



QUICKSCAN- MACHBARKEITSTUDIE ZU EINER GRENZÜBERSCHREITENDEN E-BUSVERBINDUNG IN DER CHARLEMAGNE GRENZREGION

Im Auftrag von:
Charlemagne Grenzregion,
Aachen,
Luise Clemens

Erstellt von:
stellwerk bv,
Heerlen,
Thomas Clemens &
Lars Vervoort

Version:
22.09.2015
Status:
definitiv

INHALT

1. Hintergrund und Einführung	3
2. Ausgangslage und grundsätzliche Erwägungen	6
2.1. Aufgabenträger	6
2.2. Verkehrsunternehmen	8
2.3. Vertragliche und finanzielle Situation und Perspektiven	9
2.4. Herangehensweise zur Einführung von E-Mobilität	11
2.4.1. Netzbezug oder Technologiebezug?	11
2.4.2. On-top oder integriert?	12
2.4.3. Finanzieller Bewertungshorizont	13
2.4.4. Sachstand in den einzelnen Regionen/Ländern	13
3. Herangehensweise im Untersuchungsfall	15
3.1. Festlegung der Technologie	15
3.2. Das „Aachener“ Schnellladesystem	17
3.3. Integration in bestehende Systeme	19
4. Auswahl geeigneter Linien/Verbindungen	20
4.1. Derzeitige und perspektivisch geplante grenzüberschreitende Buslinien	20
4.2. Linienbewertung und Auswahl	25
4.2.1. Bewertungskriterien	27
4.2.2. Ergebnisse	32
4.2.3. Linienauswahl für das Umsetzungskonzept	34
5. Technische und betriebliche Aspekte und Erfordernisse	38
5.1. Benötigte (Lade-)infrastruktur	38
5.2. Benötigte Busse	39
5.3. Ladezeiten	41
5.4. Strombezug	42
6. Finanzielle Auswirkungen und Fördermöglichkeiten	44
6.1. Invest und Betriebskosten	44
6.2. Betreibermodelle	45
6.3. Fördermöglichkeiten	46
7. Erfordernisse und Vorschläge für die Prozess- und Projektstruktur	48
8. Zusammenfassung und Empfehlungen	50

1. HINTERGRUND UND EINFÜHRUNG

Die Mobilität in der Charlemagne Grenzregion – und dort besonders in den urbanen Gebieten – befindet sich seit einiger Zeit in einem tiefgreifenden Wandel: weg vom privaten PKW für alle Fahrten, hin zu einer flexibleren, effizienteren und letztlich auch umweltschonenden und kostenoptimierten Gestaltung der individuellen Mobilitätsbedürfnisse der Bürger und Unternehmen. Dies zeigt sich insbesondere an der zunehmenden Bedeutung des CarSharings, den seit Jahren wachsenden Fahrgastzahlen im ÖV, aber auch am Boom bei den E-Bikes, welche die Nutzung des Fahrrades auf längeren Strecken – z.B. zur Arbeitsstätte – auch weniger trainierten Zeitgenossen ermöglichen.

Während der Durchbruch der E-Mobilität bei den Zweirädern wohl geschafft ist, im Bereich der Privat-PKW dahingegen aus verschiedenen Gründen jedoch noch länger auf sich warten lässt, gewinnt das Thema im ÖV mehr und mehr an Bedeutung. Im Schienenverkehr werden nach und nach heute noch durch Dieselizege befahrene Strecken (z. B. große Teile des **euregiobahn**-Netzes und auch die grenzüberschreitende Strecke Herzogenrath – Landgraaf) elektrifiziert und auch im Busverkehr ist zumindest in vielen städtischen Gebieten in Deutschland eine klare Tendenz in Richtung elektrischer Antriebe erkennbar. Immer mehr Hersteller bieten elektrische Busse in unterschiedlichen Ausführungen an, zahlreiche Verkehrsunternehmen testen die am Markt erhältlichen Fahrzeuge oder betreiben Eigenentwicklungen, um erste Erfahrungen auf dem Gebiet der E-Mobilität zu erlangen (z. B. die ASEAG). In einzelnen Pilotprojekten, wie z. B. in Münster, Dresden, Oberhausen und Berlin werden auch bereits komplette Linien elektrisch betrieben.

Auf der anderen Seite darf nicht vernachlässigt werden, dass einerseits v.a. im Hinblick auf die Batterietechnologie derzeit und auch in der näheren Zukunft noch vieles buchstäblich in Bewegung ist und andererseits das Preisniveau der heute erhältlichen Fahrzeuge z. T. noch sehr deutlich über dem vergleichbarer Euro-6-Dieselbusse liegt. Darüber hinaus entstehen Kosten für die (Lade-)infrastrukturen, die – abhängig von der Netzgröße und dem gewählten System – recht erheblich sein können. Ein wichtiger Punkt ist zudem, dass die Elektrifizierung von Busverkehren besondere Anforderungen an das Betriebskonzept stellt und somit längst nicht jede bestehende Buslinie künftig in unveränderter Form elektrisch betrieben werden kann. Grundlegende Eingriffe in die vorhandene Netz-, Linien- und Betriebsstruktur im Rahmen einer ganzheitlichen Herangehensweise scheinen dadurch nur in wenigen Fällen vermeidbar.

Eine Entscheidung für oder gegen die Elektrifizierung von einzelnen Verbindungen, Teilnetzen oder kompletten Stadt- und Regionalnetzen ist somit eine komplexe Angelegenheit, bei welcher viele Aspekte im Zusammenhang betrachtet und abgewogen und laufende Entwicklungen berücksichtigt werden sollten. Im grenzüberschreitenden Verkehr, der in der Charlemagne Grenzregion – auf mehreren Achsen – von herausragender Bedeutung ist, kommen noch die „üblichen“ Unterschiede hinsichtlich der Aufgabenträger- und Finanzierungsstrukturen,

verschiedenen Konzessionsmodelle und -laufzeiten und anderen politischen und unternehmerischen Rahmenbedingungen hinzu, wodurch die Umsetzung einer Elektrifizierung noch herausfordernder wird.

Trotz dieser erschwerenden Bedingungen erscheint die Einbeziehung grenzüberschreitender Verbindungen bei der Elektrifizierung der Busverkehre in der hiesigen Grenzregion von Beginn an jedoch alternativlos, da ansonsten droht, dass in den belgischen, niederländischen und deutschen Teilen der Region jeweils stark unterschiedliche Systeme zu Anwendung kommen, deren nachträgliche grenzüberschreitende Installation wahrscheinlich wesentlich teurer käme als eine gemeinsame Entscheidung für ein grenzüberschreitendes System. Die Alternative wäre, dass auch bis auf Weiteres grenzüberschreitend nur mit – perspektivisch sehr teurem und luftbelastendem – Dieselbetrieb gefahren werden könnte oder die entsprechenden Linien nur noch bis zur Grenze verkehren könnten. Hinzu käme u. U. ein Imageschaden für eine Region, die sich die grenzüberschreitende Kooperation auf die Fahnen geschrieben hat und an ihren Hochschulen über ein weltweit beachtetes technologisches Potenzial verfügt.

Dass ein solches Szenario nicht aus der Luft gegriffen ist, zeigt die Situation im grenzüberschreitenden Schienenpersonennahverkehr in der Region. Aufgrund des Umstandes, dass sich in Belgien, den Niederlanden und Deutschland unterschiedliche Oberleitungsspannungssysteme (und Sicherungssysteme) entwickelt haben, war es trotz jahrzehntelanger Bemühungen dies- und jenseits der Grenze bisher nicht gelungen, beispielsweise eine direkte Bahnverbindung zwischen Aachen und Maastricht auf die Schiene zu setzen. Erst die Entscheidung der Provinz Limburg, bei der in 2014/15 stattgefundenen Ausschreibung der neuen ÖV-Konzession 2016-2031 die Anschaffung teurer Dreisystemzüge für den grenzüberschreitenden Verkehr verpflichtend zu machen, hat hier endlich zu einem Durchbruch geführt. Auf der Achse Lüttich – Aachen ist grenzüberschreitender SPNV nur möglich, weil der Aachener Hauptbahnhof derzeit noch ein Zweisystembahnhof ist. Mit der fest eingeplanten Verlegung der Systemwechselstelle auf die Grenze wird die Interoperabilitätsproblematik bzw. das Thema „Finanzierung von Mehrsystemfahrzeugen“ in einigen Jahren wieder auf der Tagesordnung stehen.

Vor diesem Hintergrund soll vorliegende Untersuchung klären,

- unter welchen Voraussetzungen,
- auf welchen Korridoren und Verbindungen,
- mit welchen Prozess- und Projektstrukturen und
- mit welchen finanziellen Konsequenzen

der zeitnahe Einstieg in die Elektrifizierung der grenzüberschreitenden Busverkehre in der Charlemagne Grenzregion möglich und sinnig ist.

Im folgenden Kapitel wird dafür zunächst die Ausgangslage auf Seiten der verschiedenen Aufgabenträger und Verkehrsunternehmen sowie die zugehörige vertragliche und finanzielle Situation beleuchtet und grundsätzliche Erwägungen zur Herangehensweise bei der Implementierung von E-Mobilität im Busverkehr angestellt.

Kapitel 3 stellt die Herangehensweise in Bezug auf Technologie und Systemintegration im konkreten Untersuchungsfall dar.

In Kapitel 4 erfolgt schließlich auf Basis festgelegter Kriterien die Auswahl der Linien, die in einer ersten Phase elektrifiziert werden könnten. Auch werden auf Basis der Bewertungsergebnisse erste Vorschläge für eine mögliche Ausweitung auf weitere Verbindungen in einer zweiten Phase unterbreitet.

In Kapitel 5 liegt der Fokus auf den technischen und betrieblichen Aspekten und Erfordernissen bei der Elektrifizierung der ausgewählten Linien – begonnen bei den benötigten Bussen und Ladeinfrastrukturen über die mögliche Anpassung von Fahrplänen, Linienführungen und Umläufen zur Schaffung ausreichender Wendezeiten zur Nachladung der Batterien bis hin zum Strombezug an den Stationen.

Kapitel 6 widmet sich den finanziellen Auswirkungen einer möglichen Elektrifizierung – vom anfänglichen Invest in Material und Infrastruktur über die Betriebskosten und möglichen Vorteile von Betreibermodellen unter Einbeziehung des kommunalen Energieversorgers bis hin zu Möglichkeiten der finanziellen Förderung der Umsetzung.

In Kapitel 7 werden Vorschläge unterbreitet, wie eine schrittweise Umsetzung der Elektrifizierung des grenzüberschreitenden Busverkehrs vor dem Hintergrund der komplexen Materie und der spezifischen grenzüberschreitenden Herausforderungen sowohl auf Projekt- als auch Prozessebene strukturiert werden könnte.

In Kapitel 8 werden die Erkenntnisse der vorangegangenen Abschnitte zusammengefasst und auf deren Basis Empfehlungen für die nächsten Schritte auf dem Weg zu einer möglichen Realisierung gegeben.

Aufgrund des beschränkten Umfangs einerseits und der Vielzahl zu beachtender Aspekte andererseits kann die vorliegende Untersuchung nur ein erster Schritt auf dem Weg zu einem elektrifizierten Busverkehr über die Grenzen in der Charlemagne Grenzregion sein. Sie ist daher als Basis für einen zeitnahen Grundsatzbeschluss der politischen Entscheidungsträger in den Gremien der Charlemagne Region pro/contra grenzüberschreitende Elektrobusse zu sehen und (noch) nicht als Implementierungsgrundlage.

Auch ist die vorliegende Untersuchung nicht als Konkurrenz, sondern vielmehr als grenzüberschreitende Ergänzung der zeitgleich für ausgewählte Aachener Innenstadtlinien durchgeführten Untersuchung des Fraunhofer IVI Dresden zu betrachten, die sich stärker an den vorhandenen Betriebsabläufen (Linienführungen, Fahr- und Umlaufpläne) orientiert und diesbezüglich weiter in die Tiefe geht.

Beiden Untersuchungen ist gemein, dass sie Wege aufzeigen, wie die Bürger in der Charlemagne Grenzregion in Zukunft umweltfreundlich und effizient unterwegs sein können – und nebenbei eine in Aachen entwickelte Technologie vor Ort in die Praxis umgesetzt werden kann.

2. AUSGANGSLAGE UND GRUNDSÄTZLICHE ERWÄGUNGEN

Wie bereits in der Einführung angeklungen, existiert derzeit (noch) keine „Standardlösung“ für die Elektrifizierung des Bus-ÖPNV, die sowohl in technischer, betrieblicher als auch finanzieller Hinsicht eine optimale Variante darstellt. Dazu ist auch in näherer Zukunft sowohl in technologischer (v. a. Größe, Gewicht und Kapazität der Batterien, Energieverbrauch der Fahrzeuge) als auch finanzieller Hinsicht (v. a. Preise für Fahrzeuge und Infrastrukturen) noch zu viel in Bewegung.

Jedoch ist bereits heute absehbar, dass auch in Zukunft die Elektrifizierung von Busverkehren besondere Anforderungen an die Aufgabenträger und Verkehrsunternehmen stellen wird, um die Vorteile des elektrischen Antriebes optimal zu nutzen und den Systemwechsel und anschließenden Betrieb überhaupt wirtschaftlich darstellbar zu machen – oder kurz gesagt: Bestehende, auf Dieselbetrieb basierende Liniennetze und Betriebsmodelle lassen sich nicht 1 zu 1 für den elektrischen Betrieb übernehmen.

Es ist daher angebracht, vor einer weitreichenden Entscheidung für den Einstieg in den E-Bus-Verkehr – neben dem zu wählenden technischen System und der Selektion geeigneter Achsen/Verbindungen – alle übrigen unmittelbar und mittelbar damit zusammenhängenden Aspekte zu betrachten und in die Entscheidungsfindung einfließen zu lassen – begonnen bei der Struktur und derzeitigen Situation bei den diversen Aufgabenträgern und Verkehrsunternehmen im belgischen, niederländischen und deutschen Teil der Charlemagne Region über die vertraglichen und finanziellen Randbedingungen bis hin zu den Möglichkeiten der Herangehensweise an das Thema E-Mobilität. Im Folgenden werden diese verschiedenen Aspekte beleuchtet.

2.1 Aufgabenträger

Im Gebiet der Charlemagne Grenzregion stoßen drei sehr unterschiedliche Aufgabenträgerstrukturen und Philosophien aufeinander. Der deutsche Teil liegt im Gebiet des Aachener Verkehrsverbundes (AVV), welcher insbesondere als Aufgabenträger für die verkehrsunternehmensübergreifenden Verbundtarife, die Koordination der Bus- und Bahnverkehre insbesondere im grenzüberschreitenden Kontext und verbundweites ÖV-Marketing zuständig ist sowie als Dienstleister von Kommunen und Verkehrsunternehmen fungiert. Offizieller Aufgabenträger und damit Auftraggeber für den Bus- und Schienenverkehr ist jedoch nicht der AVV, sondern im Schienenverkehr der „Nahverkehr Rheinland“ (NVR) und im Busverkehr (im Untersuchungsgebiet) die Stadt Aachen sowie die StädteRegion Aachen (die beide wiederum als Gebietskörperschaften auch Teil des AVV sind).

Während im Schienenverkehr durch den NVR alle Leistungen und Netze sukzessive ausgeschrieben werden, findet im Busverkehr auch bis auf Weiteres kein Wettbewerb statt, da sowohl die Netze in Stadt und StädteRegion Aachen als auch den übrigen Gebieten im AVV auch künftig

an die heutigen Verkehrsunternehmen im Zuge einer Betrauung vergeben werden sollen (siehe auch 2.3).

Erscheint diese Struktur hinsichtlich der Verteilung der Zuständigkeiten auch ziemlich kompliziert, so ist sie doch v. a. aufgrund der umfangreichen Einfluss- und Steuerungsmöglichkeiten von Seiten der lokalen Gebietskörperschaften sehr geeignet, um das Thema Elektrifizierung des Busverkehrs anzugehen und umzusetzen. Dazu passt, dass sich sowohl der AVV als auch die Stadt Aachen mittlerweile deutlich in diese Richtung positioniert haben (und im Falle der Stadt Aachen bereits konkrete Förderprojekte angestoßen wurden) und damit die Randbedingungen auf deutscher Seite als sehr günstig bezeichnet werden können.

Im niederländischen Teil wurde die Aufgabenträgerschaft für den lokalen und regionalen Bus- und Bahnverkehr seit Mitte der 2000er Jahre sukzessiv auf die Provinz Limburg übertragen, die damit heute mit Ausnahme des Intercity-Verkehrs auf der Schiene, der weiterhin im Rahmen einer landesweiten Konzession durch NS betrieben wird, für den gesamten ÖV im Provinzgebiet zuständig ist. Im Jahr 2006 wurde im Rahmen einer ersten Ausschreibung der Verkehr für die Jahre 2006-2016 vergeben (an Veolia), in 2014/2015 im Zuge einer zweiten Ausschreibung für die anstehende Konzessionsperiode 2016-2031 (siehe auch 2.3).

Auch wenn die Struktur der Aufgabenträgerschaft weniger dezentral ausgerichtet ist als auf der deutschen Seite, ist die Provinz Limburg doch „klein“ genug, um genügend Einfluss- und Steuerungsmöglichkeiten der lokalen Gebietskörperschaften zu gewährleisten. Darüber hinaus hat sich die Provinz Limburg im Rahmen der o.g. Ausschreibung bereits sehr deutlich in Richtung Zero-Emission-ÖV positioniert und als Option darin sogar den Baustein „Emissionsfreies Stadtbusnetz“ Maastricht aufgenommen. Von daher können die Randbedingungen auf niederländischer Seite ebenfalls als sehr günstig bezeichnet werden.

Die belgische Seite der Charlemagne Grenzregion weist im Hinblick auf die ÖV-Aufgabenträgerschaft die am stärksten zentralisierte Struktur auf. Im Schienenpersonenverkehr erbringt die belgische Staatsbahn SNCB/NMBS im Auftrag der Föderalregierung im Rahmen eines öffentlichen Dienstleistungsauftrages alle Verkehre, im Busverkehr ist dies im Gebiet und im Auftrag der Wallonischen Region ebenfalls auf Basis eines öffentlichen Dienstleistungsauftrages das Unternehmen TEC. Sowohl im Bahn- als auch im Busverkehr haben die Verkehrsunternehmen dabei weit reichende Befugnisse, was sowohl die Verkehrsleistungen als auch die Struktur von Tarifen anbetrifft. Aufgrund der eher zurückhaltenden Ausübung der Aufgabenträgerschaft seitens der Wallonischen Region hat das Unternehmen TEC damit praktisch freie Hand bei der Gestaltung ihrer Verkehre.

In Kombination mit den fehlenden offiziellen Zuständigkeiten bei den lokalen und regionalen Gebietskörperschaften (im Falle der Charlemagne Grenzregion ist dies die Deutschsprachige Gemeinschaft) führt dies zu einer – zumindest zum heutigen Zeitpunkt – weniger günstigen Ausgangslage als auf niederländischer und deutscher Seite, da eine

Realisierung immer zwingend eine positive Haltung und Mitarbeit von Seiten des Unternehmens TEC erfordert.

2.2 Verkehrsunternehmen

Auf deutscher Seite der Charlemagne Grenzregion (Stadt und StädteRegion Aachen) ist im Busverkehr v. a. das kommunale Unternehmen ASEAG (Eigentümerin via EVA-Holding: Stadt Aachen) unterwegs. Weitere Unternehmen wie Taeter und RVE sind aufgrund der geringen Verkehrsleistungen sowie der nicht vorhandenen Relevanz für den grenzüberschreitenden Verkehr an dieser Stelle zu vernachlässigen.

