

29.05.2019

Mit Änderungen vom 23.01.2020 im 6. und im vorletzten Absatz

Oberleitung, Akku oder Wasserstofftank? Energiezuführung für elektrische Bahnen und Busse

Anlass

Diesel-Schienenfahrzeuge und Dieselsebusse müssen zum Umwelt- und Klimaschutz so bald wie möglich abgelöst werden. Ziemlich unstrittig ist, dass künftige Fahrzeuge mit Elektromotoren angetrieben werden. Im Regional- und Vorortverkehr sowie im Busverkehr ist abzuwägen, ob oder in welchen Fällen der Strom (die Elektroenergie) den Elektromotoren linear (aus der Oberleitung), aus einem Akku oder aus einer Wasserstoff-Brennstoffzelle zugeführt wird. S-Bahn, U-Bahn und Straßenbahn werden hier nicht betrachtet.

Gemäß Nahverkehrsplan 2019 bis 2023 (Stand 25.02.2019) sollen bis 2023 für den Busverkehr mögliche Zieltechnologien erprobt und festgelegt und ein „Migrationspfad zur Umstellung“ auf diese Technologien entwickelt werden (Migration = lateinisch Wanderung, Bewegung).

I. BEWÄHRTE UND NEUE TECHNOLOGIEN

Lineare Energiezuführung (Oberleitung)

Die Energiezuführung aus der Oberleitung hat sich bei der Eisenbahn und im Obusverkehr jahrzehntelang bewährt, hat einen hohen Primärenergie-Wirkungsgrad, im Falle der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen fast keinen Schadstoffausstoß und ist im Betrieb wirtschaftlich.

Da jedoch die Elektrifizierung der Eisenbahnstrecken und des Busnetzes jahrzehntelang vernachlässigt wurde, besteht ein riesiger zeit- und kostenaufwändiger Nachholbedarf. Deshalb wird auch nach weniger aufwändigen und kurzfristiger möglichen Ablösevarianten gesucht.

Energiespeicher und Elektromotoren

Die Elektromotoren der elektrischen Fahrzeuge beziehen ihren Strom entweder direkt (aus einer Oberleitung) oder aus einem Energiespeicher. Als Energiespeicher dienen in der Regel Akkumulatoren (kurz Akku genannt, fälschlich oft als Batterien bezeichnet), Gastanks oder neuerdings Wasserstofftanks. Bei Bussen werden auch Superkondensatoren erprobt. Akkus speichern die Energie chemisch, Kondensatoren in einem elektrischen Feld. Der Fahrstrom stellt Sekundärenergie dar, zu deren Erzeugung Primärenergie eingesetzt werden muss.

Bei Wasserstofffahrzeugen wird der im Tank gespeicherte Wasserstoff in die Brennstoffzelle geleitet und dort mit Hilfe von zwei Elektroden und einem Elektrolyten (Ionenleiter) zusammen mit der Umgebungsluft bei einer chemischen Reaktion in Strom umgewandelt. Die Brennstoffzelle arbeitet stetig mit niedriger Leistung und speist einen Akku. Dieser speichert

auch die beim Bremsen erzeugte Energie und gibt den Strom an den Elektromotor entsprechend seinem wechselnden Leistungsbedarf weiter. Als Abfallprodukt entstehen Wasserdampf und Kondenswasser.

Der Wirkungsgrad der Primärenergie als Verhältnis von abgegebener Energie (Traktionsenergie) zur zugeführten Energie (z. B. Kohle, Kernenergie, Wind) ist bei Direkteinspeisung aus der Oberleitung am größten. Nach Angaben im Berliner Nahverkehrsplan beträgt er, wenn Ökostrom verwendet wird, beim Obus 75%, beim Akkubus mit Streckenladung 71%, beim Akkubus mit Depotladung 69%, beim Akkubus mit Gelegenheitsladung 65%, beim Wasserstoff-Brennstoffzellenbus 28% und beim Gasbus 23%.

Akkus herstellen, laden und entsorgen

Der Rohstoffbedarf für die Akku-Herstellung, besonders an Lithium und Kobalt, ist hoch. Die Arbeitsbedingungen bei der Rohstoffgewinnung vor Ort entsprechen meist nicht unseren Standards.

