

Energiebedarf für einen Bücherbus

Analyse der benötigten installierten Batteriekapazität am Beispiel von drei Varianten

Inhalt

I. Einleitung.....	1
II. Energiebedarf der einzelnen Varianten	2
II.1. Energiebedarf für einen rein elektrischen Bus	2
II.2. Energiebedarf für einen Plug in Hybrid Bus	4
II.3. Energiebedarf für einen Diesel Bus.....	5
III. Zusammenfassung	6
III.1. Vor- und Nachteile	6
III.2. Energieversorgung.....	6
III.3. Energiespeicher	6
III.4. Kosten.....	7
IV. Empfehlung.....	7

I. Einleitung

Die Stadt Köln hat die Kölner Verkehrs-Betriebe gebeten, anhand von Erfahrungswerten aus den Projekten mit alternativen Antrieben, eine Expertise für einen neuen Büchereibus zu erstellen.

Als Grundlage für den Energiebedarf der Büchereieinrichtung wurde das Leistungsverzeichnis der Kollegen von der Stadtbibliothek Duisburg herangezogen, welches nach Aussage der Stadt Köln als Referenz dient.

In der Betrachtung werden drei Varianten unterschieden. Zum einen wird ein rein elektrisches Fahrgestell sowie ein Plug in Hybrid und ein Dieselfahrgestell betrachtet.

Ziel dieser Betrachtung ist es, eine Entscheidungshilfe für das neue Fahrgestell zu geben.

Da dieses Fahrzeug zum größten Teil seiner Einsatzzeit steht und nicht gefahren wird, stellt sich die Klimatisierung (Heizen oder Kühlen) als die größte Herausforderung dar.

In einem Vorgespräch wurde klar, dass eine externe Energieversorgung des Fahrzeuges im Einsatz im Stadtgebiet nicht immer gewährleistet ist. Somit wurde bei der hier vorliegenden Expertise eine externe Energieversorgung nicht betrachtet.

II. Energiebedarf der einzelnen Varianten

II.1. Energiebedarf für einen rein elektrischen Bus

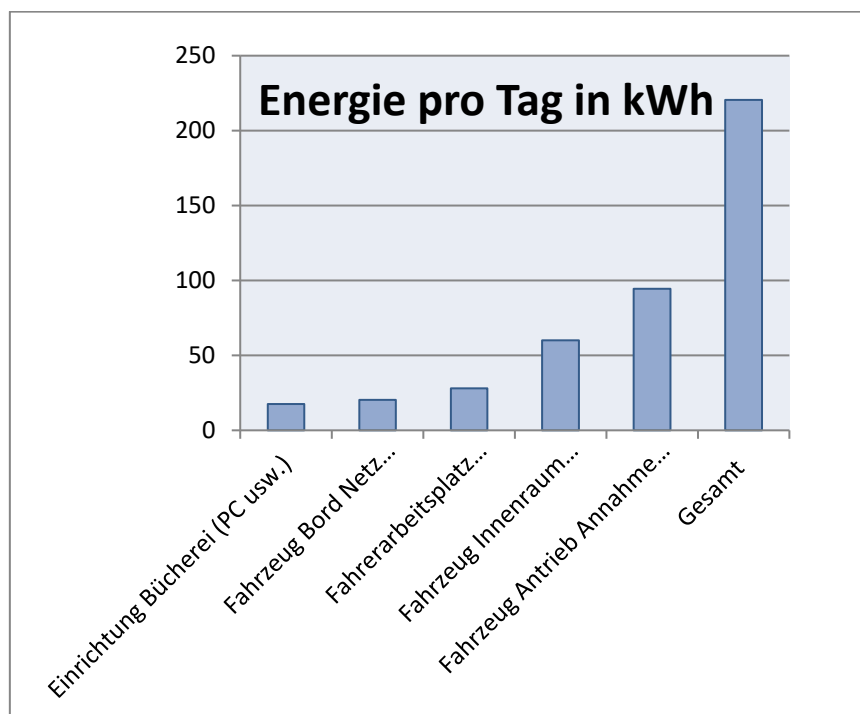
Die Besonderheit beim rein elektrischen Fahrzeug besteht darin, dass dieses Fahrzeug die benötigte elektrische Energie am Board haben muss. Da dieses Fahrzeug nicht über eine zweite Energiequelle, wie zum Beispiel einen Verbrennungsmotor verfügt, kann während der Einsatzzeit keine elektrische Energie erzeugt werden.

Um die Energiemenge an Board mit zu führen, wird ein hoher Anteil der Nutzlast des Fahrgestells für die Energiespeicher (Akkumulatoren) benötigt.

