

Versagt der Hausverstand beim Öffentlichen Personennahverkehr?

19.2.2023

In den aktuellen Wahlwerbebrochüren aller Parteien findet sich das Versprechen den öffentlichen Personennahverkehr auszubauen. Eine statistische Veröffentlichung der Wiener Linien ermuntern mich einige Überlegungen dazu anzustellen [1]. Die Wiener Linien finden eine hohe Akzeptanz und werden oft als gelungenes Beispiel für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) genannt. Es überrascht der Umstand, dass die breite Öffentlichkeit vor allem die U-Bahnverbindungen als wichtigsten Bestandteil des Angebots der Verkehrsbetriebe wahrnimmt. Die Streckenlänge aller U-Bahnlinien zusammen beträgt mit 83 km jedoch nur 10 % der, von Dieselnbussen bedienten Linien [1]. Im Vergleich zur elektrisch angetriebenen Straßenbahn ist die Streckenlänge die mit Dieseltreibstoff betriebenen Autobusse versorgen immer noch fast 4 Mal länger. Trotzdem unterdrückt das subjektive Bauchgefühl vieler Passanten die vorhandene Dominanz der über 400 Linienbusse im öffentlichen Nahverkehr. Gefühlt findet die Beförderung der Passagiere im Wiener Personennahverkehr fast ausschließlich durch den Einsatz von „grünem Strom“ und damit umweltfreundlich statt. Ein glatter Trugschluss mit weitreichenden Konsequenzen bei der Einschätzung der Umweltbelastungen des öffentlichen Verkehrs in Wien.

Meine sehr einfache Abschätzung fokussiert sich auf den Bedarf an Dieseltreibstoffen während des Fahrbetriebs der eingesetzten Autobusse. Weder wird eine umfangreiche Ökobilanz angestrebt noch finden die elektrisch betriebenen Verkehrsträger eine Berücksichtigung. Der Treibstoffbedarf wird in Beziehung gesetzt zum Platzangebot eines Busses und zur Streckenlänge der bedienten Linie. Der Parameter ist dann eine Größe in der Einheit von Liter je Platz und je Kilometer (l/km). Mithilfe dieser Größe können verschiedene fossil betriebene Transportmittel einfach verglichen werden. Das Volumen von einem Liter Dieseltreibstoff enthält eine feste Anzahl von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen. Während des Betriebs des Motors verbinden sich die Kohlenstoff- und Wasserstoffatome mit Sauerstoffatomen aus der Luft. Es entsteht CO_2 und H_2O . Während der Wasserdampf, H_2O die Umwelt nicht belastet entweicht das gasförmige Kohlenstoffdioxid, CO_2 in die Atmosphäre und erhöht den Treibhauseffekt. Wie viel CO_2 entsteht kann aus der Menge des verbrauchten Treibstoffs ermittelt werden. Es ist hierfür kein eigenes Messverfahren notwendig. Tatsächlich beruhen nahezu alle veröffentlichten Angaben über CO_2 Emissionen von Verbrennungsprozessen auf diesem Umrechnungsverfahren. Der Umrechnungsfaktor für Dieseltreibstoff beträgt 2025 g/l. Aus 1 l verbranntem Dieselöl entstehen etwas mehr als 2 kg Kohlenstoffdioxid. Mit diesem Wissen kann jeder PKW Besitzer die durch ihn verursachten Treibhausgasemissionen selbst ermitteln. Nehmen wir als Beispiel an, dass der PKW für die 200 km lange Strecke (Tachometeranzeige) von Wien nach Graz 10,4 l Diesel (Anzeige an der Zapfsäule) verbraucht. So entweichen während der Fahrt 21,06 kg Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre. Nehmen wir ferner an, dass ihr Auto für 4 Personen zugelassen ist. So entspräche die Fahrt von Wien nach Graz dem Wert von $4 \times 200 = 800$ Platz.Kilometer. Eine Person die einmal von Wien nach Graz fährt verursacht eine doppelte so schwer wiegende Umweltbelastung wie 4 Personen die die Strecke Wien – Graz und zurück (400 km) fahren. Es macht also einen enormen Unterschied wie viele Personen tatsächlich mit dem PKW befördert werden. In der Beurteilung der

