligung von Fördermitteln u.a. durch einen zentralen Lotsendienst für KMU in innovativen Technologiefeldern vereinfachen.	https://www.bmbf.de/de/kmu-innovativ-561.html
6. Energieforschungsprogramm des BMWi	BMWi	Fördert anwendungsorientierte Forschungsprojekte zu Windenergie, Photovoltaik und zur Integration erneuerbarer Energien.	https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Forschung/Energieforschungsprogramm/energieforschungsprogramm.html
Mikroelektronik aus Deutschland - Rahmenprogramm der Bundesregierung für Forschung und Innovation	BMBF	Fördert den Ausbau der Technologiekompetenzen, die Erforschung zukünftiger technologischer Grundlagen und die gezielte Nutzung der Potenziale in den Themenfeldern der Industrie 4.0.	https://www.bmbf.de/upload_files-tore/pub/Rahmenprogramm_Mikroelektronik.pdf
STEP up!- STromEffizienzPotentiale nutzen	BMWi	Wettbewerbliches Förderprogramm, mit dem investive Maßnahmen von Unternehmen zur Verbesserung ihrer Stromeffizienz gefördert wurden.	https://www.wettbewerb-energieeffizienz.de/service/pilotprogramm-step-up
Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand	BMWi	Fördert marktorientierte technologische Forschungs- und Entwicklungsprojekte der innovativen mittelständischen Wirtschaft.	https://www.zim.de/ZIM/Navigation/DE/Home/home.html
KMU-NetC	BMBF	Fördert kleine und mittlere Unternehmen in regionalen Netzwerken und Clustern, um neue Marktpotenziale zu erschließen.	https://www.bmbf.de/de/kmu-netc-3244.html
EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft	BMWi	Fördert Maßnahmen für eine Kultur der unternehmerischen Selbständigkeit und zur Stärkung des Unternehmergeistes an Hochschulen.	https://www.exist.de/DE/Programm/Exist-Forschungstransfer/inhalt.html

Förderprogramm auf Bundes- ebene	Träger	Kurzbeschreibung des Förderprogramms	Weitere Informationen
ATEM	BMWi	Fördert Antriebstechnologien für die Elektromobilität, um die Verbreitung von elektrifizierten Antriebssträngen voranzutreiben.	https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Industrie/elektromobilitaet-foerderung-von-forschung-und-entwicklung.html?cms_artId=242466
KomroL	BAMF	Fördert innerhalb des Rahmenprogramms „Mikroelektronik aus Deutschland – Innovationstreiber der Digitalisierung“ die kompakte und robuste Leistungselektronik der nächsten Generation (KomroL).	https://www.elektronikforschung.de/foerderung/nationale-foerderung/komrol

Tabelle 9: Liste möglicher Förderprogramme für die Leistungselektronik auf Bundesebene
 Quelle: vgl. rechte Spalte "Weitere Informationen", eigene Darstellung

Förderprogramm auf Landes-ebene	Träger	Kurzbeschreibung des Förderprogramms	Weitere Informationen
Förderprogramm „Innovations-assistent“ - IA	WiMi SH	Fördert die Innovationskraft von kleinen, jungen Unternehmen und unterstützt diese bei der Fachkräftegewinnung.	https://wtsh.de/foerderberatung/foerderprogramme/foerderprogramm-innovation-assistent-ia/
Förderprogramm „Betriebliche Forschung, Entwicklung und Innovation“ – BFEI	WiMi SH	Unterstützt Unternehmen bei der Entwicklung und Umsetzung von neuen Ideen, Technologien und neuem Wissen in marktfähige Produkte durch die Minderung des Risikos für Forschungs- und Entwicklungsleistungen.	https://wtsh.de/foerderberatung/foerderprogramme/foerderprogramm-bfei/
Landesprogramm Arbeit	WiMi SH	Fördert die Sicherung und Gewinnung von Fachkräften und unterstützt diese im Bildungs- und Ausbildungsbereich, sowie in der Weiterbildung durch den ESF.	https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/A/arbeit/landesprogramm_arbeit.html
Förderprogramm Anwendungsorientierte Forschung, Innovationen und Technologietransfer	WiMi SH	Fördert die anwendungsnahe Forschung und Entwicklung und den Technologie- und Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.	https://wtsh.de/foerderberatung/foerderprogramme/foerderprogramm-forschung-innovation-technologietransfer-fit/
Landesprogramm Wirtschaft	WiMi SH	Programm zur Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur und zur Unterstützung strukturschwächerer Regionen.	https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/F/foerderprogramme/MWAVT/landesprogramm_Wirtschaft.html
Energiewende und Umweltinnovationen - EUI	WiMi SH	Fördert die Entwicklung und Etablierung zukunftsorientierter Technologien und Verfahren mit besonderer Umweltrelevanz durch experimentelle und industrielle Forschung.	https://wtsh.de/foerderberatung/foerderprogramme/foerderprogramm-energie-wende-und-umweltinnovationen-eui/

Tabelle 10: Liste möglicher Förderprogramme für die Leistungselektronik auf Landesebene

Quelle: vgl. rechte Spalte "Weitere Informationen", eigene Darstellung

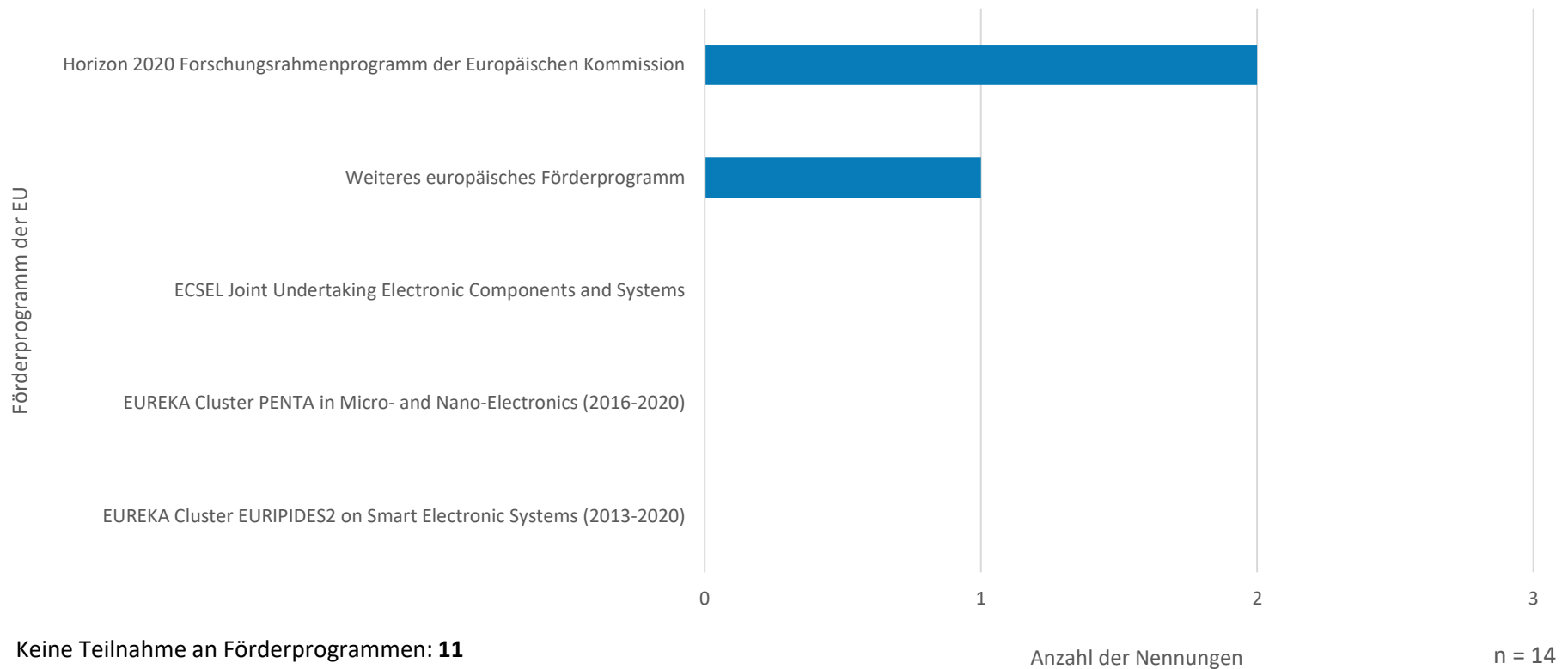


Abbildung 25: An welchen europäischen Förderprogrammen haben sie in den letzten 5 Jahren teilgenommen? (Mehrfachantworten möglich)

