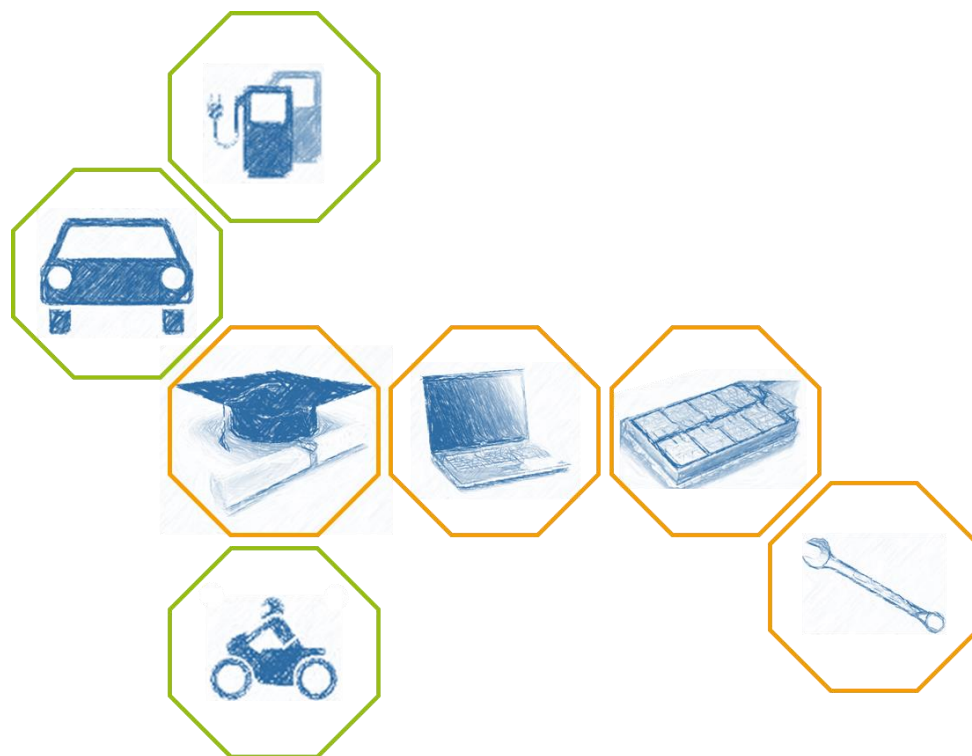


Elektromobilität in der Fahrzeugtechnik

*Analyse von Studienangeboten hinsichtlich der
Integration von Lehrinhalten zur Elektromobilität*





Inhalt

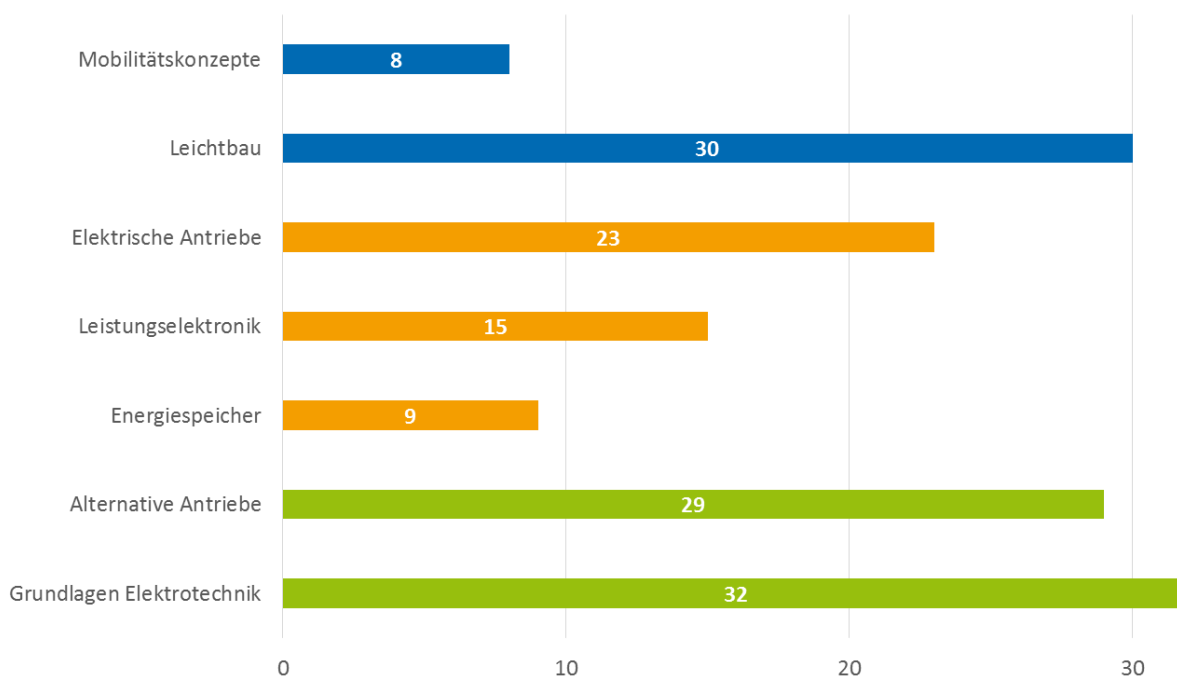
1. Zusammenfassung.....	3
2. Das Projekt NQuE	4
3. Ausgangssituation und Relevanz.....	4
4. Vorgehensweise und Methodik	5
5. Qualifizierungsangebote zur Elektromobilität	6
6. Analyseergebnisse zur Fahrzeugtechnik	8
7. Fazit und Handlungsempfehlungen.....	11

