

Tunnelbau nur in Kreuzungsbereichen

Selektiv niveaufreie Trassierung als Schlüssel zu Kosten-Nutzen-effizientem ÖPNV

Dr. Harald Buschbacher, Wien



Abb. 1: Längsschnitt einer Straße mit selektiv niveaufreiem SPNV nach dem Konzept „Low-Clearance Rapid Transit (LCRT)“.

Als in den 60er- und 70er-Jahren des 20. Jahrhunderts in den Ausbau von U-Bahnen investiert wurde, entsprach dies dem damaligen Trend einer autozentrierten Verkehrsplanung: Straßenbahnen durch U-Bahnen zu ersetzen diente unter anderem dazu, auf der Straßenoberfläche mehr Platz für den motorisierten Individualverkehr zu machen. Später wurde die Frage aufgeworfen, ob nicht auch der Oberflächenverkehr kurze Reisezeiten und hohe Zuverlässigkeit bieten könnte, wenn Straßenraumaufteilung und Gestaltung von Knotenpunkten zu seinen Gunsten, jedoch zulasten des motorisierten Individualverkehrs optimiert würden.

Rückblick: Die Rivalität von U-Bahn und Straßenbahn

Mittlerweile wurden in Europas Großstädten neben dem weiteren Ausbau der

U-Bahn-Netze auch in großem Umfang Busspuren und eigene Gleiskörper für Straßenbahnen sowie die Beeinflussung von Ampelanlagen durch Bus oder Straßenbahn realisiert. Damit wurden zwar zweifellos Fortschritte erzielt, in folgenden Punkten aber dennoch nicht die Qualität einer U-Bahn erreicht:

- Straßenbahnen haben eine deutlich geringere Kapazität pro Zug, da die Zuglänge durch die Abstände der Straßenkreuzungen begrenzt sind.
- Die Priorisierung der Straßenbahn an geregelten Kreuzungen verkürzt zwar ihre planmäßige Fahrzeit, ist in ihrer Wirkung aber von flüssigem Verkehr und/oder disziplinierten Verkehrsteilnehmern abhängig, da es im realen Betrieb sonst laufend zu Fahrtbehinderungen durch Kraftfahrzeuge kommt, die im Kreuzungsbereich zu stehen kommen.

■ Während in großzügig angelegten Stadterweiterungsgebieten teilweise eisenbahnartige Bahnübergänge angelegt werden, ist eine derartig absolute Priorisierung der Straßenbahn im dicht bebauten Gebiet meist nicht praktikabel oder verkehrspolitisch unerwünscht. Mit einer moderaten Beeinflussung des Phasenablaufs können Wartezeiten vor Kreuzungen aber nicht völlig beseitigt werden, weswegen die mittlere Fahrgeschwindigkeit (bei gleichen Haltestellenabständen) deutlich hinter jener einer U-Bahn zurückbleibt: Der in Abbildung 2 dargestellte Vergleich der planmäßigen Fahrzeiten von 39 U-Bahn- und Straßenbahnabschnitten unterschiedlicher Charakteristik in verschiedenen mitteleuropäischen Städten zeigt, dass Straßenbahnen auf eigenem Gleiskörper bei weitem nicht so schnell vorankommen, wie U-Bahnen oder kreuzungsfrei angelegte Schnellstraßenbahnen.

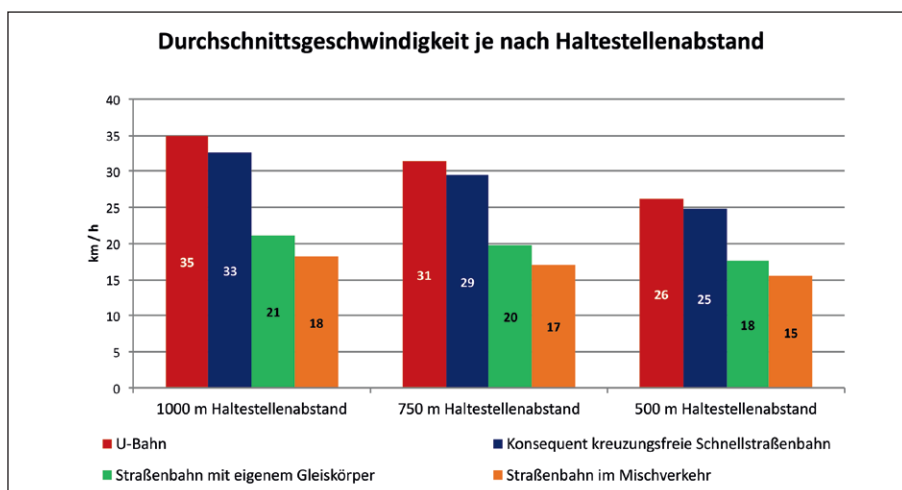


Abb. 2: Geschwindigkeitsvergleich konventioneller U-Bahnen und in unterschiedlichem Ausmaß vom übrigen Verkehr getrennter Straßenbahnen.