Die ASEAG ist traditionell im grenzüberschreitenden Verkehr sowohl in die Niederlande (als alleiniger Konzessionär oder – derzeit – in Kooperation mit Veolia Transport Limburg) als auch nach Belgien (in Kooperation mit TEC und dem belgischen Subunternehmer SADAR) aktiv und ist daher mit den jeweiligen Verhältnissen und lokalen Randbedingungen in den Nachbarländern bestens vertraut. Hinzu kommt, dass die ASEAG als kommunales Unternehmen a) ausschließlich lokalen Bezug aufweist und b) der Eigentümerin Stadt Aachen untersteht und damit direkt mit der Ausführung von Projekten seitens der Stadt beauftragt werden kann. Hinzu kommt, dass die ASEAG der Einführung des elektrischen Antriebes in Ihrem Netz grundsätzlich positiv gegenübersteht, was das Projekt „Umbau eines Hybridbusses zu einem Elektrobus“ zeigt. Auch wenn dieses – aufgrund des Einzelstückcharakters und damit fehlenden Marktperspektive des Fahrzeugs – eher als singulärer Test denn als ernsthafter Einstieg zu werten ist, können die Randbedingungen an deutscher Seite als günstig bezeichnet werden – zumal mit der anberaumten Betrauung der ASEAG eine langfristige Kontinuität gewährleistet ist und aufgrund der kommunalen Struktur weitere Synergien möglich erscheinen (siehe 2.3 und 6.2).

Auf niederländischer Seite stellt sich die Situation grundlegend anders dar. Im Gebiet des Aufgabenträgers Provinz Limburg existieren seit 2001 (mit dem Verkauf von Stadsbus Maastricht an Veolia) keine kommunalen Verkehrsunternehmen mehr und die Provinz Limburg hat im Zuge der schrittweisen Übernahme der Aufgabenträgerschaft des Bus- und Bahnverkehrs eine konsequente und integrale Ausschreibungspolitik verfolgt, wodurch sämtliche regionalen Verkehre in der Provinz in die Hände eines Verkehrsunternehmens gelegt wurden. In der laufenden Konzession bis Dezember 2016 ist dies Veolia Transport Nederland, ab Dezember 2016 bis Dezember 2031 mit hoher Wahrscheinlichkeit (wenn die Vergabebeschwerde seitens Veolia abgewiesen wird) Arriva Nederland, eine Tochtergesellschaft der Deutschen Bahn.

Aufgrund der endenden Konzession einerseits und der nötigen Investitionen in Fahrzeuge andererseits erscheint ein möglicher Pilotbetrieb unter Beteiligung von Veolia nicht realistisch, wohingegen ein konstruktives Engagement seitens Arriva für einen möglichst zeitnahen Pilotbetrieb nach erfolgter rechtsgültiger Vergabe und Start der Konzession in 2016 als hochwahrscheinlich einzustufen ist, da Arriva im Zuge der Ausschreibung für die Konzession Limburg a) die Option „Emissionsfreier Stadtbusverkehr

Maastricht“ angeboten hat und b) darüber hinaus angegeben hat, bis 2026 den gesamten Busverkehr innerhalb Limburgs emissionsfrei zu betreiben.

Vor diesem Hintergrund können die Randbedingungen auch auf niederländischer Seite als günstig eingestuft werden.

Im Gebiet der deutschsprachigen Gemeinschaft Belgiens ist im Busverkehr (Subunternehmer ausgenommen) ausschließlich das Unternehmen TEC unterwegs, im grenzüberschreitenden Verkehr nach Deutschland in Kooperation mit der ASEAG, in die Niederlande (auf der Linie 396 nach Vaals) in Eigenregie. Wie auch für die ASEAG ist der grenzüberschreitende Verkehr dabei für TEC ein traditioneller Bestandteil des Betriebes, so dass die jeweiligen Randbedingungen in den Nachbarländern bekannt sind und sich (im Falle der Verbindung nach Aachen) die Kooperation mit den Kollegen jenseits der Grenze über Jahrzehnte eingespielt hat, was als günstige Voraussetzung bezeichnet werden kann.

Andererseits verfügt die TEC bislang über keine Erfahrungen im Bereich rein elektrischer Antriebe (in jüngerer Vergangenheit wurden lediglich ein Hybridbus sowie drei Bioethanol-Busse getestet) und es ist derzeit auch kein Projekt zum Linienbetrieb von Elektrobussen oder gar der Elektrifizierung von Linien oder Teilnetzen geplant. Dieser Umstand passt zu der auch in der Vergangenheit eher konservativen Ausrichtung des Unternehmens, was den Lokal- und Regionalbusverkehr anbetrifft, so dass zusammengefasst hier – verglichen mit der niederländischen und deutschen Seite – von etwas weniger günstigen Randbedingungen gesprochen werden kann

2.3 Vertragliche und finanzielle Situation und Perspektiven

Wie bereits weiter oben angesprochen, befindet sich auch im vertraglichen Verhältnis zwischen Aufgabenträger und Verkehrsunternehmen zumindest auf niederländischer und deutscher Seite zur Zeit Einiges in Bewegung, da sowohl in der Provinz Limburg als auch in Stadt und StädteRegion Aachen neue Verträge mit den künftig in der Region tätigen Verkehrsunternehmen anstehen.

Im Falle der Provinz Limburg ist dies – wie berichtet – höchstwahrscheinlich das Unternehmen Arriva Nederland, welches sich nach einer teils sehr turbulent verlaufenen europaweiten Ausschreibung die multimodale Konzession 2016-2031 sichern konnte. Auf deutscher Seite steht die Betrauung der ASEAG mit den Verkehren für den Zeitraum 2017-2027 an. Während sich also die gewählten Wege (europaweite öffentliche Ausschreibung vs. Betrauung des eigenen kommunalen Unternehmens) deutlich unterscheiden, ist beiden Sachverhalten jedoch gemein, dass sie einen optimalen Zeitpunkt darstellen, um von Seiten des jeweiligen Aufgabenträgers bzw. ggf. in Kooperation der Aufgabenträger dies- und jenseits der Grenze das Thema Elektrifizierung des (grenzüberschreitenden) Busverkehrs verbindlich in den vertraglichen Vereinbarungen mit den Verkehrsunternehmen zu verankern.

So sind nach der rechtsgültigen Vergabe der Limburger Konzession, d. h. nach einer Abweisung der Vergabebeschwerde seitens Veolia, recht kurzfristig die ersten Sitzungen der sog. „Ontwikkelteams“ geplant, in welchen das künftige Verkehrsunternehmen, Vertreter der Provinz sowie Vertreter von Kommunen und anderer Träger öffentlicher Belange zusammenkommen werden und die Überführung der im Rahmen der Ausschreibung abgegebenen Offerte in das konkrete künftige Liniennetz und Verkehrsangebot abstimmen.

Auf deutscher Seite (Stadt Aachen) sind die Vorbereitungen zur Betrauung der ASEAG zwar bereits recht weit gediehen, aber noch nicht abgeschlossen, so dass die Elektrifizierung des Busverkehrs grundsätzlich auch hier noch mit aufgenommen und verankert werden kann, um ihr seitens des Aufgabenträgers einen verbindlichen Status zu verleihen und damit eine Basis für die nächsten Realisierungsschritte zu legen (siehe auch 7.).

Die unterschiedlichen Vertragsstrukturen bzw. Verhältnisse Aufgabenträger-Verkehrsunternehmen zeigen sich auch recht deutlich an der finanziellen Komponente. Der jährliche Zuschuss an das künftige Verkehrsunternehmen für das Erbringen aller Leistungen im Rahmen der neuen Konzession in Limburg ist seitens der Provinz Limburg auf 55,5 Mio. € gedeckelt. Das künftige Verkehrsunternehmen muss demnach auch die Anschaffung von Elektrobussen und deren Betrieb hieraus bestreiten. Aufgrund der Ankündigung seitens Arriva, bereits in 2026 den Busverkehr in Limburg komplett emissionsfrei zu betreiben, kann abgeleitet werden, dass das Unternehmen dies bereits in Gänze in das abgegebene - und schlussendlich siegreiche - Angebot eingepreist hat.

Auf deutscher Seite wird der finanzielle Verlust der ASEAG - derzeit und vsl. auch in den nächsten Jahren ca. 25 Mio. € - nach Verrechnung mit den Gewinnen der STAWAG im Rahmen eines Ergebnisübernahmevertrages unter dem Dach der städtischen Energie- und Verkehrsgesellschaft durch die Stadt Aachen aufgefangen. Aufgrund der - im Gegensatz zur finanziellen Situation der Provinz Limburg - auch perspektivisch angespannten Lage des städtischen Haushaltes erscheint eine Erhöhung des finanziellen Defizits der ASEAG durch die Elektrifizierung von Busverkehren als schwierig bis unrealistisch. Vor diesem Hintergrund sind a) sorgfältige und kosteneffiziente Konzepte zur Elektrifizierung des Busverkehrs sowie die kreative Nutzung vorhandener Synergien (siehe 6.) gefragt und b) zusätzliche Fördermittel von Dritten zumindest für die investiven Aufwendungen nötig.

Auf belgischer Seite läuft der aktuelle öffentliche Dienstleistungsauftrag zwischen der Wallonischen Region und dem Verkehrsunternehmen TEC bis zum Jahre 2017. Im Rahmen dessen erhält TEC zur Erbringung aller Verkehrs- und sonstigen Leistungen einen jährlichen Zuschuss, der für die TEC-Abteilung Liège-Verviers, unter welche der belgische Teil der Charlemagne Region fällt, derzeit rund 120 Mio. € beträgt. Es ist als hochwahrscheinlich einzuschätzen, dass für die folgende Periode wieder ein vergleichbarer Auftrag seitens der Wallonischen Region an TEC erfolgen wird, in dessen Rahmen wiederum Zuschüsse für die Erbringung der

Leistungen gezahlt werden. Ob es diesbezüglich zu strukturellen Änderungen der Vertragsinhalte und/oder finanziellen Zuwendungen kommen wird, ist derzeit noch nicht bekannt. Darüber hinaus gilt jedoch wie für die niederländische und deutsche Seite, dass die Vorbereitung und inhaltliche wie vertragliche Ausgestaltung einer neuen Konzessions- bzw. Vertragsperiode den optimalen Zeitpunkt darstellt, um Themen und Projekte verbindlich zwischen Aufgabenträger und Verkehrsunternehmen abzustimmen und zu verankern.

2.4 Herangehensweise zur Einführung von E-Mobilität

Die Entscheidung zur Elektrifizierung des Busverkehrs ist immer auch ein strategischer Beschluss mit sehr großer Tragweite – finanziell, technisch und betrieblich. Denn die umfassende Elektrifizierung ganzer regionaler Netze und Busflotten bedeutet nach vielen Jahrzehnten des reinen Dieselbusbetriebs nicht weniger als einen revolutionären Wechsel nicht nur der Antriebstechnologie, sondern auch der damit verbundenen Randbedingungen, Anforderungen und Konsequenzen – begonnen bei den Fahrzeugen und der nötigen (Lade-)Infrastruktur über die Einrichtung der Werkstätten und Ausbildung des Fahr- und Werkstattpersonals bis hin zum Netz- und Fahrplan sowie der Umlauf- und Dienstplanung.

Aufgrund dessen sollte eine Entscheidung für die Elektrifizierung – auch vor dem Hintergrund der laufenden technologischen Weiterentwicklungen und angesichts der zu tätigen Investitionen – niemals nur auf Basis eines definierten Status Quo und der kurzfristig anfallenden Kosten gefällt werden, sondern nach einer sorgfältigen und ganzheitlichen Abwägung aller Aspekte und Randbedingungen und einer langfristigen finanziellen Bewertung – schließlich ist die Entscheidung zur Elektrifizierung auch eine sehr langfristige.

In den folgenden Kapiteln werden die verschiedenen Möglichkeiten der Herangehensweise erläutert und bewertet.

2.4.1 Netzbezug oder Technologiebezug?

Ungeachtet der gewählten technischen Systemlösung (siehe Kapitel 3.1) existieren zwei grundsätzliche Möglichkeiten zur Elektrifizierung des Busverkehrs – zum einen die schrittweise Elektrifizierung bestehender Netze unter möglichst weitgehender Beibehaltung der zugehörigen Betriebskonzepte (*Netzbezug*) und zum anderen die konsequente Anpassung der Netze und Betriebskonzepte an die Erfordernisse der gewählten elektrischen Traktionsvariante (*Technologiebezug*).

Erstere Variante hat auf den ersten Blick den Vorteil, dass betriebliche Optimierungen, welche bei Dieselflotten einen möglichst (kosten-)effizienten Betrieb zur Folge haben, scheinbar erhalten bleiben. Beispiele hierfür sind sog. Linienwechsler („fährt weiter als Linie...“) oder minimierte Wendezeiten an den Linienenden, um die vorhandenen Fahrzeug- und Personalkapazitäten maximal zu nutzen.

Letztere Variante dahingegen erfordert nicht nur mitunter eine aufwändige Umarrangierung von Teil- oder gar gesamten Netzen und daher eine diesbezügliche Bereitschaft, teils über Jahrzehnte gewachsene Strukturen aufzugeben. Sie ist zudem dadurch gekennzeichnet, dass neben den Aufwendungen für die anfänglichen Investitionen auch – aufgrund des vermeintlich „weniger effizienten“ Betriebs – kurzfristig höhere operative Kosten entstehen können.

Vor diesem Hintergrund erscheint eine Favorisierung der ersten Variante, insbesondere in Städten und Regionen mit stark betrieblich optimierten Netzen wie z. B. in Aachen, zunächst nachvollziehbar.

Bei einer näheren Beschäftigung mit den Anforderungen des elektrischen Betriebs, z. B. der Notwendigkeit, batteriebetriebene Busse mit einer deutlich geringeren Reichweite als Dieselsebusse regelmäßig nachladen zu müssen, wird jedoch schnell deutlich, dass „optimaler“ Betrieb in Dieselnetzen anders aussieht als in elektrischen Netzen und demzufolge Dieselnetze in den allermeisten Fällen – v. a. unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten – nicht 1 zu 1 elektrifiziert werden können.

Vereinfacht dargestellt lässt sich sagen: Je stärker ein bestehendes Netz/Betriebskonzept „durchoptimiert“ ist und je weniger Freiheiten und Pufferzeiten dieses aufweist, desto weniger ist es geeignet, um ohne größere Anpassungen wirtschaftlich verantwortbar elektrifiziert zu werden.

Umgekehrt bedeutet dies: Je konsequenter Verkehrsunternehmen und Aufgabenträger versuchen, die betreffenden Verbindungen und Netze auf die Erfordernisse des elektrischen Betriebes abzustimmen (z. B. durch linientreuen Betrieb und mehr Stillstands- bzw. Pufferzeiten), desto effizienter lassen sich die Vorteile der elektrischen Traktion (v.a. geringerer Energieverbrauch und damit zusammenhängend z. T. deutliche geringere Betriebskosten) ausnutzen und desto günstiger ist langfristig der Betrieb.

Daher gilt: Ist seitens eines Verkehrsunternehmens und/oder Aufgabenträgers die schrittweise oder gleichzeitige Elektrifizierung von Busnetzen geplant, so ist abhängig von der Struktur des bestehenden Netzes eine – zumindest teilweise – Überplanung und Anpassung dessen notwendig, um eine langfristige betriebswirtschaftliche Darstellbarkeit zu erhalten. Eine Elektrifizierung rein auf Basis bestehender Umlaufplanungen ist nicht zielführend und sollte daher vermieden werden.

2.4.2 On-Top oder integriert?

Eine theoretische weitere Möglichkeit bestünde darin, erste elektrische Linien zusätzlich zum bestehenden Angebot zu betreiben, um einerseits dessen Betriebskonzept nicht antasten zu müssen und andererseits bereits von Beginn an effizienten „Elektrobetrieb“ fahren zu können.

Ein solches Parallelkonzept ist jedoch nicht zu empfehlen, da es für den Zeitraum des Betriebes erhebliche Zusatzkosten zur Folge hat, durch die vorhandene Fahrgastnachfrage i.d.R. nicht gerechtfertigt werden kann und gleichzeitig die bestehenden Netze nicht in Richtung der E-Mobilität

entwickelt. Die genannten Gründe könnten zudem dazu führen, dass die öffentliche Rezeption eines solchen Projektes von Beginn an negativ geprägt ist.

Von daher sollte eine Elektrifizierung in jedem Falle eingebettet in lokale/regionale Liniennetze stattfinden.

2.4.3 Finanzieller Bewertungshorizont

Einer der Schlüsselbegriffe eines jeden Elektrifizierungsvorhabens ist das sog. „Total Cost of Ownership“, kurz TCO, das für sämtliche Kosten eines Fahrzeuges (bzw. einer Fahrzeugflotte) während der gesamten Zeit des Besitzes und Einsatzes auf Seiten des Verkehrsunternehmens steht. Mittels dieser Kalkulation lässt sich die finanzielle Darstellbarkeit eines Elektrifizierungsvorhabens für das betreffende Verkehrsunternehmen und/oder den zuständigen Aufgabenträger errechnen und vergleichende Betrachtungen mit dem Einsatz von EURO 6-Dieselsbussen anstellen.

Zentraler Vorteil einer solchen TCO-Betrachtung ist, dass nicht nur die kurzfristig entstehenden (Investitions-)Kosten, z. B. für die Anschaffung von Fahrzeugen und (Lade-)Infrastruktur, beurteilt werden. Würden allein diese herangezogen, wären Elektrifizierungsvorhaben heute und auch perspektivisch schwierig umsetzbar, da die Anschaffungspreise für Elektrobusse noch immer deutlich über denen von EURO 6-Dieselsbussen liegen (je nach Fabrikat und Ausstattung mit einem Verhältnis von 2-1,7 zu 1) und der heute schon große Vorteil der Elektrobusse, deutliche niedrigere Betriebs- und Wartungskosten, in Summe erst nach mehreren Jahren eine vollständige Kompensation ermöglicht.

Bei sorgfältiger Netz- und Betriebsplanung der elektrifizierten Linien erscheint bereits heute ein – auf die gesamte Einsatzzeit der Busse (10+ Jahre) bezogen – günstigerer Betrieb als mit EURO 6-Dieselsbussen möglich (siehe hierzu auch Kapitel 3.1 und 6.1).

2.4.4 Sachstand in den einzelnen Regionen/Ländern

Wie bereits weiter oben erwähnt, sind nahezu überall in (West-)Europa mehr und mehr elektrische Busse unterschiedlicher Hersteller, Größe und Systemvariante im Testbetrieb unterwegs – sowohl mit induktiver als auch konduktiver Stromversorgung, mit kleiner und großer Batterie und Reichweite, Unterwegs- und Übernachtnachladung.

Neben dem reinen Testbetrieb als vereinzelt „Mitläufer“ auf bestehenden Linien sind auch bereits in diversen Städten Pilotbetriebe auf einzelnen Linien gestartet worden, wie z. B. in Münster, Dresden, Berlin, Oberhausen und in Kürze auch in Köln.

Es fällt jedoch auf, dass eine (teil-)netzweite Elektrifizierung „im großen Stil“ bislang noch nirgends stattgefunden hat. Erklärbar ist dies v. a. mit dem Umstand, dass sich bis heute noch keine elektrische Systemlösung als Vorzugsvariante durchgesetzt und selbst innerhalb der verschiedenen

grundsätzlichen Varianten (z. B. bei den Schnellladesystemen, siehe auch Kapitel 3.1) noch keine Standardisierung stattgefunden hat.