1. Zusammenfassung

Bei der Integration von Lehrinhalten zur Elektromobilität verfolgen die Hochschulen in Deutschland unterschiedliche Ansätze:

- > Studiengänge mit expliziter Ausrichtung auf Elektromobilität
- > Allgemeine Studiengänge (Maschinenbau, Elektrotechnik) mit Vertiefungsrichtung Elektromobilität
- > Studiengänge der Fahrzeugtechnik mit Fachmodulen zu Teilthemen der Elektromobilität

Zum aktuellen Zeitpunkt verfügt bereits ein Großteil der Fahrzeugtechnikstudiengänge über Module zu den Grundlagen der Elektrotechnik und zu alternativen Antrieben. Auf spezifische Teilbereiche der Elektromobilität fokussierte Module, wie beispielsweise Leistungselektronik oder Energiespeicher, sind momentan allerdings nur selten vorhanden.



Je nach Hochschule bzw. Studiengang bestehen zurzeit noch erhebliche Unterschiede in Bezug auf den Umfang der Integration von Elektromobilitätsthemen. Ein flächendeckendes Angebot aller notwendigen Fachinhalte ist demnach noch nicht gegeben. Wenn sich Studierende bereits jetzt durch ihr Fahrzeugtechnikstudium explizit auf Elektromobilität spezialisieren möchten, müssen sie dies bei der Wahl ihres Studiengangs berücksichtigen. Es ist jedoch absehbar, dass der gegenwärtige Anpassungsprozess der Curricula der Marktentwicklung von Elektrofahrzeugen kontinuierlich folgt.

2. Das Projekt NQuE

Der Bedeutungszuwachs der Elektromobilität stellt die Unternehmen in Deutschland vor neue Herausforderungen. Um den technologischen Entwicklungen, veränderten Kundenanforderungen und Geschäftsmodellen gerecht zu werden, sind optimal qualifizierte Mitarbeiter eine fundamentale Voraussetzung. Ob die gegenwärtigen Bildungsangebote den vorhandenen Qualifizierungsbedarfen entsprechen, ist die zentrale Fragestellung im Projekt NQuE.

Die Projektziele im Überblick:

- > *Analyse der elektromobilitätsbezogenen Aus- und Weiterbildung*
- > *Ableich der Bildungsangebote mit den unternehmensseitigen Qualifizierungsbedarfen*
- > *Ergebnisdokumentation der Bildungsprojekte innerhalb der Schaufenster Elektromobilität*
- > *Unterstützung der Kommunikation und Abstimmung zwischen verschiedenen relevanten Akteuren in der Elektromobilität*
- > *Entwicklung von Handlungsempfehlungen auf Basis der im Rahmen des Erfahrungsaustausches gewonnenen Erkenntnisse*

3. Ausgangssituation und Relevanz

Die Analysen im Rahmen von NQuE beziehen sich sowohl auf die Berufsbildung als auch auf die akademische Qualifizierung. Bei den Auswertungen in diesem Dokument liegt der Fokus hingegen ausschließlich auf dem Status quo an den deutschen Hochschulen.

