

AG 6 – BERICHT

Schwere Nutzfahrzeuge – Standards und Normen für alternative Antriebe





AG 1

Klimaschutz im Verkehr



AG 2

Alternative Antriebe und Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität



AG 3

Digitalisierung für den Mobilitätssektor



AG 4

Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung



AG 5

Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung



AG 6

Standardisierung, Normung, Zertifizierung und Typgenehmigung

INHALT

KURZFASSUNG	4
EXECUTIVE SUMMARY	5
1 EINLEITUNG	6
2 SCHWERE NUTZFAHRZEUGE ALS BESONDERE HERAUSFORDERUNG	7
3 VERFÜGBARE UND BETRACHTETE TECHNOLOGIEN	7
4 STAND DER NORMEN	9
4.1 Betrachtungsumfang	9
4.2 Oberleitungs-Lkw	9
4.3 Nutzfahrzeuge mit Brennstoffzelle	10
4.4 Batterieelektrische NFZ mit Megawatt Charging System (MCS)	13
4.5 Strombasierte Kraftstoffe: Wasserstoff und synthetische Folgeprodukte	15
5 FAZIT	16
IMPRESSUM	17



KURZFASSUNG

Die Veröffentlichung „Schwere Nutzfahrzeuge – Standards und Normen für alternative Antriebe“ der NPM AG6 analysiert den aktuellen Stand der Normung und Standardisierung im Bereich alternativer Antriebssysteme für schwere Nutzfahrzeuge und formuliert auf dieser Basis Empfehlungen an die Normungsgremien und politischen Handlungsträger. Betrachtet werden nur die Antriebstechnologien, die von den Arbeitsgruppen der NPM als Zukunftstechnologien definiert wurden. Es wird in diesem Zusammenhang keine Bewertung dieser Zukunftstechnologien vorgenommen, sondern ausschließlich der Status der Normungsarbeiten und eventuell bestehende Lücken aufgezeigt. Die betrachteten alternativen Antriebstechnologien sind die folgenden:

- Oberleitungs-Lkw,
- NFZ mit BZ-Systemen,
- batterieelektrische NFZ (mit Megawatt Charging System [MCS]) und
- strombasierte Kraftstoffe.

Für die Oberleitungs-Lkw und die batterieelektrisch betriebenen Nutzfahrzeuge gibt es bereits ein umfangreiches Normenwerk, das kontinuierlich an den aktuellen Stand der Technik und an die besonderen Herausforderungen von Nutzfahrzeugen angepasst werden muss.

Für mit einem BZ-System betriebene NFZ sind fahrzeugseitig ebenfalls die nötigen normativen Grundlagen bereits geschaffen. Das Normenwerk für die Betankungsschnittstellen muss geprüft und im Bedarfsfall für höhere Drücke oder flüssigen Wasserstoff angepasst werden.

Der Handlungsbedarf bei strombasierten Kraftstoffen und Wasserstoff wird derzeit durch die bestehenden Normungsgremien adressiert.

Allgemein lässt sich festhalten, dass im Vergleich zu früher, die Normungsarbeit heute die nötigen Schnittstellen und die grundsätzlichen Anforderungen praktisch voroder zeitgleich mit der Entwicklung und der Markteinführung durchgeführt werden muss. Umso entscheidender wird es in Zukunft sein, die Normungsgremien mit den dafür notwendigen Kapazitäten und Mitteln auszustatten.

EXECUTIVE SUMMARY

Based on an analysis of the current state of standardisation and norms related to alternative drive systems for heavy commercial vehicles, the publication “Heavy commercial vehicles – standards and norms for alternative drive systems” by the NPM’s WG6 contains recommendations for standardisation bodies and political actors. Only drive technologies which were deemed to be technologies of the future by the NPM’s working groups are being given consideration. In this context, the technologies are not evaluated as such, but the current state of standardisation work and potential gaps are demonstrated. The following alternative drive technologies form part of the publication:

- overhead line HGVs,
- commercial vehicles with fuel cell systems,
- battery-electric commercial vehicles (with Megawatt Charging System (MCS)) and
- electricity-based fuels.

A comprehensive body of norms is already available for overhead line HGVs and battery-electric commercial vehicles. These norms need to be continuously amended to take into account the state of the art and the particular challenges posed by commercial vehicles.

The necessary normative basis for commercial vehicles powered by fuel cell systems has also been established as far as vehicles are concerned. The normative body for fuelling interfaces needs to be checked and if necessary adapted to allow for higher pressure or for hydrogen.

The to-do-list for electricity-based fuels and hydrogen is currently being addressed by the existing standardisation bodies.

It is to be noted that in general, today’s standardisation work in terms of the necessary interfaces and basic requirements needs to be carried out prior to or simultaneously with their development and market launch. In future, it will be all the more important to provide standardisation bodies with the necessary capacities and funds.

1 EINLEITUNG

Diese Veröffentlichung gibt einen Überblick zum Stand der Normung und Standardisierung im Bereich alternativer Antriebssysteme für schwere Nutzfahrzeuge. Wenn in den folgenden Kapiteln von NFZ die Rede ist, so sind grundsätzlich schwere Nutzfahrzeuge der UNECE-Fahrzeugklasse N3 sowie Sattelzugmaschinen gemeint. Die Hinweise gelten im übertragenen Sinne auch für Busse im Fernverkehr oder im öffentlichen Nahverkehr (Fahrzeugklasse M3). Aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen bei der Nutzung von Bussen muss daher die Gültigkeit der Hinweise im Einzelfall auf ihre Anwendbarkeit geprüft werden.

Als Ausgangsbasis dienen die Empfehlungen der Expert:innen aus der Arbeitsgruppe 1 „Klimaschutz und Verkehr“ und der Arbeitsgruppe 2 „Alternative Antriebe und Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität“ der NPM sowie derzeit am Markt verfügbare, serienreife Technologien. Insbesondere für die Antriebstechnologien von schweren Nutzfahrzeugen, die aufgrund von Einschätzungen und Empfehlungen der NPM als Zukunftstechnologien in Betracht kommen, wird diese Veröffentlichung Handlungsempfehlungen für die zuständigen Normungsgremien geben.