Lösungsansatz „Low-Clearance Rapid Transit“

Der Lösungsansatz des Konzepts „Low-Clearance Rapid Transit“ (LCRT) besteht darin, anstelle einer durchgehenden Untergrund- oder Hochtrasse selektiv niveaufrei zu trassieren. Auf den ersten Blick erscheint das Ansinnen, eine U-Bahn zwischen den Straßenkreuzungen ebenerdig zu führen, unrealistisch: Bei Durchfahrts Höhen von etwa 4 m, den im Schienenverkehr zulässigen Längsneigungen und üblichen Baublockgrößen würde die Trasse kaum jemals das Fahrbahnniveau erreichen. Bei genauerem Hinsehen machen jedoch die folgenden Freiheitsgrade das Prinzip der selektiv niveaufreien Trassierung sehr wohl verfolgenswert:

- Niederflurtechnik und oberleitungsfreie Stromversorgung ermöglichen ein drastisch niedrigeres Lichtraumprofil, sofern diverse technische Einrichtungen, die bei konventionellen Niederflurfahrzeugen am Fahrzeugdach untergebracht wurden, in eigene Segmente vor oder hinter dem Fahrgastraum platziert werden. Die Durchfahrtshöhe wird dadurch deutlich niedriger als im Straßenverkehr, somit werden Querstraßen besser unterquert als überquert.
- Nachdem im Individualverkehr komplexe Kombinationen von Einbahnregelungen und Abbiegeverboten ohnehin üblich sind, um die Leistungsfähigkeit von Hauptverkehrsstraßen sicherzustellen und Wohngebiete zu entlasten, ist es akzeptabel, wenn die LCRT-Trasse im Autoverkehr nur auf Hauptverkehrsstraßen gequert werden kann und niederrangige Querstraßen unterbrochen werden. Fußwegquerungen werden zwar in kürzeren Abständen benötigt, diese können aber als technisch gesicherte niveaugleiche Übergänge angelegt werden, welche von Fußgängern ungleich zuverlässiger geräumt werden, als von Pkw im dichten Stadtverkehr.
- Die maximal zulässige Steigung einer Schienenbahn ergibt sich aus der Haftreibung und der Anforderung an sicheres Bremsen und Anfahren an jedem Punkt der Strecke. Ausschlaggebend dafür ist jedoch nicht die maximale punktuelle Steigung, sondern die über eine Zuglänge gemittelte Steigung. Sehr geringe Höhenunterschiede können daher mit wesentlich kürzeren Rampen überwunden werden, als sich aus üblichen Steigungsgrenzwerten ergibt.
- Bei geeigneten räumlichen Gegebenheiten kann der Aufwand zur Herstellung niveaufreier Kreuzungen auch dadurch reduziert werden, dass nicht nur die LCRT-Trasse abgesenkt, sondern gleichzeitig die querenden Straßen angehoben werden.

Dank der niveaufreien Kreuzungen entfällt die Problematik des Blockierens von Kreuzungen durch überlange Straßenbahnzüge, sodass LCRT mit ähnlich langen Zügen betrieben werden kann, wie sie bei U-Bahnen üblich sind. Dadurch wird auch der Kapazitätsverlust aufgefangen, der durch Techniksegmente an den Fahrzeugenden anstelle der Dachkomponenten verursacht wird. Die LCRT-Stationen ähneln Straßenbahnhaltestellen, der Entfall unterirdischer oder in Hochlage errichteter Stationsgebäude zählt zu den größten Kostenvorteilen von LCRT.



Zum Autor

Dr. Harald Buschbacher (39) ist Verkehrsplaner mit Schwerpunkt Öffentlicher Verkehr und arbeitet bei der Schieneninfrastruktur-Dienstleistungsgesellschaft mbH (SCHIG mbH) in Wien.

Die Benutzung von LCRT verlangt den Fahrgästen verglichen mit anderen öffentlichen Verkehrsmitteln keine expliziten Verhaltensänderungen ab: Die Planung der Fahrt, der Fahrscheinkauf und die Durchführung der Fahrt unterscheiden sich nicht von U-Bahn oder Straßenbahn. Die überwiegend freie Aussicht und der Entfall umfangreicher Stationsbauwerke in Tief- oder Hochlage können die Orientierung erleichtern, das Fahrerlebnis verbessern und wahrgenommene Angsträume vermeiden, nachteilig ist daran jedoch der weitgehend fehlende Wetterschutz beim Warten.

Technische Charakteristika

Hinsichtlich der Sicherungsweise des Fahrbetriebs ist LCRT ein Mischsystem aus Straßenbahn und U-Bahn: Technische Zugsicherungseinrichtungen sind vorgesehen, um auch bei eingeschränkten Sichträumen, etwa im Unterführungsbereich, hohe Geschwindigkeiten zu ermöglichen, ohne ein Auffahren auf den vorausfahrenden Zug zu riskieren. Niveaugleiche Fußgänger-Übergänge werden hingegen nur an Stellen angelegt, vor denen auf Sicht angehalten werden kann. Ein Versagen der Ampel- oder Schrankenanlage des Übergangs kann so durch menschliche Reaktion kom-

pensiert werden, sodass an die technische Sicherung des Übergangs weniger strenge Maßstäbe anzulegen sind, als bei vollwertigen Bahnübergängen.