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

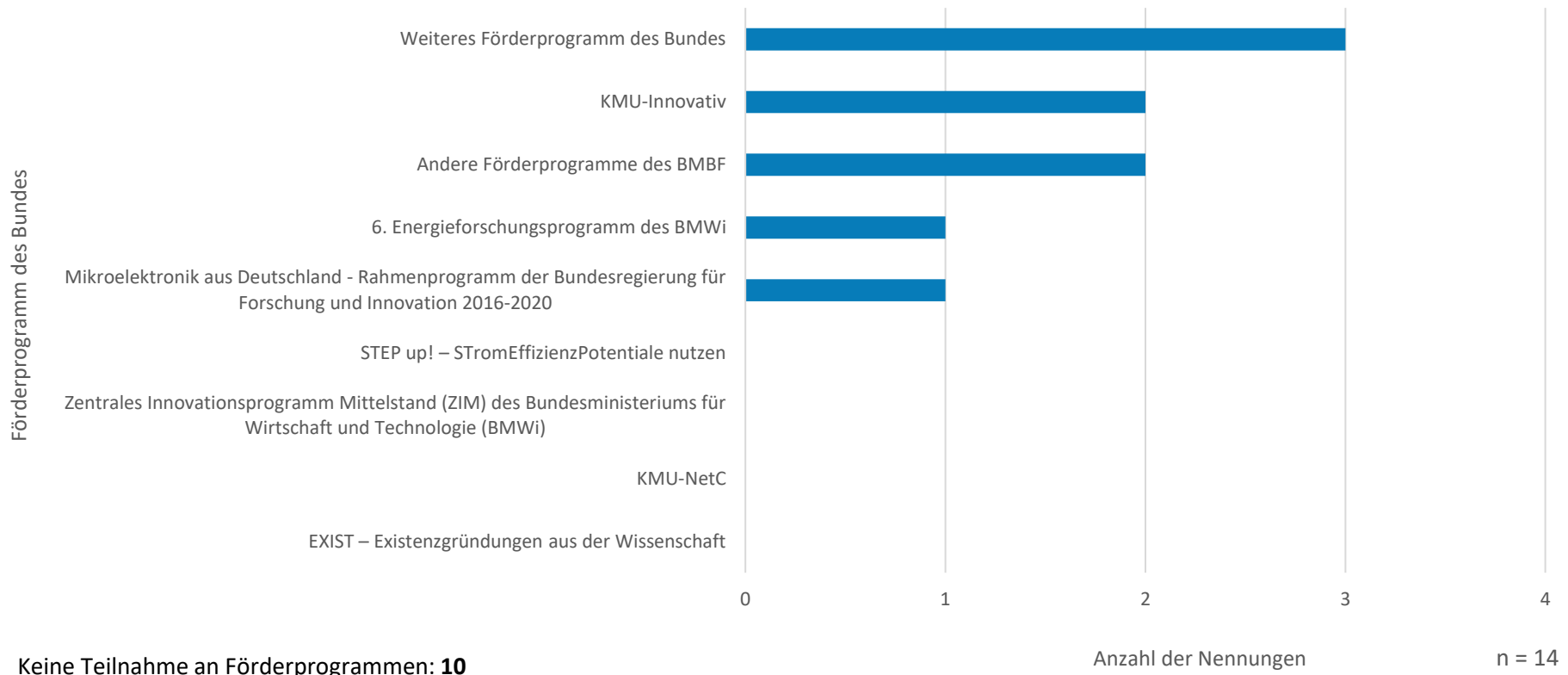


Abbildung 26: An welchen Förderprogrammen des Bundes haben sie in den letzten 5 Jahren teilgenommen? (Mehrfachantworten möglich)