Bis zum Erscheinen dieses Berichts haben die Expert:innen der NPM keine konkrete Empfehlung ausgesprochen, welcher der bekannten Antriebstechnologien für NFZ in Zukunft langfristig der Vorzug einzuräumen ist. Im Sinne des Technologiefahrplans der NPM AG 1 soll vielmehr eine Technologieoffenheit in der Erprobungsphase gewährleistet sein, um alle Technologien vor etwaigen Pfadentscheidungen ausreichend erproben und entwickeln zu können. Die Normungsgremien stehen nun vor der Herausforderung, einerseits die Technologieoffenheit im Sinne des nötigen Wettbewerbs der Technologien zu erfüllen, andererseits werden dadurch knappe Ressourcen der Entwickler:innen gebunden.

Diese Publikation verzichtet konsequenterweise auf eine Bewertung der verfügbaren Zukunftstechnologien. Sie zeigt stattdessen den Stand der Normungsarbeiten bei den existierenden Technologievarianten, zeigt bestehende Lücken auf und gibt Handlungsempfehlungen.

2 SCHWERE NUTZFAHRZEUGE ALS BESONDERE HERAUSFORDERUNG

NFZ stellen aus verschiedenen Gründen eine besondere technologische Herausforderung dar, wenn sie auf alternative Antriebe umgestellt werden. Sie werden eingesetzt für den Transport von Gütern über mittlere bis große Entfernungen oder für spezielle Aufgaben im Laufe eines kompletten Arbeitstags oder darüber hinaus. Das Ladevolumen und das Gesamtgewicht der Fahrzeuge werden durch gesetzliche Vorgaben begrenzt. Ziel der Entwickler:innen ist es daher, den Transportunternehmen möglichst viel nutzbares Ladevolumen und Gewicht für die Zuladung im Rahmen der verfügbaren Grenzen bereitzustellen. Der Bauraum und das Gewicht der Anlagen zur Bedienung, für den Antrieb und die Energiespeicherung an Bord müssen also – soweit möglich – begrenzt werden.

Im Gegensatz zum privaten Pkw wird ein Nutzfahrzeug konsequent wirtschaftlich genutzt, das heißt, es ist in der Regel gemäß nutzerspezifischen Geschäftsmodellen im Einsatz. Standzeiten werden auf das unbedingt nötige Mindestmaß reduziert. Dazu gehören Wartung, Be- und Entladezeit, Ruhezeiten der Fahrer:innen – sofern nicht zwei Fahrer:innen an Bord sind – und die Zeit für die Aufnahme der Energie zum Fahren, also das Betanken oder Laden.

Zudem sind Nutzfahrzeuge deutlich höher spezialisiert. Es gibt eine große Variantenvielfalt und viele Varianten werden nur in überschaubaren Stückzahlen benötigt. Das Spektrum reicht vom Transport großer Volumina oder Massen über lange Strecken über den Einsatz im Bauwesen, in der Landwirtschaft und in der Entsorgungswirtschaft bis hin zu Einsatzfahrzeugen zur Brandbekämpfung. Anpassungen an das Transportgut oder den Einsatzzweck haben Einfluss auf das Antriebssystem. So müssen diese Antriebssysteme neben dem „Fahren“ oft auch Zusatzfunktionen wie Kühlung von Lebensmitteln und Antrieb von Be- und Entladeeinrichtungen wie Kränen, Kippvorrichtungen, Hubbühnen, Müllpressen, Pumpen oder Zementmischern sicherstellen.

Die Nutzfahrzeughersteller haben dafür Baukastensysteme entwickelt. Fahrwerke, Chassis, Fahrzeugführerkabinen und Antriebssysteme mit verschiedenen Leistungsklassen wurden optimiert und werden für die verschiedenen Einsatzzwecke miteinander kombiniert oder ermöglichen den Anschluss der verschiedensten Aufbauten. NFZ werden bisher nahezu ausschließlich von Dieselmotoren angetrieben. Diese müssen nun durch alternative Technologien ersetzt werden – möglichst so, dass die Anforderungen an den jeweiligen Verwendungszweck weiterhin erfüllt werden können.

3 VERFÜGBARE UND BETRACHTETE TECHNOLOGIEN

Als Alternative zum Dieselmotor kommt nach dem Stand der Technik derzeit die Nutzung von elektrischer Energie oder nicht fossiler Kraftstoffe in Betracht. Unter nicht fossile Kraftstoffe fallen sowohl Biokraftstoffe als auch sogenannte strombasierte Kraftstoffe (siehe Kapitel 4.5).

Wasserstoff ist eine alternative Energiequelle für den Antrieb von schweren Nutzfahrzeugen. Er kann sowohl im Verbrennungsmotor verbrannt als auch über Brennstoffzellen (BZ) für einen elektrischen Antrieb im Nutzfahrzeug eingesetzt werden. Wasserstoff ist flüchtig und stark reaktiv. Er kommt in der Natur in reiner Form praktisch nicht vor. Wasserstoff kann durch Aufspaltung fossiler Kohlen-

wasserstoffe oder Biomasse hergestellt werden. Wird Wasserstoff durch Wasserspaltung unter Nutzung erneuerbarer Energien hergestellt, zählt er zu den strombasierten Kraftstoffen und wird heute oft als „grüner Wasserstoff“ bezeichnet.

Elektromotoren anstelle der herkömmlichen Dieselmotoren in schweren Nutzfahrzeugen können aber auch über in Batteriesystemen gespeicherte Energie betrieben werden. Zudem kann elektrische Energie dem Nutzfahrzeug auch während der Fahrt direkt entweder über Oberleitungen oder über elektromagnetische Übertragung kabellos zugeführt werden.