Im Gebiet der Charlemagne Grenzregion ist derzeit allein die ASEAG testweise mit Elektrobussen unterschiedlicher Hersteller und Spezifikationen unterwegs. Darüber hinaus wurde von der ASEAG ein Hybridbus angeschafft und in Kooperation mit einem Aachener Unternehmen zu einem Elektrobus umgebaut, der jedoch lediglich Einzelstückcharakter aufweist und als reiner Versuchsträger zur Sammlung von Erfahrungen betrachtet werden sollte.

Für die nahe Zukunft sind jedoch sowohl auf deutscher als auch niederländischer Seite bedeutende Schritte zum Einstieg in eine weit reichende Elektrifizierung vorgesehen. So hat der Mobilitätsausschuss der Stadt Aachen in seiner Sitzung am 10.9.2015 auf Basis der Ergebnisse des in der Einleitung bereits erwähnten Gutachtens der Fraunhofer Gesellschaft, welches kürzlich für die innerstädtischen Aachener Linien erstellt wurde, beschlossen, dass die weiteren konzeptionellen Vorbereitungen für eine Elektrifizierung mehrerer Linien vorangetrieben werden sollen. Auf niederländischer Seite startet im Dezember 2016 die neue ÖV-Konzession in Limburg, in welcher aller Voraussicht nach auch von Beginn an das Maastrichter Stadtbusnetz elektrisch betrieben wird und daran anschließend sukzessive bis 2026 sämtliche Buslinien im gesamten Provinzgebiet (mit ca. 250 Bussen) elektrifiziert werden sollen.

Vor diesem Hintergrund wird dringend empfohlen, neben möglichen grenzüberschreitenden Pilotlinien, die in der vorliegenden Untersuchung betrachtet werden, auch die übrigen Elektrifizierungsplanungen an beiden Seiten der Grenze durch eine enge Kooperation der konzessionierten Verkehrsunternehmen und Aufgabenträger auf einander abzustimmen und zu harmonisieren – um auf diese Weise nicht nur die Interoperabilität von Beginn an zu gewährleisten und damit eine europaweite Vorbildfunktion einzunehmen, sondern auch mögliche weitere Vorteile wie z.B. Kosteneinsparungen durch größere (gemeinsame) Fahrzeugbestellungen, Kooperation bei Wartung und Unterhalt sowie bei Ladeinfrastrukturen zu erreichen.

3. HERANGEHENSWEISE IM UNTERSUCHUNGSFALL

3.1 Festlegung der Technologie

Zur Zeit sind sowohl induktive (Ladung ohne physischen Kontakt) als auch konduktive (Ladung mit physischem Kontakt, z. B. über Stecker) Systeme in den unterschiedlichsten Ausführungen, die je nach Hersteller z. T. stark variieren, erhältlich. Auch die Batteriegröße und damit Gewicht, Fahrgastkapazität und Reichweite schwanken erheblich – als grundsätzliche Kategorien unterscheidet man hier die sog. „Overnight-Charger“ (Batteriebusse mit großer Batterie, die nach dem Einsatz im Betriebshof über mehrere Stunden geladen werden) auf der einen und die sog. „Opportunity-Charger“ (Batteriebusse mit kleiner Batterie, die i.d.R. an den Endpunkten der Linie innerhalb der Wendezeit mit hoher Ladeleistung nur wenige Minuten geladen werden) auf der anderen Seite. Daneben sind weiterhin klassische Trolleybusse mit Pantograph (ohne Energiespeicher) erhältlich, die über Oberleitungen kontinuierlich mit Strom versorgt werden. In jüngerer Vergangenheit wurden diese ergänzt durch hybride Varianten, die zusätzlich zum Pantograph mit einer kleinen Batterie ausgestattet sind und damit begrenzte Strecken ohne Oberleitung befahren können und danach die Batterie wieder über die Oberleitung aufladen.

Wie bereits im vorangegangenen Kapitel angedeutet, hat sich bis zum heutigen Zeitpunkt noch keine der verschiedenen angebotenen Systemlösungen im Bereich der elektrischen Busse entscheidend durchgesetzt. Auch werden nahezu alle verschiedenen erhältlichen Systeme derzeit und wahrscheinlich auch perspektivisch noch weiterentwickelt, so dass zum heutigen Zeitpunkt keine eindeutige Aussage getroffen werden kann, wie sich der Markt und die angebotenen Systemlösungen in einigen Jahren darstellen werden.

Tendenziell absehbar ist jedoch, dass sich – jedenfalls im ÖPNV auf kurzen bis mittleren Distanzen und in eher städtisch geprägten Regionen – die „Opportunity-Charger“-Variante zur weit verbreiteten Anwendungslösung entwickeln dürfte. Die kleine, leichte und im Vergleich zu den „Overnight-Chargern“ günstigere Batterie hat einen geringeren Energieverbrauch (aufgrund der geringeren Achslast des Fahrzeuges) sowie eine höhere Fahrgastkapazität zur Folge. Zusammen mit dem Umstand, dass „Opportunity-Charger“ anders als „Overnight-Charger“ über den gesamten Betriebstag eingesetzt werden können und nicht nach maximal rund 200 km für mehrere Stunden aufgeladen und daher durch ein anderes, voll geladenes Fahrzeug ersetzt werden müssen, sind für diese Variante bei sorgfältiger Netz- und Betriebsplanung und -abstimmung wesentlich günstigere TCO-Werte erreichbar als bei den „Overnight-Chargern“ (siehe Abbildung auf der folgenden Seite), was insbesondere bei engen finanziellen Spielräumen auf Seiten der Verkehrsunternehmen und/oder Aufgabenträger von großer Bedeutung sein kann.

Innerhalb der „Opportunity-Charger“-Lösungen besteht wiederum die Wahl zwischen den konduktiven und induktiven Ladesystemen. Aufgrund der Tatsache, dass sich bei induktiven Systemen Ladeleistungen von „lediglich“

200 kW realisieren lassen (z. B. Bombardier Primove), bei induktiven (Schnelllade-)Systemen jedoch – nach heutigem Entwicklungsstand – bis zu 500 kW und damit erhebliche kürzere Ladezeiten möglich bzw. weniger Ladevorgänge nötig sind, sind letztere als deutlich flexibler einzustufen.

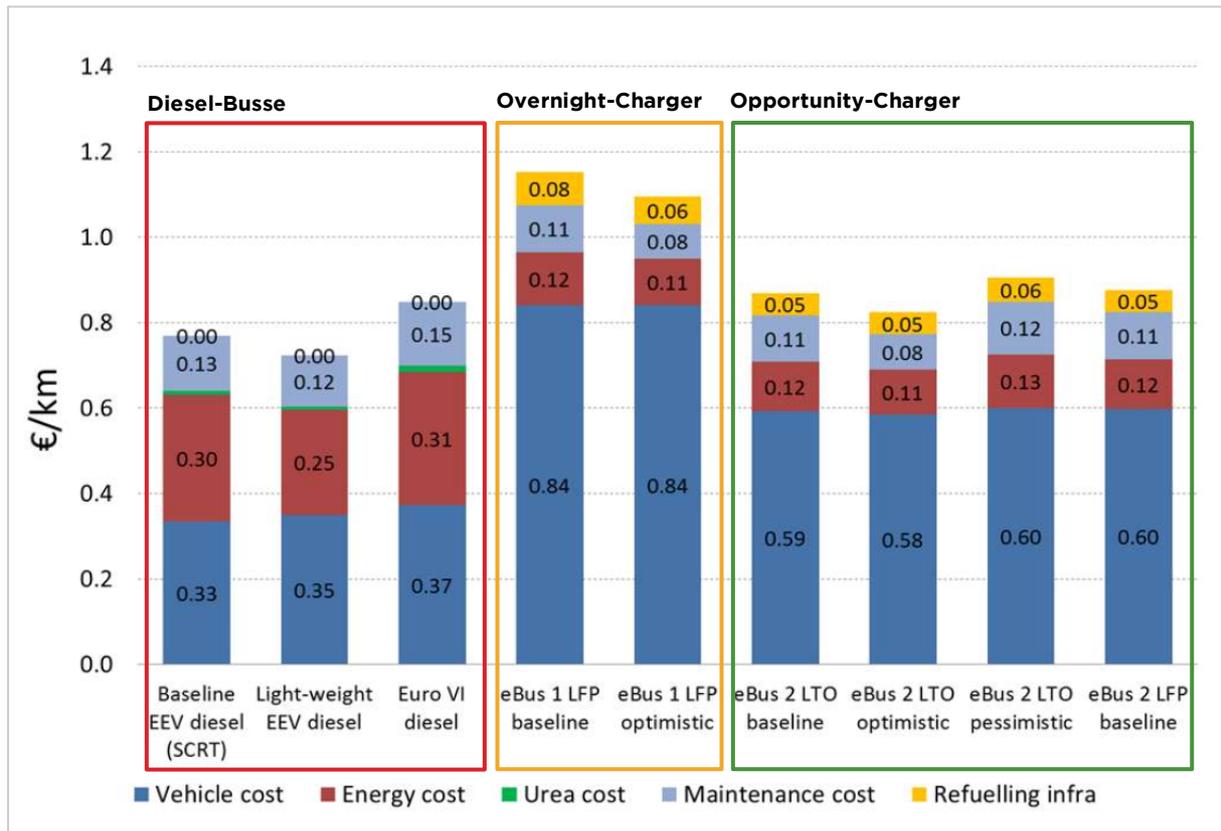


Abbildung 1: vergleichende TCO-Analyse für Diesel-, Overnight-Charger- und Opportunity-Charger-Busse auf Basis eines TCO-Tools des finnischen Forschungsinstitutes VTT, Stand: 2014 (Quelle: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2014/OA-Fully-Electric.pdf>, Bearbeitung: stellwerk bv)

Bei den induktiven (Schnell-)Ladesystemen ist schließlich noch die Wahl zwischen den verschiedenen Stromübertragungslösungen zu treffen. In diesem Zusammenhang sind weniger die (zu vernachlässigenden) technischen Unterschiede als vielmehr die städtebauliche Eignung ausschlaggebend für die letztliche Wahl. Während ausfahrbare Pantographensysteme an den Ladestationen deutlich sichtbare Ausleger in einer Höhe von mehreren Metern erfordern, sind seitliche Konnektorensysteme nahezu unsichtbar in die Umgebung integrierbar.

Eines dieser Systeme wurde von den RWTH Aachen-Instituten ISEA (Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe) und IFAS (Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen) in Kooperation mit diversen mittelständischen Betrieben entwickelt und wird derzeit in Münster von den Stadtwerken Münster im Rahmen des europäischen Pilotprojektes ZeEUS (www.zeeus.eu) im Linienbetrieb getestet. Dieses System vereint alle (v.a. finanziellen) Vorteile der „Overnight-Charger“-Technologie mit einer hervorragenden städtebaulichen Verträglichkeit. Hinzu kommt dass das System maßgeblich in Aachen entwickelt wurde und daher das know-how zur Implementierung und zukünftigen

Weiterentwicklung vor Ort vorhanden ist. Aus diesen Gründen fällt die Technologiewahl für die vorliegende Untersuchung auf dieses System.

3.2 Das Aachener Schnellladesystem

Das gewählte „Aachener“ Schnellladesystem, über welches sehr hohe Ladeleistungen bis zu 500 kW erreichbar sind, besteht aus drei Teilen:

- a) *der busseitigen Technik*: Ladebuchse seitlich auf dem Dach, Leitungen, Batteriepaket und Antrieb
- b) *der haltestellenseitigen Technik*: automatischer Konnektor inkl. Motorisierung auf dem Dach der Haltestelle sowie Zuleitung
- c) *der Ladeelektronik*: redundant ausgeführte Ladegeräte (4 Module), Transformator, Kühlung, Leitungen; diese Elemente sind in einer ca. TEU-großen Behausung in direkter Nähe der Haltestelle untergebracht und über Leitungen mit dem Konnektor auf dem Dach der Haltestelle verbunden

Neben den beiden RWTH Instituten waren an der Entwicklung diverse große und mittelständische Unternehmen aus Deutschland sowie als Busherstellerpartner das Unternehmen VDL aus den Niederlanden (Eindhoven) beteiligt. Die Struktur der Kooperation zeigt untenstehende Abbildung:



Abbildung 2: Struktur und Zuständigkeiten der Kooperationspartner bei der Entwicklung des „Aachener Schnellladesystems“ (Quelle: ISEA RWTH Aachen)

Die verschiedenen Komponenten in der Praxis in Münster zeigen folgende Abbildungen:



Abbildungen 3 und 4: Behausung für die verschiedenen Ladekomponenten; Leitungskanal am Warthäuschen einer Haltestelle (Quelle: stellwerk bv)



Abbildung 5: Konnektor-Verbindung zwischen Haltestellendach und Bus während des Ladevorganges (Quelle: Stadtwerke Münster)

Im derzeitigen Praxisbetrieb in Münster werden die Batterien in den Bussen an den Endhaltestellen in der vorhandenen Wendezeit innerhalb weniger Minuten wieder aufgeladen.

Dazu fährt der Busfahrer bis zu einer leicht sichtbaren Markierung im Haltestellenbereich, stoppt das Fahrzeug und betätigt eine Taste im Armaturenbereich. Daraufhin fährt der Konnektor, welcher in alle Richtungen beweglich ist und einen Toleranzbereich von 40 cm im Hinblick auf den Fahrzeugstandort aufweist, automatisch an die seitliche Buchse auf

dem Fahrzeugdach heran und verbindet sich mit ihr, um dann den Ladevorgang zu starten. Nach Erreichen des gewünschten Ladestatus koppelt sich der Konnektor wiederum automatisch ab, so dass die nächste Linienfahrt des Busses starten kann.

Über ein Online-Tool sind alle relevanten Daten des Busses (Ladestatus, Reichweite, Batterietemperatur etc., aber auch möglich Störungen) in Echtzeit in der Betriebsleitstelle abrufbar, so dass eine sehr effiziente Betriebssteuerung möglich ist.

3.3 Integration in bestehende Systeme

Lokale und regionale ÖPNV-Netze sind – ungeachtet, ob mit Diesel- oder Elektrobussen betrieben – in aller Regel bis heute nicht kostendeckend zu betreiben, so dass die entstehenden Verluste durch die öffentlichen Aufgabenträger (direkt oder mittelbar) aufgefangen werden müssen.

Diese sind selbstverständlich bestrebt, die Verluste des Betriebs so klein wie möglich zu halten bzw. zumindest nicht größer werden zu lassen. Dies gilt insbesondere für die deutsche Seite der Charlemagne Grenzregion, auf welcher die Finanzlage der öffentlichen Haushalte nach wie vor als sehr angespannt bezeichnet werden kann.

Ein kurzfristiger grenzüberschreitender Pilotbetrieb, welcher bereits vor einer größeren Anpassung des vorhandenen Liniennetzes und zugehörigen Betriebes auf die Erfordernisse elektrischer Traktion stattfinden soll, kann daher realistisch ausschließlich auf Linien, deren Betrieb bereits durch bestehende Verträge/Konzessionen finanziert ist, umgesetzt werden.

Darüber hinaus sollten diese Linien bereits so ausgestaltet sein, dass durch eventuell notwendige Anpassungen weder mehr Personal und Fahrzeuge eingesetzt werden müssen, noch die verkehrlichen Funktionen der Linien eingeschränkt werden oder gar verloren gehen.

Vor diesem Hintergrund werden daher mittels verschiedener Kriterien in unterschiedlichen Bereichen im folgenden Kapitel die bestehenden grenzüberschreitenden Buslinien auf ihre Eignung hin überprüft.

Eine schlechte Bewertung auf Basis des Schemas bedeutet daher nicht, dass eine technische Machbarkeit der Elektrifizierung nicht gegeben ist, sondern die entsprechende Linie im Ergebnis aller bewerteten Kriterien derzeit (v.a. wirtschaftlich) wenig geeignet erscheint.

4. AUSWAHL GEEIGNETER LINIEN/VERBINDUNGEN

4.1 Derzeitige und perspektivisch geplante grenzüberschreitende Buslinien

Das derzeitige Netz grenzüberschreitender Buslinien im Gebiet der Charlemagne Grenzregion, insgesamt 12 an der Zahl, basiert zum Teil noch auf ehemaligen Straßenbahnlinien (z. B. Linie 14 Eupen – Aachen oder Linie 25 Vaals – Aachen – Stolberg) und hat sich in den vergangenen 15 Jahren mit Ausnahme der Anbindung des binationalen Gewerbegebietes Avantis von beiden Seiten der Grenze praktisch nicht verändert. Es wird momentan und nach derzeitiger Planung auch auf absehbare Zukunft von drei Unternehmen betrieben: der deutschen ASEAG, TEC in Belgien und auf niederländischer Seite bis Ende 2016 Veolia und ab Ende 2016 vsl. Arriva.

Die Linien werden teils in Gemeinschaftskonzession (z. B. Linie 14 von TEC/ASEAG) und teils nur durch ein Unternehmen betrieben (z. B. Linie 50 von Veolia). Auch diese Struktur ist historisch gewachsen und hat sich in jüngerer Vergangenheit nicht mehr geändert.