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

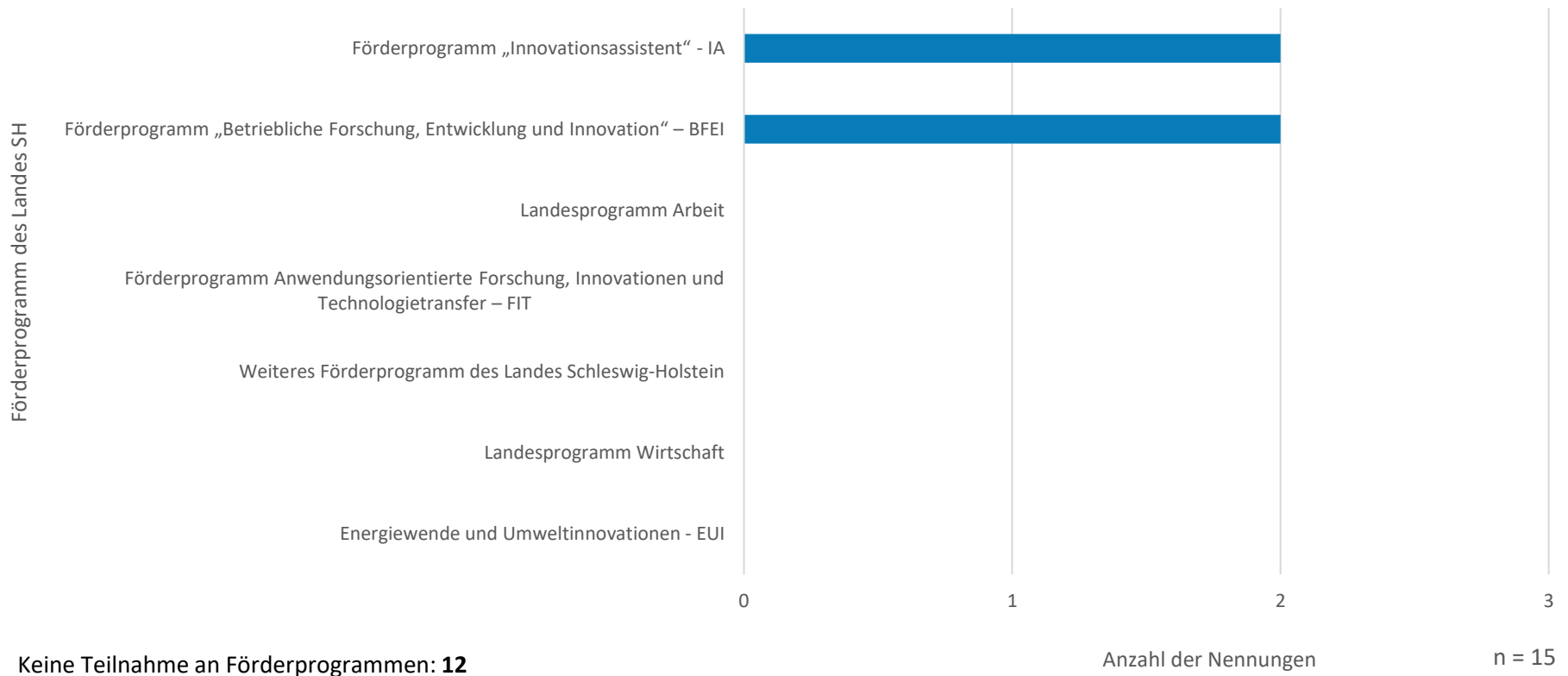


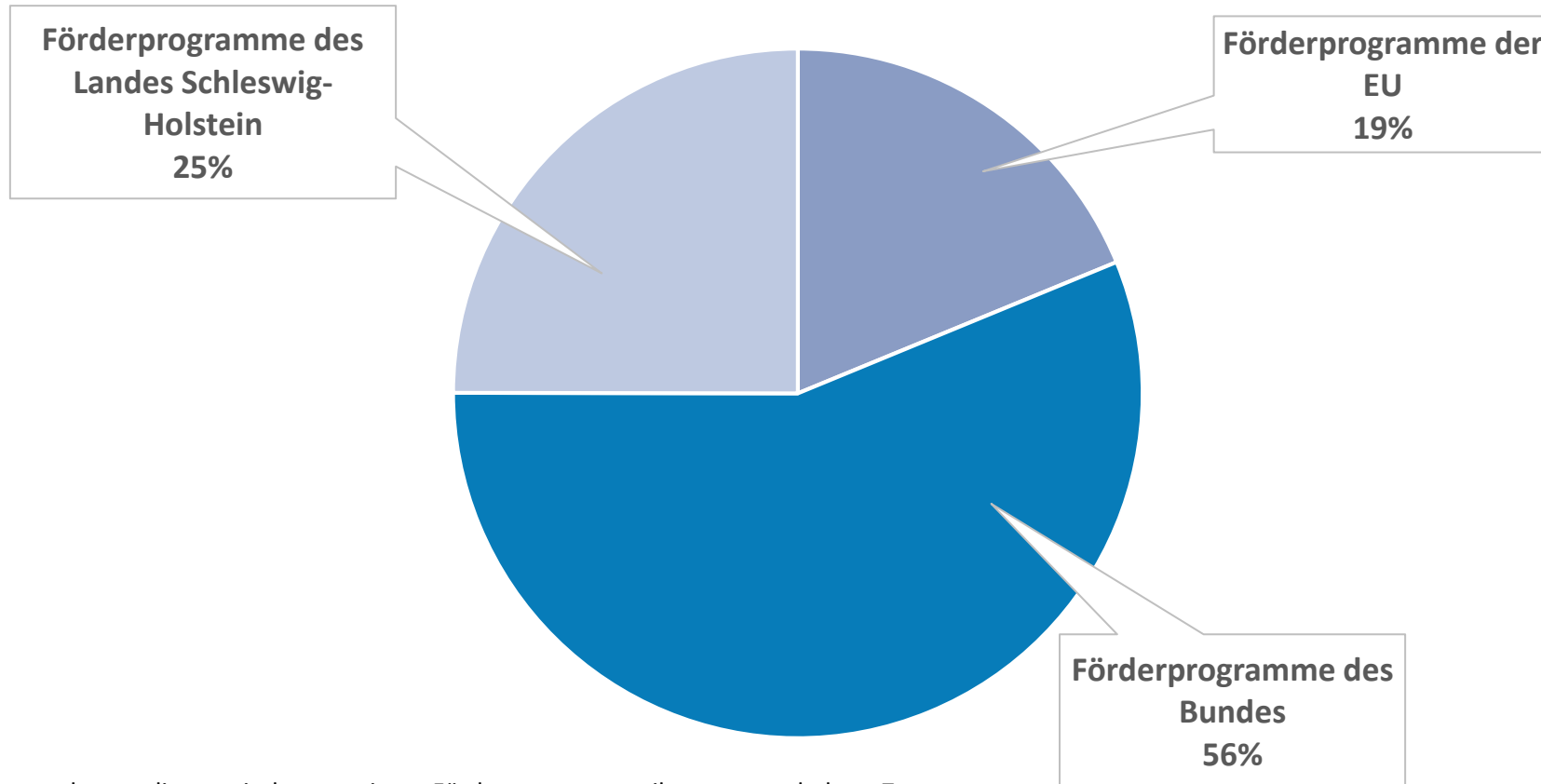
Abbildung 27: An welchen Förderprogrammen des Landes Schleswig-Holstein haben sie in den letzten 5 Jahren teilgenommen? (Mehrfachantworten möglich)

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

In der Gesamtbetrachtung der Beteiligung der Unternehmen an Förderprogrammen ist festzustellen, dass insgesamt fünf der befragten Unternehmen an wenigstens einem oder mehreren Förderprogramm(en) teilgenommen haben, sei es ein Landes-, Bundes- oder Europäisches Programm. Die weitaus größere Mehrzahl der Unternehmen hat sich an keinem Förderprogramm beteiligt.

Die Mehrzahl der Förderprogramme, an denen Unternehmen teilgenommen haben, waren Programme auf Bundesebene. Hierauf entfielen mehr als die Hälfte der genannten Programmteilnahmen. Die Unternehmen haben sich an insgesamt fünf verschiedenen Bundesprogrammen beteiligt. Auf Landesebene ist die Beteiligung deutlich geringer als auf Bundesebene. Jeweils zwei Unternehmen haben sich an zwei Programmen beteiligt, dem Förderprogramm Innovationsassistent zur Einstellung und Beschäftigung von Hochschulabsolventen und dem Programm Betriebliche Forschung, Entwicklung und Innovation zur Förderung von FuE-Projekten. Am geringsten wurden Programme auf EU-Ebene in Anspruch genommen (vgl. Abbildung 28). Hier sind lediglich das EU-Forschungsprogramm Horizon 2020 sowie das Programm zur transnationalen Zusammenarbeit, INTERREG, für einzelne Unternehmen von Bedeutung.

Abbildung 29 verdeutlicht, wie gut die befragten Unternehmen ihre Kenntnisse im Hinblick auf Förderprogramme (seien es Programme auf Landes-, Bundes- oder Europäischer Ebene) selbst einschätzen. Der Großteil der Unternehmen verfügt demnach über mittlere bis schlechte Kenntnisse im Zusammenhang mit Förderprogrammen. Das Ergebnis der im Durchschnitt eher schlechten Kenntnisse im Hinblick auf Förderprogramme deckt sich mit den zuvor dargestellten Ergebnissen aus den Abbildung 25, Abbildung 26 und Abbildung 27, wonach nur wenige der befragten Unternehmen an Förderprogrammen teilnehmen.



Unternehmen, die an mindestens einem Förderprogramm teilgenommen haben: **7**

n = 15

Abbildung 28: Verteilung der Teilnahme der Unternehmen an Förderprogrammen auf EU- Bundes- und Landesebene

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

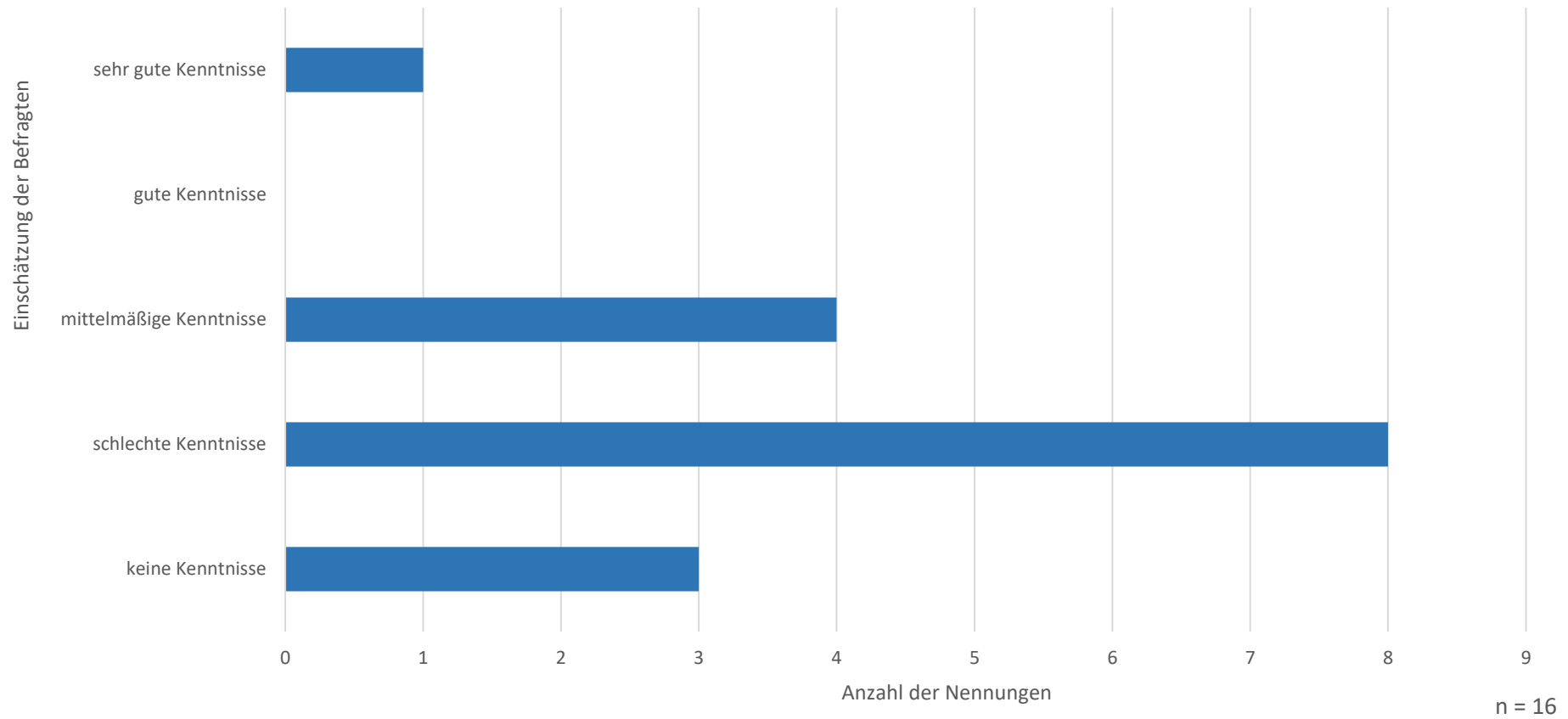


Abbildung 29: Wie gut schätzen Sie Ihre Kenntnisse über Förderprogramme ein?
Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

8.2. Künftige Förderthemen und Gegenstände

Die künftigen Themen für die Förderung aus Sicht der Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein sind in engem Zusammenhang mit den zukünftigen Herausforderungen der Leistungselektronik zu sehen. Die Förderung soll einen Beitrag leisten, die zukünftigen Herausforderungen zu meistern und zu überwinden, damit die Leistungselektronik höhere Leistungsdichten ermöglicht, dabei robust und zuverlässig bleibt, ihren Integrationsgrad weiter erhöht und dabei die Wirtschaftlichkeit, also die Kosten für leistungselektronische Komponenten und Bauelemente, nicht aus den Augen verliert (vgl. Abbildung 30).