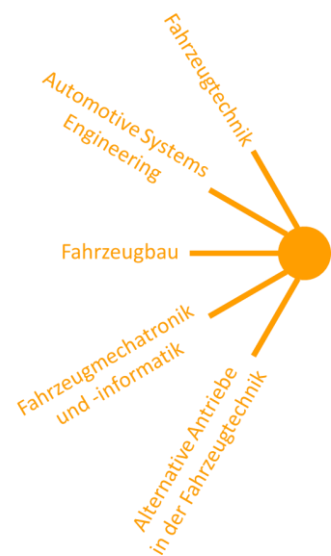
Auf die Entwicklungen der Elektromobilität in den letzten Jahren haben die Hochschulen mit der Konzeption spezifischer Elektromobilitätsstudiengänge, vergleichbarer Vertiefungsrichtungen in allgemeinen Studiengängen wie Elektrotechnik oder Maschinenbau und themenorientierten Weiterbildungsseminaren reagiert. Einen wichtigen Beitrag haben dabei insbesondere die Bildungsprojekte in den Schaufenstern Elektromobilität geleistet.

Diese Qualifizierungsangebote generieren jedoch nur einen geringen Anteil jener Absolventen, die anschließend bei OEMs, Zulieferern oder Entwicklungsdienstleistern im Themenfeld Elektromobilität beschäftigt sind. Ein Großteil studiert auch weiterhin die klassische Fahrzeugtechnik. Die vorliegende Analyse folgt daher der Zielsetzung zu ermitteln, in wie weit für die Elektromobilität relevante Lehrinhalte bereits in die bestehenden Fahrzeugtechnikstudiengänge integriert wurden.

4. Vorgehensweise und Methodik

Zur Auswahl der relevanten Studiengänge wurde auf das Verzeichnis des Hochschulkompass zurückgegriffen. Dabei wurden sämtliche Einträge berücksichtigt, die unter dem Suchbegriff „Fahrzeugtechnik“ verzeichnet sind, mit Ausnahme allgemeiner Studiengänge (z.B. Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen) und solcher, die nur spezifische Teilaspekte abdecken (z.B. Flug- und Fahrzeuginformatik, Motorsport Engineering).

Die ebenfalls unter dem Stichwort „Fahrzeugtechnik“ verzeichneten Studiengänge mit direkter Ausrichtung auf Elektromobilität wurden ebenfalls in die Analyse einbezogen, in der folgenden Darstellung sind sie jedoch getrennt aufgeführt. Diese Differenzierung ermöglicht einen Abgleich, inwieweit auch die konventionellen Angebote zur Fahrzeugtechnik die in den spezifischen Elektromobilitätsstudiengängen vorhandenen Inhalte bereits umfassen. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass der Übergang von Studiengängen mit inhaltlicher Berücksichtigung von Elektromobilitätsaspekten von „Fahrzeugtechnik“ hin zu „Elektromobilität“ fließend verläuft. So existieren auch Studiengänge der Fahrzeugtechnik, die bereits anhand ihrer Bezeichnung Schwerpunkte im Bereich der alternativen Antriebe setzen.



Im Rahmen der Analyse wurden insgesamt 61 Studiengänge der Fahrzeugtechnik betrachtet, wobei 21 Angebote auf die Universitäten bzw. 40 auf Hochschulen für angewandte Wissenschaften entfallen. Hinsichtlich des akademischen Abschlusses setzen sich die Studiengänge aus 28 Bachelor und 33 Master zusammen. Nicht in die Auswertung einbezogen wurden allgemeine Studiengänge (z.B. Maschinenbau) mit Studien- bzw. Vertiefungsrichtung Fahrzeugtechnik. Die 61 relevanten Studiengänge wurden auf Basis der Modulhandbücher, die auf den Internetseiten der jeweiligen Hochschulen veröffentlicht sind, auf die Integration jener Themengebiete hin analysiert, die im Kontext der Elektromobilität von besonderer Bedeutung sind. Dies schließt unter anderem Energiespeicher und Leistungselektronik ein, jedoch auch angrenzende Bereiche wie Leichtbau.

Eine Differenzierung nach dem Umfang der zeitlichen Abbildung der entsprechenden Lehrinhalte wurde nicht vorgenommen, da sich die Anzahl an Semesterwochenstunden (SWS) je nach Studiengang oftmals unterscheidet. Gelegentlich werden auch verschiedene Themenbereiche der Elektromobilität in einem gemeinsamen Modul abgebildet oder um weitere Themen, wie beispielsweise technische Grundlagen, ergänzt. In diesem Fall ist es für die Bestandsaufnahme entscheidend, ob das betreffende Fachgebiet einen erheblichen Anteil (mindestens 50%) des gesamten Lehrinhaltes eines Moduls umfasst.

5. Qualifizierungsangebote zur Elektromobilität

An deutschen Hochschulen wird mittlerweile eine Vielzahl an Studiengängen angeboten, deren Fokus unmittelbar auf Themen der Elektromobilität liegt. Insgesamt handelt es sich um 16 Angebote, die hinsichtlich ihrer Bezeichnung direkt auf Elektromobilität verweisen. Regional betrachtet liegt der Schwerpunkt auf Bayern und Baden-Württemberg.

