

**1. ÖPNV-Innovationskongress
Freiburg im Breisgau**

**Fahrerassistenzsysteme einschließlich
optischer Spurführung bei Bussen**

Kurzfassung zum Vortrag

**Wolfgang Prokopp
Leiter Entwicklung Linienbusse**

Assistenzsystem „positionsgenaue Haltestellenanfahrt“

Problemstellung

Fahrzeugtechnik, Fahrzeugausstattung und Haltestellengestaltung müssen mit besonderem Augenmerk auf mobilitätseingeschränkte Fahrgäste (Rollstuhlfahrer, Fahrgäste mit Kinderwagen, ältere Fahrgäste etc.) ausgerichtet werden. Entscheidend für einen Zugang zum ÖPNV ohne fremde Hilfe ist ein möglichst niveaugleicher Ein- und Ausstieg und eine geringe horizontale Spaltbreite zwischen Fahrzeug und Bordstein. Ein fahrgastfreundlicher Ein- und Ausstieg erhöht nicht nur die Attraktivität des ÖPNV, sondern verbessert durch beschleunigten Fahrgastwechsel auch den betrieblichen Ablauf.

Moderne Stadtbahnssysteme haben in dieser Beziehung durch ihre permanente Spurführung bislang einen entscheidenden Systemvorteil. Da die Anfahrt der Haltestellen „zwangsgeführt“ erfolgt und damit fahrgeometrisch immer identisch ist, können die Bordsteinhöhe und der Abstand der Wartefläche zum FahrzeugEinstieg optimal, das heißt stufenlos und mit minimiertem Spalt gestaltet werden.

Ein „handgelenkter“ Stadtbuss kann trotz „fahrzeugseitiger Hilfsmittel“ wie Rampen und so genannte „Kneelingvorrichtungen“ (Absenkung des Fahrzeugbodens) diesen hohen Qualitätsstandard nicht immer erfüllen. Bei einer Haltestellen-Bordsteinhöhe von üblicherweise max. 16 cm kann der Fahrzeugboden durch „kneeling“ um 8 auf ca. 24 cm pneumatisch abgesenkt werden. Es verbleibt dann eine Reststufe von 8 cm, die nur über eine Fahrzeugrampe überbrückt werden kann.



Niedrige Bordsteinhöhen

Abb. 1: Niedrige Bordsteinhöhen verursachen eine unkomfortable Reststufe

Das Problem eines zu großen Spalts zwischen Bordstein und Fahrzeugtür entsteht vor allem bei mehrgliedrigen Gelenkbussen, die sich in Busbuchten nicht parallel zum Bordstein aufstellen. Die Gründe für eine ungünstige Positionierung des Busses liegen dabei nicht allein in der mangelnden Konzentration des Fahrers. Das exakte Anfahren von Haltestellen wird oft durch erschwerte geometrische Verhältnisse (enge Radien), Planungs- und Baufehler sowie örtliche Zwangspunkte verhindert.



Handgelenkter Betrieb

Abb. 2: Ungenaues Anfahren von Busbuchten ergibt einen unkomfortablen Restspalt

Neben dem erschwerten Ein- und Ausstieg kann es beim Versuch des Fahrers, möglichst dicht an den Bordstein heranzufahren, auch zum Kontakt von Bordstein und Reifen kommen. Dies führt nicht nur zu erhöhtem Reifenverschleiß und zusätzlichen Reparaturkosten, viel schwerer wiegt der Aufwand einer möglichen betrieblichen Störung, die oft den Einsatz eines Ersatzfahrzeugs erfordert.



Abb. 3: Bordsteinkontakt führt zu Reifenschäden

Ein schräg stehender Gelenkbus in Busbuchten oder an Buskaps kann darüber hinaus mit seinem Heck den fließenden Verkehr behindern und die Verkehrssicherheit beeinträchtigen.

Lösung

Das Konzept „Assistenzsystem positionsgenaue Haltestellenanfahrt“ bedeutet den Einstieg in die „infrastrukturminimierte“ elektronische Spurführung von Omnibussen. Anders als bei bisher bekannten Systemen besteht die Sensorik dabei nicht aus aufwendig herzustellenden Leitkabeln in der Fahrbahn, sondern aus Fahrzeugkameras, die örtlich vorhandene Merkmale, so genannte „Landmarken“, auswerten. Diese örtlichen Merkmale können z. B. das Haltestellenschild, der Bordstein, die Fahrbahnmarkierung oder der Fahrgastunterstand sein.