Um die Klimatisierung des Fahrzeuges zu realisieren, wäre eine Klimaanlage mit einer Wärmepumpentechnik nötig, um die Energie zum Heizen und Kühlen zu erzeugen.

Der große Vorteil dieses Fahrzeuges wäre ein gänzlich emissionsfreier Betrieb.

Für die einzelnen Komponenten ergibt sich folgender theoretischer Energiebedarf:



Das Fahrzeug würde **ca. 220 kWh** Energie benötigen. Für die Auslegung einer Batterie ist davon auszugehen, dass nur ca. 70% der installierten Energiekapazität genutzt werden können.

Somit müsste der E-Bücherbus mit einer Batterie ausgestattet werden, welche ein Speichervolumen von **ca. 290 kWh** aufweist.

Die Berechnungen gehen davon aus, dass keine Energie im Betrieb zugeführt werden kann.

II.2. Energiebedarf für einen Plug in Hybrid Bus

Bei einem Bücherbus auf Basis eines Plug in Hybridfahrzeug können die Vorteile der beiden Antriebssysteme (Diesel und Elektro) genutzt werden. Zum einen muss das Fahrzeug seine benötigte elektrische Energie nicht komplett mit sich führen und zum anderen kann es rein elektrisch fahren.

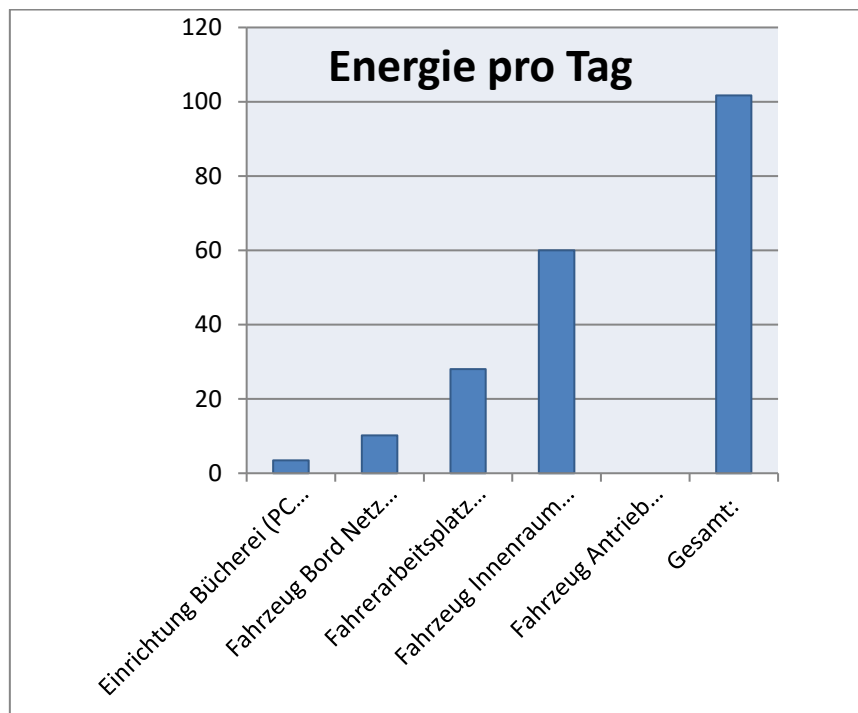
Sollte einer der Standorte über eine elektrische Infrastruktur verfügen, könnte der Energiespeicher aufgefüllt beziehungsweise die elektrischen Verbraucher extern versorgt werden.

In dem Fall, dass keine Infrastruktur vorhanden ist, kann das Fahrzeug sich selbst über den Verbrennungsmotor versorgen, wenn der Energiespeicher leer sein sollte.

Da diese Fahrzeuge mit einem Euro VI Motor kombiniert werden, ist der Schadstoffausstoß auf den momentan niedrigsten Werten für Dieselmotoren.

Diese Fahrzeuge besitzen, genau wie ein rein elektrischer Bus, einen Hochvoltkreis. Mit Hilfe der hohen Energie aus den Hochvoltbatterien kann im Stand eine Klimaanlage betrieben werden. Für die Heizung könnte diese Energie auch genutzt werden.

Jedoch kann der Verbrennungsmotor nicht die komplette benötigte Energie für den Tagesbedarf erzeugen. Somit muss das Fahrzeug nach einem Einsatztag im Depot nachgeladen werden.



Das Fahrzeug würde **ca. 102 kWh** Energie benötigen. Für die Auslegung einer Batterie ist davon auszugehen, dass nur ca. 70% der installierten Energiekapazität genutzt werden können.