Die momentan betriebenen grenzüberschreitenden Linien im Gebiet der Charlemagne Region werden im Folgenden kurz dargestellt:

- Niederlande – Deutschland
 - o *Linie 25 (ASEAG): Vaals Busstation – Stolberg Mühlener Bf*

Linienlänge: 22,7 km (davon in NL 0,5 km, in DE: 22,2 km)
Anzahl Haltestellen: 52
Anzahl Fahrten/Tag/Richtung: 35
Liniencharakter: Hochfrequentierte, dicht getaktete Stadt-Umlandlinie (30') mit hohem Gelenkbusanteil und anspruchsvoller Topografie
→ geht aufgrund der eingeschränkten grenzüberschreitenden Funktion und Berücksichtigung in der aktuellen Fraunhofer-Untersuchung der Aachener Innenstadtlinien nicht in die Bewertung mit ein
 - o *Linie 27 (Veolia): Kerkrade Parkstad Stadion – Avantis*

Linienlänge: 8,2 km (davon in NL: 5,4 km, in DE: 2,8 km)
Anzahl Haltestellen: 11
Fahrten/Tag/ Richtung: 24
Liniencharakter: reine Zubringerlinie zu den Gewerbegebieten Avantis und Trilandis, wenig frequentiert, jedoch auf Basis optimierter Umläufe dicht getaktet (30'), betrieben mit Kleinbussen
 - o *Linie 30 (Veolia): Kerkrade Busstation – Herzogenrath Bf*

Linienlänge: 4,3 km (davon in NL: 2 km, in DE: 2,3 km)

Anzahl Haltestellen: 11
Fahrten/Tag/ Richtung: 29
Liniencharakter: Kurze Stadt-Stadt-Verbindung zwischen den ÖV-Hauptverknüpfungspunkten beider Städte, (derzeit) geringe Nachfrage, daher betrieben mit Kleinbussen, durch optimierte Umläufe jedoch dichter Takt (30') möglich

○ *Linie 33 (ASEAG): Vaals Flats - Aachen Fuchserde*

Linienlänge: 18 km (davon in NL: 3,6 km, in DE: 14,4 km)
Anzahl Haltestellen: 45
Fahrten/Tag/ Richtung: 37
Liniencharakter: sehr stark frequentierte, relativ lange Aachener Stadtbuslinie mit (beschränkter) Erschließungsfunktion in Vaals, v.a. bedeutsam für die RWTH Campusbereiche Melaten und Hörn, dichter Takt (grenzüberschreitend 30', ab Uniklinik 15'), enge Haltestellenfolge, sehr hohe Gelenkbusdichte, wechselnde Endpunkte in Vaals
→ geht aufgrund der eingeschränkten grenzüberschreitenden Funktion und Berücksichtigung in der aktuellen Fraunhofer-Untersuchung der Aachener Innenstadtlinien nicht in die Bewertung mit ein

○ *Linie 34 (ASEAG): Kerkrade Busstation - Aachen Brand*

Linienlänge: 24,9 km (davon in NL: 3,2 km, in DE: 21,7 km)
Anzahl Haltestellen: 55
Fahrten/Tag/ Richtung: 13
Liniencharakter: sehr lange Stadt-Umlandverbindung mit sehr vielen Haltestellen, jedoch momentan nur wenigen, grenzüberschreitenden Fahrten von/nach Kerkrade (keine durchgehende Vertaktung), häufig wechselnde Endpunkte, keine einheitliche Linienführung

○ *Linie 44 (Veolia/ASEAG): Heerlen Station - Aachen Hbf*

Linienlänge: 20,7 km (davon in NL: 9,2 km, in DE: 11,5 km)
Anzahl Haltestellen: 34
Fahrten/Tag/ Richtung: 32
Liniencharakter: relativ direkte und verhältnismäßig schnelle Stadt-Stadt-Linie zwischen den beiden Hauptbahnhöfen, dicht getaktet (30') und gut nachgefragt, gemeinschaftlich von Veolia und ASEAG betrieben

○ *Linie 50 (Veolia): Maastricht Station - Aachen Theater*

Linienlänge: 32 km (davon in NL: 27,4 km, in DE: 4,6 km)
Anzahl Haltestellen: 37
Fahrten/Tag/ Richtung: 58
Liniencharakter: sehr stark frequentierte, sehr lange und ziemlich langsame Stadt-Stadt-Verbindung zwischen den Hauptbahnhöfen und Innenstädten beider Städte, dichtester

Takt (15') aller grenzüberschreitenden Buslinien in der Charlemagne Region

- *Linie 74 (ASEAG): Avantis - Aachen Hbf*

Linienlänge: 14,1 km (davon in NL: 2,1 km, in DE: 12 km)
Anzahl Haltestellen: 13
Fahrten/Tag/ Richtung: 6 (davon 4 im Bedarfsverkehr)
Liniencharakter: reiner Zubringerverkehr zum Gewerbegebiet Avantis via A4/A76, nur zwei feste Linienfahrten, ansonsten Bedarfsverkehr, geringe Nachfrage, daher Betrieb mit Kleinbus

- Belgien - Deutschland

- *Linie 14 (TEC/ASEAG): Eupen Bushof - Aachen Bushof*

Linienlänge: 19 km (davon in BE: 11,1 km, in DE: 7,9 km)
Anzahl Haltestellen: 40
Fahrten/Tag/ Richtung: 30
Liniencharakter: gut nachgefragte, relativ lange und verhältnismäßig schnelle Stadt-Stadt-Verbindung zwischen den Hauptverknüpfungspunkten, dicht getaktet (30') und gemeinschaftlich betrieben

- *Linie 24 (ASEAG): Kelmis Bruch - Aachen Rahe im Ring*

Linienlänge: 16,2 km (davon in BE: 2,6 km, in DE: 13,6 km)
Anzahl Haltestellen: 42
Fahrten/Tag/ Richtung: 34
Liniencharakter: stark frequentierte Aachener Stadtbuslinie mit zusätzlicher grenzüberschreitender Erschließungsfunktion im Vorort Kelmis, dichter Takt (30'), enge Haltestellenfolge, wechselnde Endpunkte an deutscher Seite, betriebliche Kooperation mit belgischem Unternehmen SADAR

- *Linie 385 (TEC/RVE): Eupen Bushof - Kalterherberg Bf*

Linienlänge: 28,5 km (davon in BE: 15 km, in DE: 13,5 km)
Anzahl Haltestellen: 31
Fahrten/Tag/ Richtung: 4 (Betrieb nur am Wochenende!)
Liniencharakter: reine Freizeitverkehrslinie ins Hohe Venn, keine Werktagsbedienung, sehr eingeschränkte Fahrtenzahl (120'-Takt), gemeinschaftlicher Betrieb von TEC und RVE

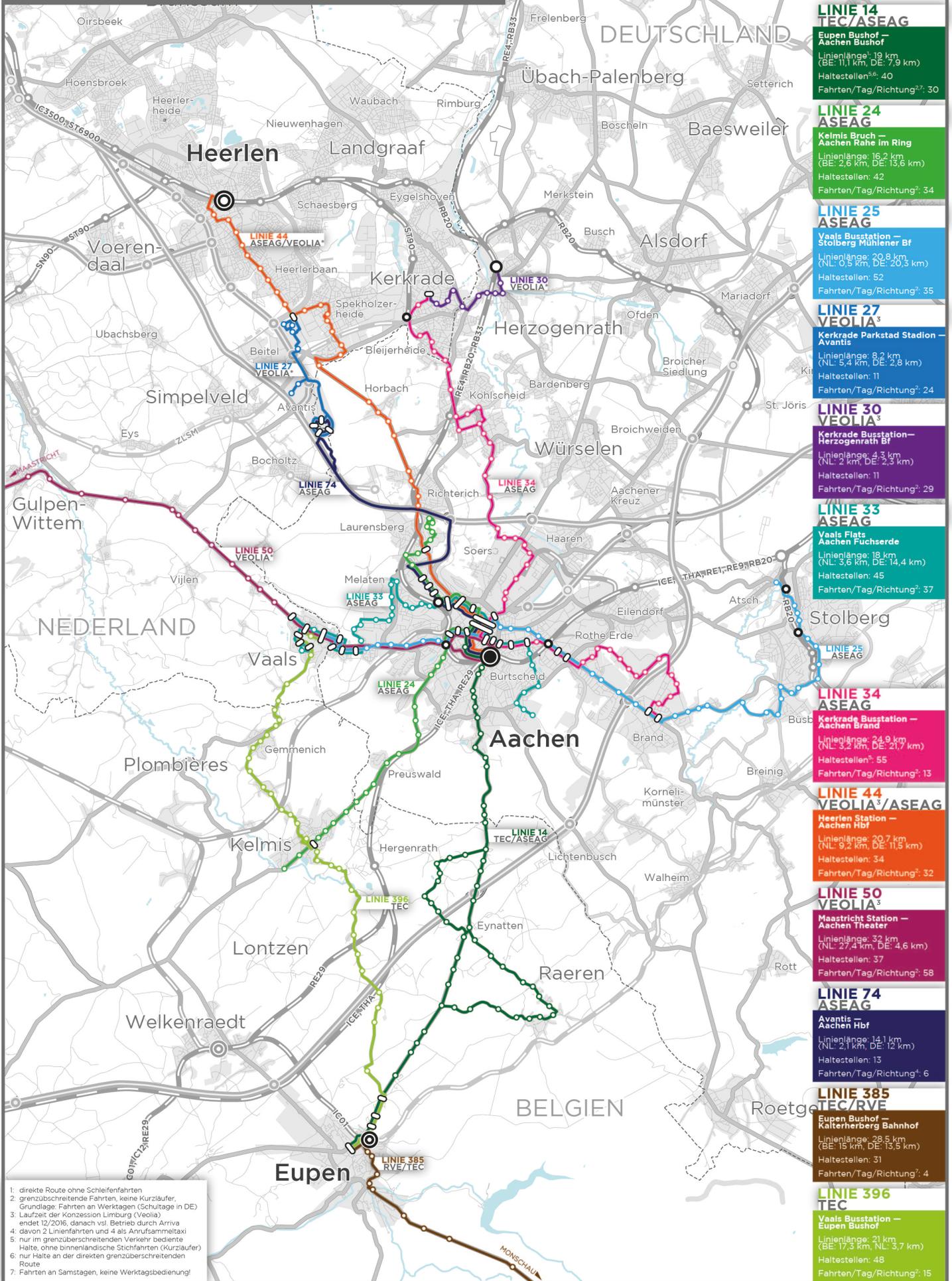
- Niederlande - Belgien

- *Linie 396 (TEC): Vaals Bushof - Eupen Bushof*

Linienlänge: 21 km (davon in NL: 3,7 km, in BE: 17,3 km)
Anzahl Haltestellen: 48

Fahrten/Tag/ Richtung: 15
Liniencharakter: belgische Regionallinie mit zusätzlicher
grenzüberschreitender Anschlussfunktion nach Vaals, sehr viele
Haltestellen, relativ geringe Nachfrage, sehr anspruchsvolle
Topographie, Stundentakt

GRENZÜBERSCHREITENDE BUSLINIEN im Gebiet der AG Charlemagne – Fahrplan 2015



- 1: direkte Route ohne Schleifenfahrten
- 2: grenzüberschreitende Fahrten, keine Kurzläufer, Grundlage: Fahrten an Werktagen (Schultage in DE)
- 3: Laufzeit der Konzession Limburg (Veolia) endet 12/2016, danach vsl. Betrieb durch Arriva
- 4: davon 2 Linienfahrten und 4 als Anrufsammeltaxi
- 5: nur im grenzüberschreitenden Verkehr bediente Halte, ohne binnenländische Stichfahrten (Kurzläufer)
- 6: nur Halte an der direkten grenzüberschreitenden Route
- 7: Fahrten an Samstagen, keine Werktagsbedienung!

Abbildung 6 (Quelle: stellwerk bv/openstreetmap.org (ODbL))

Für die nähere Zukunft ist – abgesehen von einer möglichen Anpassung auf elektrischen Betrieb – nicht damit zu rechnen, dass sich die o. g., aus nachvollziehbaren Gründen auf die Stadt Aachen ausgerichtete Struktur tiefgreifend ändern wird.

Im Rahmen der neuen Konzession in der niederländischen Provinz Limburg ab Dezember 2016 sind jedoch folgende kleinere Änderungen für den grenzüberschreitenden Verkehr vorgesehen/möglich:

- *Linien 27 und 30*

Beide Linien waren in der Ausschreibung für die Konzession Limburg klassifiziert als „Zoekgebiedslijnen“, also Verbindungen, die aufgrund der derzeit geringen Nachfrage mit alternativen Konzepten und Linienführungen angeboten werden können. Änderungen der Linienführungen und Bedienungskonzepte sind demnach möglich/gewünscht. Dies wird im weiteren Verlauf dieser Ausarbeitung bereits berücksichtigt.

- *Linie 44*

In der Ausschreibung wurde bereits ein veränderter Linienweg vorgegeben, welcher der heutigen und perspektivischen Nachfrage besser Rechnung trägt. Künftig wird demnach auch das Heerlener Krankenhaus (Zuyderland) und der Hochschulcampus (u.a. Zuyd Hogeschool) direkt von Aachen aus erreichbar sein, was zu steigenden Fahrgastzahlen auf der Linie führen dürfte. Auch diese Änderung wird im Folgenden berücksichtigt.

- *Linie 50*

Die heutige Linie wird ab dem Start der neuen Konzession geteilt, so dass neben der bestehenden Linienführung ab Dezember 2016 eine weitere Linie zwischen Maastricht und Aachen verkehren wird, die jedoch in Maastricht auch weitere Bereiche der Innenstadt erschließt und in Aachen auch über die Uniklinik verkehren wird. Beide Linien werden dann im 30'-Takt betrieben, so dass sich überlagert ein annähernder 15'-Takt (wie im heutigen Fahrplan) ergeben wird.

4.2 Linienbewertung und -auswahl

Obige Inventarisierung liefert ein vielgestaltiges Bild im Hinblick auf die Struktur und Eigenschaften der verschiedenen grenzüberschreitenden Linien im Ist-Zustand (Fahrplan 2015). Einziges einendes Element ist – mit Ausnahme der Linien 27, 30 und 396 – die Ausrichtung auf die Stadt Aachen.

Ansonsten finden sich nahezu alle verschiedenen Typen und Funktionen im Buslinienverkehr – von der langlaufenden Stadt-Umland-Verbindung über reine Zubringer- und Touristikverkehre bis hin zu sehr stark nachgefragten Stadtbuslinien.

Auch die grenzüberschreitende Komponente ist unterschiedlich ausgeprägt. Während auf mancher Linie der grenzüberschreitende Abschnitt nur sehr kurz (z.B. Linie 25) und/oder die grenzüberschreitende Fahrtenzahl im Gegensatz zu binnenländischen Kurzläufers gering ist (z.B. Linie 34), weisen andere Linien eine gleichmäßige Verteilung der jeweiligen Linienlängen und Haltestellenzahlen dies- und jenseits der Grenze auf und verkehren ganztägig im dichten Takt.

In den vorangegangenen Kapiteln wurde bereits darauf hingewiesen und erläutert, dass und warum ein optimal auf die Vorteile der elektrischen Traktion abgestimmtes Netz nicht deckungsgleich mit den heutigen, von den betrieblichen Spezifikationen und Möglichkeiten der Dieseltraktion geprägten Netz- und Betriebsstrukturen in den einzelnen Gebieten der Charlemagne Grenzregion sein kann und daher eine konsequent betriebene Elektrifizierung von Linien oder (Teil-)Netzen immer zwingend eine ganzheitliche Herangehensweise und die Möglichkeit zur Restrukturierung erfordert.

Da dies jedoch bereits in lokalem und regionalem Kontext aufgrund der teils über Jahrzehnte gewachsenen Netz- und Linienstrukturen und darauf aufbauenden Denk- und Planungsmustern nicht ohne weiteres möglich ist und der grenzüberschreitende Kontext die Komplexität noch erhöht, erscheint es angebracht, den Einstieg in die Elektrifizierung des grenzüberschreitenden Busverkehrs soweit wie möglich auf vorhandenen Linien vorzunehmen und die antriebskonzeptinduzierten Eingriffe in Fahr- und Umlaufpläne gering zu halten.

Dies wiederum erfordert jedoch eine Prüfung der vorhandenen Linien auf ihre grundsätzliche Eignung zur Elektrifizierung anhand diverser Kriterien. So können auch ohne kostenintensive Mess- und Untersuchungsläufe in ihrer heutigen Form ungeeignete Linien identifiziert und ausgeschlossen und damit unangenehme und letztlich kostenintensive Überraschungen vermieden werden.

Während einige Charakteristika wenig bis keinen Einfluss auf die Eignung zur Elektrifizierung haben, können andere Eigenschaften bereits von vornherein als – zumindest finanzielles – Crash-Kriterium bezeichnet werden.

Bevor die Bewertung der Eignung der heutigen grenzüberschreitenden Linien und schließlich die Auswahl der Linien für ein Einstiegskonzept in den elektrischen grenzüberschreitenden Busverkehr vorgenommen wird, erfolgt zunächst eine kurze Erläuterung der verwendeten Kriterien für die Prüfung. Dabei ist zu beachten, dass dieser Kriterienkatalog auf die zugrunde gelegte Schnelllade-Technologie abgestimmt ist. Andere noch am Markt erhältliche elektrische Antriebs- und/oder Batteriekonzepte wie z. B. Overnight-Charging oder (Hybrid-)Trolleybetrieb erfordern ggf. ein angepasstes Bewertungsschema.

Die beiden Aachener Stadtbuslinien mit nur sehr kurzen grenzüberschreitenden Abschnitten, die Linien 25 und 33, werden in dieser Untersuchung nicht bewertet, da sie bereits in der Fraunhofer-Untersuchung der Aachener Innenstadtlinien berücksichtigt werden.

4.2.1 Bewertungskriterien

Die technischen Kriterien:

- Linienlänge

Da bei der Schnellladetechnologie die Nachladung normalerweise an den Endpunkten der jeweiligen Linie erfolgt, können die Batterien i.d.R. klein dimensioniert werden, was weniger Gewicht, geringeren Stromverbrauch, eine höhere Fahrgastkapazität und damit – zusammengefasst – eine hohe Effizienz in finanzieller und auch ökologischer Hinsicht zur Folge hat.

Mit zunehmender Linienlänge steigt logischerweise auch der Energie- und damit batterieseitige Kapazitätsbedarf. Ab einer gewissen Länge (ca. 20 km, abhängig von Topographie und weiteren Spezifikationen) wirkt sich die einhergehende Gewichtszunahme und der größere Platzbedarf zunehmend negativ aus, so dass sehr langlaufende Linien zwar technisch machbar, jedoch – nach heutigem Stand der Batterietechnologie – finanziell wenig darstellbar sind.

Für die vorliegende Bewertung wird folgende Einteilung verwendet:

- 0-15 km: sehr geeignet
- 15,1-20 km: geeignet
- 20,1-22,5 km: bedingt geeignet
- ab 22,5 km: (derzeit) ungeeignet

- Anzahl Haltestellen

Der höchste Energieverbrauch tritt beim Beschleunigen auf – ergo: eine zunehmende Anzahl an Haltestellen führt (in Kombination mit u.a. der Topographie, der Besetzung des Fahrzeuges und der Liniencharakteristik) zu einem höheren Energieverbrauch. Zwar besteht bei der elektrischen Traktion im Gegensatz zum Dieselmotorbetrieb die Möglichkeit der Energierückgewinnung, diese kann jedoch den erhöhten Verbrauch beim Anfahren nicht kompensieren und ist zudem abhängig von den entsprechenden Fähigkeiten und Gewohnheiten des Busfahrers.

Für die vorliegende Bewertung wird folgende Einteilung verwendet:

- 0-20 Haltestellen: sehr geeignet
- 21-30 Haltestellen: geeignet
- 31-40 Haltestellen: bedingt geeignet
- ab 40 Haltestellen: (derzeit) ungeeignet

- Topographie

Wiederholte starke Steigungen wirken sich (in Kombination mit weiteren o.g. Linieneigenschaften) ebenfalls auf den

Energieverbrauch und damit die Reichweite aus und erhöhen die benötigte Batteriekapazität und die damit verbundenen negativen Effekte.

Da eine detaillierte Erfassung der Topografie und Kalkulation der Auswirkungen auf den Energieverbrauch den Umfang der vorliegenden Untersuchung sprengen würde, werden hier Annahmen getätigt, die auf der Sichtprüfung der jeweiligen Linientopographie beruhen. Für den nächsten Realisierungsschritt der auszuwählenden Linien wird jedoch eine genaue Berücksichtigung der Topographie bei der Kalkulation angeraten.

- Fahrgastnachfrage/Fahrzeuggrößen

Ein weiterer Einflussfaktor beim Energieverbrauch (und damit schlussendlich bei den Kosten) ist die durchschnittliche Besetzung des Busses und die damit verbundene notwendige Fahrzeuggröße. Ein gut ausgelasteter Standardlinienbus (Sitzplätze belegt, keine stehenden Fahrgäste) weist hier signifikant andere Werte auf als ein „rappelvoller“ Gelenkbus, bei dem auch nahezu alle Stehplätze belegt sind.

Da ohnehin zur Zeit der Markt für Elektrogelenkbusse (noch) klein und die derzeitige Batterietechnologie noch nicht optimal auf sehr hohe Fahrgast- und Energiebedarfe abgestimmt ist, nimmt mit zunehmender/m Fahrgastnachfrage/Gelenkbuseinsatz die Eignung zur Elektrifizierung ab. Hierbei sollte jedoch beachtet werden, dass dies mit zunehmendem technologischen Fortschritt in einigen Jahren nicht mehr der Fall sein könnte.

Da eine detaillierte Erfassung der Fahrgastströme und der Fahrzeugeinsatzplanung den Umfang sprengen würde, werden auch hier Annahmen getätigt, die auf der Sichtprüfung der jeweiligen Linien beruhen.