Wenn die Kapazität eines Akkus auf 80% gesunken ist, hat er seine Lebensdauer für die Traktion erreicht, ist aber noch für Zweitanwendungen brauchbar. Die Zweitanwendungen werden noch zu wenig organisiert und gefördert. Die endgültige Zerlegung und Entsorgung ist noch zu aufwändig und umweltschädlich.

Nachgeladen werden die Akkutriebzüge und Akkubusse entweder während der Fahrt über vorhandene Oberleitungen oder neu zu bauende Oberleitungsabschnitte („Elektrifizierungsinseln“) oder im Stillstand an „Stromtankstellen“ an den Endpunkten, außerdem beim Bremsen.

Wasserstoff erzeugen, transportieren und speichern

Bei der Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologie dient Wasserstoff, der in einem Tank mitgeführt wird, als Energieträger, der in der Brennstoffzelle Strom für den Elektromotor des Fahrzeugs erzeugt. Eine Tankfüllung Wasserstoff reicht je nach Tankgröße und fahrdynamischen Einflussfaktoren für 300 km (bei Bussen) bis 1000 km (bei Zügen).

Wird der Wasserstoff durch Elektrolyse hergestellt, muss zuvor elektrischer Strom erzeugt werden, der dann Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Dazu müssen größere Mengen Wasser herangeschafft werden. Die zweimalige Energieumwandlung führt zu Energieverlusten und dem geringen Primärenergiewirkungsgrad. Der Energieverlust wird geringer, wenn Windkraftanlagen direkt den Elektrolyseur (die Vorrichtung, in der die Elektrolyse stattfindet) versorgen.

Fällt der Wasserstoff als industrielles Nebenprodukt an, erfordert dies keine zusätzliche Energie. Da diese Industrieanlagen aber in der Regel nicht mit erneuerbaren Energien gespeist werden, gibt es keinen Umweltvorteil gegenüber dem Dieselantrieb.

Zum Transport vom Elektrolyseur oder von der Industrieanlage zum Tank und zur Speicherung im Tank muss der Wasserstoff entweder bis zu 700 bar zusammengepresst oder bis zu minus 253 Grad Celsius abgekühlt und verflüssigt werden. Beide Verfahren sind technisch gelöst, erfordern aber zusätzliche Energie.

Wasserstoff-Sicherheit

Die Zündtemperatur von Wasserstoff beträgt 585 Grad Celsius. Wasserstoff entzündet sich leicht an heißen Oberflächen, ist sehr leicht und entweicht nach oben. Falls er sich dort entzündet, brennt die Fackel nach oben in die Luft. Die Flamme ist kaum sichtbar, aber nicht sehr heiß.

Wasserstofftanks und Rohrleitungen dürfen nur aus Materialien bestehen, die für Wasserstoff undurchlässig sind, und müssen sehr gut abgedichtet sein, damit keine Lecks entstehen. In geschlossenen Räumen, zum Beispiel in Tunneln und Werkstätten, sind Sicherheitsmaßnahmen gegen die erhöhte Explosionsgefahr erforderlich. Flüssiger Wasserstoff ist stark explosionsgefährdet, gasförmiger in Drucktanks nicht. Mit Wasserstoff betriebene Fahrzeuge sind nicht gefährlicher als mit Benzin oder Gas betriebene Fahrzeuge.

Gasbusse

Erdgasbetriebene Busse haben etwa den gleichen Kohlendioxid- und Stickstoffoxid-Ausstoß wie die neuesten Dieselsebusse, bieten also keine ökologischen Vorteile, erfordern jedoch teure Tankanlagen und Sicherheitsvorkehrungen in der Werkstatt. Die Herstellung von Methan erfordert einen hohen Energiebedarf. Biogas ist nicht vertretbar, weil damit der Nahrungsmittelproduktion Anbauflächen entzogen würden.

II. AKKUTECHNIK-PROJEKTE

Akku-Zug von Bombardier

Der Fahrzeughersteller Bombardier rüstete mit wissenschaftlicher Begleitung der TU Berlin einen Dieseltriebzug Talent3 mit Elektromotoren und Akkus aus. Zu 130 t Fahrzeuggewicht kommen beim Erprobungsfahrzeug 7 t Akkugewicht dazu. Das Fahrzeug hat vier Akkus, kann aber auch mit einem einzigen fahren, dann entsprechend langsamer.

