

Machbarkeitsstudie zur baulichen Umsetzung alternativer Antriebe ÖPNV Betriebshöfe der VKU in Kamen und Lünen

1	Grundlagen	
1.1	Hintergrund und Zielsetzung	
	Ausgangslage	Die VKU - Verkehrsbetriebe Kreis Unna betreibt zwei Betriebshöfe für den öffentlichen Personennahverkehr in Kamen und Lünen. Für die Betriebe soll die Umstellung auf alternative Antriebe baulich untersucht werden.
		Auf dem Betriebshof Kamen befindet sich ein Werkstattteil mit Waschstrasse, in der die Fahrzeuge mit Dieselmotoren betankt werden. Die Fahrzeuge sind zum Teil in einer vorhandenen einzelnen Unterstellhalle untergebracht, zum Teil stehen sie in der Werkstatt bzw. draussen. Das Verwaltungsgebäude befindet sich getrennt von Werkstatt und Unterstellhalle auf dem Gelände
		Der Betriebshof liegt zentral im Ort Kamen und wird von der Lünener Strasse angefahren. Es sind zwei weitere Zufahrten vorhanden, die aber nicht bzw. nur als Feuerwehrezufahrt genutzt werden, da sie in einem Wohngebiet münden.
		Bauordnungsrechtlich liegt der Betriebshof in einem Bereich ohne festgesetzte Bauleitplanung und ist einem Mischgebiet zuzuordnen.
		Der Betriebshof Lünen ist eine kompakte Anlage mit Verwaltung, Werkstatt, Waschhalle und Unterstellhalle in einem Gebäudekomplex.
	Zielsetzung	Für die Betriebshöfe soll die Umstellung auf alternative Antriebe baulich untersucht werden.
		Es wird davon ausgegangen, dass der alternative Antrieb dabei auf den elektrisch batteriebetriebenen fokussiert wird. Die Möglichkeit für den Betrieb mit Wasserstoff war Gegenstand einer Diskussion, soll aber nicht weiter verfolgt werden.
1.2	Fahrzeuge und Ladetechnik	
		Auf den Betriebshöfen werden Solo- und Gelenkfahrzeuge betrieben. Die Solofahrzeuge sind mit 12 m Länge, die Gelenkfahrzeuge mit 18 m Länge zu berücksichtigen. Die Varianten mit 15 m Solofahrzeug - Doppelachse hinten - und den sogenannten Midibus sind nur bedingt zu berücksichtigen.
		Die Fahrzeuge werden durch die Pantographentechnik aufgeladen. Zusätzlich verfügen die Fahrzeuge über die Möglichkeit der Steckerladung. Bei den Midibussen wird zunächst davon ausgegangen, dass man diese mit Stecker lädt.

Machbarkeitsstudie zur baulichen Umsetzung alternativer Antriebe ÖPNV Betriebshöfe der VKU in Kamen und Lünen