Nachdem in den Unterführungen nicht genug Höhe für eine durchgehende Fahrleitung vorhanden ist, ist das Fahrzeug mit zwei Stromabnehmern ausgestattet, die auf den Techniksegmenten an den Fahrzeugenden platziert sind. Solange die Unterführungen erheblich kürzer als eine Fahrzeuglänge sind, ist die Energieversorgung dadurch gewährleistet, dass stets einer der zwei Stromabnehmer an einem unter Spannung stehenden Fahrdrabt anliegt. Um genügend Platz für den eingefahrenen Stromabnehmer zu schaffen, ist im Bereich der Techniksegmente die Fahrzeughöhe noch geringer als im Fahrgastbereich. Müssen längere Unterführungen oder kurze Tunnelabschnitte angelegt werden, sind hingegen Energiespeicher oder Stromschienen erforderlich.

Ausgehend von einem Stand der Niederflurtechnik von 350 mm Fußbodenhöhe über die gesamte Fahrgastraumlänge sowie einer Innenraumhöhe von 2 m plus je 50 mm für Dach und Zwischenraum ergibt sich eine erforderliche Durchfahrtshöhe von

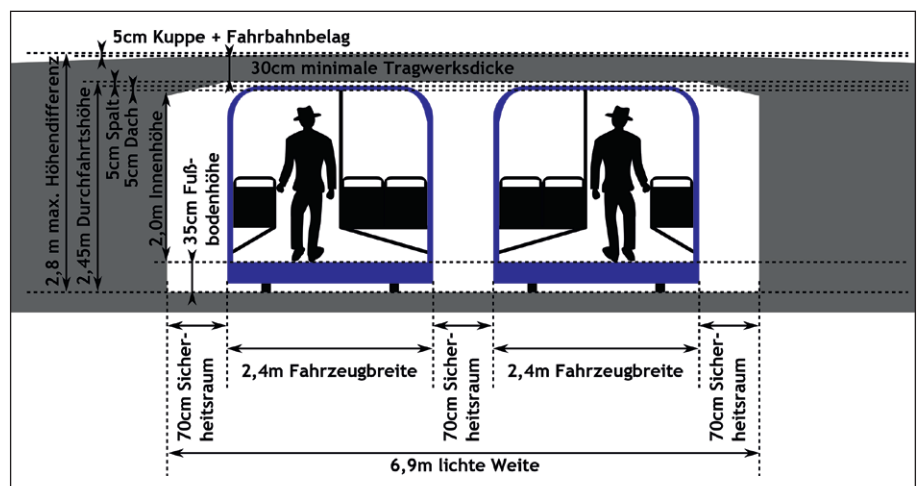


Abb. 3: Fahrzeug- und Unterführungsquerschnitt.

2,45 m. Zählt man eine Tragwerksdicke von 350 mm hinzu, beträgt jene Höhendifferenz, die mittels Unter- oder Überführungsrampen zu überwinden ist, 2,8 m.

Für die Gestaltung dieser Rampen- und Kreuzungsbauwerke werden folgende Trassierungsparameter vorgeschlagen:

- minimaler Kuppenradius der LCRT-Strecke: 463 m,
- minimaler Wannenradius der LCRT-Strecke: 234 m,
- maximale Längs- oder Querneigung von Fahrbahnen und Gehsteigen: 6 Prozent,
- minimaler Kuppen- und Wannenradius von Fahrbahnen und Gehsteigen: 120 m.

Den Berechnungen wurden Geschwindigkeiten von 60 km/h für LCRT und 30 km/h für den querenden Straßenverkehr zugrunde gelegt. Bei diesen Geschwindigkeiten wirken als limitierende Faktoren bezüglich

der LCRT-Trassierung die zumutbaren vertikalen Beschleunigungen von $0,6 \text{ m/s}^2$ auf der Kuppe und $1,2 \text{ m/s}^2$ in der Wanne sowie eine Standsicherheit stehender Fahrgäste, die einem horizontalen Ruck von $0,7 \text{ m/s}^3$ entspricht. Die minimalen vertikalen Radien der querenden Straßen werden wiederum von der erforderlichen Sichtweite zum Fahren auf Sicht bestimmt. Andere Kriterien wie die maximale Längsneigung der LCRT-Trasse oder die Bodenfreiheit sowie die vertikalen Beschleunigungen auf der Querstraße werden problemlos eingehalten.

Machbarkeit in bestehenden Stadtstrukturen

Erforderliche Straßenbreiten

Die für die Errichtung einer LCRT-Strecke erforderliche Mindestbreite des Straßenraums ergibt sich aus der LCRT-Trassenbreite und den Nutzungsansprüchen an

die Verkehrsflächen zwischen LCRT-Trasse und Hausfassaden: Wird beidseits einer einleisigen LCRT-Strecke eine Wohnstraße oder Begegnungszone angelegt, die gerade breit genug ist, um die Zufahrt für Liefer-, Einsatz- oder Müllsammelfahrzeuge zu ermöglichen, beträgt die absolute Mindestbreite etwa 11 bis 12 m. Eine konventionelle Straßenraumaufteilung mit Trennung in Gehsteig und Fahrbahn sowie Parkplätzen vor jedem Haus benötigt bei symmetrischer Gestaltung mit zweigleisiger Strecke bereits die doppelte Breite und ab etwa 30 m Gesamtbreite können parallel zur LCRT-Trasse beidseitig zwei Fahrspuren und ein Parkstreifen verlaufen und auch im Straßenverkehr die Funktion einer Hauptverkehrsstraße übernehmen.