Für eine schnelle Umsetzung einer klimafreundlichen Mobilität muss auch im Nutzfahrzeuggestrich ein Technologiewechsel erfolgen. Vor diesem Hintergrund betrachtet diese Publikation den Stand der Normung für die folgenden alternativen Antriebstechnologien für NFZ (siehe Abbildung 1):

- Oberleitungs-Lkw,
- NFZ mit BZ-Systemen,
- batterieelektrische NFZ (mit Megawatt Charging System [MCS]) und
- strombasierte Kraftstoffe

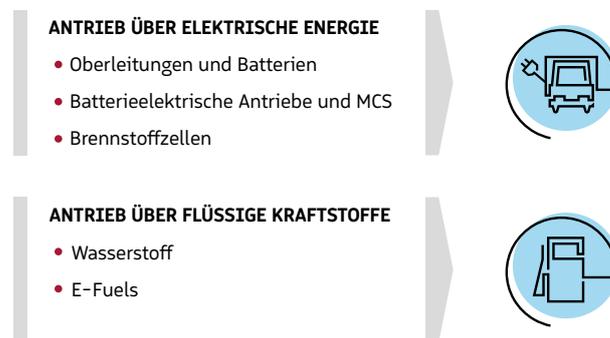


Abbildung 1: Technologien für alternative Antriebe schwerer Nutzfahrzeuge
Quelle: Eigene Darstellung, ifok

Batteriewechselsysteme für batterieelektrische Nutzfahrzeuge werden im Moment vor allem in Asien diskutiert. In Europa steht diese Technologie noch nicht im Fokus. Gründe dafür mögen der damit verbundene Bedarf einer weiteren kostenintensiven Infrastruktur für Wechselstationen sein und die Klärung der Fragen, wie hoch die Anzahl der Wechselsysteme pro schwerem Nutzfahrzeug sein sollte sowie wer Eigentümer/Verleiher dieser Systeme ist. Diese Aspekte müssten in Europa grenzüberschreitend zuverlässig organisiert sein. Batteriewechselsysteme werden in dieser Publikation also nicht näher betrachtet.

Der Einsatz von Liquefied Natural Gas (LNG) und Compressed Natural Gas (CNG) ist ebenfalls eine bewährte Technologie im Verkehrssektor. Um die Marktentwicklung auch hier zu fördern, müssen verschiedene Maßnahmen voran gebracht werden. Für den Aufbau der LNG-Tankstelleninfrastruktur bedarf es beispielsweise effizienter Genehmigungsverfahren und allgemeingültiger Normen.

Biologisch erzeugte Kraftstoffe sind ebenso am Markt verfügbar, werden in dieser Publikation allerdings ebenfalls nicht näher betrachtet.

4 STAND DER NORMEN

4.1 BETRACHTUNGSUMFANG

Diese Publikation betrachtet aus Gründen der Übersichtlichkeit nur das Nutzfahrzeug selbst und die nötigen Schnittstellen für seine Energieversorgung, also vor allem für das Laden und Betanken. Nicht primär betrachtet werden Produktion und Transport der verschiedenen Energieträger oder bauliche Anforderungen an Tankstellen und Ladestationen.

Auf Fahrzeugebene beschränkt sich diese Publikation auf die Anforderungen der Komponenten und Systeme alternativer Antriebskonzepte. Nicht berücksichtigt wurden:

- die elektrische Sicherheit der bordeigenen Hochvoltsysteme,

- die Batteriesicherheit und Anforderungen an Batteriesysteme
- sowie allgemeine Anforderungen an elektrische Bordnetze.

Für diese Bereiche sind die nötigen Normen bereits verfügbar. Beispielhaft sei hier die Reihe ISO 6469 zur elektrischen Sicherheit einschließlich der Batteriesysteme genannt. Diese Normenreihe wird kontinuierlich an den neuesten Stand der Technik angepasst. Darüber hinaus gibt es ein vielfältiges Normenwerk für das elektrische Bordnetz und die Elektrik- und Elektronik-Komponenten, die nicht direkt den Antrieb von Fahrzeugen betreffen.

4.2 OBERLEITUNGS-LKW

4.2.1 GRUNDLEGENDES

Die dynamische Versorgung von Lkw mit Elektroenergie während der Fahrt über Oberleitung wird in Deutschland seit mehreren Jahren entwickelt und erprobt. Aktuell sind in drei Feldtests (in Hessen, Baden-Württemberg und Schleswig-Holstein) Fahrspuren abschnittsweise elektrifiziert und Oberleitungs-Lkw unter anderem durch Speditionen im Testbetrieb. Die direkte Verbindung mit dem Stromnetz über wesentliche Teile des Betriebs ermöglicht hohe Wirkungsgrade sowie geringere Kapazitäten zur Energiespeicherung an Bord.

4.2.2 NORMUNGSGREMIEN

Neben den infrastrukturellen Anforderungen sind auch die fahrzeugseitigen näher zu spezifizieren. Für das Fahren unter Oberleitungen auf Straßen durch Nutzfahrzeuge (ohne Erdung im Betrieb) ist daher seitens DKE der Arbeitskreis DKE/AK 351.1.13 „Elektrische Straßensysteme“ (März 2021) gegründet worden. Im Fokus steht die Konkretisierung der Schnittstellen zwischen den Komitees DKE/K 351 „Elektrische Ausrüstungen für Bahnen“ und

DKE/K 353 „Elektrostraßenfahrzeuge“ sowie vergleichbarer Systeme, wobei zunächst Inhalte untersucht werden, die durch bestehende Normen bereits abgedeckt sind. Vor diesem Hintergrund erfolgt im Arbeitskreis eine Untersuchung verschiedener Schutzkonzepte von elektrischen Bahnsystemen und Straßenfahrzeugen. Je nach Bedarf wird eine Anpassung bestehender Standards und Normen oder gegebenenfalls die Erstellung eines Normungsprodukts (technische Spezifikation, Vornorm etc.) vorgenommen. In diesem Rahmen sollen auch relevante Betriebsfälle elektrischer Straßensysteme abgegrenzt werden. Die Definition möglicher Anwendungen sowie Betriebsarten der Systeme gehört ebenfalls zum Aufgabenbereich des Arbeitskreises. Ergänzender Abstimmungsbedarf mit dem DIN NAA besteht hinsichtlich der fahrzeugseitig zu berücksichtigenden Anforderungen für Elektroantriebe und Energiespeichersysteme, die in diversen ISO-Normen enthalten sind.

4.2.3 STAND DER NORMUNG

Hierbei wird auf eine bewährte Technologie aus der Bahnindustrie zurückgegriffen, für die bereits ein umfangreiches Normenwerk zur Verfügung steht. Da die elektrotech-

nischen Grundsätze für Fahrzeuge mit elektrischer Traktion beziehungsweise deren Antriebe (hier insbesondere die Energieversorgung hinsichtlich Bahnen sowie fahrleistungsgebundener Fahrzeuge) vergleichbar sind, besteht eine gemeinsame Normungs- und Standardisierungsgrundlage. Daher weist diese Technologie aus normativer Sicht sowohl hinsichtlich der infrastrukturellen als auch hinsichtlich der fahrzeugseitigen Anforderungen einen großen Vorsprung auf.