Somit müsste das Hybridfahrzeug mit einer Batterie ausgestattet werden welche ein Speichervolumen von **ca. 132 kWh** aufweist.

II.3. Energiebedarf für einen Diesel Bus

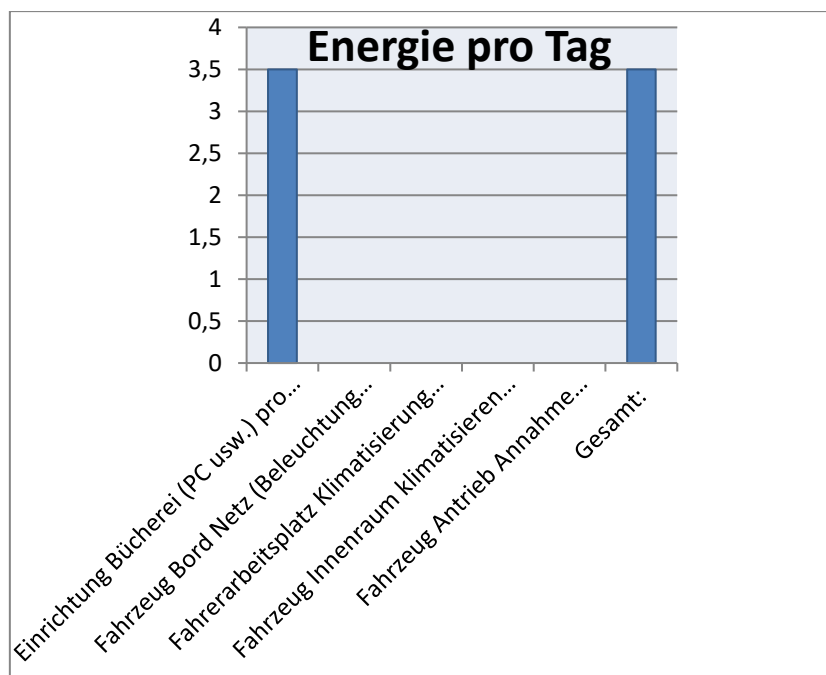
Wenn als Basis ein klassisches Dieselfahrgestell zum Einsatz kommt, ist kein Hochvoltsystem an Board. Somit müsste die Einrichtung der Bücherei über eine zusätzlich 24 V Versorgungsbatterie betrieben werden.

In der Berechnung ist die Annahme getroffen worden, dass ein Teil der benötigten Energie während der Fahrten zwischen den Einsatzpunkten wieder aufgeladen wird.

Da das Fahrzeugbordnetz nur während der Fahrt benötigt wird, entstehen hier keine Verbräuche im Stand. Die Heizung des Fahrzeuges würde in diesem Fall über den Motor beziehungsweise über eine Standheizung erfolgen.

Um den Fahrzeuginnenraum zu kühlen, könnte während der Fahrt eine Standard Klimaanlage installiert werden. Wenn diese Klimatisierung auch im Stand funktionieren soll, muss der Verbrennungsmotor in Betrieb bleiben. Eine elektrische Klimatisierung über den bestehenden 24V Stromkreis ist nicht möglich.

Falls an den Standorten ein Stromnetz Anschluss zur Verfügung steht, könnte man hier über eine separate elektrische Klimaanlage den Innenraum kühlen.



Die Einrichtung der Bücherei würde **ca. 3,5 kWh** Energie benötigen. Für die Auslegung einer Batterie ist davon auszugehen, dass nur ca. 70% der installierten Energiekapazität genutzt werden können.

Somit müsste der Dieselbus mit einer Batterie ausgestattet werden, welche ein Speichervolumen von **ca. 4,5 kWh** aufweist.

III. Zusammenfassung

III.1. Vor- und Nachteile

Jedes Fahrgestell hat seine spezifischen Besonderheiten, die zum einen Möglichkeiten bieten, jedoch auch zu gewissen Einschränkungen führen.

Die beiden ersten Varianten (rein elektrisches Fahrzeug und Plug in Hybrid) haben zwei Stromkreise. Das hat zum einen den Vorteil, dass eine Kühlung des Innenraums im Stand unabhängig von einer Netzversorgung erfolgen kann. Ein Nachteil ist die aufwändigere Technik, die zusätzlich Kosten verursacht.

Darüber hinaus werden die Hochvoltenergiespeicher nicht über die gesamte Fahrzeug Nutzungsdauer halten. Es wird ein Batterietausch nötig werden.

Bei der Plug in Hybridvariante kommen zwei Systeme (Dieselmotor und Elektromotor) zum Einsatz. Somit ist das Fahrzeug in der Lage sich selbst mit Energie zu versorgen. Ein klarer Nachteil ist die höhere Ausfallwahrscheinlichkeit durch mehr Technik.