In der Gesamtkostenvorschau über 30 Jahre ist Akkubetrieb bei etwa 50% Oberleitung etwa genauso teuer wie Dieseltrieb, etwa halb so teuer wie Brennstoffzellenbetrieb und etwa 10 bis 20% kostengünstiger als reiner Oberleitungsbetrieb.

Beim heutigen Strommix stoßen Akku-Triebzüge 15% Kohlendioxid weniger aus als Dieseltriebzüge, herkömmliche Elektro-Triebzüge 30% weniger. Mit erneuerbaren Energien entsteht kein Kohlendioxid. Der Akku reduziert den Lärm um 7 dB gegenüber Diesel.

Der Akku versorgt auch die Klimaanlage, Licht, Türen, W-LAN, WC, Steckdosen und Fahrgastinformationssysteme. Damit wird die Reichweite eingeschränkt. Im Regelfall werden nur 60% der Akkukapazität verbraucht. In Notfällen kann auch weiter entladen werden („Tiefentladung“).

Über Fahrgasteinsätze ist noch nichts bekannt.

Akku-Zug von Stadler

Der Fahrzeughersteller Stadler hat einen dreiteiligen elektrischen Flirt3-Triebzug zusätzlich mit Lithium-Ionen-Akkumulatoren ausgerüstet. Die 10 t wiegende Akkutechnik wurde verteilt auf dem Dach, im Maschinenraum und im Fahrgastraum untergebracht. Im Akkubetrieb kann der Zug 80 km mit 140 km/h überbrücken. Die Akkus können über den Stromabnehmer wieder aufgeladen werden. Im Stand dauert das Aufladen 20 min. Die beim Bremsen gewonnene Energie wird zurückgespeist.

Für 2019 sind Fahrgasteinsätze bei noch nicht bekannten Verkehrsunternehmen geplant.

Akku-Busse

Mittlerweile gibt es zahlreiche reine Obusse, Obusse mit Akku und reine Akkubusse von mehreren Herstellern. Die Zweisystem-Obusse werden während der Fahrt auf den mit Oberleitung ausgerüsteten Strecken nachgeladen (zum Beispiel in Solingen). Reine Akku-Busse werden entweder im Depot oder an einer Endhaltestelle unter einem fest installierten ab-

senkbaren Stromabnehmer (Luxembourg) oder mit einem Stromabnehmer auf dem Fahrzeug (Wien, geplant auch für Berlin) oder an bestimmten Haltestellen berührungsfrei induktiv unterflur aufgeladen (Braunschweig). Der Betrieb mit reinen Akkubussen befindet sich noch im Versuchsstadium und ist zurzeit noch nirgends stabil und wirtschaftlich. Die BVG will 2019 je 15 Fahrzeuge von Solaris (Urbino 12 electric) und Mercedes-Benz (eCitaro) in Dienst stellen.

III. WASSERSTOFF-PROJEKTE

Wasserstoff-Projekt der Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen

Der französische Fahrzeughersteller Alstom hat aus dem Dieseltriebwagen LINT 54 zwei Prototypen mit Wasserstoff-Brennstoffzelle und Elektromotor entwickelt. Die Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen (LNVG) und die „Eisenbahnen und Verkehrsbetriebe Elbe-Weser“ (EVB) erproben diese als iLINT vermarkteten Fahrzeuge seit September 2018 auf der 100 km langen Strecke Cuxhaven – Bremerhaven – Bremervörde – Buxtehude im regulären Fahrgastbetrieb. Die Züge funktionieren einwandfrei und pünktlich, die Technik sei zuverlässig. Sie werden einmal am Tag betankt; die Tankladung reicht für 1000 km. Die Lüftermotoren der Brennstoffzellen sind laut. Die Schalldämmung zwischen Brennstoffzelle und Fahrgastraum muss verbessert werden.

Tanklastwagen holen flüssigen Wasserstoff aus den Niederlanden, der dort als Abfallprodukt der chemischen Industrie reichlich anfällt. Der flüssige, minus 254 Grad Celsius kalte Wasserstoff wird aus dem Tanklastwagen herausgepumpt. Dann wird er mit technischen Geräten in einem Stahlcontainer (= mobile Tankstelle) erwärmt und anschließend gasförmig in einen Tank auf dem Dach des Triebzuges hineingepumpt. Neben den Tanks auf dem Dach ist die Brennstoffzelle installiert. In dieser kommt es zwischen dem Wasserstoff und Sauerstoff aus der Umgebungsluft zu einer chemischen Reaktion. Dabei entsteht Strom, der den Elektromotor antreibt. Nicht direkt benötigte Energie wird in Lithium-Ionen-Akkumulatoren zwischengespeichert, die unter dem Zug angebracht sind. Auch die Energie aus dem Bremsvorgang wird in Strom umgewandelt und gespeichert.