Somit erschließt sich auch, dass für die Unternehmen technologische Innovationen gefördert werden sollten (vgl. Abbildung 31). Technologische Innovationen tragen dazu bei, einen Beitrag zu den oben genannten Herausforderungen der Leistungselektronik zu leisten. Weniger von Bedeutung sind in diesem Zusammenhang Förderungen im Bereich der Personalentwicklung sowie im Bereich der Forschungsk Kooperationen. Die Ergebnisse in Kapitel 5.1 zum Status der Kooperationen in Schleswig-Holstein haben gezeigt, dass sich in der Leistungselektronik bereits vielfältige Kooperationen zwischen Unternehmen und den Hochschulen in Schleswig-Holstein etabliert haben. Hier wird auch im Bereich der Personalentwicklung in Form von Praktika, Bachelor- und Masterthesen, Promotionen oder dualen Studiengängen zusammen kooperiert.

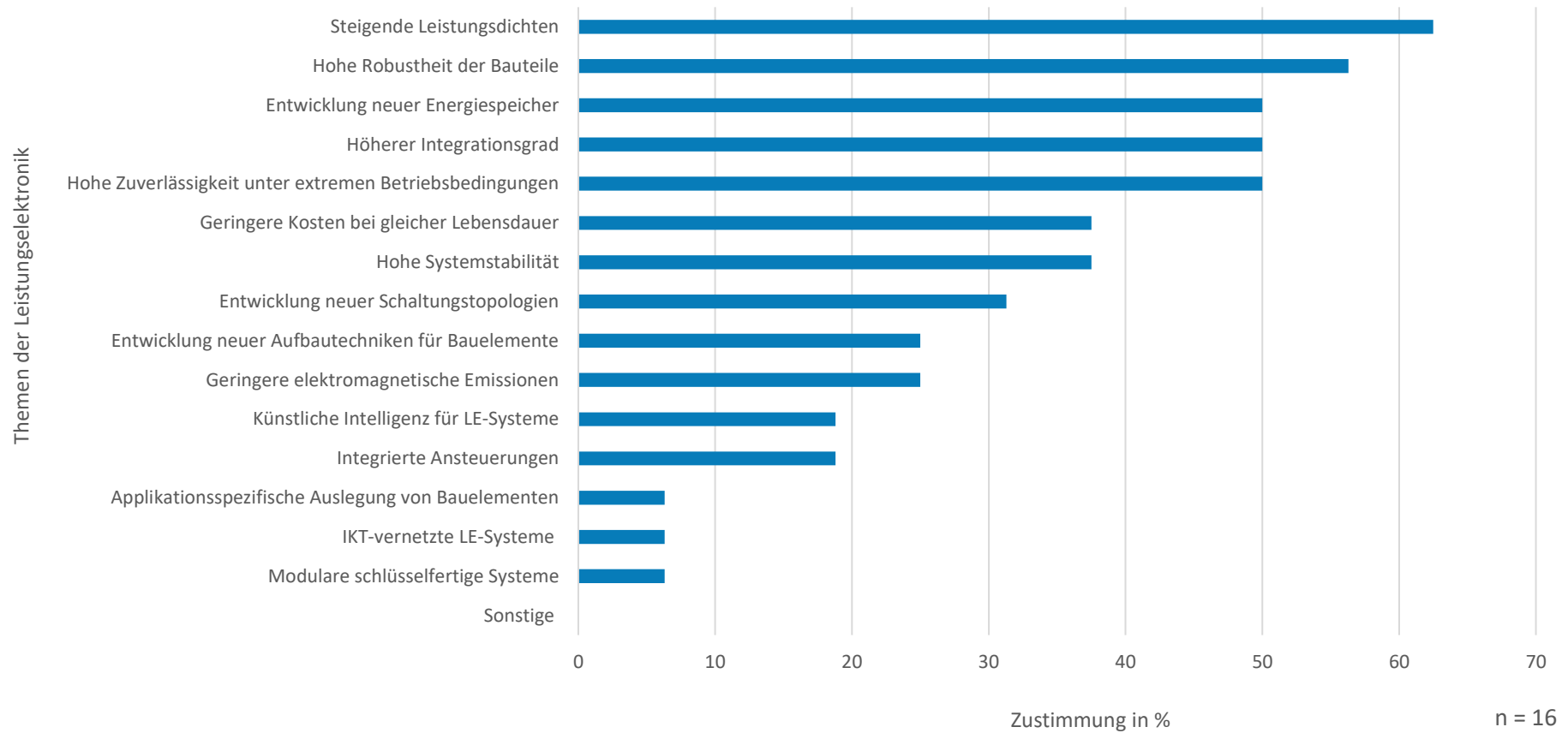


Abbildung 30: Welche Themen der Leistungselektronik sollten aus ihrer Sicht zukünftig gefördert werden? (Mehrfachantworten möglich)

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

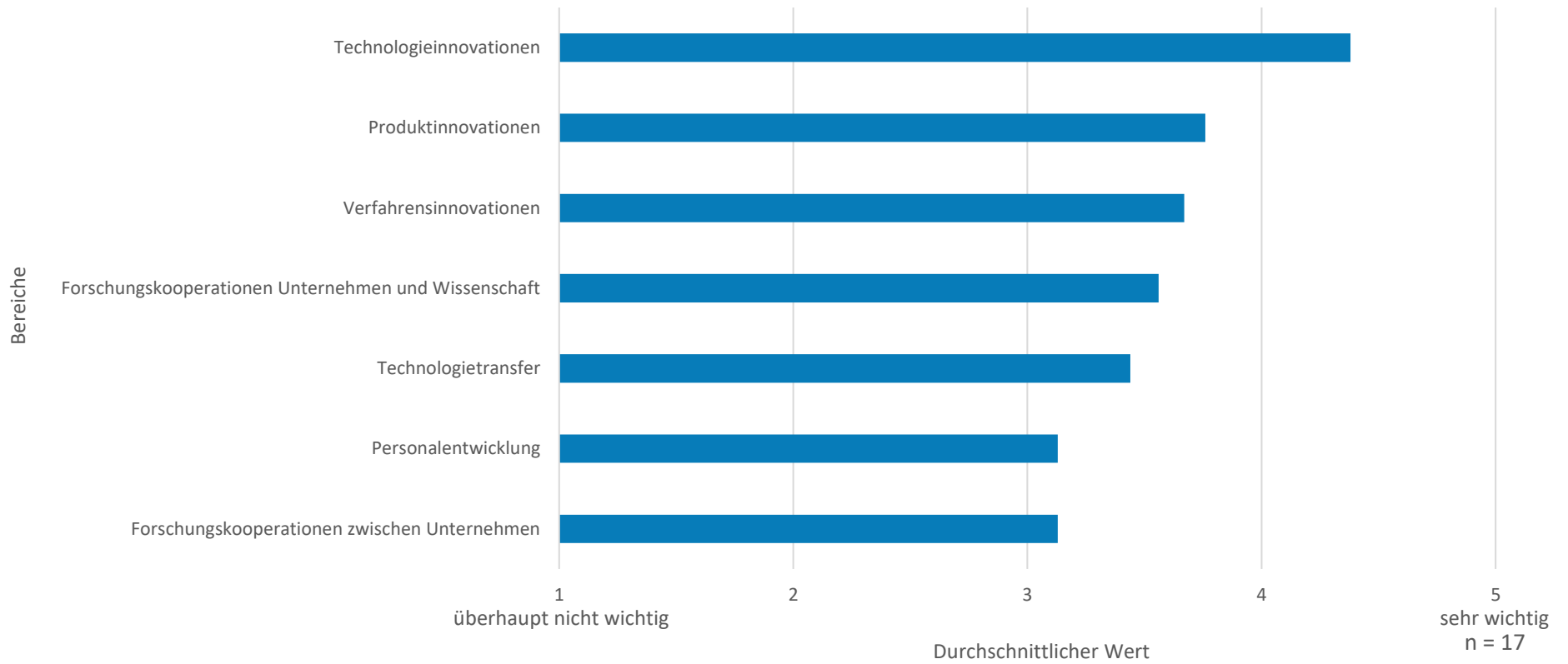


Abbildung 31: Was sollte aus Ihrer Sicht als Unternehmen im Bereich Leistungselektronik gefördert werden?