Treibhausgasausstoßes kann man diesen Umstand dadurch berücksichtigen, dass man das Verhältnis der Zahl physisch beförderter Passagiere zu dem Platzangebot des Transportmittels einführt. Als Physiker nenne ich diese Zahl Besetzungsdichte. Im deutschen Sprachraum sind auch andere Bezeichnungen verbreitet. Für den eigenen PKW ist die Ermittlung der Größe überschaubar. Sitzt im Auto des Beispiels nur der Fahrer so ergibt der Quotient $1 \text{ Person}/4 \text{ Plätze} = 0,25$. Mit einem Beifahrer ergibt die Rechnung $2/4 = 0,5$. Im Individualverkehr bleibt dieses Verhältnis in der Mehrzahl der Fälle über die gesamte Weglänge konstant. Ausnahmen entstehen etwa dann wenn Kinder zur Schule gebracht werden. Nehmen wir als Beispiel 2 Kinder die von einem Elternteil zur Schule gebracht werden. Dann ist das Auto für die Hälfte der Strecke mit 3 Passagieren besetzt. Am gleich langen Rückweg jedoch nur mit einem. Für die gesamte Strecke müsste dann mit einer mittleren Besetzungsdichte von $(3+1)/2 \text{ Personen}/4 \text{ Plätze} = 0,5$ gerechnet werden. Auch für einen Linienbus kann eine Besetzungsdichte ermittelt werden. Das gestaltet sich allerdings um ein Vielfaches schwieriger weil

- Bei einer Fahrt vom Streckenanfang zum Streckenende der Linie viele Stationen angefahren werden. Es steigen unterwegs Passagiere zu oder verlassen den Bus wieder. Das geschieht unvorhersehbar und entzieht sich daher einer vorausschauenden Planung. Im schlimmsten Fall kann es zu der Situation kommen, dass der Bus einen Teil der Strecke fast leer ist um bei einer Station etwa durch den Zustieg einer Schulklasse überfüllt zu sein.
- Im Tagesplan die Linie mehrmals abgefahren wird. Je nach Tageszeit unterscheiden sich die Fahrgastzahlen erheblich. Etwa wird am Morgen vor Arbeitsbeginn eine hohe Besetzungsdichte in Richtung Arbeitsstätten zu erkennen sein. Tagsüber lässt die Fahrgastfrequenz dann merklich nach um am Abend in der Gegenrichtung wieder stark anzusteigen.
- Der im Vorhinein festgelegte Fahrplan eingehalten werden muss. Schlechtwetter etwa kann dazu führen, dass auf Ausflüge verzichtet wird und der Bus leer zum Badeteich unterwegs ist. Trotzdem muss der Busfahrer die Strecke vollständig abfahren weil an einer Station ein Passagier im Regen auf den Bus warten könnte.
- Das Linienangebot es dem potentiellen Kunden ermöglichen sollte auch zu Zeiten unterwegs zu sein selbst wenn bekannt ist, dass die Nachfrage zu dieser Tageszeit gering sein wird. Ein Besucher der Wiener Oper der vor der Vorstellung mit dem ÖPNV anreist möchte in der Regel am späteren Abend auch wieder heim kommen.
- Bezieht man alle Linien in die Betrachtung mit ein so kommt hinzu, dass verschiedene Linien auch unterschiedlich genutzt werden. Busse die zu großen Schulen fahren werden morgens zu Schulbeginn und nachmittags bei Schulende eine große Nachfrage erfahren. Heurigenbesucher werden eher des Nächtens mit dem Bus fahren wollen.

All diese Umstände führen dazu, dass es schwer ist eine aussagekräftige Besetzungsdichte zu ermitteln. Es stellt sich die Frage ob und warum die Kenntnis dieser Zahl wichtig ist. Ein klares Ja, die Besetzungsdichte ist wichtig für gewinnorientierte Personentransportunternehmen wie Fluglinien und Fernreisebusse. Diese Unternehmen kalkulieren die Preise ihrer Fahrkarten ausschließlich nach der Besetzungsdichte. Jede Fluglinie wird eine Destination sofort aus ihrem Angebot streichen sollte die Besetzungsdichte dauerhaft gering ausfallen. Da der öffentliche