Zusätzlich zu einer ausreichenden Straßenbreite sind auch möglichst lange gerade Straßenverläufe wünschenswert, um Fahrzeitverlängerungen durch kurvenbedingte Langsamfahrstellen zu vermeiden. Wo solche dennoch auftreten, ist es ratsam, unmittelbar davor oder dahinter eine Haltestelle anzulegen, sodass ein Teil der Langsamfahrt mit dem Anfahren oder Anhalten an der Haltestelle zusammenfällt.

Beeinträchtigung von Stadtbild und Nachbar-Interessen

Die geringeren Aushub- und Gründungstiefen führen im Vergleich zu in offener Bauweise errichteten U-Bahn-Strecken zu einem wesentlich rascheren und für Anrainer schonenderen Bauablauf. Die Lärm- und Vibrationsbelastung in Betrieb ist vergleichbar mit konventionellen Straßenbahn-Neubaustrecken, eine lärmärmere Variante wäre mit Luftreifen und mittiger Führungsschiene möglich.

In welchem Ausmaß die Anhebung querender und/oder parallel zur LCRT-Trasse verlaufender Fahrbahnen mit dem Stadtbild und benachbarten Gebäuden verträglich ist, wurde anhand zahlreicher Beispiele von Hochtrassen oder anderen Niveauunterschieden im Straßenraum abgeschätzt. Daraus wurden folgende vier Grundtypen von Kreuzungsbauwerken abgeleitet (siehe auch Abb. 4):

- **Vollständig abgesenkte Unterführung:** Die gesamte Höhendifferenz wird durch Absenken der LCRT-Trasse erzielt, das übrige Straßenniveau bleibt unverändert. Auch in Längsrichtung gesehen kann für eine kurze Strecke die LCRT-Trasse unter den Verkehrsflächen

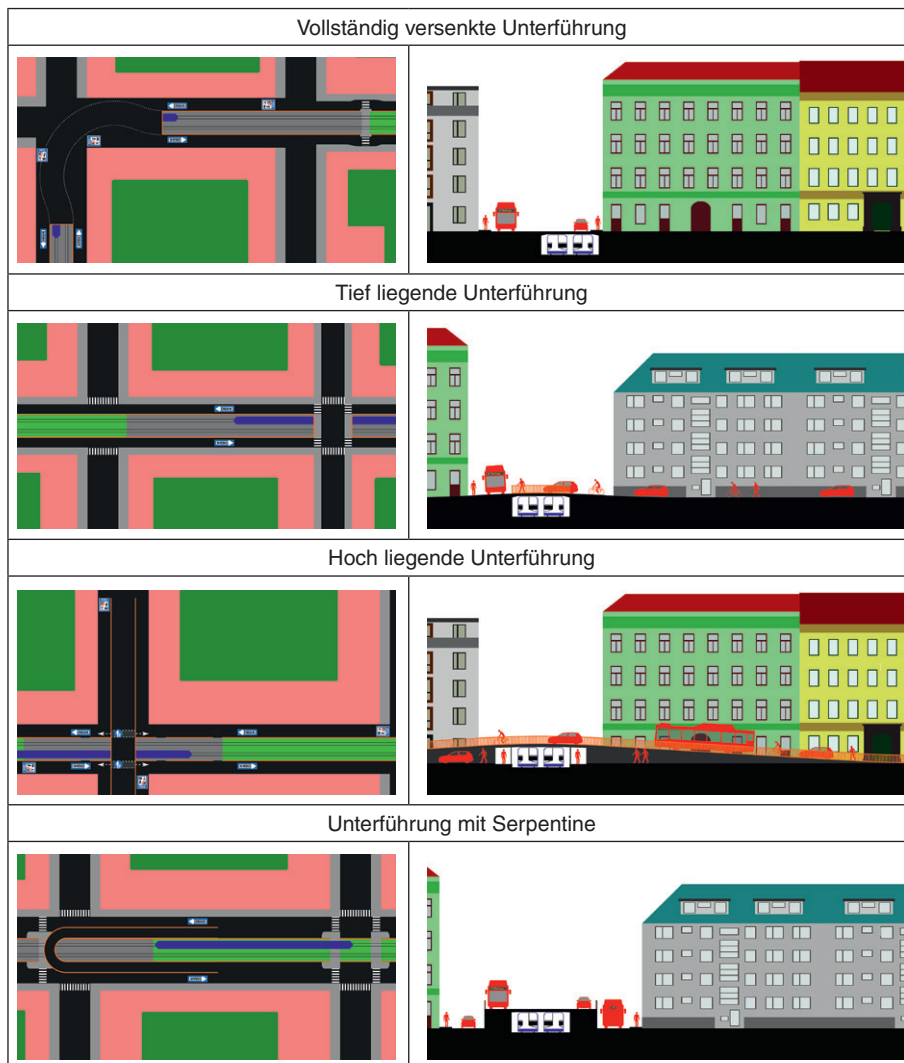


Abb. 4: Grundriss- und Querschnittsdarstellungen der vier Grundtypen von LCRT-Unterführungsbauwerken.

verlaufen, die zur Erschließung der benachbarten Gebäude erforderlich sind, dadurch können Engstellen leichter durchfahren und Kurven mit größerem Radius angelegt werden. Die erforderliche Rampenlänge beträgt auf jeder Seite der Unterführung etwa 60 m.