Der reine Verbrennungsmotor kann jederzeit über den Verbrennungsmotor elektrische Energie erzeugen, was allerdings mit einer gewissen Geräuschkulisse verbunden ist.

Durch den fehlenden Hochvoltkreis ist es nicht möglich, das Fahrzeug im Stand ohne den Verbrennungsmotor zu kühlen.

III.2. Energieversorgung

Da die Fahrzeugvarianten alle im Betrieb eine hohe Menge an elektrischer Energie verbrauchen, muss diese Energie im Depot nachgeladen werden. Für die beiden Fahrzeuge mit Hochvoltstromkreis muss eine entsprechend leistungsfähige Infrastruktur vorhanden sein.

Das Dieselfahrzeug würde nur einen normalen Netzanschluss (230V/16A) benötigen, da nur eine geringe Energiemenge aufzuladen ist.

III.3. Energiespeicher

Die Energiespeicher der Fahrzeuge mit Hochvolttechnik haben wie alle Akkumulatoren eine begrenzte Lebenszeit. Dies ist abhängig von verschiedensten Faktoren.

Es ist aber davon auszugehen, dass bei einer Nutzungszeit von ca. 15 Jahren der Energiespeicher mindestens einmal zu tauschen ist. Nach aktuell bekannten Preisen für einen Energiespeicher in der Größe von 300kWh, ist mit einer Ersatzinvestition von ca. 200.000 Euro zu rechnen. Diese Preise können sich in Zukunft natürlich noch deutlich verändern.

Somit käme für die Abwägung des passenden Systems nicht nur der Faktor der Beschaffungskosten in den Fokus sondern auch sehr deutlich die Kosten für eventuelle Instandhaltungsmaßnahmen (wie z.B. ein Batterietausch).

III.4. Kosten

Wenn man sich die drei möglichen Varianten ansieht, dann wird deutlich, dass die Kosten für einen E-Bus mit Abstand am höchsten sein werden. Der Hauptkostentreiber ist in diesem Fall die große Hochvoltbatterie.

An zweiter Stelle würde sich der Plug in Hybrid wiederfinden und als kostengünstigste Variante wäre der Dieselbus zu nennen.

Diese Kostenschätzung bezieht sich nicht nur auf die reinen Beschaffungskosten sondern auf die gesamte Investition über die Lebenszeit.

Obwohl der Dieselbus permanent Dieselmotorkraftstoff benötigt, erreicht er über die Lebenszeit bei weitem nicht die Anschaffungs- und Instandhaltungskosten eines Plug in Hybrid oder eines E-Busses.

IV. Empfehlung

Eine Empfehlung für den neuen Bücherbus auszusprechen, ist unter den Rahmenbedingungen nicht eindeutig möglich.

Wenn man alle Faktoren betrachtet und die Anforderung an das Fahrzeug im Betrieb, dann fällt die Variante eines Plug in Hybridfahrzeuges als erstes durchs Raster. Ein Hauptnachteil ist die hohe Störanfälligkeit, da in diesem Fahrzeug beide Systeme vereint werden.

Außerdem ist fragwürdig, ob es einen Hersteller gibt, der die benötigte Batteriegröße in Kombination mit einem Hybridfahrzeug liefert. Sollte die Batterie kleiner ausfallen, wäre für die Energieversorgung ein häufiger Betrieb des Dieselmotors notwendig.

Für ein einfaches Fahrzeug mit geringer Störanfälligkeit und einem erprobten Antrieb wäre der Dieselbus die erste Wahl.

Der größte Nachteil bei diesem Fahrzeug ist die aufwändige Kühlung (Dieselmotor dauerhaft in Betrieb) des Innenraums bei nicht vorhandener Infrastruktur an den Haltepunkten.

Der E-Bus wäre die kostenintensivste Lösung, hätte aber hohe Vorteile beim Thema Komfort und Emissionen (sowohl Abgase als auch Geräusche) im Stadtgebiet.

Bei diesem Konzept darf aber nicht außer Acht gelassen werden, dass diese Fahrzeuge noch nicht lange im Markt verfügbar sind und daher eine tiefgreifende Erfahrung über die gesamte Lebenszeit eines solchen Fahrzeuges fehlt.

Darüber hinaus sind noch nicht viele Werkstätten für die Instandhaltung solcher Fahrzeuge ausgerüstet und geschult.

Aus den zuvor genannten Gründen ist eine klare Empfehlung zwischen einem Dieselfahrgestell und einem Elektrofahrzeug zu diesem Zeitpunkt nicht möglich.