Der Strom, der bei der Wasserstoffproduktion verbraucht wird, stammt nicht aus erneuerbaren Energiequellen. Wieviel Energie aufgewendet werden muss, um den Wasserstoff zu kühlen und dann wieder zu erwärmen, und welchen geringen Wirkungsgrad die Primärenergie folglich hat, wird verschwiegen.

Mit der Inbetriebnahme der Serienzüge im Dezember 2021 soll eine ortsfeste Wasserstoff-Tankstelle auf dem Betriebsgelände der EVB in Bremervörde fertiggestellt sein, die dann von der Linde-Gruppe befüllt wird. Andere Informationen sagen, dass der Wasserstoff am Ort der Tankstelle durch Elektrolyse von Wasser mit Strom aus Windkraftanlagen hergestellt werden soll.

Wasserstoff-Projekt des Rhein-Main-Verkehrsverbunds

Der Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV) plant, ab Dezember 2022 das Taunusnetz (die Strecken von Frankfurt am Main nach Königstein, Bad Soden, Brandoberndorf und Friedrichsdorf – Friedberg) mit 26 Wasserstoff-Brennstoffzellen-Zügen iLINT 54 zu betreiben. Der Fahrzeughersteller Alstom ist für Instandhaltung und Bereitstellung der Fahrzeuge über 25 Jahre verantwortlich.

Der Wasserstoff fällt am Chemie-Standort Frankfurt-Höchst als Abfallerzeugnis in ausreichender Menge an. Dort betreibt Infracore eine Wasserstofftankstelle für Straßenfahrzeuge. Diese ist nur zeitaufwändig mittels umfangreicher Rangierfahrten erreichbar. Im Tank wird der Wasserstoff auf einen Druck bis zu 500 bar verdichtet. Infracore plant, dort eine viergleisige Tankstellenanlage zu bauen.

Wasserstoff-Projekt der Niederbarnimer Eisenbahn

Die Niederbarnimer Eisenbahn (NEB) setzt zurzeit nur Dieseltriebzüge ein. Auf der Suche nach einer umweltgerechten Ablösevariante für ihr Stammnetz im Raum Basdorf fand sie gute Bedingungen für die Wasserstoff-Antriebstechnologie. Mit 68 km Länge sei das Netz überschaubar und weitgehend eigenständig. Infrastruktur und Betrieb befinden sich zwar – wie politisch gewollt – in zwei Gesellschaften, aber im Grunde in einer Hand. Der Landkreis Barnim verfolgt eine Null-Emissions-Strategie (erneuerbare Energien, kohlendioxidfreie Mobilität auf kommunaler und regionaler Ebene). Die NEB wollte Lärm und Emissionen durch elektrischen Antrieb reduzieren, aber den Bau von Oberleitungen vermeiden. Sie rechnet nach Auslaufen des jetzigen Verkehrsvertrags 2020 mit einer Direktvergabe für eine Übergangszeit.

Für die Energieversorgung konnten Kooperationspartner gewonnen und eine Kooperationsvereinbarung abgeschlossen werden. Mit Strom aus lokalen Windkraftträdern soll durch Elektrolyse Wasserstoff erzeugt, verdichtet und gespeichert werden. Die Kreiswerke Barnim sollen den Bau von zwei Wasserstoff-Tankstellen, den Transport des Stroms von den Windkraftträdern zum Elektrolyseur, die Elektrolyse und den Transport des Wasserstoffs vom Elektrolyseur zur Wasserstoff-Tankstelle organisieren. Die NEB will bei Alstom Brennstoffzellen-Züge iLINT beschaffen. Die Brennstoffzellen sollen 300 km weit reichen, so dass etwa nach jeder dritten Fahrt getankt werden muss.

Über den erreichbaren Wirkungsgrad und die Kosten gibt die NEB keine Auskunft. Sie verrät nur, dass Aufbau und Betrieb der Wasserstoff-Fahrzeuge teurer als der heutige Dieselbetrieb ist. Finanziell gefördert werden nur 40% der Mehrkosten, die Tankstellen nur bedingt, die notwendige neue Werkstatt für Elektrofahrzeuge und der nach einigen Jahren notwendige Austausch der Brennstoffzellen gar nicht. Da es keine verbindlichen Zusagen zur Landesförderung gibt, herrscht zurzeit Stillstand beim Projekt. Das Ziel der Betriebsaufnahme 2022 wird voraussichtlich nicht erreicht.