- Tief liegende Unterführung: Die vom Querverkehr zu überwindende Hügelkuppe in der Mitte des Kreuzungsbauwerks ist etwa einen halben Meter hoch. So können die parallel zur LCRT-Strecke verlaufenden Fahrbahnen und auch die angrenzenden Gehsteige noch mit angehoben werden, da bis zu den nächsten Hauseingängen in aller Regel wieder das ursprüngliche Gehsteigniveau erreicht ist. Die Anhebung der Straßenflächen erstreckt sich über etwa 30 m Länge, die notwendige Absenkung der LCRT-Trasse beträgt 2,3 m und erstreckt sich über eine Gesamtlänge von etwa 110 m.
- Hoch liegende Unterführung: Der Straßenzug, in dem die LCRT-Trasse verläuft, stellt im Individualverkehr keine Hauptverkehrsstraße dar, sondern bietet lediglich schleifenförmige Zufahrtsmöglichkeiten. Die Querstraße wird getrennt in Mittelfahrbahnen, die auf etwa 45 m langen Rampen bis auf 2,3 m über Umgebungsniveau ansteigen und die LCRT-Trasse überqueren, und Nebenfahrbahnen, die auf ihrem ursprünglichen Niveau bleiben und lediglich der Zufahrt zu den angrenzenden Gebäuden und den Fahrbahnen entlang der LCRT-Trasse dienen. Die LCRT-Gleise müssen in diesem Fall nur um etwa 0,5 m abgesenkt werden. Für nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer wird im Kreuzungsbereich sowohl ein niveaugleicher Übergang, als auch längs zur LCRT-Strecke ein Durchgang unter der Querstraße errichtet.
- Unterführung mit Serpentine: Verläuft die LCRT-Strecke in einer breiten Hauptverkehrsstraße während die Querstraßen eher schmal sind, kann eine indirekte Quermöglichkeit in Form einer Serpentine realisiert werden, die von einer Richtungsfahrbahn abzweigt, auf einer Rampe entlang der LCRT-Gleise auf 2,3 m über Umgebungsniveau ansteigt, die LCRT-Trasse in einem Halbkreis überquert und wieder zur Gegenrichtungsfahrbahn absinkt.

Wie große Niveauperänderungen im Straßenraum akzeptabel sind, hängt auch davon ab, wie sensibel das betroffene Gebiet hinsichtlich Ortsbild- und Denkmalschutz ist und ob die unteren Geschoße der be-

nachbarten Gebäude als Wohnungen, oder beispielsweise als Büros genutzt werden. Einzelfälle besonders betroffener Liegenschaften könnten auch durch Einlösung oder Entschädigung gelöst werden.

Trennwirkung einer LCRT-Trasse

Hinsichtlich der Trennwirkung einer LCRT-Trasse sind folgende Ursachen zu betrachten:

- Die Verkehrsdichte auf der jeweiligen LCRT-Linie, die im Bereich der gesicherten niveaugleichen Übergänge die Quermöglichkeit auf bestimmte Zeitfenster einschränkt. Die maximalen Wartezeiten liegen bei ungünstigem Zusammentreffen von Zügen beider Richtungen bei etwa einer Minute.
- Die physische Trennung zwischen LCRT-Trasse und Fahrbahn durch Zäune, die, ähnlich wie besonders lange Züge, sowohl eine optische Barriere darstellen, als auch die Quermöglichkeiten räumlich einschränken und Fußwege verlängern.
- Die Trennung durch die Unterführungsrampen selbst sowie im Falle der tief liegenden Unterführungen auch durch Bereiche vor und hinter den Unterführungen, in denen aufgrund von Sichteinschränkungen für den LCRT-Fahrer keine niveaugleichen Übergänge angelegt werden können.

Als Standardvariante wird für LCRT eine Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h und eine physische Trennung zwischen Gleiskörper und benachbartem Straßenraum durch Zäune vorgeschlagen. Dies bewirkt bei tief liegenden oder vollständig abgesenkten Unterführungen Rampenlängen von etwa 55 bis 60 m, der Abstand zwischen einer Unterführung und der nächsten Quermöglichkeit für Fußgänger kann jedoch bei strengen Anforderungen an die Sicht des Fahrers auf den Übergang auch bis zu 120 m betragen. Solange die Baublöcke zumindest ebenso groß sind, können Fußgänger immerhin auf allen den Querstraßen folgenden Wegen die LCRT-Trasse ohne Umwege queren.