		Die Panthografen fahren im Ladevorgang in eine Ladehaube, die im Hallendach oder aussen an einem Masten mit Ausleger befestigt ist. Es ist anzustreben, alle Ladehauben auf eine einheitliche Höhe zu montieren, damit das Personal von immer der gleichen Steuerung ausgehen kann. Es wurde eine Höhe von 4,50 m mit einem Abstand von 2,11 m von Vorderkante Fahrzeug bis Mitte Ladehaube festgelegt.
		Zur richtigen Positionierung der Fahrzeuge unter der Ladehaube ist eine Markierung auf dem Abstellplatz vorzusehen.
1.3 Fahrzeugabstellung		
		Bei der Abstellung der Fahrzeuge sind anhand von realisierten Beispielen mehrere Lösungen möglich. In Hamburg stehen 80 Gelenkbusse in 10 Reihen zu je 4 Fahrzeugen hintereinander. In Köln steht ein Gelenkbus in Schrägaufstellung in mehreren Reihen nebeneinander unter einem Carport. Dieses sind Neubauprojekte. In Hagen wurde eine vorhandene Halle durch Unterteilung und Stahlkonstruktionen für die Ladetechnik ertüchtigt. Hier stehen ebenfalls mehrere Fahrzeuge hintereinander.
		Auf dem Betriebshof Lünen sind die vorhandenen Hallen so lang, dass dort entweder 2 Gelenk- oder 3 Solofahrzeuge hintereinander aufgestellt werden können. Die vorhandenen Spurbreiten lassen keine Steckerladung zu, da die Wege zwischen den Fahrzeugen einen Durchgang dann nicht mehr zulassen. Die vorhandene Hallenhöhe lässt die Montage der Ladehauben nicht zu. Im Bereich der Ladehauben müssen entweder Dachaufstockungen in Form von grösseren Lichtkuppeln angeordnet oder alternativ die gesamte Dachkonstruktion angehoben werden.
		Auf dem Betriebshof Kamen sind mehrere Abstellmöglichkeiten realisierbar.
		Nutzung der vorhandenen Unterstellhalle. Dabei besteht einerseits die Möglichkeit der seitlichen Zufahrt wie bisher. Gravierender Nachteil, der unbedingt in allen Konzepten vermeiden werden soll, ist die Rückwärtsfahrt. Die Fahrzeuge müssen wie bisher die Halle rückwärts wieder verlassen. Die Hallenhöhe ist für die Montage der Ladenhauben ausreichend.
		Nutzung der vorhandenen Unterstellhalle mit Durchfahrt in Längsrichtung. Dazu muss für die Einfahrt ein Teil der Halle um 2 Felder eingekürzt werden. Bei dieser Lösung stehen dann mehr als 2 Gelenk- bzw. 3 Solofahrzeuge hintereinander.
		Rückbau der vorhandenen Unterstellhalle und Neubau einer längs ausgerichteten Halle, wobei dann ebenfalls wieder mehrere Fahrzeuge hintereinander stehen. Dies führte zu der Diskussion, ob ein wirtschaftlicher Betrieb bzw. Management dabei möglich sei.

Machbarkeitsstudie zur baulichen Umsetzung alternativer Antriebe ÖPNV Betriebshöfe der VKU in Kamen und Lünen

Rückbau der vorhandenen Unterstellhalle und Neubau von zwei längs ausgerichteten Hallen, die entsprechend des nördlichen Grenzverlauf gegeneinander verschwenkt sind. Dadurch ist die ideale Fahrzeugaufstellung von 2 Gelenk- bzw. 3 Solofahrzeugen wieder realisierbar. Die Befahrbarkeit der einzelnen Hallen - auch der Bereich dazwischen - musste genau untersucht und abgestimmt werden. Aus diesem Anlass wurden Fahrversuche im realistischen Massstab 1 : 1 durchgeführt.

1.4 Betriebshofmanagement

Im Zuge der Fahrzeugabstellung wurde die automatische Fahrzeugabstellung durch selbstfahrende Systeme angesprochen. Mit dieser Möglichkeit wird für die Zukunft gerechnet, zum jetzigen Zeitpunkt aber noch nicht ausgerichtet. Die Abstellung der Fahrzeuge erfolgt auf unbestimmte Zeit wie bisher noch manuell.

1.5 Brandschutz in Betriebshöfen

Der Verband der Sachversicherer hat aufgrund der aufgetretenen Brände in Betriebshöfen eine Publikation zum Brandschutz in Betriebshöfen erstellt. Diese Publikation VdS 0825 : 2023-03. Als wesentliches Fazit dieser Studie: „Durch die typischerweise eng abgestellten Fahrzeuge in einem Betriebshof ist bei einem Brandausbruch mit einem Totalverlust aller Fahrzeuge einschliesslich der Halle zu rechnen. Berechnungen aus eine Simulation zeigen, dass die Vergrösserung der Rauchabzugsflächen keinen Einfluss auf die Rauch- und Wärmeabfuhr hat.“

Zur Vertiefung dieser Sachfrage wurde ein Besprechungstermin mit dem zuständigen Mitarbeiter des Versicherers vereinbart, in dem diese Thematik für die betroffenen Betriebsteile vertieft wurden.