Weitere Wasserstoffzug-Projekte

Alstom ist zurzeit der einzige Hersteller von Wasserstoffzügen. Weitere Interessenten an Wasserstoff-Projekten sind

- Baden-Württemberg für das Ortenau-Netz im Raum Offenburg ab 12/2022
- Sachsen für die Strecken Leipzig – Gera und Leipzig – Grimma; noch ohne Termin
- Thüringen. Ab 2021 will die Schwarzatalbahn Energie für die Wasserstoff-Produktion aus heimischen Windparks gewinnen.

Der Verkehrsverbund Rhein-Ruhr (VRR) in Nordrhein-Westfalen hat hingegen 2018 eine europaweite Ausschreibung und die eigentlich festgelegte Entscheidung für den iLINT wegen ungenügender Wirtschaftlichkeit rückgängig gemacht.

Brennstoffzellen-Busse

In einigen Großstädten (Reykjavik, Hamburg, Hannover, Tokio) wurden oder werden wasserstoffbetriebene Stadtbusse verschiedener Hersteller erprobt. Hier reicht jeweils eine Tankstelle aus. Zum Teil besitzen die Busse zusätzlich einen Akku und ermöglichen so das Speichern von Bremsenergie.

In Hamburg wurden die Wasserstoffbusse Anfang 2019 wieder außer Betrieb genommen. Ein Problem war, in dicht besiedeltem Gebiet ausreichend Lagerstätten für den explosiven Wasserstoff zu finden. Die Wasserstoffbusse und die Tankstellen waren wesentlich teurer als Akkubusse und Ladestationen. Hamburg setzt jetzt auf Akkubusse mit einer Reichweite von 150 km.

IV. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Schlussfolgerungen für die Eisenbahn

In Berlin und Umland ist ein großer Teil der Eisenbahnstrecken mit Oberleitung elektrifiziert. Für die Ostbahn Berlin – Kostrzyn und den südlichen Innenring muss das noch nachgeholt werden. Um von den nicht elektrifizierten Radialstrecken (Kremmener Bahn, Heidekrautbahn, Wriezener Bahn) und den nicht elektrifizierten Zweigstrecken (zum Beispiel nach Rheinsberg, Templin, Bad Freienwalde, Bad Saarow, Beeskow und künftigen weiteren Zielen) direkt in die Berliner Innenstadt fahren zu können, ist der kombinierte Oberleitungs-Akkubetrieb mit Streckenladung am sinnvollsten. Dann brauchen nur einige Teilstrecken („Elektrifizierungsinseln“) neu mit Oberleitung ausgerüstet zu werden, auf jeden Fall Berlin – Neuruppin (vielleicht auch bis Wittstock), Berlin – Basdorf, wahrscheinlich auch Teile der recht langen oberleitungslosen Strecken Eberswalde – Frankfurt (Oder) und Frankfurt (O) – Königs Wusterhausen. Welche Streckenabschnitte Oberleitung erhalten müssen und ob an bestimmten Endpunkten „Stromtankstellen“ notwendig und sinnvoll sind, muss im Einzelfall untersucht und entschieden werden. Dieses Vorgehen entspricht unserem Konzept „Mehr Eisenbahn in Berlin und Umland“ vom August 2018. Der Nahverkehrsplan Berlin trifft zu alternativen Antriebstechnologien im Eisenbahnverkehr keine Aussage.

Die Einspeiseabschnitte müssen großzügig zur sicheren Seite bemessen werden, damit kleine Akkus ausreichen. Erstens um das Liegenbleiben von Zügen unter Störeinflüssen weitgehend auszuschließen. Zweitens benötigen Akkus, Kondensatoren und Steuerelektronik Bauteile aus Seltenen Erden; der Vorrat dieser Rohstoffe ist begrenzt, das Gewinnen und Aufbereiten teuer, ungesund und umweltschädlich.