Die Trennwirkung ist auch dann unproblematisch, wenn die LCRT-Trasse einer mehrspurigen Hauptverkehrsstraße folgt, die von ihrer Verkehrsdichte her ohnehin eine große Barrierewirkung entfaltet und von Fußgängern zumeist nur auf ampelgeregelten Kreuzungen überquert wird. Bei hoch liegenden Unterführungen (einschließlich

Unterführungen mit Serpentina) sind die optische Trennwirkung und die Beeinträchtigung des Ortsbildes zwar größer, die Einschränkung der Quermöglichkeiten für Fußgänger sind aber geringer, da die Rampen kürzer sind und entlang der LCRT-Trasse keine kuppenbedingten Sichteinschränkungen zu berücksichtigen sind.

Als Kompromissvariante kommt es in Frage, Zäune auf jene Bereiche zu beschränken, in denen Personen auf der LCRT-Trasse unmittelbar gefährdet wären, weil die Sichtweite kürzer ist, als der Anhalteweg. Auf längeren geraden und ebenen Abschnitten wird hingegen der Gleiskörper lediglich abmarkiert und kann an beliebiger Stelle gequert werden, denkbar wäre auch die flächige Anwendung in die Fahrbahn eingelassener LEDs zur Visualisierung herannahender Züge. Im Hinblick auf übliche innerstädtische Tempolimits wären 60 km/h für eine solche Trassierung zweifellos zu schnell. Reduziert man die Geschwindigkeit auf 40 km/h, so kann die Unterführungsrampe von 60 auf 45 m verkürzt werden, der Anhalteweg¹⁾ und somit der minimal zu überblickende Bereich vor einem Fußgänger-Übergang verkürzt sich von 100 m auf 55 m.

Diese schonendere Variante mit geringerer Trennwirkung eignet sich für kleinräumigere Strukturen, bei denen jedoch immer noch eine klare Trennung in Fahrbahn und Gehsteig vorliegt und nur eine Minderheit der Fußgänger die Straße abseits von Kreuzungen überquert. In bereits als Fußgängerzonen ausgeführten Flaniermeilen mit kreuz und quer spazierenden Passanten und anderen Straßenräumen, bei denen die Aufenthaltsfunktion die verkehrliche Funktion übersteigt, wäre die Errichtung einer LCRT-Trasse nicht zweckmäßig, da entweder die Straße hinsichtlich ihrer nicht-verkehrlichen Nutzungen entwertet würde, oder von den Reisezeitvorteilen von LCRT kaum noch etwas übrig bliebe.

In Tabelle 1 sind vier Kategorien typischer städtischer Bebauungsstrukturen hinsichtlich ihrer Eignung für verschiedene Varianten von LCRT und konventionellem Schienenverkehr dargestellt.

Vereinbarkeit mit Individualverkehr

Mit der Realisierung von LCRT-Linien wird Straßenoberfläche vom motorisierten In-

¹⁾ Bei 2,73 m/s² Bremsverzögerung und 3 Sekunden Reaktionszeit

Tab. 1: Anwendbarkeit von konventionellen Schienenverkehrsformen und LCRT in unterschiedlichen Bebauungsstrukturen.

| Beispielhafte Kartenausschnitte aus Wien (gleicher Maßstab) <small>Quelle: www.basemap.at</small> | Verwinkelte Altstadt | Blockrandbebauung mit schmälere Straßen, ohne lange gerade Straßenzüge | Blockrandbebauung mit breiten Straßen und langen, geraden Straßenzügen | Aufgelockerte Bebauung am Stadtrand |
|--|--|---|--|--|
| Konventionelle U-Bahn | Ausschließlich in geschlossener Bauweise möglich | Überwiegend geschlossene Bauweise | Überwiegend offene Bauweise | Überwiegend Hochtrassen |
| Konventionelle Straßenbahn | Durchfahrt bestenfalls mit sehr geringer Geschwindigkeit möglich | Überwiegend Mischverkehr wenig wirksame Bevorrangung möglich | Überwiegend eigener Gleiskörper, mäßig wirksame Bevorrangung | Eigener Gleiskörper, eisenbahnmäßige Bahnübergänge oder wirksame Bevorrangung an geregelten Kreuzungen |
| Low-Clearance Rapid Transit | Umfahrung oder Unterquerung in bergmännischer Tunnelbauweise | Unterführungen in kürzeren Abständen und aufwändigerer Bauweise; evtl. nicht abgezappte Trasse bei herabgesetzter Höchstgeschwindigkeit | Unterführungen in längeren Abständen und günstigerer Bauweise; zwischen niveaugleichen FußgängerInnen-Übergängen durchgehend abgezappte Trasse | Unterführungen mit geringstem baulichem Aufwand, bei noch höherer Geschwindigkeit evtl. auch FußgängerInnen-Übergänge nur niveaufrei |

dividualverkehr zum öffentlichen Verkehr umverteilt, der pro zur Verfügung gestellter Verkehrsfläche eine wesentlich höhere Leistungsfähigkeit aufweist. Gegenüber der Errichtung konventioneller Straßenbahnen auf eigenem Gleiskörper sind zusätzlich die folgenden Aspekte zu beachten:

- In vielen Städten werden bislang Straßenbahnen auf eigenen Gleiskörpern nur angelegt, wenn daneben noch genug Platz für Fahrspur, Parkspur und Gehsteig vorhanden ist. Zusätzlich wird der eigene Gleiskörper häufig mit Abbiegespuren oder Hauszufahrten unterbrochen. Im Zuge der Errichtung von LCRT-Trassen muss diese Flächenumverteilung nicht nur konsequenter erfolgen, um lange, nachfragegerecht trassierte LCRT-Linien realisieren zu können, müssen gegebenenfalls auch schmalere Straßen genutzt werden. Die verbleibende Straßenbreite ermöglicht dann ähnlich einer Fußgängerzone oder Wohnstraße nur noch unvermeidlichen Anliegerverkehr.
- Im Gegensatz zur Umwandlung einer Durchzugsstraße in eine Fußgängerzone werden die benachbarten Straßen nicht mit mehr Individualverkehr belastet,

sondern dank der großen Kapazität und Attraktivität der LCRT-Linie entlastet.

- Der Entfall niveaugleicher Kreuzungen mit öffentlichem Verkehr einschließlich Ampelbeeinflussung stellt wiederum auch für den Individualverkehr eine Erleichterung dar.

Um im Routennetz des Radverkehrs Umwege zu vermeiden, wäre eine Mitbenutzung der niveaugleichen Fußgänger-Übergänge anzudenken, sofern Verkehrsdichte und Platzverhältnisse eine zuverlässige Räumung des Übergangs erlauben.

Baukosten- und Fahrzeitvergleich

Zur Abschätzung generalisierter Errichtungskosten pro Kilometer LCRT-Strecke wurden zunächst aus unterschiedlichen Studien und Beispielen spezifische Kosten konventioneller U-Bahn- und Straßenbahnstrecken ermittelt. Danach wurden parallel zwei unterschiedliche Berechnungsansätze angewandt:

- Zusätzlich zu den Kosten einer konventionellen Straßenbahn wurden die Zusatzkosten für die Unterführungsbauwerke

anhand von Rechercheergebnissen zu einzelnen Komponenten wie Erdaushub, Tragwerk, Stützmauern etc. ermittelt.

- Von den Kosten konventioneller U-Bahnen wurde zunächst ein Anteil der Stationsbauwerke errechnet. Im Weiteren wurde geschätzt, zu welchen Anteilen die gegenüber einer niveaugleichen Straßenbahn verbleibenden Mehrkosten proportional zur Länge oder zum Aushub- beziehungsweise Aufschüttungsvolumen der Unterführungsbauwerke hochzurechnen sind.

Die Ergebnisse beider Berechnungen wurden durch Kosten für die niveaugleichen Fußgänger-Übergänge und die Zäune entlang der Strecke ergänzt, zuletzt wurden Entschädigungs- beziehungsweise Ablösesummen für Immobilien hinzuaddiert, die durch Überführungsbauwerke an Wert verlieren würden. Beide Berechnungsansätze wurden jeweils einmal mit pessimistischen, mittleren und optimistischen Annahmen ausgeführt, woraus sich eine Spanne über sechs unterschiedliche Ergebnisse ergibt.

Das wichtigste Qualitätsmerkmal von LCRT, seine Durchschnittsgeschwindigkeit,

hängt neben der von Unterführungsgeometrie und Trennung vom Straßenverkehr abhängigen Höchstgeschwindigkeit von einer Reihe weiterer Faktoren ab. Dazu zählen nicht nur der Haltestellenabstand, sondern insbesondere kurvenbedingte Langsamfahrstellen, die je nach Kurvenradius, zulässiger Seitenbeschleunigung und Kurvenüberhöhung sowie Zuglängen in unterschiedlichem Ausmaß wirksam werden.

Sowohl für die Baukosten als auch für die Durchschnittsgeschwindigkeit wurden für die vier bereits in Tabelle 1 dargestellten Kategorien von Bebauungsstrukturen unterschiedliche Kombinationen von Ausgangswerten angenommen und die in Abbildung 5 mittels Farbverläufen dargestellten Bandbreiten errechnet:

Verglichen mit Fahrplangeschwindigkeiten und üblichen Baukosten konventioneller Stadtverkehrsmittel ermöglicht LCRT in eher großzügig angelegten, gründerzeitlichen Stadtvierteln mit breiten und geraden Straßen den größten Sprung in der Kosten-Nutzen-Effizienz: Die Investitionskosten sind hier nur etwas höher als jene einer Straßenbahn und doch wird nahezu die Geschwindigkeit einer U-Bahn erreicht.

In zentrumsnäheren Gebieten, für die von mehr kurvenbedingten Langsamfahrstellen und der Anwendung einer Kompromissvariante mit 40 km/h Höchstgeschwindigkeit ausgegangen wurde, ist der relative Kostenvorteil gegenüber der U-Bahn ähnlich groß. Die erzielbare Durchschnittsgeschwindigkeit liegt hier nur etwa in der Mitte zwischen Straßenbahn und U-Bahn, dafür bleiben den Fahrgästen langwierige Zu- und Abgangswege unterirdischer Stationsbauwerke erspart.