Teilweise werden diese Studiengänge auch in Kooperation mehrerer Hochschulen gemeinsam angeboten, wodurch eine übergreifende Nutzung spezifischer Laborausstattungen und Zusammenfassung thematischer Kompetenzfelder der Beteiligten ermöglicht wird.

Die Bezeichnungen der Studiengänge im Überblick:

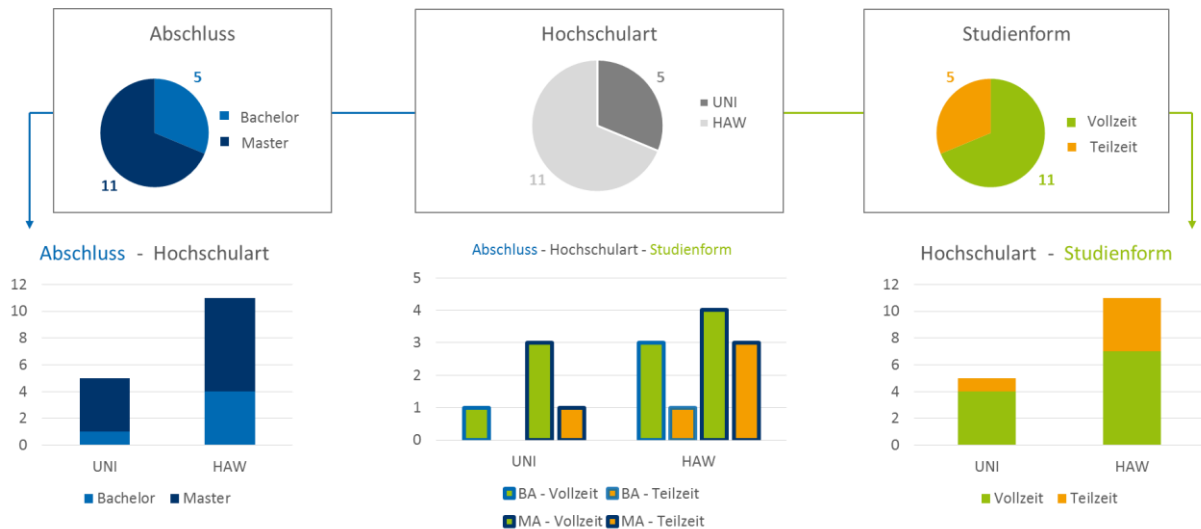
- > *Elektromobilität (8)*
- > *Elektrische Energiesysteme und Elektromobilität (2)*
- > *Elektrotechnik und Elektromobilität*
- > *Elektrotechnik - Elektromobilität*
- > *Elektromobilität und Fahrzeugelektrifizierung*
- > *Green Mobility Engineering*
- > *Elektromobilität und regenerative Energien*
- > *Elektromobilität und Energienetze*

Die Bezeichnungen weisen bereits auf unterschiedliche Schwerpunkte hin, wobei Themen der Fahrzeugtechnik jeweils im Mittelpunkt stehen und den größten Anteil an den Lehrinhalten ausmachen.

So ist ein Modul zu *elektrischen Maschinen* bzw. *elektrischen Fahrzeugantrieben* elementarer Bestandteil der Studiengänge. Des Weiteren finden sich die Themen *Leistungselektronik* und *Energiespeicher* am häufigsten in den jeweiligen Curricula, wobei diese Inhalte nicht allein für das Fahrzeug an sich, sondern auch für angrenzende Themenfelder wie die Ladeinfrastruktur und Energieversorgung relevant sind.

Neben den genannten Kernelementen der Elektromobilität verfügen die Studiengänge je nach thematischer Ausrichtung über Module zum Leichtbau, der Energiewirtschaft oder neuartigen Mobilitätskonzepten. Neben diesen Fachthemen werden jedoch sowohl im Bachelor- als auch im Masterbereich elektrotechnische Grundlagen (z.B. Regelungstechnik) aufgegriffen.

Bei der Differenzierung der Studiengänge nach der Hochschulart (Universitäten / Hochschulen für angewandte Wissenschaften), dem Abschluss (Bachelor / Master) und der Studienform (Teilzeit / Vollzeit) lässt sich jeweils ein Verhältnis von 5 zu 11 feststellen.



Da es sich bei den Themen der Elektromobilität um eine Spezialisierung handelt, sind häufiger Masterstudiengänge anzutreffen, die auf den allgemeinen technischen Grundlagen eines vorangegangenen Bachelors, beispielsweise im Bereich der Elektrotechnik, aufbauen.