Für die vorliegende Bewertung wird folgende Einteilung verwendet:

- geringe Nachfrage/kein Gelenkbuseinsatz:
sehr geeignet
- durchschnittliche Nachfrage/Gelenkbuseinsatz nur in Ausnahmefällen: geeignet
- starke Nachfrage/Gelenkbuseinsatz in Spitzenzeiten:
bedingt geeignet
- sehr starke/r Nachfrage/Gelenkbuseinsatz:
(derzeit) ungeeignet

Die finanziellen Kriterien:

- Anzahl Busse im Umlauf

Je länger und dichter getaktet eine Buslinie ist, desto mehr Busse müssen eingesetzt werden, um den Betrieb durchzuführen. Im Falle der Elektrifizierung einer Linie steigt demnach die Anzahl der anzuschaffenden Elektrobusse, was zu steigenden absoluten

Investitionskosten zu Beginn der Elektrifizierung führt. Andererseits führt die gleichzeitige Abnahme größerer Stückzahlen von Bussen zu sinkenden relativen Investitionskosten und auch die Vorteile geringerer Betriebskosten bei Elektrobussen gegenüber Dieselnissen wirken sich natürlich bei einer höheren Zahl an Elektrobussen stärker aus.

Da jedoch für die vorliegende Untersuchung – u.a. aufgrund der auch perspektivisch schwierigen Haushaltslage der Stadt Aachen auf deutscher Seite – davon ausgegangen wird, dass der Einstieg in die Elektrifizierung idealer Weise mit minimalen Investitionskosten verbunden sein sollte, wird für die Bewertung folgende Einteilung verwendet (betriebsnotwendige Fahrzeuge bei linienreinem Betrieb, ohne Reserve):

- 1-2 Busse: sehr geeignet
- 3-4 Busse: geeignet
- 5-6 Busse: bedingt geeignet
- mehr als 6 Busse: (derzeit) ungeeignet

- Lage der Ladestationen

Davon ausgehend, dass die notwendigen Schnellladestationen für die Nachladung an den Endhaltestellen der jeweiligen Linien ca. 200.000 bis 250.000 € kosten, ist eine periphere Platzierung und einhergehend eine exklusive Bedienung nur durch eine einzige Linie unter finanziellen Aspekten nicht wünschenswert.

Von daher ist entweder eine – auch aus weiteren Gründen sinnvolle – grundlegende Überplanung und Anpassung des ÖV-Netzes an die elektrische Traktion oder die alleinige Elektrifizierung von Linien, deren Endpunkte bereits heute Endpunkte anderer Linien sind, angebracht. Da Ersteres eine kurzfristige Realisierung eines Pilotbetriebes konterkarieren würde, wird im vorliegenden Falle letzteres als Kriterium herangezogen und für die Bewertung der Lage der Ladestationen folgende Einteilung verwendet (Voraussetzung: Linie endet immer an der gleichen Haltestelle, alternierende Endstationen führen zur Abwertung):

- Bedienung durch mehr als 3 andere Linien: sehr geeignet
- Bedienung durch 2-3 andere Linien: geeignet
- Bedienung durch 1 andere Linie: bedingt geeignet
- Bedienung durch keine anderen Linien: (derzeit) ungeeignet

Die betrieblichen Kriterien:

- Einheitlichkeit der Route und Fahrten

Nicht unerheblich für die Eignung zur Elektrifizierung ist insbesondere die Frage, ob alle Fahrten an derselben Endhaltestelle enden, da dort nachgeladen werden muss. Linien, auf denen häufiger oder regelmäßig sog. Kurzläufer nicht den gesamten Linienweg

zurücklegen, sind ungeeignet, da Investitionen für zusätzliche Ladestationen nötig wären. Auch regelmäßig befahrene verschiedene und verschieden lange Linienwege zwischen den Endhaltestellen verringern die Eignung.

Für die vorliegende Bewertung wird folgende Einteilung verwendet:

- Einheitliche Route und Endhaltestellen: sehr geeignet
- Einzelne Routenvariationen: geeignet
- vereinzelt abweichende Endhaltestellen: bedingt geeignet
- regelmäßig wechselnde Endhaltestellen: (derzeit) ungeeignet

- Anzahl Fahrten/Tag

Ein großer Vorteil der elektrischen Traktion, der bereits heute zum Tragen kommt, ist der verglichen mit dem Dieselantrieb deutlich geringere Energieverbrauch und damit auch geringere Betriebskosten, die den höheren Investitionskosten für Elektrobusse (und die zugehörige Infrastruktur) gegenüberstehen. Dieser Vorteil wird umso größer, je häufiger und länger das Fahrzeug pro (Werk-)Tag unterwegs ist. Dicht getaktete Linien mit vielen Fahrten und einer langen Betriebszeit sind – unter finanziellen Gesichtspunkten – demnach besser für eine Elektrifizierung geeignet. Linien, auf denen keine Werktagsbedienung stattfindet, sollten derzeit nicht prioritär elektrifiziert werden.

Für die vorliegende Bewertung wird folgende Einteilung verwendet:

- mehr als 31 Fahrten/Tag: sehr geeignet
- 21-30 Fahrten/Tag: geeignet
- 11-20 Fahrten/Tag: bedingt geeignet
- 0-10 Fahrten/Tag: (derzeit) ungeeignet

- Linienreiner Betrieb

In stark umlaufoptimierten Dieselnetzen wie beispielsweise im Aachener Busnetz finden sich sehr häufig sog. Linienwechsler, d. h. Fahrzeuge, die nach dem Befahren eines Kurses einer bestimmten Linie ab der Endhaltestelle auf eine andere Linie wechseln („fährt weiter als Linie...“) und deren nächste planmäßige Fahrt übernehmen. Dem Vorteil eines solchen Betriebskonzeptes, ein Dieselnetz finanziell optimiert betreiben können, steht jedoch eine große Störungsanfälligkeit (Verspätungen werden schnell auf andere Linien übertragen) und eine schlechte Eignung für den elektrischen Betrieb gegenüber – es sei denn, alle Linien, auf denen ein Fahrzeug verkehrt, werden bzw. sind elektrifiziert.

Von daher erscheint es angebracht, stark umlaufoptimierte Netze einer grundsätzlichen Überplanung zu unterziehen, bevor eine systematische Elektrifizierung stattfindet. Anderenfalls droht ein ineffizienter Betrieb sowie unverhältnismäßig hohe Kosten für

Infrastrukturen, die bei optimierter Planung nicht benötigt würden.

Für die vorliegende Bewertung wird folgende Einteilung verwendet:

- linienreiner Betrieb: sehr geeignet
- vereinzelte Linienwechsler: geeignet
- mehrere Linienwechsler: bedingt geeignet
- häufige Linienwechsler: (derzeit) ungeeignet

- Wendezeiten

Ein weiteres Charakteristikum umlaufoptimierter Dieselnetze sind häufig geringe Wendezeiten an den Endpunkten der Linien. Hierdurch können die (Diesel-)Fahrzeug- und Personalkapazitäten unter finanziellen Gesichtspunkten optimal ausgenutzt werden. Ähnlich wie im Falle der Linienwechsler führt dies jedoch zu einer deutlich erhöhten Störungsanfälligkeit (Verspätungen können nur unzureichend aufgefangen werden) und zu einer schlechten Eignung für eine Elektrifizierung, da in den Wendezeiten die Batterien nachgeladen werden. Sehr kurze Wendezeiten sind daher in elektrifizierten Netzen unbedingt zu vermeiden, auch wenn dies in vergleichbaren Dieselnetzen zu effizienterem Betrieb führen würde.

Für die vorliegende Bewertung wird folgende Einteilung verwendet (ein möglicher Ausgleich stark unterschiedlicher Wendezeiten an beiden Linienenden wird hierbei berücksichtigt):

- mehr als 10 Minuten Wendezeit: sehr geeignet
- 7-10 Minuten Wendezeit: geeignet
- 5-6 Minuten Wendezeit: bedingt geeignet
- unter 5 Minuten Wendezeit: (derzeit) ungeeignet

Sonstige Kriterien:

- Linienlängenverhältnis / Vermarktungspotenzial /
Fördermittelperspektiven

Diese Kriterien beziehen sich weniger auf die Elektrifizierung an sich, sondern den grenzüberschreitenden Charakter der Linien und die sich daraus ergebenden Potenziale. Eine Linie mit vorrangig grenzüberschreitender Verkehrsfunktion, gleichmäßigerer Verteilung der Linienlänge an beiden Seiten der Grenze und bereits bestehender Betriebskooperation ist diesbezüglich als günstiger einzustufen als eine Linie mit vorrangig binnenländischer Erschließung und nur kurzem Abschnitt im Nachbarland.

- Effekt auf die Luftqualität in Aachen

Während der Erstellung der vorliegenden Untersuchung ist das Thema „Umweltzone“ in Aachen ein heiß diskutiertes. Aufgrund der zu geringen Effekte bisheriger Maßnahmen zur Luftreinhaltung hat die zuständige Bezirksregierung Köln die Einführung der Umweltzone zum 01.02.2016 in Aachen beschlossen. Da die Aachener Busflotte bislang ausschließlich mit Diesel betrieben wird, spielt der Busverkehr in der Stadt hinsichtlich der Luftbelastung eine nicht unwichtige Rolle.

Die Einführung emissionsfreier Elektrobusse kann hier zu einer deutlichen Entspannung der Situation führen. Von daher wird der mögliche Effekt der Elektrifizierung als Kriterium mit berücksichtigt – allerdings ohne in die Bewertung mit einzugehen, da das Hauptaugenmerk auf dem grenzüberschreitenden Aspekt liegt. Aufgrund des beschränkten Umfangs der Untersuchung werden die Effekte nicht auf Basis kalkulierter Emissionseinsparungen beurteilt, sondern im Vergleich der Linien untereinander (Linienlänge in der Innenstadt, Anzahl Fahrten etc.). Von daher können die Ergebnisse lediglich als erste Einschätzungen betrachtet werden.

- Strukturelle Randbedingungen

Hiermit ist der aufgabenträgerseitige, vertragliche und finanzielle Rahmen gemeint. Auch die bisherigen Anstrengungen und die Haltung der jeweiligen (derzeitigen und künftig verantwortlichen) Verkehrsunternehmen hinsichtlich der Elektrifizierung des Busverkehrs gehen in die Bewertung mit ein.

Für dieses Kriterium ist von großer Bedeutung, ob lokale und/oder regionale Aufgabenträgerstrukturen vorliegen und kurzfristig neue Konzessionen oder öffentliche Dienstleistungsaufträge starten.

4.2.2 Ergebnisse

Auf der folgenden Seite sind die Bewertungsmatrix für die grenzüberschreitenden Linien und sämtliche Kriterien wiedergegeben. Dabei fällt auf, dass mit Ausnahme zweier ziemlich kurzer und mit kleinen Fahrzeugen betriebenen Verbindungen (Linien 27 und 30) keine Linie als „sehr geeignet“ für eine kurzfristige Elektrifizierung erscheint.

Demgegenüber ist z. B. die als wichtige Verbindung im (inner-)städtischen Aachener Verkehr zu bezeichnende, stark nachgefragte und dichtgetaktete Linie 34 und die lange Stadt-Stadt-Verbindung Maastricht – Aachen (50) in ihrer heutigen Form und betrieblichen Ausprägung „(derzeit) ungeeignet“.

Sind es auch – je nach Linie – verschiedene Kriterien bzw. Kriterienkombinationen, die zu einer beschränkten Eignung führen, so kann aufgrund der ähnlichen bzw. vergleichbaren Funktionen von Verbindungen und ihrer Stellvertreterrolle für weitere Linien v.a. im städtischen Aachener Bereich doch angenommen werden, dass die Ergebnisse die Einschätzung, dass das Aachener (Diesel-)Busnetz in seiner heutigen Ausprägung für eine

ELEKTRIFIZIERUNGSPOTENZIAL BESTEHENDER GRENZÜBERSCHREITENDER BUSLINIEN IM GEBIET DER AG CHARLEMAGNE (Fahrplan 2015)

Bewertung

	LINIE 14	LINIE 24	LINIE 27	LINIE 30	LINIE 34	LINIE 44	LINIE 50	LINIE 74	LINIE 385	LINIE 396
technische Kriterien										
Linienlänge										
Anzahl Haltestellen					2				4	3
Topographie					2				4	5
Nachfrage/Gelenkbusseinsatz										5
finanzielle Kriterien										
Anzahl Busse im Umlauf										
Lage der Ladestation(en)										
betriebliche Kriterien										
Einheitlichkeit Route und Fahrten										
Anzahl Fahrten/Tag									4	
Linienreiner Betrieb					2					
Wendezeiten							3			
sonstige Kriterien										
Linienlängenverhältnis										
Vermarktungspotenzial										
Fördermittelperspektiven										
Effekt auf Luftqualität in Aachen										
strukturelle Randbedingungen										
Gesamtbewertung	LINIE 14	LINIE 24	LINIE 27	LINIE 30	LINIE 34	LINIE 44	LINIE 50	LINIE 74	LINIE 385	LINIE 396

sehr geeignet
 geeignet
 bedingt geeignet
 (derzeit) ungeeignet

¹nachrichtlich, geht nicht in die Bewertung ein
^{2,3} führt in Kombination zur Abwertung

(finanziell verantwortbare und verkehrlich sinnvolle) weitreichende oder gar Vollelektrifizierung nur bedingt geeignet und im Zuge der anstehenden Umgestaltung des Netzes – Stichwort: Y-Konzept – eine Abstimmung auf die Randbedingungen und Erfordernisse des elektrischen Betriebs angeraten ist.

Die Ergebnisse im Einzelnen (Status Quo 2015):

- Niederlande – Deutschland
 - *Linie 27 (Veolia): Kerkrade Parkstad Stadion – Avantis*
sehr geeignet
 - *Linie 30 (Veolia): Kerkrade Busstation – Herzogenrath Bf*
sehr geeignet
 - *Linie 34 (ASEAG): Kerkrade Busstation – Aachen Brand*
(derzeit) ungeeignet
 - *Linie 44 (Veolia/ASEAG): Heerlen Station – Aachen Hbf*
geeignet
 - *Linie 50 (Veolia): Maastricht Station – Aachen Theater*
(derzeit) ungeeignet
 - *Linie 74 (ASEAG): Aachen Hbf – Avantis*
geeignet

- Belgien – Deutschland
 - *Linie 14 (TEC/ASEAG): Eupen Bushof – Aachen Bushof*
geeignet
 - *Linie 24 (TEC/ASEAG): Kelmis Bruch – Aachen Rahe im Ring*
bedingt geeignet
 - *Linie 385 (TEC/RVE): Eupen Bushof – Kalterherberg Bf*
(derzeit) ungeeignet

- Niederlande – Belgien
 - *Linie 396 (TEC): Vaals Busstation – Eupen Bushof*
(derzeit) ungeeignet

4.2.3 Linienauswahl für das Umsetzungskonzept

In den vorangegangenen Ausführungen wurde bereits angedeutet, dass ein Inselflotbetrieb auf nur einer Linie zwar nicht ausgeschlossen ist, jedoch ein Korridoransatz zielführender erscheint, da hierdurch perspektivisch

niedrigere Kosten (u. a. durch Nutzung der Ladeinfrastruktur durch mehrere Linien) sowie effizientere Netzstrukturen schneller erreicht und ggf. auch Möglichkeiten multimodaler Konzeptweiterentwicklungen gegeben sind.

Die Eignung des Korridors Aachen/Herzogenrath – Heerlen wurde in diesem Zusammenhang bereits im Vorfeld dieser Untersuchung angesprochen, sind doch dort im Bereich der Elektromobilität bereits weitere Projekte anberaumt (E-Bike-Verleihsystem sowie Radschnellwege) und stellt der beiderseits der Grenze anstehende Start einer neuen Konzession einen idealen Zeitpunkt für ein grenzüberschreitendes Pilotprojekt dar.

Die Bewertung der bestehenden grenzüberschreitenden Buslinien (unter Berücksichtigung der bereits heute feststehenden Änderungen in der Zukunft) hat 2 „sehr geeignete“ (27 und 30) und 2 „geeignete“ Linien (44 und 74) auf dem o.g. Korridor ergeben. Demgegenüber steht 1 „geeignete“ Linie auf dem Korridor Aachen – Eupen (14).

Auf Basis dieser Ergebnisse und Randbedingungen wird hiermit vorgeschlagen, im Falle einer positiven Grundsatzentscheidung zur Elektrifizierung im grenzüberschreitenden Busverkehr („CharlemagneBus“) in einem ersten Schritt auf dem Korridor Aachen/Herzogenrath – Heerlen die heutigen Linien 44 (Heerlen – Aachen, im Folgenden „C1“), 30 (Kerkrade – Herzogenrath, im Folgenden „C2“) und 27/74 (als zusammengefügte Linie Parkstad Stadion – Avantis – Aachen, im Folgenden „C3“) zu elektrifizieren (siehe Netzgrafik auf der nächsten Seite). Die damit verbundenen konkreten technischen, betrieblichen, finanziellen und prozessualen Erfordernisse und Konsequenzen werden in den folgenden Kapiteln als Basis einer – im nächsten Schritt notwendigen – detaillierten Kalkulation näher erläutert.

Nichtsdestotrotz soll an dieser Stelle bereits eine mögliche 2. Ausbaustufe der Elektrifizierung skizziert werden (siehe Netzgrafik auf der übernächsten Seite), die im Falle eines erfolgreichen und zuverlässigen Betriebes der 1. Stufe und verfügbaren Finanzierungsmitteln umgesetzt werden könnte und zwei Maßnahmen umfasst:

- a) die Elektrifizierung der Linie 14 (als „geeignet“ bewertet) und
- b) im Falle der Reaktivierung des Streckenabschnittes Kerkrade Centrum – Spekholzerheide für den SPNV die Umlegung der Linie C3 von Parkstad-Stadion zum möglichen neuen Bus-Bahn-Verknüpfungspunkt Spekholzerheide und von dort bis zur Busstation Kerkrade.

Damit entstünde ein zusammenhängendes Elektrobussenetz in der Charlemagne Grenzregion, welches gleichsam in binnenländische Netze integriert werden bzw. als Nukleus für den jeweiligen binnenländischen Ausbau fungieren könnte.