Als weiteres Fazit stellte sich heraus, dass eine wirksame Brandabschnittfläche nur durch eine qualifizierte Brandwand erreicht werden kann. Der in Kreisen geltende freie Abstand von 5 m reicht aufgrund der Hitzeentwicklung nicht aus.

Eine weitere wirksame Massnahme zur Rettung von Fahrzeugen bei einer Brandentwicklung ist der Einsatz von Wassernebeltechnik, z. B. der Firma FOGTEC. Das Vernebeln des Löschwassers erzeugt eine gewaltige Reaktionsoberfläche und damit eine extrem effiziente Kühlung. Dem Feuer wird so schnell und effektiv die Energie entzogen. Durch die schnelle Verdampfung der Wassertröpfchen wird dem Feuer Energie und Sauerstoff entzogen.

Neben dem Brandschutzkonzept empfiehlt es sich auf jeden Fall, die Brandschutzdienststelle der beteiligten Behörde in das Projekt mit einzubinden. Dies wurde im Fall Kamen realisiert.

Machbarkeitsstudie zur baulichen Umsetzung alternativer Antriebe ÖPNV Betriebshöfe der VKU in Kamen und Lünen

		<p>Bezüglich der Löschwasserrückhaltung gibt es bei den beteiligten Behörden unterschiedliche Ansätze. Im Beispiel Hagen wurde im Ein- und Ausfahrbereich der Unterstellhalle eine gesonderte Rinne für die Löschwasserrückhaltung angeordnet. Bei anderen Dienststellen wurde darauf kein besonderer Augenmerk gelegt.</p>
1.6 Schallschutz		
		<p>Der Betrieb von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen ist gegenüber einem Verbrenner geräuscharmer. Die Motorengeräusche sind geringer - das Leerlaufgeräusch entfällt komplett - und das „Warmlaufen“ entfällt aufgrund der Vorkonfektionierung ebenfalls. Elektrobusse im Nahverkehr sollen künftig ein einheitliches künstliches Fahrgeräusch verbreiten. Dies wird aber ebenfalls geringer, kann beim Betrieb auf den Höfen vermutlich aber nicht abgestellt werden. Bei der Aufladung der Fahrzeuge fallen allerdings Geräusche durch Kühlaggregate an. Da bei der Aufladung hohe Mengen an Energie übertragen werden, müssen diese Prozesse gekühlt werden. Da die Busse meist nachts aufgeladen werden, in der eine geringere Störzahl zulässig ist, sollte dies bei der Gebäudeauslegung berücksichtigt werden. Speziell in Fällen, in denen eine Nachbarschaft aus wohnwirtschaftlich genutzten Gebäuden vorhanden ist, sollte eine schalltechnische Begleitung durch einen Gutachter erfolgen.</p>
1.7 Ladetechnik		
		<p>Bei der Ladetechnik sind im wesentlichen drei Bereiche zu unterscheiden. Die Versorgung erfolgt den örtlichen Energielieferanten über eine Übergabestation. Diese besteht aus einer Stahlbeton-Raumzelle als Fertigteil mit abnehmbarem Dach zur Bestückung mit Trafo und Schaltanlagen.</p>
		<p>Die Verteilung der Energie auf die einzelnen Ladehauben erfolgt in einer weiteren Übergabestation aus Stahlbeton. Diese Verteilung kann 12 Hauben einzeln versorgen. Entsprechend der geplanten Fahrzeuganzahl sind dann auch mehrere dieser Stationen erforderlich. Aufgrund der Wärmentwicklung beim Ladeprozess müssen die Stationen gekühlt werden. Die Kühltechnik sitzt gewöhnlich auf den Fertigteilboxen.</p>
		<p>Da jede Ladehaube von der Verteilstation einzeln mit einem Last- und Steuerkabel angeschlossen werden muss, sollte der Weg von dem Verteiler zur Haube möglichst kurz sein. Aufgrund der hohen Leistungsübertragung sind die Versorgungskabel sehr massiv. Es sind entsprechende Biegeradien einzuhalten, die bei der Kabeltrasse berücksichtigt werden müssen. Dies gilt für den Übergang von den erdverlegten Kabeln in die Halle zur senkrechten Trasse und von dort wiederum in die Dachebene.</p>