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung

8.3. Status und Perspektiven

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein nur in sehr geringem Maße an öffentlichen Förderprogrammen – insbesondere an EU-Förderprogrammen – beteiligen. Vor allem für kleine Unternehmen steht der administrative Aufwand bei EU-Förderprogrammen zumeist nicht im Verhältnis zum Nutzen. Der administrative Aufwand beginnt bereits bei der Antragsphase. Je nach Programm ist die Antragstellung mit einigem Aufwand verbunden ohne die spätere Sicherheit zu haben, dass der Projektantrag genehmigt und das Projekt gefördert werden wird. Ist das Projekt genehmigt, existiert eine Vielzahl von administrativen und finanztechnischen Regelungen, die seitens der Unternehmen eingehalten werden müssen (Dokumentationspflichten, Verwendungsnachweise, Aufbau einer internen Finanz- und Projektverwaltung des Projekts, Beachtung des Beihilferechts, externe Kontrollen, Aufbewahrungspflichten, etc.). Zudem gilt bei einigen Programmen das Erstattungsprinzip - Unternehmen müssen zunächst mit ihren Projektaktivitäten und -leistungen in Vorleistung gehen und bekommen ihre Kosten nach Nachweis und Beantragung vom jeweiligen Programmträger zurückerstattet. Für kleine Unternehmen ist der erforderliche administrative Aufwand mit dem bestehenden Personal neben dem originären Tagesgeschäft zumeist nicht zu stemmen.

Zu den Förderprogrammen des Landes Schleswig-Holstein gab es aus den Gespräche Hinweise darauf, dass die Programme für die Unternehmen nicht so attraktiv sind, da hier die Förderquoten zumeist niedriger sind als bei Programmen auf Bundesebene. Unter anderem deswegen werden die Landesprogramme, wie in den Ergebnissen der Onlinebefragung gesehen, von den Unternehmen nur in geringem Maße in Anspruch genommen. Wenngleich der administrative Aufwand bei Landesprogrammen geringer ist als bei EU-Förderprogrammen, so stellt der organisatorische Aufwand im Ganzen insbesondere für die kleinen Unternehmen der Leistungselektronik eine deutliche Hürde für die Beteiligung an Landesförderprogrammen dar.

Für die Unternehmen der Leistungselektronik sind Programme interessant, in denen Projekte eine Laufzeit von einem bis max. drei Jahren haben. Ergebnisse aus Projekten mit einer solchen Zeitspanne können die Unternehmen dann auch zeitnah verwerten. Geht die Projektzeit über drei Jahre hinaus sind die Programme zunehmend unattraktiv für Unternehmen - der Zeitraum von Beginn des Projekts bis zu den Ergebnissen und deren wirtschaftlichen Umsetzung ist dann aus Unternehmenssicht zu lang. Die Hochschulen hingegen haben ein Interesse daran, dass die Projekte mindestens drei Jahre oder gerne noch länger laufen. Die Hochschulen können über Projekte mit solchen Laufzeiten Personalstellen oder Doktorandenstellen intern finanzieren und besetzen. Hier besteht ein Konfliktpotenzial für die Umsetzung von Kooperationsprojekten zwischen Hochschulen und Unternehmen.

9. Netzwerk der Akteure der Leistungselektronik in SH

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Ergebnisse aus der Onlinebefragung, den Interviews sowie des Workshops mit den Akteuren der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein untersucht. Die Mehrzahl dieser Akteure beteiligt sich aktiv am Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein. Dieses Netzwerk ist Gegenstand des vorliegenden Kapitels, bei dessen Bearbeitung folgende Fragen zum Status und zur Perspektive im Vordergrund standen:

- Was sind heute die Bedarfe, denen sich das Netzwerk LE.SH stellt?
- Mit welchen Maßnahmen stellt sich das Netzwerk LE.SH heute den Bedarfen?
- Welches sind die künftigen Bedarfe an ein Netzwerk LE.SH?
- Wie kann das Netzwerk LE.SH oder ein Verein zur Verbesserung des Status der LE in SH beitragen?
- Welche Aktionen und Maßnahmen sollte künftig ein Netzwerk LE.SH anbieten?
- Welche Angebote sind vorrangig?

9.1. Heutige Bedarfe und Aktivitäten

Die heutigen Bedarfe, denen sich das Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein stellt, leiten sich aus den Zielen des Netzwerks ab. Diese Ziele umfassen die

- Vernetzung und den Austausch zwischen den Akteuren der Leistungselektronik
- Vorbereitung neuer Forschungsprojekte und Abstimmung laufender Forschungsarbeiten
- Öffentliche Darstellung der Bedeutung der Leistungselektronik als Schlüssel- und Querschnittstechnologie
- Unterstützung der Einführung neuer leistungselektronischer Komponenten und Systeme zur Steigerung der Energieeffizienz

Die Umsetzung dieser Ziele erfolgt in verschiedenen Handlungsfeldern. Das Netzwerk Leistungselektronik verfolgt insgesamt drei zentrale Handlungsfelder, in denen Maßnahmen und Aktivitäten im Netzwerk zur Erreichung der Netzwerkziele umgesetzt werden.

Dies sind die Handlungsfelder Kommunikation, Forschung und Entwicklung sowie Marketing. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Maßnahmen und Aktivitäten des Netzwerks Leistungselektronik Schleswig-Holstein in den drei Handlungsfeldern:

Kommunikation	Forschung und Entwicklung	Marketing
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informationsaustausch zwischen den Netzwerk-Mitgliedern in Schleswig-Holstein ▪ Informationsaustausch mit relevanten Stellen in anderen Ländern ▪ Durchführung regelmäßiger Workshops, Seminare und Messeauftritte ▪ Aufbau einer öffentlich sichtbaren Kontaktstelle, die über öffentliche Informationsveranstaltungen sowie Messeauftritte informiert und sie vorbereitet ▪ Information von Unternehmen durch Besuche und Vortragsveranstaltungen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zusammenarbeit von Hochschulen, Forschungsinstituten und industriellen Entwicklern bei anwendungsorientierter und Grundlagenforschung zur Verbesserung der industriellen Umsetzung ▪ Anregung und Vorbereitung neuer F&E Projekte ▪ Verfolgung geeigneter Förderprogramme und –maßnahmen ▪ Bündelung von Akquisitionsanstrengungen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterstützung bei der Einführung neuer energieeffizienter Komponenten, die von Netzwerkpartnern angeboten werden ▪ Verfolgung und Verbreitung wirtschaftlicher Kennziffern für den Einsatz von Leistungselektronik

Abbildung 32: Maßnahmen des Netzwerks Leistungselektronik Schleswig-Holstein in den drei Handlungsfeldern

Quelle: Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein, 2019

9.2. Künftige Bedarfe an das Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein

Im Rahmen der Onlinebefragung wurden die Unternehmen gefragt, welche Maßnahmen und Aktivitäten das Netzwerk Leistungselektronik zukünftig attraktiv machen würden. Aus den Ergebnissen lassen sich die künftigen Bedarfe der Unternehmen an das Netzwerk ableiten. Die Befragungsergebnisse in Abbildung 34 zeigen, dass Projektmittelakquisition und Zugang zu öffentlichen Förderprogrammen, Informationen zu aktuellen öffentlichen Förderprogrammen, der allgemeine Informations- und Erfahrungsaustausch sowie die Vernetzung der Akteure die aus Sicht der Unternehmen vorrangigen Maßnahmen sind, die das Netzwerk attraktiv machen. Hieraus lässt sich ableiten, dass insbesondere im Bereich der Projektmittelakquise und dem Zugang zu öffentlichen Förderprogrammen große Bedarfe seitens der Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein bestehen.