Ähnlich den Studiengängen, werden auch auf Ebene der Vertiefungen Konzepte entwickelt, die unmittelbar auf Elektromobilität ausgerichtet sind.

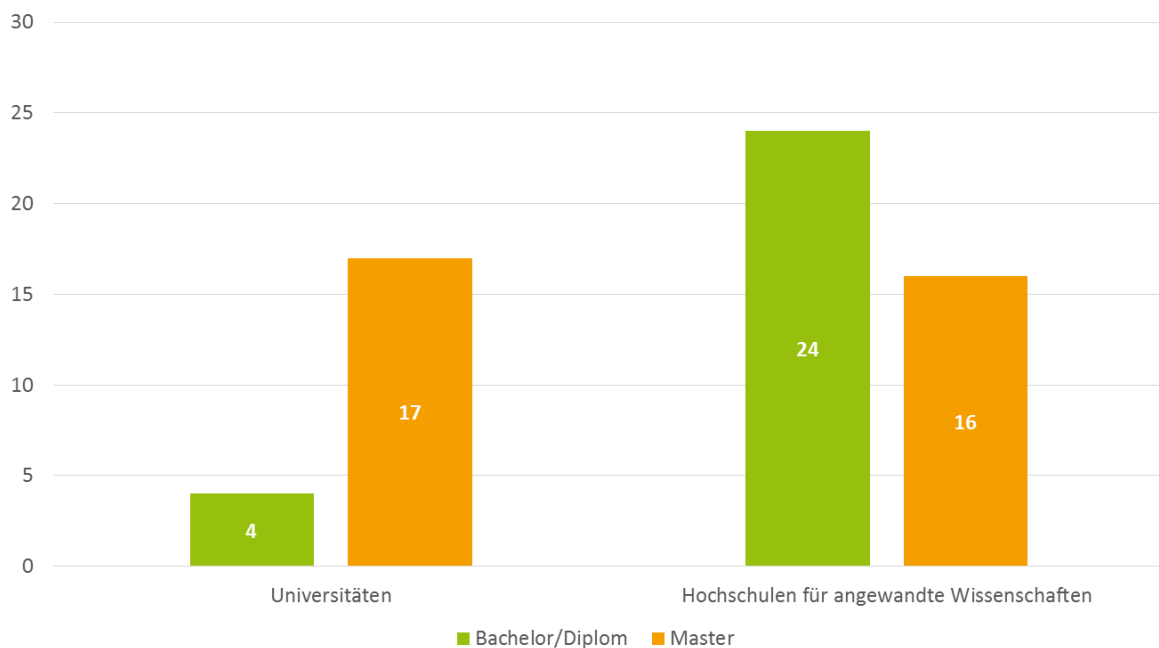
Entsprechende Vertiefungsmöglichkeiten werden momentan überwiegend an Hochschulen für angewandte Wissenschaften angeboten, nur in zwei Fällen dagegen an einer Universität. Die insgesamt zwölf Vertiefungen sind dabei verschiedenen Studiengängen zugeordnet, wobei die Elektrotechnik bzw. Elektro- und Informationstechnik mit sieben Angeboten klar dominiert. Diese Konstellation wird häufig von Hochschulen angeboten, die keine spezifischen Angebote in der Fahrzeugtechnik haben. Jene Hochschulen, die ohnehin auf diesem Gebiet aktiv sind, integrieren die Inhalte zur Elektromobilität dagegen stärker im fahrzeugtechnischen Bereich und weniger in der Elektrotechnik.

In der Regel bieten die Hochschulen entweder einen Studiengang oder eine Vertiefungsrichtung Elektromobilität an. Lediglich zwei Hochschulen verfügen über beide Modelle in ihrem Portfolio. Der Vorteil von Vertiefungsrichtungen, gegenüber vollständigen Elektromobilitätsstudiengängen, liegt aus Sicht der Studierenden darin, dass eine Entscheidung für die weitere inhaltliche Ausrichtung des Studiums erst zu einem späteren Zeitpunkt getroffen werden muss. Dadurch besteht beispielsweise in den ersten zwei Semestern zunächst die Möglichkeit der Orientierung, bevor die Wahl der bevorzugten Vertiefung erfolgt.

6. Analyseergebnisse zur Fahrzeugtechnik

Bereits bei der Differenzierung hinsichtlich Abschluss- bzw. Hochschularten lassen sich unterschiedliche Ausprägungen feststellen. So ist in der Fahrzeugtechnik der Anteil an Bachelorstudiengängen am Gesamtangebot bei den Universitäten wesentlich geringer als bei den Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAW). Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei den Universitäten häufig zunächst ein allgemein ausgerichtetes Bachelorstudium (z.B. Maschinenbau) mit verschiedenen Studienrichtungen vorgesehen ist, während bei den HAWs bereits im Erststudium die Festlegung auf ein spezifisches Themengebiet wie Fahrzeugtechnik erfolgt.