Personennahverkehr eine soziale Aufgabe hat wird er durch Zuschüsse öffentlicher Gelder gestützt. Die Kenntnis der Besetzungsdichte hilft hier vornehmlich bei der Entscheidung ob eher ein kleiner oder ein großer Bus bei unverändertem Linienangebot eingesetzt werden muss. Für die finanzielle Bilanz verliert die Besetzungsdichte stark an Bedeutung. Allerdings um den Preis einer mitunter erheblichen Umweltbelastung. Dass ein 10 t schwerer Bus einen erheblich leistungsstärkeren Motor als ein PKW mit dem Zehntel des Gewichts benötigt ist auch für ein Volksschulkind leicht einsehbar. Ob diese stärkere Motorleistung auch einen deutlich größeren Treibstoffverbrauch verursacht mag der Hausverstand beurteilen. Eine Recherche im Internet darf zu Hilfe genommen werden. In [1] wird für die Busse der Wiener Linien ein mittlerer Wert von 54 l Dieseltreibstoff je 100 km genannt. Dieser Wert ist fast unabhängig von der tatsächlichen Besetzungsdichte. Der vorhin genannte PKW verbraucht für die gleiche Strecke weniger als ein Zehntel des Treibstoffs. Daraus folgt, dass aus Umweltgründen der Autobus über die gesamte Weglänge durchweg voll besetzt sein sollte. Dieser umweltschonenden Forderung kommt der Busfernverkehr recht nahe. Im Nahverkehr mit technisch gleichen Bussen sollte die Besetzungsdichte eher niedrig sein. Bei jeder angefahrenen Haltestelle muss mit einer unerwartet hohen Zahl an Passagieren die auf Mitnahme warten gerechnet werden. Etwa in der Form einer Schulklasse. Überfüllte Busse mindern die Attraktivität des ÖPNV drastisch. Die Lust einen übervollen Bus zu besteigen ist fast ebenso gering wie auf den folgenden Bus warten zu müssen. Also muss ein Spielraum in der Beförderungskapazität eingeplant werden. Anders gesagt eine geringe Besetzungsdichte ist eingeplant. Eine Lösung des Dilemmas zwischen sozialen und umweltpolitischen Notwendigkeiten scheint mir nicht möglich:

Eine technische Lösung etwa in der Form den Dieselmotor durch einen Elektromotor zu ersetzen mag die Treibhausgasemissionen während des Busbetriebs auf Null reduzieren. Das gilt allerdings ebenso für einen PKW mit Elektroantrieb. Die Größe der Umweltauswirkungen verlagert sich lediglich auf den notwendigen Strom für den Ladevorgang vor der Fahrt und den Ressourcenaufwand der notwendigen Akkumulatoren.

Die blauäugige Strategie die Nachfrage an öffentlichen Verkehrsmitteln durch bundesweit gültige Netzkarten zu steigern verbessert die oben beschriebene Situation für das existierende Streckenangebot nicht. Weit eher zwingt es dazu das Linienangebot landesweit auszubauen. Also auch in dünn besiedelten Gebieten einen regelmäßigen Busverkehr zu etablieren. Aufgrund der wenigen Anrainer als potentielle Passagiere ist hier eine durchgängig geringe Besetzungsdichte der Busse und damit eine unverhältnismäßig hohe Umweltbelastung vorhersehbar.

Das Gesagte kann von allen ernsthaft Interessierten durch eigene Beobachtungen und Erfahrungen leicht ergänzt und nachvollzogen werden. Das mache ich seit mehreren Jahren häufig. Wenn sie an der roten Ampel im PKW oder am Fahrrad warten schätzen sie ab wie viele Passagiere sich in dem vorbeifahrenden Linienbus befinden. Wann immer sie mit dem Bus unterwegs sind achten sie auf die Änderung der Besetzungsdichte zwischen den Stationen. Nach einer Weile können sie sich dann fragen wie vernünftig ihnen die Absicht erscheint den ÖPNV auf Biegen und Brechen auszubauen. An das Ende meiner Betrachtung stelle ich eine tabellarische Zusammenfassung von vier Verkehrsmittel die alle mit einem Verbrennungsmotor für fossile Energieträger ausgestattet sind. Bus und Bahn sind Repräsentanten des ÖPNV. Die Daten für den Fall des Autobusses sind in [1] für das Jahr 2018 zu finden. Der Dieseltreibwagen 5047 ist auf der Strecke Maria Lanzendorf –

Kledering – Hauptbahnhof anzutreffen. Obwohl das Flugzeug nicht zu den Verkehrsmitteln des ÖPNV zählt habe ich es hier zum Vergleich angeführt.

Transportmittel	Treibstoffbedarf je Platz.Kilometer [l/km]	Besetzungs- dichte [-]	CO ₂ Emissionen des Verbrennungsmotors [g/km]	Bemerkungen
Eigener PKW	0.0130	0.25 ^{*)}	105.3	Private Datenauswertung
Buslinienverkehr der Wr. Linien	0.0059	0.06	199.1	[1]
Dieseltriebwagen 5047 der ÖBB	0.0134	0.04 ^{*)}	678.4	
Düsenjet Airbus 330-300	0.0311	0.95 ^{*)}	63.9	[2]

^{*)} Eigene Wahrnehmung

Bibliografie:

- [1] „2018 Zahlen Daten Fakten“ Statistisch Veröffentlichung der Wiener Linien online unter https://www.wienerlinien.at/media/files/2019/betriebsangaben_2018_310521.pdf
- [2] „Fuel economy in aircraft“, Wikipediaeintrag vom 8.2.2023 unter https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_economy_in_aircraft