Machbarkeitsstudie zur baulichen Umsetzung alternativer Antriebe ÖPNV Betriebshöfe der VKU in Kamen und Lünen

		Zur Vermeidung von Totalausfall der Versorgung sollten die Verteiler soweit auseinander stehen, dass in einem Brandfall nur eine Station ausfällt.
		Zusätzlich zu den Ladestellen in den Hallen sind Plätze für Schnelllader vorzusehen. Dies im Aussenbereich als Einzelplätze, die jederzeit ungehindert angefahren werden können. Die Hauben werden dabei an Masten mit Ausleger platziert.
		Eine weitere Ladestelle ist in der Aussenanlage so einzurichten, dass diese von ständig besetzten Stellen wie Werkstatt oder Büro eingesehen werden können - alternativ mit einer Kameraüberwachung. Es soll hier der Ladevorgang bei Fahrzeugen mit evtl. problematischer Technik überwacht werden.
1.8	Dacharbeitsstand	
		Für die Wartung der elektrisch betriebenen Fahrzeuge ist ein speziell eingerichteter Dacharbeitsplatz erforderlich, aufgrund der Fahrzeuganzahl auch als Doppelplatz ausgelegt. Mit dem erforderlichen Kran zum Aufnehmen und Absetzen von Batterieblocks ist für den Dacharbeitsplatz eine Höhe von ca. 8,0 m und eine Länge von 22,0 m ideal. Wegen der Hochvolttechnik stellt der Dacharbeitsplatz einen besonderen Sicherheitsbereich dar.
2	Handlungsempfehlung / Umsetzung	
		Bei den betrachteten Betriebshöfen bestehen Einschränkungen bezüglich der geplanten Umsetzung auf alternative Antriebe
		Der Betriebshof Kamen befindet sich in einem ungeplanten Innenbereich nach §34 und wird als Mischgebiet nach §6 Baunutzungsverordnung eingestuft.
		Der Betriebshof Lünen ist ein bauliches Konzept im Bestand, das in der Vergangenheit keine Modernisierung oder Umbau erfahren hat.

Machbarkeitsstudie zur baulichen Umsetzung alternativer Antriebe ÖPNV Betriebshöfe der VKU in Kamen und Lünen

		<p>Unter den oben genannten Bedingungen wurde untersucht, ob es sinnvoll ist, die beiden Betriebshöfe auf einem freien Grundstück mit entsprechender Bauleitplanung neu zu errichten. Dazu wurde ein Vorentwurf erstellt, der die Parameter für die Zusammenlegung beinhaltet. Neben den wirtschaftlichen Faktoren war der Ansatz besonders reizvoll, dass dieser Betrieb komplett fertig gestellt werden kann und die beiden Höfe ohne Unterbrechung einziehen und den Betrieb aufnehmen können. Bei der betriebswirtschaftlichen Betrachtung ergaben sich allerdings wegen der weiteren Wege eine sehr hohe Leistung an Leerfahrten, die diese Lösung auf Dauer in wirtschaftlich werden lies. Beide jetzigen Standorte liegen verkehrstechnisch so günstig, dass dieser Vorteil auf jeden Fall genutzt werden soll.</p>
1.1 Bauliche Umsetzung		
		<p>Die bauliche Umsetzung wurde zunächst nur für den Betriebshof Kamen angegangen. Der Betriebshof Lünen soll im Anschluss angegangen werden.</p>
	Hallen	<p>Von den Entwürfen wurde die geteilte Anordnung Halle Ost und Halle West ausgewählt. Die Unterstellhallen sind so zugeschnitten, das 2 Gelenk- oder 3 Solofahrzeuge hintereinander aufgestellt werden können. Für Midibusse ist eine Spur vorgesehen. Hier erfolgt aber keine Haubenladung sondern mit Kabel und Stecker.</p>
		<p>Die Halle Ost ist zweigeteilt mit einer mittigen Durchfahrt. Beide Hallenhälften sind brandschutztechnisch voneinander getrennt. Oberhalb der Durchfahrt werden die Boxen der Ladeinfrastruktur angeordnet, die von dort direkt die Ladehauben in der Halle versorgen. Auch diese Boxen sind brandschutztechnisch voneinander getrennt.</p>
		<p>Die Halle West ist brandschutztechnisch ebenfalls in zwei Bereiche getrennt. In einem Bereich befindet sich die Abstellhalle. Hinter der Brandschutzwand grenzen die Wasch- und Pflegehalle an. in dieser ist ebenfalls im Obergeschoss die Ladetechnik für die Unterstellhalle vorgesehen.</p>
		<p>Die Übergabestation befindet sich im Bereich der nordöstlichen Einfahrt. Hier wird eine zusätzliche Betonstation für die Mittelspannungs- Schaltanlage montiert. Von hier werden die Versorgungseinheiten in den Obergeschossen der Hallen für die Ladeinfrastruktur angeschlossen.</p>