Weitere attraktive Leistungen und damit zugleich auch Bedarfe werden von den Unternehmen im Bereich kollaborative Technologieentwicklung und Technologietransfer sowie der Bildung von Forschungsk Kooperationen gesehen. Hier geht es um die Weiterentwicklung von Leistungselektronik durch gemeinsame Entwicklungskooperationen oder durch den Transfer von Technologie von der Wissenschaft in die Wirtschaft.

Für die Unternehmen sind zudem Leistungen im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit und des Lobbying gegenüber politischen und öffentlichen Entscheidungsträgern wichtig. Ziel sollte es hierbei sein, das Thema Leistungselektronik insgesamt in der Gesellschaft bekannter zu machen, insbesondere bei politischen Entscheidungsträgern.

Weniger attraktiv für die Unternehmen wären Leistungen wie Personaldienstleistung bzw. Recruiting oder Gründerunterstützung. Hieraus lassen sich denn auch keine besonderen Bedarfe an das Netzwerk ableiten. Im Bereich der Personaldienstleistung oder Recruiting verfügen die Unternehmen über etablierte Wege zur Personalgewinnung oder können bei Bedarf auf spezialisierte Personalvermittler auf dem Markt zurückgreifen. Das Thema der Gründerunterstützung ist für die Unternehmen (nicht mehr) von besonderem Interesse, da sie sich die Mehrzahl der befragten Unternehmen der Leistungselektronik bereits auf dem Markt etabliert hat.



Abbildung 33: Welche Aktionen und Maßnahmen würden das Netzwerk für Sie attraktiv machen?

Quelle: Onlinebefragung, eigene Darstellung.

9.3. Zukünftige Angebote und vorrangige Maßnahmen des Netzwerks

Das Netzwerk Leistungselektronik widmet sich in seinen Handlungsfeldern unterschiedlichen Maßnahmen zur Umsetzung seiner Ziele (vgl. Abbildung 32). Folgende Angebote und Maßnahmen wären für das Netzwerk Leistungselektronik für die Zukunft vorrangig zur Weiterentwicklung des Netzwerks:

- Akquise von Kooperationsprojekten

Für die Akteure ist die Akquise von (gemeinsamen) Projekten vorrangig. Solche Projekte können insbesondere über öffentliche Förderprogramme finanziert und realisiert werden. Die Ergebnisse der Onlinebefragung haben gezeigt, dass die große Mehrzahl der Akteure lediglich über geringe bis keine Kenntnisse über öffentliche Förderprogramme verfügt (vgl. Abbildung 29). Genau hier benötigen die Akteure kompetenten Beistand. Das Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein kann diesen Beistand leisten und sollte Leistungen anbieten, um die Akteure aktiv bei der Akquise von Projekten und der Teilnahme an Förderprogrammen zu unterstützen. Zunächst ist es grundsätzlich hilfreich für die Akteure, über das Netzwerk grundlegende Informationen zu Förderprogrammen und Fördervoraussetzungen für potenzielle Kooperationsprojekte zur Verfügung gestellt zu bekommen. Neben dieser Bereitstellung von Informationen wäre es darüber hinaus für die Akteure von großem Nutzen, wenn sie durch das Netzwerk Unterstützung im gesamten Antragsprozess erhielten, bspw. bei der Suche und Gewinnung geeigneter Partner für das Projekt, der Formulierung und Ausgestaltung des Förderantrags oder der Kommunikation mit dem Programmträger. Denn das Durchlaufen des Antragsprozesses stellt insbesondere für die KMU der Leistungselektronik eine große Hürde an der Beteiligung an Förderprogrammen dar in Bezug auf notwendige Kompetenzen sowie zeitliche und finanzielle Ressourcen.

- Vernetzung der Akteure

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass den Akteuren die Vernetzung untereinander sehr wichtig ist (vgl. Abbildung 6, Abbildung 7, Abbildung 8, Abbildung 9, Abbildung 10), wofür das Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein die passende Plattform bietet. Diese Vernetzung sollte für die Akteure einen wahrnehmbaren Mehrwert bieten. Der Mehrwert der Vernetzung über das Netzwerk LE.SH kann darin bestehen, dass über das Netzwerk ein regelmäßiger Erfahrungs- und Wissensaustausch untereinander initiiert wird, bspw. durch regelmäßige Vorträge unterschiedlicher Akteure des Netzwerks zu bestimmten Fachthemen oder durch Vorstellungen der Organisationen der Akteure mit ihren jeweiligen inhaltlichen Schwerpunkten und Kompetenzen. Solche Vorträge sind im Netzwerk bereits teilweise durchgeführt worden und sollten – insbesondere bei neuen Akteuren – immer wieder aufgegriffen werden.

Die Netzwerkarbeit sollte zudem dazu beitragen, dass die Akteure sich gegenseitig beim Zugang zu speziellen Infrastrukturen unterstützen, bspw. beim Zugang zu speziellen (Test-)Geräten. Die Anschaffung von speziellen Geräten kann sehr kostenintensiv für ein Unternehmen sein, insbesondere, wenn das Gerät nicht regelmäßig sondern nur in Spezial- oder Sonderfällen gebraucht wird. Durch gegenseitige Unterstützung von Akteuren aus dem Netzwerk LE.SH beim Zugang zu (Test-)Geräten können die Unternehmen Kosten und Zeit einsparen.

Im Zusammenhang mit der Vernetzung der Akteure ist es wichtig, dass diese aktiv gemanagt wird. Das Management des Netzwerks LE.SH sollte als „neutrale Instanz“ agieren und in dieser neutralen Funktion Kooperationen zwischen Unternehmen vermitteln und initiieren.

- Öffentlichkeitsarbeit

Eine aktive Öffentlichkeitsarbeit ist eine weitere Leistung des Netzwerks Leistungselektronik Schleswig-Holstein, die aus verschiedenen Gründen heraus von Bedeutung für die Akteure der Leistungselektronik ist.

Die Öffentlichkeitsarbeit ist wichtig, um mehr Unterstützung für das Thema Leistungselektronik von Seiten der Politik zu bekommen. Das Thema Leistungselektronik ist sicherlich schon in der Politik in Schleswig-Holstein angekommen, wie beispielhaft die Förderung des Netzwerks Leistungselektronik Schleswig-Holstein oder die Berücksichtigung der Leistungselektronik in der Regionalen Innovationsstrategie als Schlüsseltechnologie zeigen. Angesichts der Bedeutung der Leistungselektronik für die Umsetzung zentraler gesellschaftlicher Aufgaben wie der Elektromobilität oder der Energiewende auf Basis erneuerbarer Energien, kann die Politik durch aktive Unterstützung der Leistungselektronik zur Umsetzung dieser gesellschaftlichen Aufgaben beitragen. Hiervon können die Akteure in Schleswig-Holstein mit ihren Produkten, Dienstleistungen und Projekten langfristig profitieren.

Die Öffentlichkeitsarbeit ist zudem notwendig, um die vorhandenen Kompetenzen am Standort Schleswig-Holstein sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene noch sichtbarer darzustellen. Dies hilft, Schleswig-Holstein als Standort für innovative Leistungselektronik attraktiver zu machen gegenüber Wirtschaft, Wissenschaft und Politik.

Wie in Kapitel 7.1 aufgezeigt, wird die Leistungselektronik perspektivisch vor der Herausforderung stehen, Studierende in ausreichendem Maße für das Thema Leistungselektronik zu gewinnen. Da in der Leistungselektronik der Anteil an Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit Hochschulabschluss in den Unternehmen sehr hoch ist (vgl. hierzu auch Abbildung 16 und Abbildung 17

in Kapitel 7.1), kommt der Entwicklung der Studierenden eine besondere Bedeutung für die Nachwuchsgewinnung und Personalentwicklung in den Unternehmen der Leistungselektronik zu. Die Öffentlichkeitsarbeit kann einen wichtigen Beitrag dazu leisten, das Thema und die Bedeutung der Leistungselektronik bei Studierenden in den Hochschulen in Schleswig-Holstein bekannter zu machen, berufliche Perspektiven in Schleswig-Holstein aufzuzeigen und so zukünftig die Anzahl der Studierenden mit Bezug zur Leistungselektronik zu erhöhen.