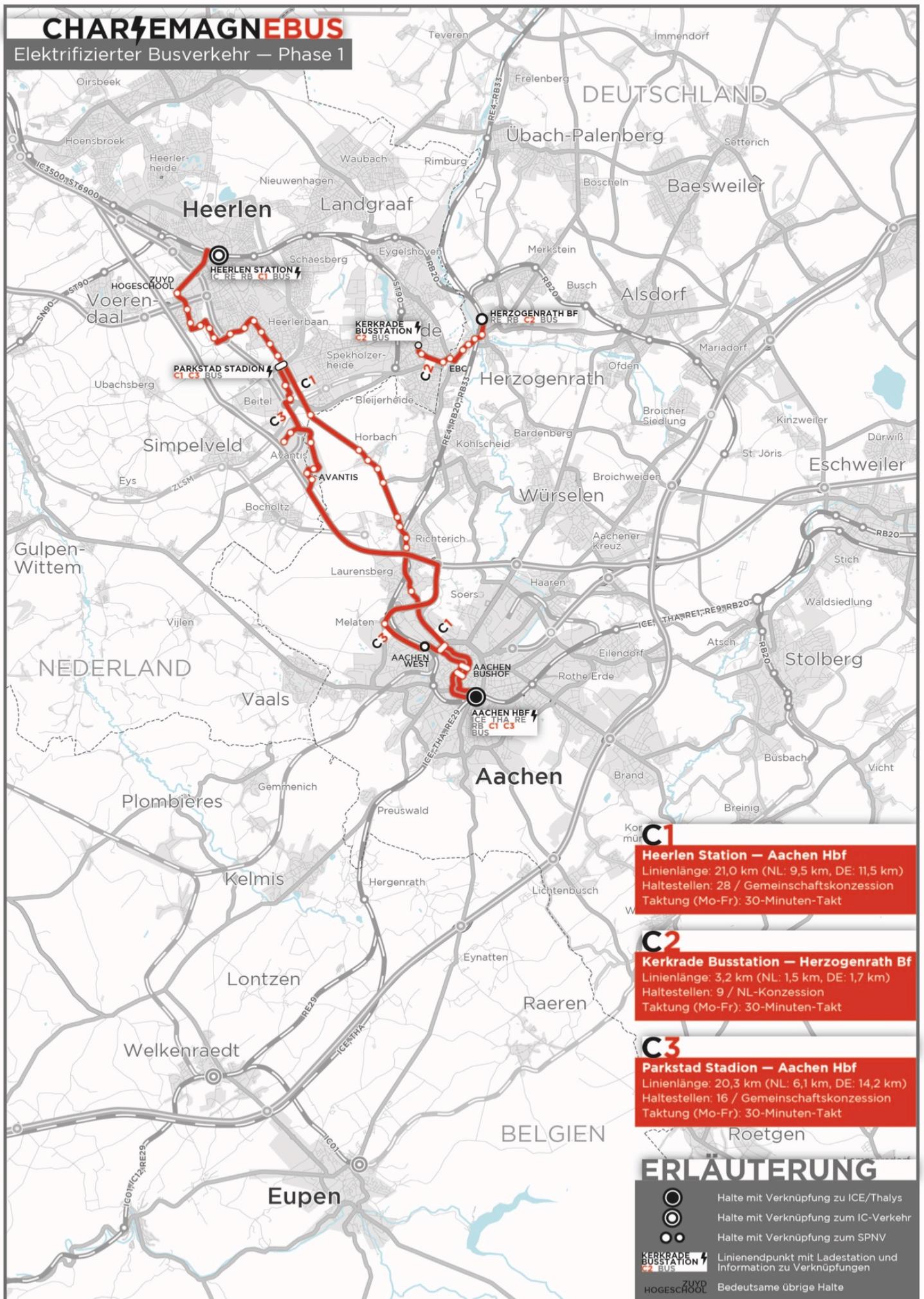


Abbildung 7 (Quelle: stellwerk bv/openstreetmap.org (ODbL))

QuickScan CharlemagneBus

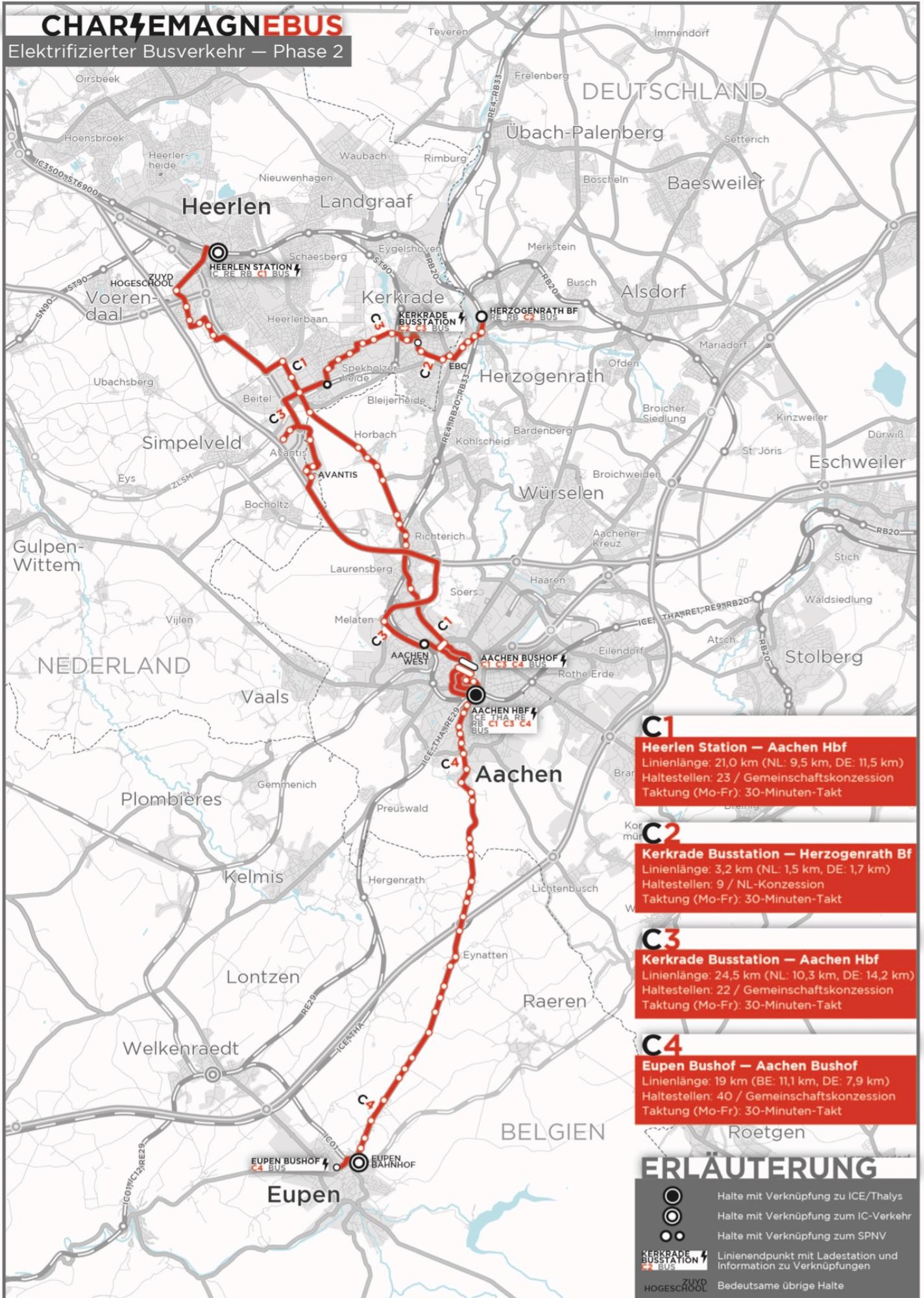


Abbildung 8 (Quelle: stellwerk bv/openstreetmap.org (ODbL))

QuickScan CharlemagneBus

5. TECHNISCHE UND BETRIEBLICHE ASPEKTE UND ERFORDERNISSE

In diesem Kapitel wird kurz auf die notwendigen Infrastrukturen, Fahrzeuge, Anforderungen an das Leitungsnetz und die benötigten bzw. sinnvollen Änderungen von Betriebskonzepten/Fahrplänen/Wendezeiten der ausgewählten Linien eingegangen.

Städtebauliche Aspekte sowie bauliche Anpassungen an den Endhaltestellen und in den Werkstätten der Betriebshöfe sind aufgrund des beschränkten Umfangs ebenso wenig Teil der vorliegenden Ausarbeitung wie eine detaillierte Kalkulation der nötigen Batteriekapazitäten.

5.1 Benötigte (Lade-)infrastruktur

Die Nachladung der Busse erfolgt an einer Ladestation, wie sie derzeit bereits in Münster im Rahmen des Pilotprojektes „ZeEUS“ (www.zeeus.org) zum Einsatz kommt. Diese besteht aus einer Behausung in der Größe eines TEU-Containers, in welchem die verschiedenen Komponenten (Transformator, Ladegerät(e), Kühlung etc.) untergebracht sind, einer Verbindungsleitung zum Fahrgastunterstand sowie der Kopplungstechnik auf dem Dach des Fahrgastunterstandes.

Wie viele Ladestationen für den Betrieb einer Linie benötigt werden, hängt von mehreren Parametern ab. Dies sind u.a. die Linienlänge, die Batteriekapazität, die Größe des eingesetzten Fahrzeugs und die erwartete Fahrgastnachfrage (aufgrund der Gewichtsunterschiede).

Für die im vorangegangenen Kapitel ausgewählten bzw. kombinierten Linien wird auf Basis der jeweiligen Liniencharakteristika folgende Ladeinfrastruktur vorgeschlagen (vorbehaltlich des örtlichen Anschlusses an das Mittelspannungsnetz, siehe auch 5.4):

- Linie C1: Heerlen Station – Aachen Hbf

2 Ladestationen (Endhalte); da es sich bei beiden Endhalten um zentrale ÖV-Verknüpfungspunkte handelt, ist eine künftige Mitbenutzung durch weitere zu elektrifizierende Linien möglich; im Bereich beider Endhalte steht nach erster Prüfung genügend freier Raum zur Platzierung der Ladestationskomponenten zur Verfügung.

- Linie C2: Kerkrade Busstation – Herzogenrath

1 Ladestation (Kerkrade Busstation); da es sich bei beiden Endhalten um zentrale ÖV-Verknüpfungspunkte handelt und eine künftige Mitbenutzung durch weitere zu elektrifizierende Linien möglich wäre, sind beide Standorte grundsätzlich geeignet; die Empfehlung fällt jedoch zugunsten der Busstation in Kerkrade aus, da hier die Platzverhältnisse günstiger sind und im Falle der Realisierung der 2. Ausbaustufe des CharlemagneBus-Netzes dort auch die verlängerte

Linie C3 aufgeladen werden könnte.

- Linie C3: Kerkrade Parkstad Stadion – Avantis – Aachen Hbf

2 Ladestationen (Endhalte); die Ladestation am Aachener Hbf wird mit der Linie C1 geteilt und kann künftig auch von möglichen weiteren E-Linien angesteuert werden; die Ladestation am ÖV-Verknüpfungspunkt Parkstad Stadion kann bei fortschreitender Elektrifizierung ebenfalls von anderen, dort endenden Linien mitgenutzt werden; im Falle der Umsetzung der 2. Ausbaustufe und der mit einer Reaktivierung der Bahnstrecke Kerkrade Centrum – Spekholzerheide möglicherweise verbundenen Neuordnung des lokalen Busnetzes könnte die Ladestation am Halt Parkstad Station obsolet werden und mit geringem Aufwand an eine andere Stelle versetzt werden (z. B. nach Aachen Bushof oder Eupen Bushof), wodurch die Kosten eines weiteren Ausbaus des grenzüberschreitenden E-Bus-Netzes (siehe Netzgrafik auf Seite 29) minimiert werden könnten.

Darüber hinaus erscheint es aus betrieblichen Gründen sinnig, auch auf den beiden Betriebshöfen (in NL und DE) der beiden in der ersten Ausbaustufe beteiligten Verkehrsunternehmen Ladestationen zu errichten.

Insgesamt werden somit für die erste Ausbaustufe 4 Ladestationen an Endhaltestellen sowie 2 in den Betriebshöfen benötigt. Wird auch die zweite Phase komplett umgesetzt, sind zwei zusätzliche Ladestationen an Haltestellen (Aachen Bushof und Eupen Bushof) sowie eine am Eupener Busdepot nötig.

5.2 Benötigte Busse

Die Anzahl und der Typ (Kapazität) der benötigten Fahrzeuge ist – wie im Falle der Ladeinfrastrukturen – von mehreren Parametern abhängig, wie z. B. Taktung, Linienlänge, Fahrgastnachfrage etc.

Dabei wird für den reinen Betrieb der ausgewählten Linien die im Folgenden beschriebene Flotte benötigt. Reservefahrzeuge sind darin noch nicht enthalten. Ob und in welchem Ausmaß solche von Beginn an mitangeschafft werden, hängt in erster Linie von finanziellen Abwägungen ab. Vorläufig könnte bei ggf. auftretenden Defekten oder sonstigen Problemen mit einem der E-Busse auch ein Dieselfahrzeug aus dem vorhandenen Bestand des jeweiligen Verkehrsunternehmens einen (zeitlich begrenzten) Ersatzbetrieb übernehmen.

- Linie C1: Heerlen Station – Aachen Hbf

Die Linie wird – auf Basis der Vorgaben der Ausschreibung für die Konzession Limburg – auch weiterhin im 30-Minuten-Takt betrieben und die möglichen Änderungen der Linienführung dürfen nicht zu einer Fahrzeug- und Personalmehrung führen, so dass weiterhin für den (werktäglichen) Umlauf 4 Fahrzeuge (12 m Standardlinienbusse, davon zwei auf Seiten der ASEAG und 2 auf Seiten des neuen

Verkehrsunternehmens in der Provinz Limburg (vsl. Arriva) benötigt werden. Da heute in den Spitzenzeiten aufgrund höherer Fahrgastnachfrage vereinzelt Gelenkbusse auf Seiten der ASEAG zum Einsatz kommen und künftig auch die Zuyd Hogeschool angefahren werden soll, ist im weiteren Planungs- und Realisierungsprozess zu diskutieren, wie hiermit umgegangen werden soll. Möglichkeiten wären a) der vorläufige Einsatz von vorhandenen Dieselsingelenkbussen auf den einzelnen Kursen, b) die Anschaffung eines/mehrerer Elektrogelenkbusse oder c) das Angebot zusätzlicher Fahrten in Spitzenzeiten mit entweder vorhandenen Dieselstandardlinienbussen oder einem zusätzlichen Elektro-Standardlinienbus, der ansonsten als Reservefahrzeug fungieren würde..

- Linie C2: Kerkrade Busstation – Herzogenrath

Diese Linie wird heute (als Linie 30) mit einem einzigen Fahrzeug betrieben. Aufgrund der bislang recht geringen Nachfrage kommt dabei ein Kleinbus (Sprinter) zum Einsatz. Da auch für die absehbare Zukunft nicht mit einem sehr erheblichen Fahrgastzuwachs zu rechnen ist, sollte aus wirtschaftlichen (Material und Personalkosten) Gründen auch bei elektrischem Betrieb nur ein Fahrzeug im Umlauf sein. Zu Grunde gelegt wird daher hier ein elektrisch angetriebener Sprinter. Sollte dieser eine zu geringe Kapazität aufweisen, kann auch ein Midibus zum Einsatz kommen. Welche betrieblichen Anpassungen im Hinblick auf die Beschränkung auf ein Fahrzeug im Umlauf nötig bzw. möglich sind, wird in 5.3 beschrieben.

- Linie C3: Kerkrade Parkstad Stadion – Avantis – Aachen Hbf

Hierbei handelt es sich um eine in dieser Form neue Linie, die aus den zusammengeführten heutigen Linien 27 (Veolia) und 74 (ASEAG) hervorgeht. Aufgrund der noch überschaubaren Nachfrage, die jedoch perspektivisch (mit der weiteren Entwicklung von Avantis und besonders im Falle der Umsetzung der 2. Ausbaustufe nach Kerkrade Busstation) deutlich steigen dürfte, sollte es aus finanziellen Erwägungen vorläufig nicht zu einer Fahrzeugmehrung kommen, weswegen hier im Falle eines 60-Minuten-Taktes 2 Fahrzeuge (aufgrund des perspektivischen Fahrgastzuwachses Standardlinienbusse) nötig wären. Für einen 30-Minuten-Takt wären 4 Fahrzeuge nötig. Sollte es wie im Falle der Linie 44 zu einer niederländisch-deutschen Gemeinschaftskonzession und Betriebskooperation kommen, was zu befürworten wäre, könnte der Fahrzeugeinsatz 50/50 erfolgen.

Insgesamt werden somit für die 1. Ausbaustufe minimal 7 Busse (ohne Reservefahrzeuge) benötigt, davon 6 Standardlinienbusse und 1 Kleinbus (Sprinter). Soll die Linie C3 auch im 30-Minuten-Takt betrieben werden, was derzeit jedoch schwierig begründbar wäre, kämen nochmals 2 Standardlinienbusse hinzu.

Im Falle einer vollständigen Realisierung der 2. Ausbaustufe würden zusätzlich 4 Busse für die heutige Linie 14 (in der vorliegenden Ausarbeitung C4) benötigt. Ob zusätzliche Busse für die Verlängerung der Linie C3 nötig wären hängt von der genauen Route, der Taktung und den erreichbaren Fahrzeiten ab.

5.3 Taktung, Linienführung und Wendezeiten

Um die ausgewählten Linien nach der Elektrifizierung effizient und zuverlässig betreiben zu können, sind diverse kleinere Anpassungen angeraten, welche v. a. die zur Verfügung stehenden Ladezeiten verlängern.

- Linie C1: Heerlen Station – Aachen Hbf

Wie bereits angegeben, wird sich im Rahmen der neuen Konzession Limburg nicht die Taktung, dafür jedoch vsl. der Linienverlauf ändern. Die wenig attraktive Schleifenfahrt durch das Wohngebiet Spekholzerheide entfällt, dafür soll der Heerleener Onderwijsboulevard (mit der Zuyd Hogeschool) in den Linienverlauf mit aufgenommen werden. Dies hat auf die Linienlänge keinen signifikanten Einfluss, jedoch sinkt die Zahl der Haltestellen um vier, was zu einer geringfügigen Beschleunigung führen dürfte. In Kombination mit der im heutigen Fahrplan an beiden Linienenden vorhandenen Wendezeit von jeweils 7 Minuten würde so ein ausreichender Zeitpuffer für die Ladevorgänge in Heerlen und Aachen vorhanden sein.

Um den Betrieb jedoch noch zuverlässiger zu machen und auch Störungen/Verspätungen besser auffangen zu können, wird (für die 2. Ausbaustufe) vorgeschlagen, in Heerlen eine noch direktere Route über die Stadtautobahn (N281) zwischen den Halten Parkstad Stadion und Ziekenhuis zu befahren. Dadurch würden mindestens 5 weitere Halte entfallen und ein Zeitgewinn von minimal 2 Minuten je Richtung wäre möglich. Darüber hinaus könnte der Linie damit – im Gegensatz zur heutigen, wenig attraktiven Situation – echter Schnellbuscharakter verliehen werden.

- Linie C2: Kerkrade Busstation – Herzogenrath

Der auf der Linie derzeit angebotene 30-Minuten-Takt ist weniger auf eine hohe Fahrgastnachfrage, sondern vielmehr auf den optimierten Umlauf des einzigen eingesetzten Fahrzeuges zurückzuführen. So wird im Herzogenrather Bahnhof eine 0-Minuten-Wende gefahren, in Kerkrade Busstation verbleiben jeweils 2 Minuten bis zum Start der nächsten Fahrt. Da jedoch aufgrund der Kürze der Linie und des geringen Gewichts des Fahrzeuges (Sprinter) aller Voraussicht nach nur eine Nachladung je Betriebsstunde nötig sein dürfte, stünden theoretisch heute hierfür in Summe 4 Minuten pro Stunde zur Verfügung, was jedoch noch immer als zu kurz bezeichnet werden kann – auch ohne Berücksichtigung von Pufferzeiten zum Auffangen von Verspätungen.

Von daher wird vorgeschlagen, die Linienführung an zwei Stellen anzupassen. In Herzogenrath würde nicht mehr der äußere Bogen

über Schütz-van-Rode-, Damm- und Bicherouxstr. befahren, sondern der direkte Weg durch die Innenstadt, was neben einer Verkürzung des Linienweges und einer besseren, da direkten Erreichbarkeit der Innenstadt per Bus auch eine Reduzierung der zu passierenden Ampelkreuzungen um vier bedeuten würde. In Kombination mit einer künftigen Führung der Linie über die Aachener Str./Holzstraat sind nach erster Einschätzung 2 Minuten Fahrzeitgewinn je Fahrt/Richtung möglich, was hochgerechnet zu insgesamt 12 Minuten Stillstandszeit (8 + 4) pro Stunde führen würde. Da die Linie heute keinen einzigen Anschluss an eine der in Herzogenrath verkehrenden Bahnlinien herstellt, sollten die Fahrpläne ohnehin überarbeitet werden. Im Zuge dessen kann dann in Kerkrade Busstation eine komfortable Stillstandszeit für die Nachladung eingeplant werden, ohne dass mehr Fahrzeuge oder Personal als im Ist-Zustand benötigt würden.