Die Omnibusse sollen im Haltestellenbereich längs- und quergeführt an exakt definierter Position zum Stehen kommen. Die automatisierte, exakte Positionierung mit definierten Brems- und Beschleunigungswerten ist bislang lediglich in vollautomatisierten, mechanisch spurgeführten U-Bahnen zum Einsatz gekommen.

Das Assistenzsystem „positionsgenaue Haltestellenanfahrt“ basiert auf Basistechnologien wie Bildverarbeitung und „drive by wire“-Antriebsmanagement.

Mit Hilfe von Kameras werden die „Landmarken“ an der Haltestelle gesucht, erkannt, ausgewertet und in Steuerbefehle an die Antriebsaggregate umgerechnet. Die Umsetzung der Befehle erfolgt durch die „drive-by-wire“-Technologie, die dafür sorgt, dass Lenkeinschlag (Querführung), Bremse, Getriebe und Gaspedal (Längsführung) nach Vorgabe „agieren“. Dieser geregelte Fahrmodus ist durch den Fahrer jederzeit durch Druck auf Gas- oder Bremspedal sowie Lenkeingriffe „übersteuerbar“, wenn zum Beispiel ein plötzlich auftretendes Hindernis dies erfordern sollte.

In der ersten – hier vorgestellten Ausbaustufe wird diese Technologie als Assistenzsystem für den Fahrer konzipiert, um ihn bei der Anfahrt von Haltestellen zu entlasten. Zukünftig bietet dieses Konzept weiteres Potenzial, um z. B. automatische Spurführungen auf Sonderspuren, die elektronische Koppelung von Fahrzeugen („elektronische Deichsel“) und die Automatisierung von Fahrzeugbewegungen auf Betriebshöfen zu realisieren.

Vorteile

Der Omnibus hält an der Haltestelle an vorher definierter Position. Da-durch lässt sich die bauliche Gestaltung der Wartefläche optimieren, so dass ein stufenloser Einstieg mit geringem Spalt sichergestellt werden kann.

Das Anfahren der Haltestelle erfolgt mit „Komfortverzögerung“ ($< 1,3 \text{ m/s}^2$). Dies verbessert den Fahrkomfort vor allem für stehende Fahrgäste und entlastet den Fahrer.

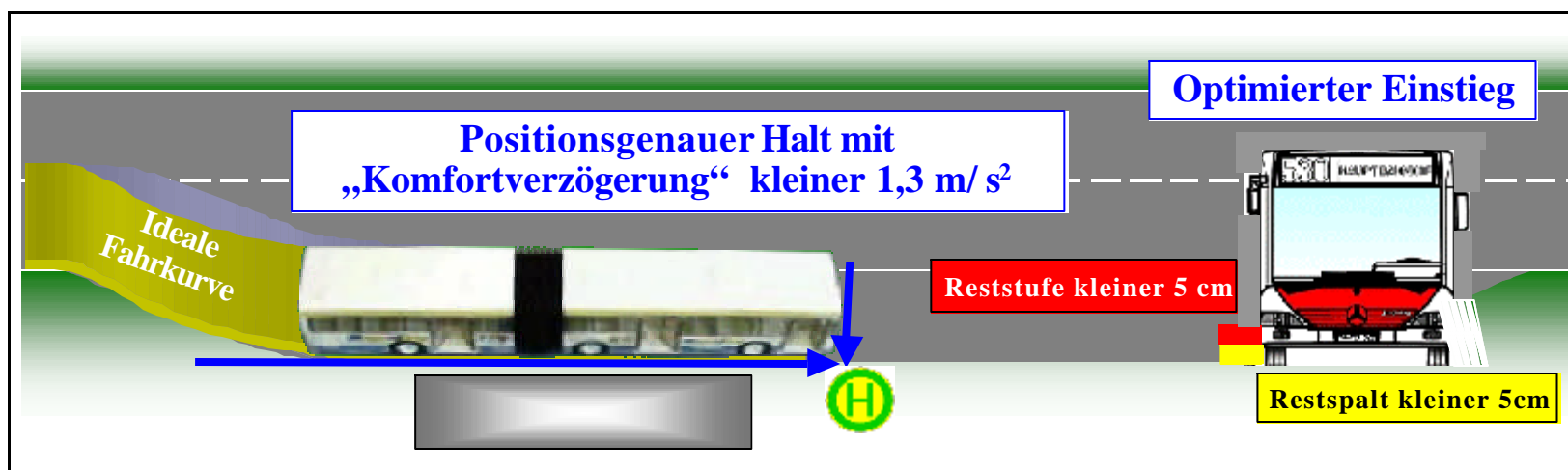


Abb. 5: Exakte Positionierung in Längs- und Querrichtung dank „Assistenzsystem. Positionsgenaue Haltestellenanfahrt“.