Auch die Infrastruktur der Energieversorgung weist große Ähnlichkeit zu Oberleitungen für Bahnanwendungen (Eisenbahn, Straßenbahn, Oberleitungsbus etc.) auf. Zur Berücksichtigung verschiedener Besonderheiten der Oberleitungsversorgung von Lkw auf Autobahnen wurde die DIN EN 50119 „Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Oberleitungen für die elektrische Zugförderung“ im Rahmen der letzten Überarbeitung um einen informativen Annex (C) ergänzt. Für die Infrastruktur ist auf europäischer Ebene wie bei anderen elektrischen Bahnanwendungen CLC/TC 9X „Electrical and electronic applications for railways“ mit dem Unterkomitee CLC/SC 9XC „Electric supply and earthing systems for public transport equipment and ancillary apparatus (Fixed installations)“ zuständig; national übernimmt das deutsche Komitee DKE/K 351 „Elektrische Ausrüstungen für Bahnen“ die Spiegelung.

Die Anforderungen an Stromabnehmer für den Betrieb von Lkw an Oberleitungen sind Gegenstand der neuen TS 50712 „Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead lines on electrified roads“, die von der Arbeitsgruppe CLC/TC 9X/WG 27 „Survey group Current collectors on commercial road vehicles in overhead contact line operation“ auf europäischer Ebene erarbeitet worden ist und sich aktuell in der Kommentierungsphase befindet. Die TS erlangt voraussichtlich noch im Jahr 2021 Gültigkeit.

4.2.4 HANDLUNGSBEDARF

Die Änderung beziehungsweise Ergänzung bestehender Normen sowie Identifizierung des normativen Handlungsbedarfs waren und sind darüber hinaus auch Gegenstand verschiedener Forschungsprojekte, unter anderem der vom BMWi geförderten Projekte AMELIE (abgeschlossen) und AMELIE 2 (Projektlaufzeit bis 2023). Absehbarer Handlungsbedarf besteht zum einen im Hinblick auf die Konkretisierung der Richtlinien und Regelwerke für die Straßenausstattung zur Berücksichtigung der Oberleitungsinfrastruktur, zum anderen bezüglich der Spezifizierung der daten- und energietechnischen Vorgaben für die Umsetzung eines eich- und datenschutzrechtlich konformen Energieerfassungs- und Abrechnungskonzepts.

4.3 NUTZFAHRZEUGE MIT BRENNSTOFFZELLE

4.3.1 GRUNDLEGENDES

Die Nutzungsmöglichkeiten von Wasserstoff als Energieträger für den Antrieb von Pkw und Bussen werden bereits seit vielen Jahren untersucht und teilweise in Serienprodukten umgesetzt. Im Grundsatz sind die folgenden beiden Möglichkeiten denkbar:

1. Verbrennung von Wasserstoff in einem angepassten, aber eher herkömmlichen Verbrennungsmotor und
2. Nutzung von BZ-Systemen zur Umwandlung von Wasserstoff in elektrische Energie.

Option 1 hat bisher keine größere Verbreitung gefunden und wurde in Kapitel 4.5 „Strombasierte Kraftstoffe: Wasserstoff und synthetische Folgeprodukte“ mitbetrachtet.

BZ-Systeme nach Option 2 haben verschiedene Fahrzeughersteller zur Serienreife entwickelt. Sie sind für erste Pkw-Modelle und Busse auch bereits am Markt verfügbar. Aber auch für den Einsatz in schweren Nutzfahrzeugen wird die Entwicklung von BZ-Systemen durch einige Nutzfahrzeughersteller energisch vorangetrieben.

Für mobile BZ-Systeme kann Wasserstoff gasförmig, flüssig und flüssig-tiefgekühlt im Fahrzeug gespeichert werden. Wasserstofftankstellen werden technisch korrekt als Wasserstoff-Füllanlage bezeichnet. Tankvolumen, Tankdruck und damit auch die Befüllungsgeschwindigkeit stehen dabei in einem engen Zusammenhang. In speziell standardisierten Befüllungsprotokollen werden die einzelnen Parameter für den Befüllungsvorgang aufeinander abgestimmt. Standardisierung ist also eine unabdingbare Voraussetzung für die Befüllung, für das Design und die

Auslegung wesentlicher Komponenten einer Wasserstoff-Füllanlage bis hin zum Drucktank im Fahrzeug.

Es existieren standardisierte Befüllungsprotokolle für 700-bar- und bis zu 10-kg-Drucktanks sowie 350-bar und 35-kg-Drucktanks. Zur Erhöhung des Wasserstoffvolumens an Bord können dabei durchaus auch mehrere Tanks genutzt werden.

Für NFZ sollen künftig Drucktanks für 80 kg zur Befüllung mit 700 bar genutzt werden können. Auch der Einsatz von tiefgekühltem, flüssigem Wasserstoff wird diskutiert, um die an Bord mitführbare Menge bei einem möglichst geringeren Volumenbedarf zu vergrößern. Eine Festlegung, welcher Lösung der Vorzug einzuräumen ist, wurde bisher noch nicht getroffen.

Inzwischen gibt es in Deutschland und Europa bereits ein Tankstellennetz für Wasserstoff, dass stetig ausgebaut wird. Derzeit gibt es in Europa 143 Wasserstoff-Füllanlagen und mehr als 40 weitere sind in Realisierung. Allerdings sind diese Tankstellen bisher nicht für die Befüllung von NFZ ausgelegt.

4.3.2 NORMUNGSGREMIEN

Bei einer ganzheitlichen Betrachtung des Normungsbedarfs für eine Nutzung von Wasserstoff als Energieträger für mobile BZ-Systeme sind die Herstellung von Wasserstoff, sein Transport, die Speicherung, das Befüllungssystem und das BZ-System einzubeziehen. In Deutschland teilen sich verschiedene Normenausschüsse die Arbeiten für die Erstellung der nötigen Normen und spiegeln gleichzeitig die relevanten Gremien in den europäischen und internationalen Normungsorganisationen.