- Linie C3: Kerkrade Parkstad Stadion – Avantis – Aachen Hbf

Die aus der Verschmelzung der heutigen Linien 27 (Veolia) und 74 (ASEAG) hervorgehende neue Linie weist einen an drei Stellen leicht veränderten Linienweg auf. In Aachen wird der Anschluss des Campus Melaten über die Haltestelle Hörn Brücke hergestellt, was gegenüber der heutigen Linienführung eine minimale Verlängerung bedeutet. Im Gewerbegebiet Avantis wird keine Wendeschleife mehr gefahren, was in Summe für beide Linien eine geringe Verkürzung des Linienweges bedeutet. Im Bereich Parkstad Stadion wird die heutige, wenig sinnvolle Runde um das Stadion nicht mehr bedient. Auch hierdurch verkürzt sich die Linienlänge geringfügig. Insgesamt kann so – 60-Minuten-Takt, 2 eingesetzte Fahrzeuge sowie eine Nachladung an beiden Linienenden vorausgesetzt – eine sehr komfortable Wendezeit an den Haltestellen Parkstad Stadion und Aachen Hbf von jeweils mindestens 15 Minuten erreicht werden. Da ein 30-Minuten-Takt auf der Gesamtverbindung – zumindest, solange die 2. Ausbaustufe mit einer Weiterführung bis nach Kerkrade Busstation noch nicht umgesetzt ist – angesichts des derzeitigen Fahrgastpotenzials und der dann zusätzlich anzuschaffenden Busse nicht wirtschaftlich verantwortbar erscheint, andererseits von niederländischer Seite möglicherweise jedoch eine dichtere Anbindung der Gewerbegebiete gewünscht werden könnte, sollte für diesen Fall darüber nachgedacht werden, eine andere Linie auf niederländischer Seite über Parkstad Stadion hinaus im 60-Minuten-Takt bis nach Avantis hinaus zu verlängern und auf diese Weise auch vor einer Umsetzung der 2. Ausbaustufe einen 30-Minuten-Takt sicher zu stellen.

5.4 Strombezug

Um die oben genannten Linien künftig in der angegebenen Form elektrisch betreiben und die Schnellladungen mit Ladeleistungen von bis zu 500 kW an den Haltestellen durchführen zu können, ist jeweils ein Anschluss an das Mittelspannungsnetz notwendig. Aufgrund der Lage der ausgewählten

Linien, die sich ausschließlich in dicht besiedeltem städtischen Gebiet befinden, wird davon ausgegangen, dass an allen Standorten der Ladestationen (Heerlen Station, Kerkrade Busstation, Kerkrade Parkstad Stadion und Aachen Hbf) diese Anschlüsse ohne größeren Aufwand hergestellt und die nötigen Strommengen für die Nachladung problemlos zur Verfügung gestellt werden können.

Sollte bei einer zukünftigen Netzausweitung, die über die hier vorgestellte 2. Ausbaustufe hinausgeht, ein Endpunkt in ländlicherem Bereich hinzukommen, an dem ausschließlich ein Anschluss an das Niederspannungsnetz möglich ist, muss zusätzlich zu den übrigen Komponenten einer Ladestation ein stationärer Speicher einkalkuliert werden.

6. FINANZIELLE AUSWIRKUNGEN UND FÖRDERMÖGLICHKEITEN

6.1 Invest und Betriebskosten

Das in den meisten Fällen wichtigste Kriterium bei einer unternehmerischen wie politischen Entscheidung für oder gegen die Elektrifizierung von Busverkehren im ÖPNV ist die kurzfristige finanzielle Darstellbarkeit. Aufgrund der niedrigeren Betriebs- und Wartungskosten der elektrischen Traktion gegenüber der Dieseltraktion (siehe Abbildung 1, Seite 16) sind die während des Einsatzes über die Jahre anfallenden Kosten kein Problem, sondern vielmehr eine Chance zur Reduzierung des betrieblichen Defizits des jeweiligen Verkehrsunternehmens. Auch bei Betrachtung der Gesamtkosten bei Zugrundelegung der gesamten Einsatzzeit (TCO) von 10-12 Jahren sind Elektrobusse (Opportunity-Charger) bei optimalem Einsatz bereits heute gegenüber EURO 6-Dieselsbussen konkurrenzfähig.

Problematisch sind jedoch die initialen Investitionen in Fahrzeuge und Ladeinfrastrukturen, die gegenüber vergleichbarem Dieselbetrieb zur Zeit ein Verhältnis von bis zu 2:1 (je nach Fahrzeugausstattung) aufweisen - insbesondere bei knappen öffentlichen Kassen wie zur Zeit (und perspektivisch) im Falle der Stadt Aachen.

Entscheidend wird daher u. U. sein, ob und wie die einmaligen Investitionskosten gestemmt bzw. verringert werden können. Bevor in den nächsten Abschnitten hierzu Vorschläge unterbreitet werden, werden im Folgenden zunächst die Kosten (für die 1. Ausbaustufe) ermittelt.

- *Anschaffung der Busse*
Für den Einsatz auf den vorgeschlagenen Linien werden (für den reinen Betrieb, ohne Reserve) 6 Standardlinienbusse (12 m) à ca. 400.000 €/Stück sowie 1 Kleinbus à ca. 150.000 €/Stück benötigt, wodurch eine Investition von ca. 2.550.000 € entsteht. Verteilt auf die beiden Länder ergeben sich folgende anteilige Investitionen:
Deutsche Seite: 3 Standardlinienbusse (12 m) = ca. 1.200.000 €,
Niederländische Seite: 3 Standardlinienbusse (12 m) + 1 Kleinbus = ca. 1.350.000 €
(Quelle Preisangaben: civitas.eu/Stadtwerke Münster)
- *Bau der Ladestationen*
Insgesamt werden 4 Ladestationen à ca. 250.000 €/Stück an den Endhaltestellen sowie 2 in den jeweiligen Betriebshöfen benötigt, die Investition beträgt somit 1.500.000 €. Verteilt auf die beiden Länder ergeben sich folgende anteilige Investitionen:
Deutsche Seite: 2 Ladestationen = ca. 500.000 €,
Niederländische Seite: 4 Ladestationen = ca. 1.000.000 €
(Quelle Preisangaben: ISEA/Stadtwerke Münster)

Es ergibt sich somit ein Gesamtinvest von ca. 4.050.000 €, wobei ca. 1.700.000 € auf die deutsche Seite und 2.350.000 € auf die niederländische Seite entfallen.

Abhängig von der gewählten Fahrzeugausstattung (u. a. Dimensionierung der Batterie) sowie der Ausgestaltung der Ladestationen sowie der Preisentwicklung für elektrische Busse in den kommenden Monaten und Jahren, können je nach Zeitpunkt der Umsetzung diese Beträge selbstverständlich nach oben und unten abweichen und stellen daher hier nur eine Richtmarke dar. Im Rahmen der Konkretisierung des Projektes sollte hier eine vertiefte Kalkulation stattfinden.

6.2 Betreibermodelle

Ein erheblicher Kostenfaktor beim Invest im Falle der Anwendung des Opportunity-Charger-Systems ist – siehe oben – die Ladeinfrastruktur. Je nach Netzstruktur, Linienlängen, Taktung und Flottengröße müssen in die benötigten Ladestationen schnell Millionenbeträge investiert werden.

Bisher wird i. d. R. im Rahmen von Elektrifizierungsprojekten davon ausgegangen, dass die Ladeinfrastrukturen als Teil der “Total Cost of Ownership” (TCO) auf Seiten des konzessionierten Verkehrsunternehmens liegen und daher die betriebliche Kostenbetrachtung negativ beeinflussen.

Vorgeschlagen wird daher, für ein konkretes Elektrifizierungsprojekt auf Basis der Ergebnisse dieser Untersuchung zu prüfen, ob die Ladeinfrastrukturen für die entsprechenden Linien aus der Verantwortung des/der Verkehrsunternehmens herausgelöst werden können und durch die lokalen/regionalen Energieversorger/Infrastrukturbetreiber, welche ohnehin den Strom für den Betrieb der Busse liefern und damit Einnahmen generieren würden, betreiben zu lassen. Bereits dadurch ließe sich der TCO zugunsten der elektrischen Traktion deutlich verbessern (siehe Abbildung 1 auf Seite 16).

Zumindest im Falle der Stadt Aachen böten sich weitere handfeste Vorteile einer Kooperation mit dem Stromlieferanten/Infrastrukturbetreiber. Da sowohl die ASEAG als Verkehrsunternehmen als auch die STAWAG/Infrawest als Energielieferant/Infrastrukturbetreiber unter dem Dach der EVA Konzernschwestern in kommunaler Hand sind, würden die auf Seiten der ASEAG entstehenden Kosten für den Ladestrom (zunächst) im Konzern verbleiben und nicht – wie derzeit – zugunsten von Mineralölhändlern abfließen.

Die Kosten für den Ladestrom könnten – durch die Anwendung des Opportunity-Charger-Systems – u. U. zudem erheblich gesenkt werden. Aufgrund der Tatsache, dass die Nachladungen im Gegensatz zum Overnight-Charger-System nahezu ausschließlich über Tag erfolgen, wenn das Stromangebot (in Deutschland) wegen der massiven Einspeisung von Solar- und Windenergie häufig die Nachfrage übersteigt und daher die Preise am Spotmarkt extrem niedrig liegen, könnte theoretisch seitens der STAWAG der Ladestrom ausschließlich über den Spotmarkt (und nicht

über langfristige Großkontingente) eingekauft werden und dem/den Verkehrsunternehmen zu sehr günstigen Preisen zur Verfügung gestellt werden.

Eine weitere Möglichkeit, wie die Ladeinfrastrukturen so wirtschaftlich wie möglich betrieben werden könnten, ist die Öffnung der Stationen für weitere Modalitäten wie z. B. e-Bikes, e-CarSharing und e-Taxen. Mit dieser – technisch machbaren – Erweiterung, die in ähnlicher Form bereits im nicht weiterverfolgten CampusBahn-Projekt in Aachen vorgesehen war – ließen sich zusätzliche Einnahmen für den Betreiber/Energielieferanten generieren.

Bei einer optimalen Ausnutzung der o. g. Möglichkeiten erscheint eine deutliche Verringerung des TCO und damit der Wirtschaftlichkeit des elektrischen Busbetriebes erreichbar. Von daher sollten die genannten Optionen im Rahmen der weiteren Konkretisierung des Projekts ernsthaft geprüft bzw. daraus konkrete Konzepte für die Implementierung erarbeitet werden.

6.3 Fördermöglichkeiten

Neben den systembezogenen Möglichkeiten der Kostenreduzierung bzw. Verbesserung des TCO existieren diverse grundsätzliche Optionen, über – nationale und europäische – Förderprogramme vor allem an der Investitionsseite zu einer deutlichen Verbesserung finanziellen Darstellbarkeit zu gelangen.

Dabei kommen in erster Linie folgende Programme/Förderlinien, in welchen das Thema Elektromobilität im ÖPNV platzierbar ist, in Frage:

- *EU-Ebene:*
 - o Interreg V-A EMR
(Prioritätsachse 4: Territoriale Entwicklung)
 - o Interreg V-B NWE
(Priorität 2: Low Carbon)
 - o Horizon 2020
(Smart, Green and Integrated Transport, Work Programme 2016-2017)

- *Landes- bzw. regionale Förderung:*
 - o § 13-Förderung seitens des Nahverkehr Rheinland
(“Neue Technologien”)
 - o “klassische” Fahrzeugförderung des Aachener Verkehrsverbundes
(auf Basis der in 2013 novellierten Richtlinie)

- *Themenspezifische Förderprojekte:*
 - o IBA Parkstad
(als gelabeltes, grenzüberschreitendes Projekt der IBA)
 - o E-Mobilitätsförderlinien auf unterschiedlichen Ebene

Aufgrund des beschränkten Umfanges der vorliegenden Untersuchung und der z. T. noch nicht endgültig beschlossenen bzw. veröffentlichten Programme einzelner o. g. Förderlinien sind verbindliche Aussagen zu möglichen Förderhöhen an dieser Stelle noch nicht möglich und es wird daher empfohlen, im Rahmen der weiteren Konkretisierung des Projektes alle genannten Möglichkeiten detailliert zu prüfen und anschließend entsprechende Förderanträge zu erarbeiten.

Auf Basis zur Verfügung stehender Informationen und Erfahrungen mit verschiedenen Förderprogrammen in den vergangenen Jahren sowie der Tatsache, dass bislang keine anderen grenzüberschreitenden Elektrobushlinien bekannt sind und daher von einem europäischen Vorbildprojekt gesprochen werden könnte, kann jedoch die Einschätzung getätigt werden, dass ein 50%-iger Fördersatz für die investiven Maßnahmen – zumindest der vorgeschlagenen 1. Ausbaustufe – durchaus realistisch erscheint.

Verbunden mit dem Umstand, dass im Zuge des Starts der neuen ÖV-Konzession in Niederländisch-Limburg Ende 2016 ohnehin die gesamte Busflotte auf Seiten des niederländischen Verkehrsunternehmens erneuert werden muss und daher dort im Falle einer zeitgleichen Implementierung der ersten grenzüberschreitenden Linien “nur” die zusätzlichen Kosten des elektrischen Antriebs anfallen, ergeben sich somit günstige finanzielle Voraussetzungen für die Realisierung der vorgeschlagenen 1. Ausbaustufe.

7. ERFORDERNISSE UND VORSCHLÄGE FÜR DIE PROZESS- UND PROJEKTSTRUKTUR

In den vorangegangenen Ausführungen wurde u. a. verdeutlicht, dass der Prozess der Elektrifizierung von Busverkehren (begonnen bei einzelnen Linien bis hin zu ganzen Netzen) eine komplexe Angelegenheit ist, die eine ganzheitliche Auseinandersetzung mit der Thematik und die sorgfältige Abwägung zahlreicher Aspekte erfordert, um eine fundierte und zukunftsgerechte Entscheidung zu treffen, die sowohl den Ansprüchen der Kunden und Interessen der Verkehrsunternehmen genügt als auch auf die finanziellen Spielräume der zuständigen Aufgabenträger abgestimmt ist.

Dieses bereits bei rein lokalem Umfang in einem der drei Länder der Charlemagne Grenzregion potenziell schwierige Unterfangen verkompliziert sich durch die grenzüberschreitende Dimension noch zusehends, da hierdurch mehr und anders strukturierte Aufgabenträger *und* Verkehrsunternehmen mit an Bord kommen, die jeweils ihren nationalen Hintergrund haben.

Dies erfordert im Hinblick auf eine zielgerichtete Durchführung eines Elektrifizierungs-Pilotprojektes im grenzüberschreitenden Verkehr eine stringente und konsequente Prozess- und Projektplanung, um nicht bereits bei den ersten Schritten zu unnötigen Reibungsverlusten zu kommen.

Aufgrund der Tatsache, dass durch den zwingend grenzüberschreitenden Zuschnitt eines künftigen Elektrifizierungsprojektes mehrere Verkehrsunternehmen beteiligt sein werden, die – ungeachtet ihrer Unternehmensstruktur und Einflussmöglichkeiten seitens der Aufgabenträger – ihre eigenen Ziele und Belange verfolgen, wird angeraten, vor einer formellen Beteiligung der entsprechenden Verkehrsunternehmen zunächst einen *Grundsatzbeschluss auf bzw. unter Einbezug der Aufgabenträgerebene* zu fassen, in welchem die sukzessive Elektrifizierung der grenzüberschreitenden Verkehre mit einem gemeinsamen technischen System verankert wird.

Im Anschluss sollte die Gunst des Moments – sowohl im niederländischen als auch deutschen Teil der Region steht die verbindliche Beauftragung der jeweiligen Verkehrsunternehmen (Betrachtung in DE bzw. Konzessionsvergabe in NL) für die nächste lange Vertragsperiode an – genutzt werden, um auch die Elektrifizierung der grenzüberschreitenden Verkehre auf Basis des o.g. Grundsatzbeschlusses seitens der Aufgabenträger *verbindlich in den künftigen vertraglichen Vereinbarungen mit den Verkehrsunternehmen* aufzunehmen und parallel dazu das vorgeschlagene Umsetzungskonzept konkretisieren zu lassen sowie kurzfristige Fördermöglichkeiten auszuloten (und in Anspruch zu nehmen).

Dies wiederum bietet die Basis für die Realisierung eines *Pilotprojekts, welches durch die beteiligten Aufgabenträger definiert und die konzessionierten Verkehrsunternehmen* (je nach Verbindung in Kooperation oder alleine) *durchgeführt wird*. Um den Erfordernissen der grenzüberschreitenden Dimension Rechnung zu tragen, sollten die

Aufgabenträger auch im Zuge des Realisierungsprozesses zur Vermeidung von Reibungsverlusten maßgeblich beteiligt sein – auf deutscher Seite der AVV in seiner Rolle als Euregionale Koordinierungsstelle sowie die Stadt Aachen, auf niederländischer Seite die Provinz Limburg.

Abhängig von der schlussendlichen Dimensionierung des Projekts und der möglichen Teilnahme an einem oder mehreren (EU-)Förderprojekten wird folgende Struktur für die Umsetzung vorgeschlagen:

- *Steuerungsgruppe*
bestehend aus Entscheidungsträgern der beteiligten lokalen und regionalen Aufgabenträger (AVV, Stadt Aachen und Provinz Limburg), einem Vertreter des Vorstandes der AG Charlemagne sowie Vertretern der Geschäftsführung der beauftragten Verkehrsunternehmen,
- *Arbeitsgruppe*
bestehend aus Vertretern der Fachebene der beteiligten lokalen und regionalen Aufgabenträger, einem Verwaltungsvertreter aus jeder der beteiligten Kommunen/Institutionen der AG Charlemagne sowie den Projektmitarbeitern der beteiligten Verkehrsunternehmen.

Vertreter der Arbeitsgruppe berichten in der Steuerungsgruppe sowie – je nach Bedarf – auch in anderen lokalen und regionalen Entscheidungsgremien auf allen Seiten der Grenze.

Die Steuerungsgruppe sollte in einem festen Turnus zusammenkommen, die Arbeitsgruppe je nach Bedarf. Sollten weitere Untergruppen zur Abstimmung spezifischer technischer Fragenstellungen oder sonstiger Einzelaspekte nötig sein, können diese von der Arbeitsgruppe eingesetzt werden.

Im Rahmen der Projektdefinition sollte zudem ein für alle Seiten verbindlicher „Fahr-“ und Zeitplan bis einschließlich der Aufnahme des elektrischen Betriebs der gewählten Linien vereinbart werden, um eine konsequente Umsetzung zu fördern.

8. ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN

Die Elektrifizierung des ÖV wird in den nächsten Jahren deutlich an Fahrt gewinnen, sowohl im Schienen- als auch – insbesondere – im Busverkehr. Immer mehr Fahrzeughersteller drängen mit elektrischen Bussen unterschiedlicher Größe, Kapazität und Antriebs- bzw. Batteriephilosophie auf den Markt, Verkehrsunternehmen testen die Fahrzeuge ausgiebig und in zahlreichen Städten werden bereits Pilotlinien betrieben bzw. stehen kurz vor der Betriebsaufnahme. Aufgabenträger entdecken das Thema ebenfalls und integrieren die Elektrifizierung in laufende Ausschreibungen bzw. Betrauungen, nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund der notwendigen Verbesserung der Luftqualität in Innenstadtbereichen.

Gleichzeitig befinden sich jedoch nahezu alle derzeit am Markt angebotenen elektrischen Systemlösungen noch in der Weiterentwicklung und sind in der Anschaffung (Fahrzeuge und Infrastrukturen) z. T. noch deutlich teurer als vergleichbare EURO 6-Dieselbusse.