Um die Leistungen in der Öffentlichkeitsarbeit umsetzen zu können, sollte das Netzwerk LE.SH einen langfristigen Plan für die Öffentlichkeitsarbeit entwickeln, der die oben aufgeführten Punkte berücksichtigt, und aus dem u.a. die langfristigen Ziele und Zielgruppen, die Strategie und Aufgaben, die Ressourcen sowie die Zeitschiene für die Öffentlichkeitsarbeit des Netzwerks hervorgehen. Sollten innerhalb des Netzwerks keine ausreichenden Kompetenzen oder Ressourcen zur Erstellung eines solchen spezifischen Plans vorhanden sein, könnte die Erstellung eines solchen Plans auch an einen externen Dienstleister mit entsprechender Fachexpertise im Bereich Öffentlichkeitsarbeit vergeben werden.

- Erweiterung des Netzwerks

Derzeit konzentriert sich das Netzwerk bei den Unternehmen vorwiegend auf Primärproduzenten von leistungselektronischen Komponenten und Bauteilen. Ausschließliche Nutzer und Anwender von Leistungselektronik sind im Netzwerk bisher nicht aktiv. Das Netzwerk sollte seine Akteursbasis erweitern und die Nutzer und Anwender von Leistungselektronik miteinbeziehen, so dass im Netzwerk Akteure aus allen Bereichen der Wertschöpfungskette gebündelt sind. Dies bringt u.a. den Mehrwert für das Netzwerk, da mit den Nutzern und Anwendern Kunden von leistungselektronischen Produkten eingebunden werden und so die Kundenperspektive in das Netzwerk eingebracht wird. Insbesondere diejenigen Nutzer von Leistungselektronik, die ein hohes Interesse an der Entwicklung der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein haben, bieten Potenzial, sich aktiv im Netzwerk zu beteiligen. Zudem kann eine größere Akteursbasis helfen, die öffentliche Wahrnehmung des Netzwerks in Wirtschaft, Gesellschaft und Politik weiter zu erhöhen.

10. Literaturverzeichnis

- Acatech, Körber-Stiftung (2017):** MINT Nachwuchsbarometer 2017. Thema: Bildung in der digitalen Transformation. Online verfügbar unter: https://www.koerber-stiftung.de/fileadmin/user_upload/koerber-stiftung/redaktion/mint_nachwuchsbarometer/pdf/2017/MINT-Nachwuchsbarometer-Langfassung.pdf. Zuletzt geprüft am: 29.07.2019.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2019):** Leistungselektronik: Energie effizienter nutzen. Online verfügbar unter: <https://www.bmbf.de/de/leistungselektronik-energie-effizienter-nutzen-975.html>. Zuletzt geprüft am 15.07.2019.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019a):** Energieforschung: Stromnetze. Online verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/Energieforschung/energieforschung-netze.html>. Zuletzt geprüft am: 29.07.2019.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019b):** Energiewirtschaftliche Schlüsselemente der Elektromobilität. Online verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/Energieforschung/energieforschung-energie-wirtschaftliche-schluesselemente-der-elektromobilitaet.html>. Zuletzt geprüft am: 29.07.2019.
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (2018):** Statistische Eckdaten Überblick. Online verfügbar unter: <http://www.uni-kiel.de/ueberblick/statistik/eckdaten.shtml>. Zuletzt geprüft am: 09.07.2019.
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (2018):** Statistische Eckdaten Studierende – Personen im WS. Online verfügbar unter: <http://www.uni-kiel.de/ueberblick/statistik/stud.shtml>. Zuletzt geprüft am: 09.07.2019.
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (2019):** Kompetenzzentrum Leistungselektronik lässt effizienter stapeln. Online verfügbar unter: <https://www.uni-kiel.de/de/universitaet/detailansicht/news/kompetenzzentrum-leistungselektronik-laesst-effizienter-stapeln/>. Zuletzt geprüft am: 26.07.2019.
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (2019):** Studierenden- und Absolventenzahlen zu Elektro-, Informationstechnik und Wirtschaftsingenieurwesen im Wintersemester 2017/2018 in Bachelor- und Masterstudiengängen nach Auskunft der Hochschule vom 08.07.2019.
- Clean Cluster (2019):** About clean. Online verfügbar unter: <https://www.cleancluster.dk/en/about-clean/>. Zuletzt geprüft am: 16.07.2019.

- Cluster Leistungselektronik (2019a):** F&E-Förderung: Europäische Förderprogramme. Online verfügbar unter: <http://www.clusterle.de/seitennavigation/fampe-foerderung/europaeische-foerderprogramme/>. Zuletzt geprüft am: 29.07.2019.
- Cluster Leistungselektronik (2019b):** F&E-Förderung: Förderprogramme des Bundes. Online verfügbar unter: <http://www.clusterle.de/seitennavigation/fampe-foerderung/foerderprogramme-des-bundes/>. Zuletzt geprüft am: 29.07.2019.
- Epinion, DSN Connecting Knowledge (2012):** Power Electronics Volume and demands for research in Schleswig-Holstein & the Region of Southern Denmark.
- European Center for Power Electronics e.V. (ECPE) (2016):** Next Generation Power Electronics based on Wide Bandgap Devices - Challenges and Opportunities for Europe. Online verfügbar unter: <https://www.ecpe.org/research/roadmaps-strategy-papers/roadmaps/>. Zuletzt geprüft am: 15.07.2019.
- Fachhochschule Kiel (2016):** Jahres- und Geschäftsbericht 2015/2016. Online verfügbar unter: https://www.fh-kiel.de/fileadmin/data/fachhochschule/geschaeftsberichte/2015/fh-kiel_geschaeftsbericht_2015_2016_web.pdf. Zuletzt geprüft am: 09.07.2019.
- Fachhochschule Kiel (2019):** Zahlen zu Studierenden und Absolventen des Studiengangs Elektrotechnik (Bachelor und Master) des Wintersemester 2018/2019 nach Auskunft der Hochschule vom 18.07.2019.
- Fachhochschule Westküste (2017):** Jahresbericht 2017. Online verfügbar unter: https://www.fh-westkueste.de/fileadmin/Daten/Studieninteressierte/Infomaterial/Jahresbericht_2017.pdf. Zuletzt geprüft am: 08.07.2019.
- Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie (2019):** Leistungselektronik - Fraunhofer ISIT. Online verfügbar unter: <https://www.isit.fraunhofer.de/de/leistungselektronik.html>. Zuletzt geprüft am: 26.07.2019.
- Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH (2019).** Online verfügbar unter: <https://www.eksh.org/>. Zuletzt geprüft am: 26.07.2019.
- Hochschule Flensburg (2019):** Geschäftsbericht Zahlen und Fakten 2019. Online verfügbar unter: https://hs-flensburg.de/sites/default/files/oe//2019-03/Gesch%C3%A4ftsbericht_Zahlen_Fakten_2019_0.pdf. Zuletzt geprüft am 09.07.2019.
- Hochschule Flensburg (2019):** Studierenden- und Absolventenzahlen in technischen Studiengängen im Wintersemester 2017/2018 in Bachelor- und Masterstudiengängen nach Auskunft der Hochschule vom 09.07.2019.

- Institut der deutschen Wirtschaft (iwd, 2018):** Metall- und Elektroindustrie: Mehr Akademiker. Online verfügbar unter: <https://www.iwd.de/artikel/metall-und-elektro-industrie-mehr-akademiker-408558/>. Zuletzt geprüft am: 08.07.2019.
- Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Technologie des Landes Schleswig-Holstein (WiMi, 2014):** Regionale Innovationsstrategie Schleswig-Holstein Weg zu einer intelligenten Spezialisierung. Version Oktober 2013 – angepasst Juli 2014. Online verfügbar unter: https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/F/foerderprogramme/MWAVT/Downloads/regionale_innovationsstrategieNEU.html. Zuletzt geprüft am: 25.06.2019.
- Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (2018): Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase.** Online verfügbar unter: http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_Fortschrittsbericht_2018_barrierefrei.pdf. Zuletzt geprüft am: 29.07.2019.
- Netzwerk Leistungselektronik Schleswig-Holstein (2019).** Online verfügbar unter: <https://www.netzwerk-leistungselektronik.de/>. Zuletzt geprüft am: 26.07.2019.
- Power Conversion and Intelligent Motion Europe (PCIM Europe) (2019):** Themen und Events. Online verfügbar unter: <https://pcim.mesago.com/events/de/themen-events.html>. Zuletzt geprüft am: 26.07.2019.
- Roland Berger Strategy Consultants (2015):** Powering ahead: Developments in power electronics mean a prospective bonanza for smart players. Online verfügbar unter: <https://www.rolandberger.com/de/Publications/Powering-ahead.html>. Zuletzt geprüft am: 27.06.2019.
- Technische Fachhochschule Lübeck (2016):** Geschäftsbericht 2015/16. Online verfügbar unter: https://www.th-luebeck.de/fileadmin/media/01_Hochschule/02_Praesidium/Zahlen-Daten-Fakten/Geschaeftsbericht_2015_16.pdf. Zuletzt geprüft am: 09.07.2019.
- Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH (WTSH) (2019):** Innovationsschwerpunkte: Leistungselektronik – die Lehre von elektronischen Schaltern“. Online verfügbar unter: <https://wtsh.de/innovative-ideen-realisieren/innovations-schwerpunkte/>. Zuletzt geprüft am: 26.07.2019.

Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e. V. (ZVEI) (2016): Die Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung. Online verfügbar: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2016/November/Die_Elektroindustrie_als_Leitbranche_der_Digitalisierung_-_Innovationsstudie/ZVEI-Innovationsstudie-2016.pdf. Zuletzt geprüft am: 15.07.2019.

Anhang

Tabelle der identifizierten Unternehmen der Leistungselektronik in Schleswig-Holstein:

Nr.	Unternehmen	Ort	Branchenbeschreibung
1	ATP Elektronik GmbH	Halstenbek	ATP Elektronik zählt zu den EMS (Electronic Manufacturing Services) Unternehmen und übernimmt Fertigungsaufgaben für elektronische und elektromechanische Komponenten. Der Schwerpunkt liegt in der Anfertigung von Baugruppen in mittelgroßen Losgrößen.
2	AVB GmbH Wind Engineering	Büdelsdorf	AVB Wind Engineering hat sich auf die technische Ausrüstung von Offshore-Windparks spezialisiert. Dies umfasst u.a. Überwachungstechnologie, Kommunikations- und Warnsysteme für Schifffahrt und Flugverkehr.
3	Danfoss Silicon Power GmbH	Flensburg	Danfoss Silicon Power entwickelt Technologien im Bereich der maßgeschneiderten Leistungsmodule für Automobil-, Solar-, Wind- und Industrieanwendungen.
4	eta energietechnik GmbH	Klixbüll	eta energietechnik ist spezialisiert auf Regeltechnik und Energieberatung für Industrieunternehmen.
5	FSG Flensburger Schiffbau-Gesellschaft GmbH & Co. KG	Flensburg	FSG konstruiert und setzt maßgeschneiderte Lösungen für Eigner und Betreiber um. Sie übernehmen Planungs- und Produktionsprozesse sowie Konstruktion und Antrieb.
6	FTCAP GmbH Fischer & Tausche Capacitors	Husum	FTCAP entwickelt und produziert Kondensatoren, die in den unterschiedlichsten Branchen Verwendung finden. Zum Sortiment gehören sowohl Film- als auch Aluminium-Elektrolytkondensatoren.
7	FUCHS Fördertechnik AG	Oststeinbek	FUCHS Fördertechnik ist Hersteller und Dienstleister für maßgefertigte Fördertechnik-Lösungen mit Schwerpunkt Kranbau. Einsatzgebiete sind sowohl zu Wasser als auch zu Land.

Nr.	Unternehmen	Ort	Branchenbeschreibung
8	Getriebebau NORD GmbH & Co. KG	Bargteheide	Getriebebau NORD ist Hersteller für Antriebstechnik für mechanische und elektronische Lösungen. Das Produktprogramm umfasst Getriebemotoren, Elektromotoren, Industriegetriebe, Frequenzumrichter und Motorstarter zur dezentralen Antriebssteuerung.
9	H. Timm Elektronik GmbH	Glinde	Die H. Timm Elektronik GmbH ist Hersteller und Entwickler elektronischer Mess- und Steuerungstechnik. Einsatzgebiete sind Tanklager, Häfen und Industrieanlagen; vorwiegend in der petrochemischen und chemischen Industrie.
10	Jungheinrich Norderstedt AG & Co. KG	Norderstedt	Jungheinrich ist auf die Fertigung von Flurförderzeugen und Regalsystemen spezialisiert. Außerdem bietet das Unternehmen Dienstleistungen im Bereich der Lagerlogistik und intralogistische Gesamtlösungen an.
11	KION Group STILL GmbH	Hamburg	KION ist Entwickler und Hersteller von Gabelstaplern und Lagertechnikgeräten. Zudem bietet das Unternehmen Dienstleistungen für den automatisierten Materialfluss mit Supply-Chain- und Automatisierungslösungen an.
12	Konzept Energietechnik GmbH	Eutin	Die Konzept Energietechnik GmbH entwickelt und produziert Geräte, Anlagen und Systeme für die sichere Stromversorgung.
13	Kristronics GmbH	Harrislee	Kristronics ist in den Bereichen Entwicklung, Fertigung und Industrialisierung von elektronischen Baugruppen und Systemen tätig.
14	Liacon GmbH	Itzehoe	Liacon produziert und entwickelt Hochleistungsspeicher mit großformatigen Lithium-Titanat-Polymer-Zellen.
15	MOTEG GmbH	Flensburg	MOTEG ist ein Technologieunternehmen auf dem Gebiet der elektrischen Antriebe und Generatoren.

Nr.	Unternehmen	Ort	Branchenbeschreibung
16	Nordex Energy GmbH	Rostock	Nordex Energy ist in der Fertigung, Errichtung und Wartung von Windkraftanlagen tätig. In manchen Märkten ist Nordex ebenfalls für die Planung von Windparks bis hin zu deren schlüsselfertiger Errichtung zuständig. Das Unternehmen baut ausschließlich Windkraftanlagen für Landstandorte.
17	OFFCON GmbH	Kappeln	OFFCON ist beratend in den Bereichen Tiefbau, Meerestechnik, Offshore-Tauchen, ROV-Betrieb, Schiffsumschlag, Management von Schwergut und Offshore-Bau tätig.
18	paratus electronic GmbH	Flintbek	paratus electronic fertigt Flachbaugruppen für elektronische Geräte in Klein-, Mittel- und Großserien und stellt Sonderanfertigungen und Prototypen her.
19	Reese & Thies GmbH	Itzehoe	Reese & Thies entwickelt als Ingenieurbüro im Kundenauftrag Hard- und Software. Leistungselektronische Produkte sind beispielsweise DC/DC-Wandler im kW-Bereich, PFC-Netzteile für die Luftfahrt bis 1 kW, PFC-Netzteile bis 20 kW oder Netzeinspeisenumrichter (10 kW).
20	Siemens Gamesa Renewable Energy S.A.	Brande (DK)	Siemens Gamesa Renewable Energy ist Hersteller von Onshore- und Offshore-Windenergieanlagen.
21	Vincorion Jenoptik Advanced Systems GmbH	Wedel	Das Portfolio der Vincorion Jenoptik Advanced Systems GmbH umfasst neben einzelnen Baugruppen, die von Kunden in deren Produkte integriert werden, komplette Systeme und Endprodukte. Die Kompetenzfelder sind: Antriebs- und Energiesysteme, Stabilisierungssysteme und Luftfahrtsysteme.
22	Vishay Siliconix Itzehoe GmbH	Itzehoe	Vishay Siliconix ist Hersteller von diskreten Halbleiterbauelementen (Dioden, Gleichrichtern, Transistoren, optoelektronischen Bauteilen und ausgewählten

Nr.	Unternehmen	Ort	Branchenbeschreibung
			IC-Typen) und passiven elektronischen Bauteilen (Widerständen, Kondensatoren, Induktivitäten, Sensoren und Wandlern).
23	Weier Antriebe und Energietechnik GmbH	Eutin	Weier stellt Generatoren und Motoren vor allem für vier Geschäftsfelder her: Saubere Energien, Maritime Technik, Fahrtreppen und Maschinenbau.
24	WISKA Hoppmann GmbH	Kaltenkirchen	WISKA Hoppmann ist Schiffbau- und Industriezulieferer. Dienstleistungen in den Bereichen Installationsmaterial, Licht und Kameraüberwachung, Kabelverschraubungen, Abzweigkästen, Scheinwerfer, Strahler, Kühlcontainersteckdosen und CCTV Kamerasystemen.
25	WSTECH GmbH	Flensburg	WSTech entwickelt und liefert Lösungen im Bereich der erneuerbaren Energien und der Leistungselektronik (vorwiegend Umrichter).