So ist der Normenausschuss Gastechnik (NAGas) für alle Themen rund um die Produktion, den Transport und die Speicherung von Wasserstoff zuständig. Er ist maßgeblich an der Normung der Befüllungsschnittstelle, der sicherheitstechnischen Anforderungen der Füllanlagen und deren Komponenten beteiligt. Standards und Normen für Wasserstoff als Kraftstoff werden ebenfalls im NAGas erarbeitet. Darüber hinaus befassen sich auch die Gremien der Normenausschüsse Druckgasanlagen, Tankanlagen und Materialprüfung mit Anforderungen an die Nutzung von Wasserstoff.

Die Aspekte der Elektrotechnik im Zusammenhang mit dem BZ-System werden in den Gremien der DKE bearbeitet.

Der Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil) ist für die spezifischen fahrzeugseitigen Anforderungen an mobile BZ-Systeme, die Befüllungsschnittstelle und den sicheren Betrieb im Fahrzeug zuständig.

4.3.3 STAND DER NORMUNG

Für den Einsatz von Wasserstoff in mobilen BZ wurden bereits zahlreiche Normen erarbeitet, sodass insbesondere die folgenden Aspekte bereits spezifiziert sind:

- Wasserstoffqualität;
- Anforderungen an Wasserstoff-Füllanlagen (Tankstellen);
- Anforderungen und Prüfungen für Komponenten des Kraftstoffsystems;
- Anforderungen an Wasserstofftanks und -speicher im Fahrzeug;
- Schnittstellenanforderungen für das Befüllungssystem;
- Anforderungen an den sicheren Betrieb von BZ-Fahrzeugen;
- Messung des Energieverbrauchs von BZ-Fahrzeugen.

Bisher stand jedoch der Einsatz von Wasserstoff für den Betrieb von BZ im Personenkraftwagen und in Bussen des öffentlichen Nahverkehrs im Vordergrund. Diese werden vorzugsweise mit gasförmigem Wasserstoff befüllt, wofür die gelisteten Normen in den zurückliegenden Jahren erarbeitet wurden.

4.3.4 HANDLUNGSBEDARF

Für den Einsatz von Wasserstoff und BZ-Systemen für den Antrieb von schweren Nutzfahrzeugen und Bussen sind die aktuell existierenden, standardisierten Befüllungsprotokolle nur bedingt geeignet. Naturgemäß ist der Energieverbrauch großer und schwerer Fahrzeuge höher und es müssen unter allen Witterungsbedingungen zuverlässig längere Strecken zurückgelegt werden können. Zudem sollte der Befüllungsvorgang möglichst zügig erfolgen können.

Aktuell planen die Fahrzeug- und die Transportindustrie, Nutzfahrzeuge mit einer Reichweite von 600 km und

mehr zu entwickeln beziehungsweise zu nutzen. Dabei ist eine Option, ein Befüllungs- und Speichersystem mit einem Druck von 700 bar zu betreiben. In den zuständigen Gremien wurden bereits Projekte zur entsprechenden Erweiterung der Anforderungen und Prüfungen für die Befüllungsschnittstelle und für die Drucktanks im Fahrzeug begonnen.

Auf europäischer Ebene gibt es zudem Bestrebungen, verflüssigten beziehungsweise tiefgekühlten Wasserstoff für höhere Reichweiten bei Langstreckenverkehren mit Sattelzugmaschinen in Abhängigkeit von der Wasserstoff-Bereitstellungslogistik als zukünftige Lösung zu entwickeln und einzusetzen. Dafür braucht es aber geeignete Befüllungssysteme und temperaturisolierte Druckbehälter. Bei Nahverkehrsbussen und Lkw sind bereits Systeme mit Druckwasserstoff von 350 bar bei einzelnen Transportunternehmen im Einsatz. Aus wirtschaftlicher Sicht sind der Aufbau und die Nutzung mehrerer, unterschiedlicher Systeme zu hinterfragen.

Aus Sicherheitsgründen könnte der Befüllungsvorgang künftig (mittel- bis langfristig) auch automatisiert mithilfe eines Tankroboters erfolgen. Durch entsprechende Kommunikations- und Schnittstellennormen, über die unter anderem vorab die für den Befüllungsvorgang nötigen Daten (Menge, Druck, Befüllungsprotokoll, Nutzdaten) bereitgestellt werden und eine Reservierung der Zapfstelle erfolgt, könnten die Befüllung und der zugehörige Abrechnungsvorgang beschleunigt werden.

Wasserstoff ist hochflüchtig und explosiv. Die spezifischen Anforderungen für den Explosionsschutz bei der Befüllung unter Berücksichtigung der geplanten Arbeits- und Speicherdrücke für Wasserstoff-Füllanlagen sollten in entsprechenden Normen zusammengefasst werden.

Die OIML (International Organization of Legal Metrology) hat grundsätzliche Empfehlungen für die Messung von flüssigen und gasförmigen Treibstoffmengen herausgegeben. Es sollte aber ein eichrechtkonformes und anwen-

dungsgerechtes Messverfahren mindestens auf europäischer Ebene standardisiert werden. Dabei sollten mit Blick auf die Automatisierung des Befüllungsvorgangs eine digitale Übertragung und Verarbeitung der Messergebnisse berücksichtigt werden.

BZ-Systeme in schweren NFZ unterliegen speziellen Belastungsprofilen für mechanischen Stoß und Vibration sowie anderen relevanten Umgebungsbedingungen. Um eine dauerhafte Nutzung hinsichtlich Qualität und Haltbarkeit aller Systemkomponenten sicherzustellen, bedarf es entsprechender Prüfnormen und Prüfkriterien. Die Analyse von Erfahrungen beim Betrieb herkömmlicher Fahrzeuge kann helfen, hierzu Mindestanforderungen und Prüfverfahren zu standardisieren.