Entscheidungen zur Elektrifizierung einzelner Buslinien oder ganzer Netze erfordern daher immer eine sorgfältige Abwägung aller direkt und indirekt damit verbundenen Aspekte – kurz-, mittel- und langfristig. Auch muss den beteiligten Akteuren sowohl auf Seiten der Verkehrsunternehmen als auch der Aufgabenträger klar sein, dass eine 1zu1-Elektrifizierung bestehender Dieselnetze insbesondere bei starker betrieblicher Optimierung wie im Aachener Netz – unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten – faktisch unmöglich ist und bleibt und daher eine zumindest teilweise Anpassung an die Erfordernisse elektrischen Betriebes unausweichlich ist.

Während also bereits im lokalen oder regionalen Kontext Elektrifizierungsentscheidungen diffizile Unterfangen sind, nimmt die Komplexität durch die Hinzunahme der grenzüberschreitenden Dimension aufgrund der zusätzlichen Akteure und aufeinandertreffenden Unterschiede bei Aufgabenträger-, Verkehrsunternehmens- und Finanzierungsstrukturen weiter zu.

Trotzdem ist gerade die Berücksichtigung der grenzüberschreitenden Verkehre bei der Elektrifizierung alternativlos, um letztlich sehr teure und unsinnige Parallel- bzw. gegensätzliche Entwicklungen an den jeweiligen Seiten der Grenze in der Region zu vermeiden und damit eine Situation wie auf der Schiene (unterschiedliche Oberleitungsspannungen und Sicherheitssysteme in Belgien, Deutschland und den Niederlanden), die bis heute den Ausbau der grenzüberschreitenden Bahnverbindungen blockiert, zu verhindern.

Darum ist – angesichts der sehr günstigen strukturellen Randbedingungen zumindest auf deutscher (anstehende Betrauung der ASEAG) und niederländischer Seite (anstehende Vergabe der neuen ÖV-Konzession Limburg mit starkem Elektromobilitätsbaustein) – derzeit ein sehr geeigneter Zeitpunkt für den Start der Elektrifizierung des grenzüberschreitenden Verkehrs.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die bestehenden grenzüberschreitenden Linien auf dem Gebiet der Charlemagne Grenzregion auf Ihre Eignung für einen solchen Pilotbetrieb hin untersucht. Systembasis für die Bewertung war die Wahl des „Opportunity-Charger“-Prinzips (Busse mit kleiner und leichter Batterie und daher hoher Fahrgastkapazität, die an Ladestationen an den Linienenden in sehr kurzer Zeit mit hoher Ladeleistung nachgeladen werden: Schnellladesystem), da es gegenüber den übrigen am Markt erhältlichen Systemen sowohl in finanzieller (TCO-Bewertung) als auch betrieblicher Hinsicht Vorteile bietet und tendenziell daher zumindest in städtisch geprägten Regionen das sich durchsetzende System werden dürfte.

Eines der verschiedenen Schnellladesysteme – eine Standardisierung hat bis heute nicht stattgefunden und ist auch perspektivisch noch nicht absehbar – wurde von den RWTH Instituten ISEA und IFAS in Kooperation mit diversen renommierten deutschen Technologieunternehmen sowie dem niederländischen Bushersteller VDL entwickelt und wird derzeit von den Stadtwerken Münster als erstem Verkehrsunternehmen im Rahmen eines EU-Projektes im Linienbetrieb eingesetzt. Aufgrund des lokalen Know-hows, der potenziell extrem hohen Ladeleistung von bis zu 500 kW und der Möglichkeit zur Systemanpassung (z. B. zukünftige Berücksichtigung von brennstoffzellenbasierten Range-Extendern für längere Linien nach Fertigstellung der Aachener Wasserstofftankstelle) wird in der vorliegenden Untersuchung dieses System zu Grunde gelegt.

Im Ergebnis der auf technischen, finanziellen, betrieblichen und strukturellen Kriterien beruhenden Bewertung stellen sich mehrere der bestehenden grenzüberschreitenden Verbindungen – besonders auf dem Korridor Aachen – NL-Limburg als „geeignet“ oder sogar „sehr geeignet“ für eine kurzfristige Elektrifizierung dar, lediglich geringe Anpassungen sind zum Teil nötig bzw. angeraten.

Auf Basis dessen wird ein zweistufiges Umsetzungskonzept namens „CharlemagneBus“ vorgeschlagen, welches in der 1. Ausbaustufe die Elektrifizierung der bestehenden Linien 44 (Heerlen – Aachen) und 30 (Kerkrade – Herzogenrath) sowie der aus zwei zusammengeführten Linien entstehenden neuen Linie Kerkrade – Avantis – Aachen vorsieht, die in der 2. Ausbaustufe um die Elektrifizierung der Linie 14 (Aachen – Eupen) ergänzt wird.

Für die 1. Ausbaustufe wurde eine anfängliche Investition von ca. 4.050.000 € für Fahrzeuge und Ladestationen ermittelt, wovon 1.700.000 € auf die deutsche sowie 2.350.000 € auf die niederländische Seite entfallen. Aufgrund der Tatsache, dass die Betriebs- und Wartungskosten bei elektrischem Betrieb deutlich niedriger ausfallen als bei vergleichbarem Betrieb mit EURO 6-Dieseln, erscheint bei einer TCO-Betrachtung über die komplette Einsatzzeit der jeweiligen Busse bis zur Ausmusterung (10-12 Jahre) bereits heute eine langfristige Kostenneutralität bzw. sogar ein Kostenvorteil beim elektrischen Betrieb möglich. Durch intelligente Betreibermodelle für die Ladestationen (auf deutscher Seite unter Einbezug von STAWAG/Infrawest) und den Strombezug (Möglichkeiten am Spot-

Markt) kann die Kostenneutralität bzw. Kostenvorteile möglicherweise deutlich früher erreicht werden.

Gelingt es zudem, aus EU-, nationalen oder regionalen Förderprogrammen oder -linien entsprechende Mittel zur Reduzierung der anfänglichen Investitionen zu akquirieren, gestaltet sich ein kurzfristiger Start eines Projekts zur Elektrifizierung der grenzüberschreitenden Buslinien in der Charlemagne Grenzregion nicht nur machbar, sondern wäre für alle beteiligten Akteure hochattraktiv.

Daher wird empfohlen, zunächst in einem Grundsatzbeschluss im Vorstand der AG Charlemagne unter Beteiligung der Aufgabenträger Provinz Limburg und AVV die schrittweise Elektrifizierung im grenzüberschreitenden Verkehr zu verankern, anschließend das Projekt auf Basis der in der vorliegenden Untersuchung unterbreiteten Vorschläge und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Fraunhofer-Untersuchung zur Elektrifizierung des innerstädtischen Aachener Busverkehrs zu konkretisieren bzw. konkretisieren zu lassen und parallel Förderanträge vorzubereiten sowie eine Prozessstruktur mit gemeinsamer grenzüberschreitender Steuerungs- und Arbeitsgruppe einzusetzen.

Bei einem kurzfristigen Projektstart sowie einer konsequenten Umsetzung erscheint die Betriebsaufnahme der ersten elektrischen Linie zum Start der neuen Konzession in der niederländischen Provinz Limburg im Dezember 2016 möglich.



QUICKSCAN-MACHBARKEITSSTUDIE ZU EINER GRENZÜBERSCHREITENDEN E-BUSVERBINDUNG IN DER CHARLEMAGNE GRENZREGION – PRÄSENTATION DER ERGEBNISSE

Mobilitätsausschuss der Stadt Aachen,
Thomas Clemens





INHALT

1. Hintergrund & Einführung
2. Ausgangslage & grundsätzliche Erwägungen
3. Herangehensweise im Untersuchungsfall
4. Bewertung der einzelnen Linien/Verbindungen
5. Zusammenfassung & Empfehlungen



1. HINTERGRUND & EINFÜHRUNG

- Im Busbereich (v.a. urbane Gebiete) **klare Tendenz** in Richtung **E-Mobilität**, immer mehr E-Fahrzeuge am Markt und im Test, einzelne Pilotprojekte im Plandienst (z.B. Dresden, Münster, Berlin und bald Köln)
- **Pro:**
 - emissionsfrei
 - geringere Betriebskosten
 - geringerer Verschleiß
 - langfristig günstiger
 - erhöht Lebensqualität und Image
- **Contra:**
 - (noch) hohe Anschaffungskosten
 - laufende Weiterentwicklung
- **Wichtig:** Einbeziehung der grenzüberschreitenden Verkehre von Beginn an sehr wichtig, um Parallel- und/oder gegenläufige Entwicklungen zu vermeiden (Interoperabilität!)
- Situation wie auf der Schiene darf sich nicht wiederholen...

2. AUSGANGSLAGE & GRUNDSÄTZLICHE ERWÄGUNGEN (I)

- Derzeit (noch) keine technisch/betrieblich/finanziell optimale “Standardlösung”, jedoch deutlich, dass Elektrifizierung auch zukünftig besondere Anforderungen an Aufgabenträger **und** Verkehrsunternehmen stellen wird
- **Daher:** Einbezug der Randbedingungen auf Seiten der Aufgabenträger und Verkehrsunternehmen notwendig (finanzielle & vertragliche Situation und Perspektiven, Bereitschaft, Innovationsfähigkeit etc.)



Deutsche Seite

günstig



Niederländische Seite

günstig



Belgische Seite

weniger günstig

2. AUSGANGSLAGE & GRUNDSÄTZLICHE ERWÄGUNGEN (II)

- HERANGEHENSWEISE ZUR EINFÜHRUNG VON E-MOBILITÄT
 - Strategische Entscheidung: Netz- oder Technologiebezug?

1zu1-Elektrifizierung in bestehenden Dieselnetzen

unter heutigen Bedingungen wirtschaftlich faktisch unmöglich, insb. in stark umlauf-optimierten, störungsanfälligen Stadt/Regionalnetzen



Bei einzelnen Linien/Fahrten möglich, als Gesamtstrategie problematisch

Elektrifizierung inkl. Netz- und Betriebsanpassung

auch häufig schwierig, erfordert Überzeugung, Innovations- & Kooperationsfähigkeit und mittelfristigen finanziellen Bewertungshorizont



Weg der Wahl für die Zukunft, ermöglicht schrittweise Durchelektrifizierung



2. AUSGANGSLAGE & GRUNDSÄTZLICHE ERWÄGUNGEN (III)

- HERANGEHENSWEISE ZUR EINFÜHRUNG VON E-MOBILITÄT
 - Finanzieller Bewertungshorizont
TCO (Total Cost of Ownership) als Schlüsselbegriff, finanzielle Darstellbarkeit der Elektrifizierung für das Verkehrsunternehmen; Betrachtung der gesamten Kosten während der kompletten Einsatzzeit des Busses und Vergleich mit Dieselbus
wichtig: betrieblicher Vorteil der E-Busse steigt mit zunehmender Einsatzzeit bzw. -km, Synergien mit Stromversorger möglich, Fördermittel können Investbedarf abmildern, Infrastrukturbetreibermodelle
Einschätzung:
Finanziell attraktive TCO-Varianten schon heute möglich, mittel- bis langfristige finanzielle Bewertungshorizonte bei Elektrifizierungsentscheidungen unerlässlich



3. HERANGEHENSWEISE IM UNTERSUCHUNGSFALL (I)

- ECKPFEILER DER UNTERSUCHUNG/BEWERTUNG

- Rein technische Machbarkeit in den allermeisten Fällen gegeben, daher Bewertung auf Basis mehrerer Eckpfeiler:
- Kurzfristige Machbarkeit
bei gleichzeitiger langfristiger Flexibilität hinsichtlich technologischer Entwicklungs- und Änderungsmöglichkeiten
- Minimale Haushaltsbelastung
bei gleichzeitiger realistischer Aussicht für eine systematische Durchelektrifizierung der (grenzüberschreitenden) Verkehre
- Nutzung in Aachen entwickelter Technologie vor Ort
durch Anwendung der Schnellladesystemlösung des ISEA/IFAS der RWTH Aachen

3. HERANGEHENSWEISE IM UNTERSUCHUNGSFALL (II)

- SCHNELLLADESYSTEM MADE IN AACHEN (ISEA/IFAS RWTH) konduktiv über Konnektor, Ladeleistung bis 500 kW, proven Technology mittelständischer Partner (u. a. Schunk, Pintsch Bamag, Ziehl-Abegg), städtebaulich hochverträglich



4. BEWERTUNG DER EINZELNEN LINIEN / VERBINDUNGEN (II)

	LINIE 14	LINIE 24	LINIE 27	LINIE 30	LINIE 34	LINIE 44	LINIE 50	LINIE 74	LINIE 385	LINIE 396
	Eupen Bushof - Aachen Bushof TEC/ASEAG	Kelmis Bruch - Aachen Rahe im Ring ASEAG	Kerkrade Parkstad Stadion - Avantis Veolia	Kerkrade Busstation - Herzogenrath Bf Veolia	Kerkrade Busstation - Aachen Brand ASEAG	Heerlen Station - Aachen Hbf Veolia/ASEAG	Maastricht Station - Aachen Theater Veolia	Avantis - Aachen Hbf ASEAG	Eupen Bushof - Kalterherberg Bf TEC/RVE	Vaals Busstation - Eupen Bushof TEC
technische Kriterien										
Linienlänge					2		3		4	5
Anzahl Haltestellen					2					5
Topographie									4	5
Nachfrage/Gelenkbuseinsatz										
finanzielle Kriterien										
Anzahl Busse Im Umlauf										
Lage der Ladestation(en)										
betriebliche Kriterien										
Einheitlichkeit Route und Fahrten										
Anzahl Fahrten/Tag									4	
Linienreiner Betrieb					2					
Wendezeiten							3			
sonstige Kriterien										
Linienlängenverhältnis										
Vermarktungspotenzial										
Fördermittelperspektiven										
Effekt auf Luftqualität in Aachen'										
strukturelle Randbedingungen										
Gesamtbewertung	LINIE 14	LINIE 24	LINIE 27	LINIE 30	LINIE 34	LINIE 44	LINIE 50	LINIE 74	LINIE 385	LINIE 396



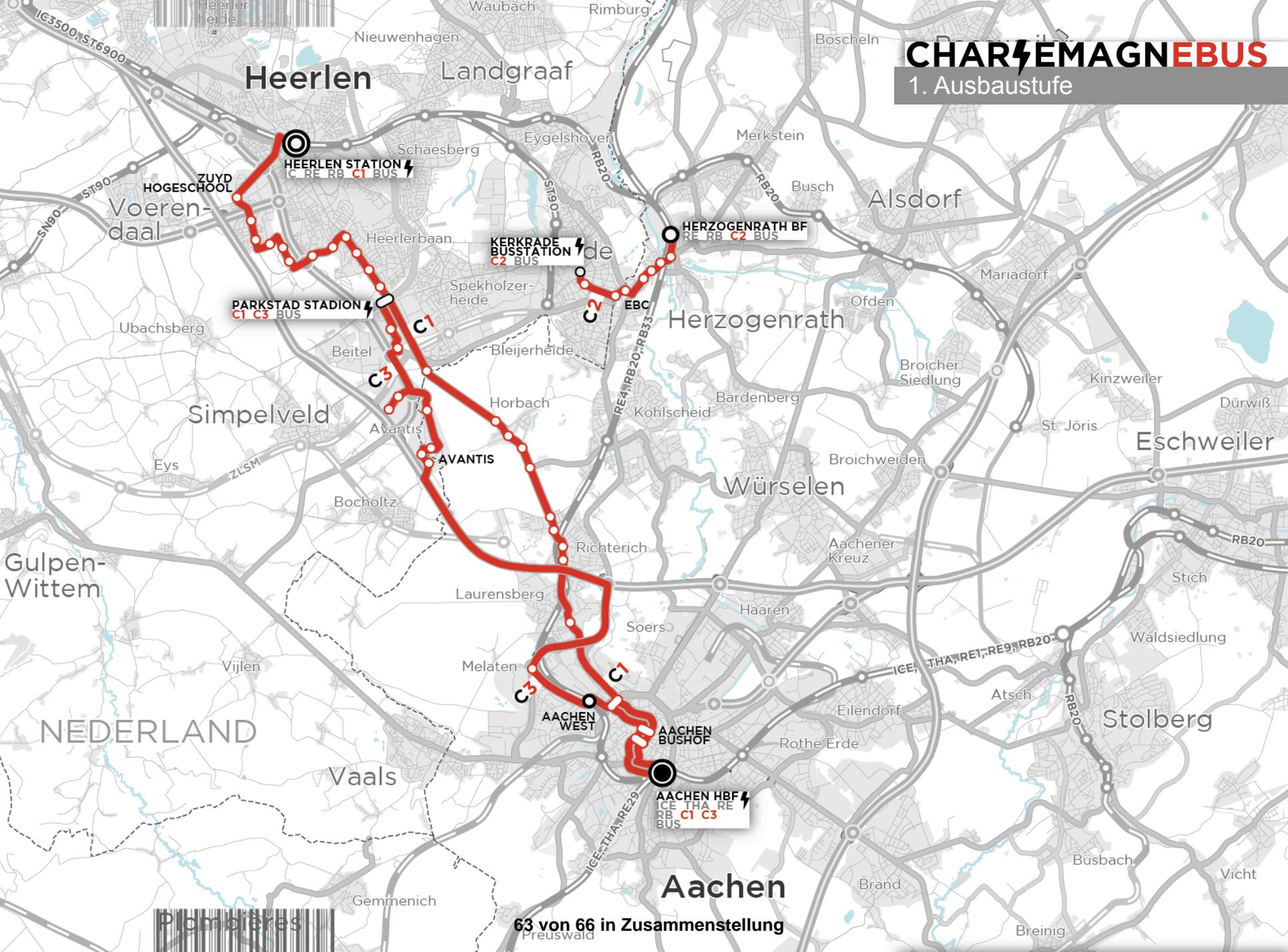
¹ nachrichtlich, geht nicht in die Bewertung ein
^{2&3} führt in Kombination zur Abwertung

Bewertungsgrundlagen:

- Kurzfristige Machbarkeit
- Minimale Haushaltsbelastung
- Technologie aus AC

CHARMAGNEBUS

1. Ausbaustufe





5. ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN (I)

- Berücksichtigung grenzüberschreitender Verkehre bei Elektrifizierung angeraten, um Situation wie auf der Schiene zu verhindern
- Elektrifizierung von Busverkehren erfordert – auch grenzüberschreitend – immer sorgfältige Abwägung aller Aspekte (kurz-, mittel- und langfristig)
- Vertragliche/strukturelle Randbedingungen – zumindest in NL und DE – derzeit günstig, um das Projekt zu starten
- Mehrere heutige grenzüberschreitende Linien mindestens “geeignet” für zeitnahe Elektrifizierung auf Basis der hier zu Grunde gelegten Technologie (“Opportunity Charging”), nur kleine Anpassungen erforderlich





5. ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN (II)

- Durch Nutzung vorhandener Fördertöpfe Minimierung der Investitionen möglich
- Ggf. Möglichkeit zur Implementierung von in Aachen entwickelter Technologie vor Ort
- Künftige Änderungen/Anpassungen der Systemarchitektur (z.B. zusätzlicher Einsatz von H2-Range-Extendern) bleiben möglich
- ***Empfehlung: Bei den anstehenden Elektrifizierungsprojekten im Busverkehr auf allen Seiten der Grenze den grenzüberschreitenden Verkehr mit berücksichtigen, gemeinsam die Planungen und technischen Entscheidungen abstimmen und – unterstützt durch Förderprogramme – grenzüberschreitende Pilotprojekte initiieren***





**HERZLICHEN DANK FÜR
IHRE AUFMERKSAMKEIT!**