Die politische Bereitschaft zum Einführen von Akkufahrzeugen ist vorhanden. Ausschreibungen von Verkehrsleistungen müssen künftig den emissionsfreien Betrieb fordern. Die Zuständigkeiten für Planung, Bau und Betrieb der Infrastruktur sowie die finanzielle Förderung von Infrastruktur und Fahrzeugen müssen noch klar geregelt werden. Anzustreben ist ein hoher Anteil der Primärenergie aus Wasserkraft, Sonnenenergie oder Windenergie.

Die Argumentation der NEB, ihr Stammnetz sei separat vom anderen Eisenbahnnetz und deshalb für den Wasserstoff-Betrieb besonders geeignet, ist für die Zukunft nicht zutreffend, da ab Karow und Wilhelmsruh unter Oberleitung gefahren wird, nicht nur bis Gesundbrunnen, sondern auch durch den Nord-Süd-Tunnel. Deshalb könnte der von der NEB und dem Landkreis Barnim geplante Wasserstoff-Betrieb bestenfalls eine Übergangstechnologie darstellen.

Schlussfolgerungen für den Busverkehr

Für Busse mit Wasserstofftank und Brennstoffzelle spricht: Das Tanken von Wasserstoff dauert wenige Minuten, das Aufladen des Akkus im Stand wesentlich länger. Als Abgas entsteht nur Wasserdampf und Kondenswasser. Die Reichweite einer Wasserstoffladung ist etwas größer als die eines Akkus. Für die Brennstoffzelle und Steuerelektronik werden zwar auch seltene Rohstoffe gebraucht, aber weniger als für Akkus.

Gegen die Wasserstofftechnologie spricht: Die Herstellung einer Brennstoffzelle ist kompliziert und sehr teuer, verbraucht mehr Energie als damit gespart wird. Die Wasserstoffherstellung und die Rückverstromung in den Brennstoffzellen des Wasserstofffahrzeugs sind verlustintensiv. Deshalb benötigen Wasserstofffahrzeuge für dieselbe Strecke etwa 2,2-mal so viel elektrische Energie wie Akkufahrzeuge. In Berlin und Brandenburg ist Wasserstoff nicht ausreichend verfügbar, so dass er hierher transportiert werden oder seine Produktion erst aufgebaut werden müsste.

Aus diesen Gründen ist es richtig, dass laut Nahverkehrsplan die Brennstoffzellentechnologie für Berlin gegenwärtig nicht weiterverfolgt wird.

Gebraucht werden Busse, die Teilstrecken ohne Oberleitung fahren können. Reine Akkubusse haben jedoch Nachteile: Für die Bauteile werden Seltene Erden benötigt, deren Vorrat begrenzt und deren Gewinnen und Aufbereiten teuer und umweltschädlich ist. Jeder mitgeführte Energiespeicher hat zusätzliches Gewicht und vermindert die mögliche Nutzlast. Die zahlreichen Ladestationen erfordern Platz im Straßenraum, erheblichen Tiefbau- und Kabelverlegeaufwand und leistungsfähige Energiezuführung für hohe Ströme.

Sinnvoll sind kombinierte Oberleitungs-Akku-Busse, auch Akkubusse mit „Streckenladung“ (oder englisch „in-motion-charging“) genannt. Um die Nachteile der Akkutechnologie zu vermindern, sollte der Anteil Streckenladung möglichst groß sein. Der Energiespeicher kann dann kleiner bemessen werden als beim Vollantrieb, ist dadurch leichter und kostengünstiger, vermindert die mögliche Nutzlast nur wenig und lässt sich während des Fahrens unter Oberleitung wieder aufladen. Ladestationen unterwegs sind nicht erforderlich. Der Stromabnehmer lässt sich vom Führerstand aus an- und ablegen. Dieses Vorgehen entspricht unserem „Leitbild Mobilität in Berlin“ vom Mai 2015. Die Oberleitungsabschnitte erfordern allerdings ein Planfeststellungsverfahren.

Aus allen bisher vorliegenden Erkenntnissen, besonders hinsichtlich der Energieeffizienz, leitet der Nahverkehrsplan Berlin ab, dass akkubetriebene Elektrofahrzeuge sinnvoller als Wasserstofffahrzeuge sind, da sie deutlich weniger Strom benötigen als beim Umweg über Wasserstoff. Dem stimmen wir zu, wobei wir einen höheren Anteil Streckenladung für besser halten. Anzustreben ist ein hoher Anteil der Primärenergie aus Wasserkraft, Sonnenenergie oder Windenergie.