Auf Basis dieser Situationsbeschreibung lassen sich folgende Handlungsempfehlungen ableiten:

- Erarbeitung von Normen für Befüllungsprotokolle, -schnittstellen und Fahrzeugtanks für bis zu 80 kg und für einen Druck von bis zu 700 bar
- Erarbeitung von Kommunikationsnormen für den Datenaustausch zwischen Fahrzeug und Tankstelle
- Anforderungen an den Explosionsschutz von Wasserstoff-Füllanlagen (Tankstellen)
- Anforderungen an eine digitale Ermittlung der Befüllmenge für eine eichrechtkonforme Abrechnung
- Erarbeitung von Anforderungskriterien und Prüfnormen für den sicheren und dauerhaften Betrieb von mobilen BZ-Systemen
- Durchführung von Studien zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit und Machbarkeit der Nutzung von flüssigem oder flüssigem gekühltem Wasserstoff zur Ableitung des Normungsbedarfs.

4.4 BATTERIEELEKTRISCHE NFZ MIT MEGAWATT CHARGING SYSTEM (MCS)

4.4.1 GRUNDLEGENDES

Die für das Laden von Personenkraftwagen etablierten Ladesysteme, wie das Combined Charging System (CCS), können grundsätzlich für das Laden von Nutzfahrzeugen genutzt werden. Vor allem für zeitintensivere Ladevorgänge auf Betriebshöfen oder über Nacht sind damit die normativen Voraussetzungen auch für schwere Nutzfahrzeuge vorhanden.

Das MCS ist eine Ergänzung der bereits vorhandenen Ladesysteme für batterieelektrische Straßenfahrzeuge. Es wurde speziell dafür entwickelt, schwere Nutzfahrzeuge im Langstreckentransport auf Autobahnen in kürzester Zeit schnell mit Energie zu versorgen. Hier werden nur die Anforderungen für diesen Anwendungsfall des schnellen „unterwegs Ladens“ betrachtet. Im Sinne eines einheitlichen Ladesystems für diese Fahrzeuge ist das MCS auch für alle anderen Ladevorgänge sinnvoll einzusetzen.

In einem ersten Schritt wurden über Befragungen von Speditionsunternehmen und Herstellern von schweren Nutzfahrzeugen die Leistungsanforderungen für eine ausreichende Nachladung von batterieelektrischen schweren Nutzfahrzeugen im Langstreckenverkehr während der gesetzlich geforderten Pausenzeiten spezifiziert. Im Ergebnis wurde das MCS-Ladesystem für Ladeleistungen bis etwa 4 MW technisch konzipiert. Diesen 4 MW wird von Expert:innen neben der Erfüllung des derzeit absehbaren Bedarfs an Ladeleistung auch eine angemessene Zukunftsfähigkeit bescheinigt.

Das Sicherheitskonzept des Systems wird so nah wie möglich an CCS angelehnt, wenngleich aufgrund der höheren Leistungen eine Kompatibilität technisch nicht umsetzbar ist. Daher wird für MCS auch eine neue Steckschnittstelle, die die Übertragung der beschriebenen Leistungen unterstützt, benötigt. Die Anlehnung an CCS erleichtert nicht nur die Integration beider Systeme innerhalb eines Fahrzeugs, sie reduziert auch den Aufwand für die Standardisierung. Die MCS-Anforderungen können auf Basis der vorhandenen CCS-Standards beschrieben werden.

Die Ladekommunikation soll sich ebenfalls an bestehende Standards zum CCS anlehnen und das Prinzip Plug & Charge für den gesamten Vorgang, einschließlich der Abrechnung, unterstützen. Untersuchungen zum Änderungsbedarf, beispielsweise für die technischen Lösungen zur Datenübertragung, laufen derzeit noch, Festlegungen werden auf Basis der Testergebnisse getroffen.

Das Ladesystem ist grundsätzlich anwendungsneutral. Rein technisch gesehen können also beliebige Fahrzeuge mit MCS ausgestattet werden. Um weitere Skaleneffekte zu ermöglichen, wird derzeit zudem die Berücksichtigung von Anforderungen anderer Verkehrsträger (wie Schiff- oder Luftfahrt) untersucht.

Das MCS kann auch als automatisches Stecksystem umgesetzt werden.

4.4.2 NORMUNGSGREMIEN

Die IEC TS 63379 für die Steckverbindung und die ISO 5474-3 für die Systemanforderungen auf Fahrzeugseite werden bereits in internationalen Projektteams erarbeitet und auch auf nationaler Ebene begleitet. Inzwischen wurde der Teil IEC 61851-23-3 mit den infrastruktureitigen Systemanforderungen auf internationaler Ebene freigegeben.

4.4.3 STAND DER NORMUNG

Für die Normung von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen sind inzwischen alle notwendigen Normen zumindest identifiziert und initiiert. Eine Übersicht der Basisnormen ist in Abbildung 2 dargestellt.