Auch bei der Zugehörigkeit der betrachteten Studiengänge zu den jeweiligen Fakultäten der Hochschulen bietet sich ein entsprechendes Bild. Bei den Universitäten sind die Fahrzeugtechnikangebote meist den Maschinenbaufakultäten zugeordnet, wohingegen HAWs oftmals über eigene Fakultäten der Fahrzeugtechnik verfügen. Auch bei der Analyse der Lehrinhalte ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den Hochschularten, vor allem jedoch in Bezug auf den jeweiligen akademischen Abschluss.

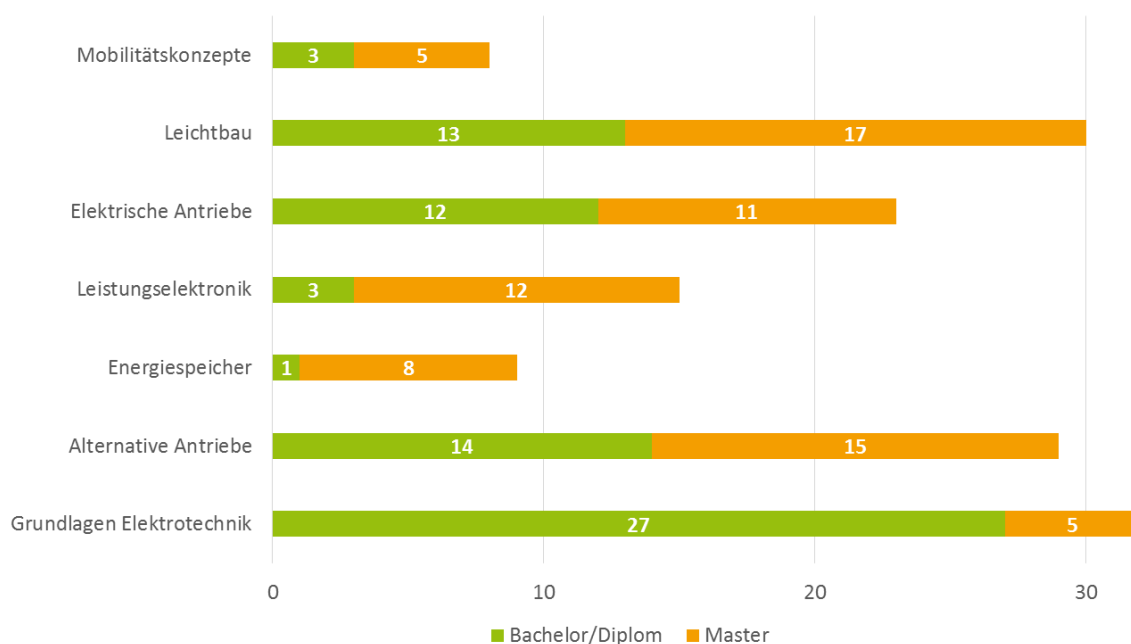


Grundsätzlich gilt, dass im Rahmen der Masterstudiengänge den Studierenden eine breitere Auswahl an belegbaren Modulen zur Verfügung steht, insbesondere an den großen Technischen Universitäten. Bei kleineren Hochschulen für angewandte Wissenschaften ist dagegen der Großteil an erforderlichen Modulen fest in den Curricula vorgeschrieben.

Die bei der Analyse einbezogenen Module lassen sich strukturell drei Kategorien zuordnen. *Grundlagen der Elektrotechnik* und *Alternative Antriebe* vermitteln Wissen, das als notwendige Basis für das Verständnis weiterführender Aspekte der Elektromobilität erforderlich ist. Bei den Modulen *Elektrische Antriebe*, *Leistungselektronik* und *Energiespeicher* handelt es sich um spezifische Fachthemen der Elektromobilität. Durch deren Betrachtung lässt sich die Frage beantworten, zu welchem Grad jene Module, die in den Elektromobilitätsstudiengängen den Standard darstellen und damit für das Themenfeld von besonderer Bedeutung sind, bereits auch in die Fahrzeugtechnikstudiengänge integriert wurden. Anhand der Module zu *Leichtbau* und *Mobilitätskonzepten* kann die Relevanz der Elektromobilitätsinhalte gegenüber anderen aktuellen Trends im Automobilbereich gemessen werden.