Machbarkeitsstudie zur baulichen Umsetzung alternativer Antriebe ÖPNV Betriebshöfe der VKU in Kamen und Lünen

	Dacharbeitsplatz	In der vorhandenen Werkstatt wird der zweispurige Dacharbeitsplatz eingebaut. Das Gebäude mit Sheddachkonstruktion ist an der geringsten Stelle nur ca. 5,0 m hoch. Zur Kompensation der geringen Höhe sind auf dem Dacharbeitsplatz unterschiedliche Ebenen erforderlich. Eine Umsetzung ist hier dennoch möglich.
1.2 Besondere Anforderungen		
		Für den Betriebshof mit seiner Lage im Mischgebiet werden schalltechnisch besondere Massnahmen erforderlich. Diese werden in einem schalltechnischen Gutachten benannt. Dazu zählen akustisch wirksame Trapezbleche mit einer Lochung und Mineralwolleinlage zur Schalldämpfung, schallschutztechnisch besonders ausgebildete Hallentore, Dachoberlichter mit Schallschutzhauben und weitere. An den Grenzen zu den wohnwirtschaftlich genutzten Nachbarhäusern sind Schallschutzwände zu errichten.
		Dazu gibt es Einschränkungen für den Fahrverkehr - z. B. nächtliche Parkbewegungen nur auf den 25 Nachtstellplätzen - und Schliessen der Hallentore nach Ein- / Ausfahrt. Während der Nachtzeit darf kein Schnellladevorgang durchgeführt werden. Von den Trafogebäuden darf nachts kein Lärm z. B. bedingt durch Kühlung ausgehen.
1.3 Beteiligung der betroffenen Nachbarn		
		Zur Tolerierung der baulichen Massnahme und den anschliessenden Betrieb - der für die Nachbarschaft nach Umsetzung deutlich weniger Belastung bedeutet - soll die Nachbarschaft zu einem Informationsabend eingeladen werden. Dabei soll ihnen die baulichen Massnahmen und der Zeitrahmen dargestellt werden. Auch während der Baumassnahmen ist ein Informationsaustausch über den aktuellen Stand und die weiteren Massnahmen sehr sinnvoll.
1.4 Fazit		
		Mit den vorgenannten Punkten ist die Umsetzung der geplanten Massnahmen zur Elektrifizierung der Fahrzeuge des Betriebshofes möglich und sinnvoll.
		Der höhere bauliche Aufwand wegen der Lage in einem Mischgebiet wird durch die dauerhafte Einsparung von Leerfahrten, die bei einem Betriebshof auf der grünen Wiese anfallen würden, kompensiert.
		Die Tolerierung durch die Nachbarschaft wird sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nach den Einschränkungen durch die Bautätigkeit durch den modernen, zum alten Betrieb dann doch leiseren Fahrzeugbetrieb einstellen.

**Machbarkeitsstudie zur baulichen Umsetzung alternativer
Antriebe ÖPNV
Betriebshöfe der VKU in Kamen und Lünen**

Brilon 24-12-12

KRAFTARCHITEKTUR

Obere Mauer 4A * 59929 Brilon