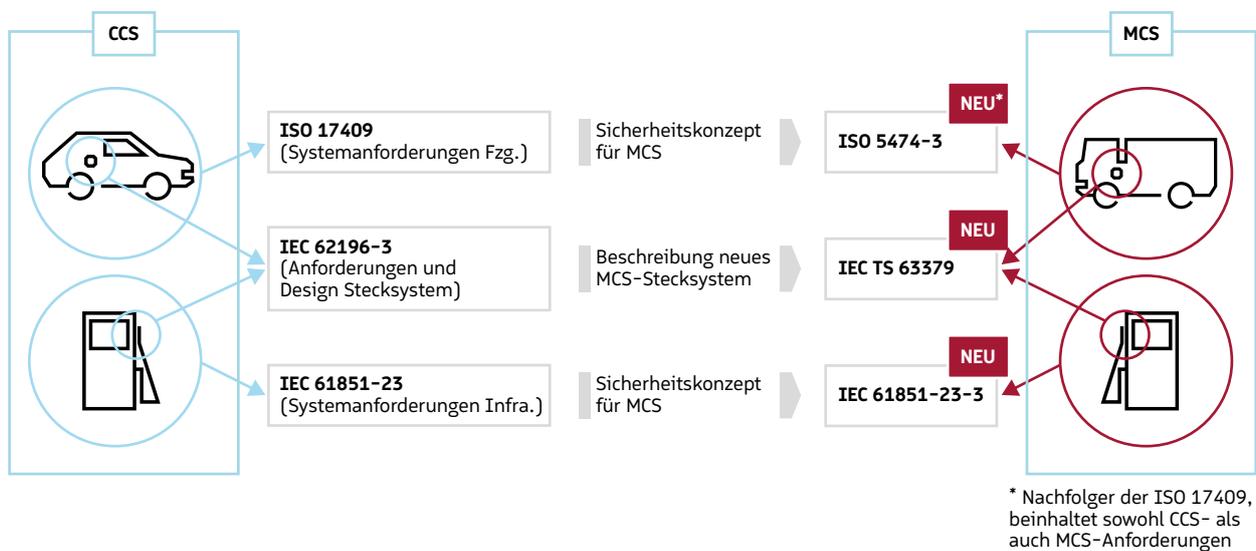


Abbildung 2: Übersicht Grundlagennormen MCS
Quelle: Eigene Darstellung, ifok

Neben der Erarbeitung der Basisnormen müssen weitere vorhandene oder in der Entwicklung befindliche Normen noch ergänzt beziehungsweise fertiggestellt werden. Darüber hinaus sind teils die vorhandenen Grundsatznormen zum Ladesystem anzupassen, damit die notwendigen Grundlagen verlässlich und rechtzeitig zur Verfügung stehen. Dazu gehört die Fertigstellung der IEC 61851-23 ED2.

An leistungsstarken MCS-Ladepunkten können automatische Steckvorrichtungen (ACD = Automated Connection Device) die Bediener:innen bei der Handhabung der Ladestecker und Ladeleitung unterstützen. Auch hierfür sind mit der IEC 61851-27 und ISO 5474-5 die notwendigen Normprojekte bereits gestartet.

Welche konkreten Änderungen für MCS in der für die Ladekommunikation verfügbaren Normenreihe ISO 15118 vorgenommen werden müssen, ist derzeit noch nicht bekannt.

4.4.4 HANDLUNGSBEDARF

Für batterieelektrische NFZ sind alle notwendigen Normen identifiziert und initiiert. Die laufenden Normungsvorhaben zum MCS sind zügig fertigzustellen. Dazu gehört auch die dringend benötigte Norm IEC 61851-23 ED 2. Um die Einhaltung der terminlichen Ziele zu unterstützen, wird das aktive Mitwirken nationaler Expert:innen an den internationalen Normungsaktivitäten weiterhin benötigt und sollte gegebenenfalls politisch unterstützt werden.

Aktuell wird die Normung zum MCS im Wesentlichen von Industriepartnern in Europa und Nordamerika vorangetrieben. Die Projekte sind durch die zuständigen Normungsgremien freigegeben und sollten innerhalb von 24 bis 36 Monaten bearbeitet werden. Der Bedarf an batterieelektrischen Nutzfahrzeugen ist jedoch auch in Asien vorhanden, wo jedoch aktuell andere Normen für die Ladeschnittstelle und die zugehörige Steckvorrichtung benutzt oder entwickelt werden. Eine Herausforderung in der Erarbeitung der nötigen internationalen Standards wird es also sein, auch die Vorstellungen und Anforderungen der asiatischen Märkte in der zur Verfügung stehenden Zeit zu integrieren.

4.5 STROMBASIERTE KRAFTSTOFFE: WASSERSTOFF UND SYNTHETISCHE FOLGEPRODUKTE

4.5.1 GRUNDLEGENDES

Um die Grundlagen für den Einsatz von alternativen Antriebssystemen für NFZ zu schaffen, müssen neben der Normung der Technologien auch die Weiterentwicklung und Initiierung von Normungsaktivitäten für strombasierte Kraftstoffe (E-Fuels, Electricity-based Fuels) vorangetrieben werden. Zu den E-Fuels gehören die auf Basis von erneuerbarem Strom hergestellten gasförmigen und flüssigen Kraftstoffe wie Wasserstoff, Methan sowie synthetische Otto- und Dieselmotorkraftstoffe. Basis für strombasierte Kraftstoffe ist die Gewinnung von Wasserstoff durch Elektrolyse. Der Wasserstoff wiederum reagiert mit aus der Luft gewonnenem CO₂ zu Methan, woraus in weiteren Verfahrensschritten nahezu jeder Kraftstoff hergestellt werden kann.

4.5.2 NORMUNGSGREMIEN

Zu den relevanten nationalen Normungsgremien gehören unter anderem der Fachausschuss Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM: <http://fam-hamburg.de/>) des Normenausschusses Materialprüfung (NMP: <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nmp>) sowie der DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas: <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nagas>).

4.5.3 STAND DER NORMUNG

Normung und Gesetzgebung spielen im Kraftstoffsektor eine zentrale Rolle. Die Zehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (10. BImSchV) regelt in Deutschland die Anforderungen an Kraftstoffe, die gewerbsmäßig oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen gegenüber den Letztverbraucher:innen in Verkehr gebracht werden dürfen, und nimmt direkten Bezug zu den relevanten Normen. Relevante Normen sind hier unter anderem Normen zur Kraftstoffbeschaffenheit, Probenahme und Prüfverfahren. Darüber hinaus existieren zahlreiche Normen, die unter anderem auf Anforderungen an Logistik und Befüllungstechnologien sowie sicherheitstechnischen Anforderungen bei Bau und Betrieb abzielen. Bereits veröffentlichte

Normen müssen hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf strombasierte Kraftstoffe überprüft und gegebenenfalls überarbeitet werden. Bei Bedarf müssen neue Normungsvorhaben für strombasierte Kraftstoffe initiiert werden.

Sollten die strombasierten Kraftstoffe abweichende Beschaffenheiten gegenüber ihren auf fossilen Energieträgern basierenden Kraftstoffen aufweisen, müssen existierende Normen für die Kraftstoffqualität und deren Nutzung im Verbrennungsmotor überprüft und gegebenenfalls überarbeitet oder neue Normungsvorhaben für strombasierte Kraftstoffe initiiert werden. Dazu gehört auch die Prüfung, wie sich die Eigenschaften der neuen Kraftstoffe auf das Material von Kraftstoffleitungen auswirken. Aktuell gibt es keine reinen Normen speziell zu strombasierten Kraftstoffen. Um unter anderem Doppelarbeit und die Entwicklung widersprüchlicher Normen zu vermeiden, ist es notwendig, Gemeinschaftsarbeitskreise der betroffenen Normenausschüsse zu gründen, was aktuell initiiert wird.