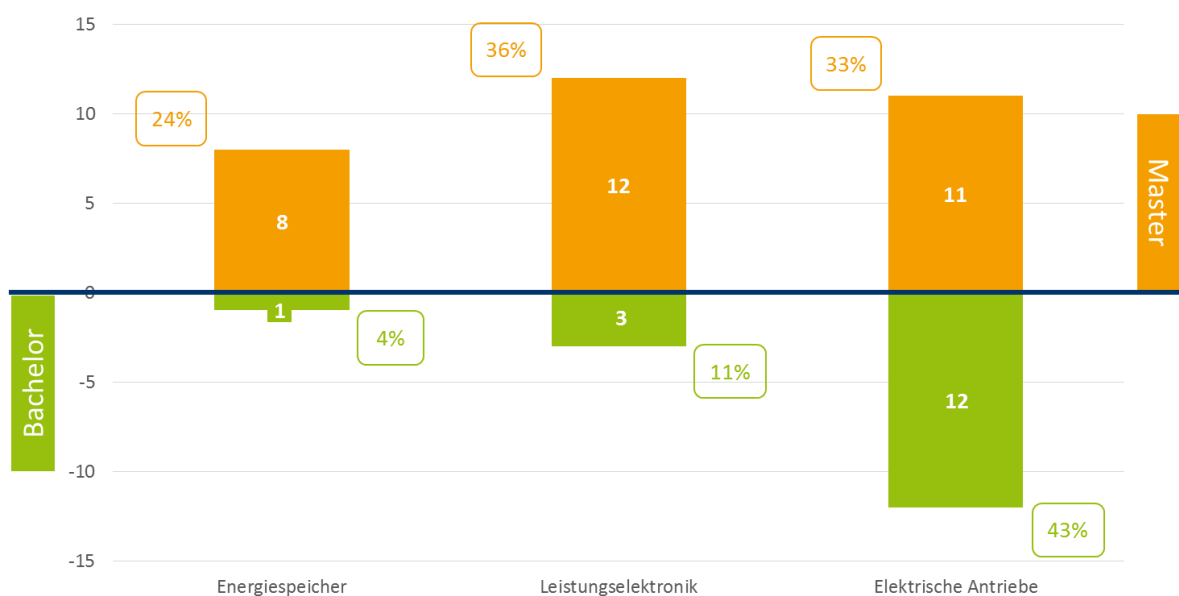
Gegenwärtig sind die *Grundlagen der Elektrotechnik* bereits umfassend in der Fahrzeugtechnik verankert. So weisen über 90% der Bachelorstudiengänge entsprechende, fest integrierte Vorlesungen auf. Hingegen sind in den etablierten Studiengängen der Fahrzeugtechnik zum aktuellen Stand die spezifischen Themen der Elektromobilität nur in begrenztem Umfang enthalten. So finden sich nur in gut einem Drittel der Angebote Module zu *Elektroantrieben*. Spezifische Module zur *Leistungselektronik* sind lediglich in 15 von 61 Studiengängen zu finden. Inhalte aus anderen Technologiebereichen, wie beispielsweise Leichtbau, sind dagegen wesentlich häufiger (ca. 50%) vorhanden und liegen damit auf einem vergleichbaren Niveau, wie die Module *Alternative Antriebe*.

Auch Module zu neuen Mobilitätskonzepten haben teilweise Eingang in die Fahrzeugtechnik gefunden, wenngleich diese nicht ausschließlich technische Aspekte behandeln. Für die zukünftige Ausrichtung der Automobilhersteller ist dieses Geschäftsfeld allerdings von rapide zunehmender Bedeutung.



Der Logik einer zunehmenden fachlichen Spezialisierung folgend, nehmen die *Grundlagen der Elektrotechnik* im Bachelor einen wesentlich größeren Anteil ein. Im Master dagegen wird das entsprechende Wissen hingegen in der Regel vorausgesetzt. Bei den Überblicksmodulen *Alternative Antriebe* ist das Verhältnis zwischen den Abschlussarten ausgeglichen und bei den Fachmodulen *Leistungselektronik* und *Energiespeicher* dominieren eindeutig die Masterstudiengänge.

Über sämtliche der betrachteten Studiengänge hinweg zeigt sich eine große Bandbreite bei der Integration von Elektromobilitätsinhalten. Während einzelne Studiengänge lediglich über ein Modul *Alternative Antriebe* verfügen, beinhalten andere hingegen sämtliche der drei betrachteten Fachmodule.