Im Fachausschuss Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) wurde aufgrund des von der Industrie bekundeten starken Interesses bereits mit der Normung neuer Kraftstoffe begonnen. Es wurden zum Beispiel die Gremien „NA 062-06-31-01 AK DME – Anforderungen und Prüfverfahren“ und „NA 062-06-32-06 AK – Anforderungen an Polyoxymethylendimethylether (OME)“ gegründet, die die Arbeit an Normen für die neuen Kraftstoffe DME (Dimethylether) und OME (Polyoxymethylendimethylether) aufgenommen haben. Unter anderem werden aktuell die DIN/TS 51698 „Kraftstoffe – Anforderungen – Dimethylether (DME)“ und DIN/TS 51699 „Kraft- und Brennstoffe – Polyoxymethylendimethylether (OME) – Anforderungen und Prüfverfahren“ erarbeitet.

4.5.4 HANDLUNGSBEDARF

Neben der bedarfsgerechten Entwicklung neuer Standards und Normen, zum Beispiel für Prüfkriterien und Kraftstoffqualitäten von strombasierten Kraftstoffen, sind unter anderem folgende Anpassungen zu überlegen:

- gegebenenfalls Anpassung bestehender Kraftstoffnormen (DIN EN 228, DIN EN 590): Inwieweit hier eine Anpassung der Normen stattfinden muss, ist noch unklar. Solange die strombasierten Kraftstoffe reine Kohlenwasserstoff-Komponenten sind, ist zumindest eine anteilige Zumischung vermutlich im Rahmen der bestehenden Normen problemlos möglich. Neue Komponenten wie Sauerstoffträger bedürfen allerdings einer Anpassung beziehungsweise eigener Normen. Hier ist auch das Problem der Kompatibilität der Bestandstechnik zu berücksichtigen.
- Anpassung über die heute mögliche Beimischung erneuerbarer Kraftstoffe im Rahmen vorhandener Kraftstoffnormen
- Normung für Kraftstoff mit höherem Ethanol-Gehalt mit Bezug auf diskutierte E20-Norm (Ethanol-Beimischung bis zu 20 Vol.-%)
- gegebenenfalls Normung für Methanol als Kraftstoff (für BZ-Systeme und/oder Verbrennungsmotoren) mit Bezug auf diskutierte A20-Norm (Alkohol-Beimischung bis zu 20 Vol.-% relevant für Ethanol und Methanol beziehungsweise Gemische)
- Produktion alternativer Kraftstoffe: Herausforderungen bestehen im Aufbau einer industriellen Elektrolyseurproduktion. Aktuell fehlt es noch an standardisierten und automatisierten Prozessen sowie an standardisierten Qualitäten und der ebenso benötigten Infrastruktur und der geeigneten Motoren.

5 FAZIT

Diese Veröffentlichung hat es sich zum Ziel gesetzt, einen Überblick über den Stand der Normung im Bereich der alternativen Antriebe für NFZ zu erstellen und dabei auch Lücken aufzuzeigen, die im Rahmen zukünftiger Normungsaktivitäten geschlossen werden sollten. Im Vergleich zu Pkw stellen NFZ dabei einige besondere Anforderungen, denn sie müssen in erster Linie wirtschaftlich genutzt werden.

Für die Technologie der Oberleitungs-Lkw kann auf ein umfangreiches Normenwerk aus der Bahntechnik zurückgegriffen werden. Die Aufgaben für die Normungsgremien bestehen also vornehmlich in der Prüfung der Anwendbarkeit und gegebenenfalls nötigen Anpassung und Ergänzung dieses Normenwerks.

Hinsichtlich der Bedarfe von batterieelektrisch betriebenen NFZ sind aktuell alle notwendigen Normen zumindest identifiziert und initiiert. Für den Betrieb von NFZ mit BZ-Systemen kann auf bereits erarbeitete Standards und Normen zurückgegriffen werden. Grundsätzlich müssen aber die vorhandenen oder in der Entwicklung befindlichen Standards und Normen kontinuierlich an den neuesten Stand der Technik angepasst und im Bedarfsfall durch neue Standards und Normen ergänzt werden.

Vor allem für die Befüllung mit Wasserstoff fehlen noch Standards und Normen zum Datenaustausch, zum

Explosionsschutz oder für Befüllungsprotokolle, Schnittstellen und Fahrzeugtanks für bis zu 80 kg mit einem Druck von bis zu 700 bar sowie für verflüssigten Wasserstoff.

Handlungsbedarf gibt es auch für die Nutzung von strombasierten Kraftstoffen. Vor allem für die bedarfsgerechte Entwicklung neuer Standards und Normen zur Kraftstoffqualität, zur Zusammensetzung und zu den dazugehörigen Prüfkriterien müssen Gemeinschaftsarbeitskreise aus den betroffenen Normenausschüssen gebildet und Projekte initiiert werden.

Der Technologiewandel steht unter einem enormen Zeitdruck. Die technologische Entwicklung muss praktisch zeitnah zur Einführung in den Markt erfolgen.

Früher wurde der Stand der Technik erst nach der Verfügbarkeit praktischer Erfahrungen oder nach ausführlichen und umfangreichen Erprobungen in Normen gefasst. Heute muss die Normungsarbeit für die nötigen Schnittstellen und die grundsätzlichen Anforderungen praktisch vor- oder zeitgleich mit der Entwicklung und der Markteinführung durchgeführt werden. Dies stellt die Entwicklungsingenieur:innen vor große Herausforderungen. Politik und Industrie müssen den Expert:innen die notwendigen Kapazitäten bereitstellen und die benötigten Mittel zur Verfügung stellen.

IMPRESSUM

VERFASSER

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität,
Arbeitsgruppe 6 „Standardisierung, Normung, Zertifizierung und Typgenehmigung“

Oktober 2021

HERAUSGEBER

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)

REDAKTIONELLE UNTERSTÜTZUNG

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
ifok GmbH

SATZ UND GESTALTUNG

ifok GmbH

LEKTORAT

Nikola Klein – e-squid text konzept lektorat

Die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) ist per Kabinettsbeschluss von der Bundesregierung eingesetzt und wird vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur federführend koordiniert. Sie arbeitet unabhängig, überparteilich und neutral.