In den analysierten Studiengängen verfügen Fachmodule zu *Elektrischen Antrieben* über die häufigste Verbreitung. Hierbei steht das Verständnis von Aufbau und Funktion der unterschiedlichen Typen von elektrischen Maschinen im Mittelpunkt. Mit einem Anteil von 36% an allen betrachteten Masterstudiengängen, sind Fachmodule zur *Leistungselektronik* ähnlich häufig wie jene zu *Elektrischen Antrieben* vorhanden. Im Bachelor ist der Unterschied dagegen erheblich. Mit nur einem Modul bzw. einem Anteil von 4% sind Fachmodule zu *Energiespeichern* im Bachelor aktuell noch kaum präsent.

Die betrachteten Module *Alternative Antriebe* sind an den Hochschulen nicht allein auf die Fahrzeugtechnikstudiengänge begrenzt. Vielmehr werden diese oftmals als Wahlpflichtmodule in verschiedenen allgemeineren Studiengängen wie Maschinenbau oder Wirtschaftsingenieurwesen angeboten.

Zudem verfügen acht der Hochschulen für angewandte Wissenschaften und vier der Universitäten sowohl über einen Studiengang der Fahrzeugtechnik, als auch über einen spezifischen Studiengang Elektromobilität bzw. eine entsprechende Vertiefungsrichtung.

7. Fazit und Handlungsempfehlungen

Hinsichtlich der Integration von Elektromobilitätsinhalten zeigen sich derzeit noch erhebliche Unterschiede zwischen den betrachteten Hochschulen. Eine hohe Aufmerksamkeit für die aktuellen technologischen Entwicklungen lässt sich aber eindeutig erkennen.

Durch die vielschichtige Herangehensweise mit eigenen Studiengängen und Vertiefungsrichtungen zur Elektromobilität und entsprechenden Fachmodulen in der Fahrzeugtechnik haben die Hochschulen in Deutschland bereits ein breites Fundament an Qualifizierungsangeboten geschaffen.

Im Allgemeinen liegen aktuell die deutlichsten Handlungsbedarfe noch bei der Ergänzung von Lehrveranstaltungen im Bereich der Batterietechnologie.

Die Hochschulen sind gefordert, den begonnenen Prozess der inhaltlichen Anpassung von Fahrzeugtechnikstudiengängen kontinuierlich fortzusetzen. Dabei kann zunächst eine Integration der relevanten Fachinhalte auf Basis von Wahl(pflicht)modulen erfolgen, die mit zunehmender Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen fest in die Studiengänge aufgenommen werden. Da vorerst sowohl die Lehrinhalte zu Verbrennungsmotoren und elektrischen Antriebstechnologien parallel relevant sind, ist eine weitere Differenzierung der Angebote aktuell unerlässlich. Hierbei sollte jedoch nicht eine Orientierung am tatsächlichen Markthochlauf von Elektrofahrzeugen stattfinden, sondern an den bereits heute äußerst umfangreichen Entwicklungsprozessen der Unternehmen. Die deutsche Hochschullandschaft kann dabei von ihren guten Kontakten zur Automobilbranche profitieren.

Eine sinnvolle Zwischenlösung kann an dieser Stelle die akademische Weiterbildung leisten, da neben der Ergänzung in der grundständigen Lehre auch eine Weiterqualifizierung von bestehenden Mitarbeitern in vielen Fällen unerlässlich ist.

Insbesondere bei den kleineren Hochschulen für angewandte Wissenschaften besteht häufig die Möglichkeit eines umfassenden Angebots an themenspezifischen Wahlmodulen. Hier könnte eine regionale Kooperation mit Universitäten bzw. eine gegenseitige Anrechnung von Leistungen eine sinnvolle Maßnahme darstellen.

Neben der Bedeutung der Elektromobilität für die Fahrzeugtechnik sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass auch für andere Fachbereiche (z.B. Innovationsmanagement und Verkehrswesen) die Thematik von Relevanz ist.

Außerdem bringen neben der Elektromobilität auch die Entwicklungen im Kontext des autonomen Fahrens eine Vielzahl neuer Kompetenzanforderungen mit sich, die zukünftig in der Fahrzeugtechnik berücksichtigt werden müssen. Neben elektrotechnischen Themen kommt dabei der Informationstechnologie eine wachsende Bedeutung zu.



Netzwerk Qualifizierung Elektromobilität

Das Projekt wird im Verbund des Bundesinstituts für Berufsbildung mit der RWTH Aachen und der TH Ingolstadt durchgeführt und durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

*Sie beschäftigen sich als Hochschule oder Unternehmen mit Themen der Elektromobilität?
Bitte treten Sie mit uns in Verbindung und unterstützen Sie unsere Analysen.*

> Weitere Informationen und Kontaktdaten finden Sie unter www.nque.de.



GEFÖRDERT VOM

**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**