In historischen Stadtzentren mit schmalen, verwinkelten Gassen kann auch LCRT nur in geschlossener Tunnelbauweise realisiert werden, Kosten und Geschwindigkeit sind daher mit den Werten einer U-Bahn gleichzusetzen. In Stadterweiterungsgebieten an der Peripherie erreichen wiederum auch

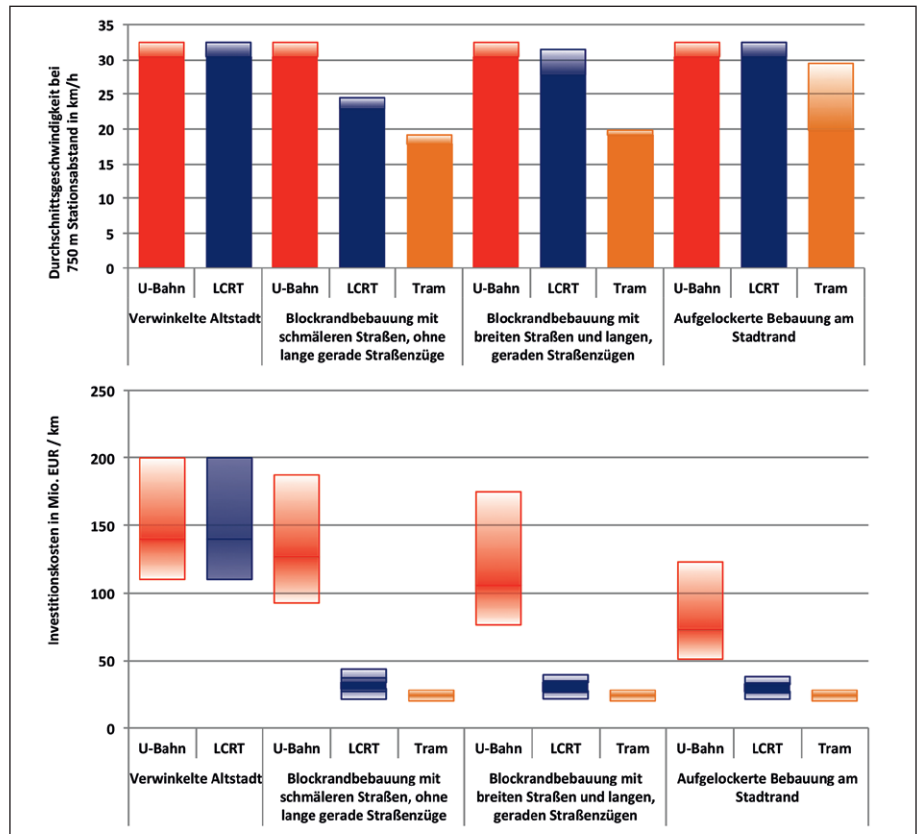


Abb. 5: Erzielbare Durchschnittsgeschwindigkeiten sowie spezifische Baukosten von LCRT im Vergleich zu konventionellem Schienenverkehr in unterschiedlichen Bebauungsstrukturen.

manche konventionelle Schnellstraßenbahnen durchaus U-Bahn-ähnliche Fahrzeiten, entweder dank hoch wirksamer Bevorrechtigung oder wenn eine niveaufreie Trasse von vornherein in die städtebauliche Planung integriert wurde.

Als nachteilig erweist sich bei diesen jedoch häufig die begrenzte Kapazität der Fahrzeuge, die bei Fahrten ins Zentrum einen Umstieg auf eine mit wesentlich größeren Garnituren betriebene U-Bahn erforderlich machen. Hier zeigt sich als weiterer entscheidender Vorteil von LCRT, dass dank der Unabhängigkeit vom Straßenverkehr U-Bahn-ähnliche Zuglängen möglich sind. Somit kann eine quer durch die Stadt durchlaufende Linie abschnittsweise nach den Gesichtspunkten der Fahrzeiten, der Baukosten und der städtebaulichen Eingliederung optimiert werden.

Umsetzungsperspektive

Die Vorteile der selektiv-niveaufreien Trassierung im Sinne des Konzepts „Low-Clearance Rapid Transit“ können nur durch eine abgestimmte Entwicklung von Infrastruktur und Fahrzeugen wirksam werden. Für weitere Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten wäre daher eine Zusammenarbeit mehrerer interessierter Städte und Verkehrsbetriebe zweckmäßig, die auch zu einer gemeinsamen Fahrzeugbeschaffung in einer für solche Neuentwicklungen sinnvollen Stückzahl führen könnte.

Literatur

- [1] Harald Buschbacher: Allgemeine Machbarkeitsstudie „Low-Clearance Rapid Transit“: <http://buschbacher.at/LCRTBerichtde.pdf>. Technische Parameter sowie Ergebnisse zu Kosten und Geschwindigkeiten werden in der allgemeinen Machbarkeitsstudie ausführlich hergeleitet und mit Quellen belegt, lediglich die Aufgliederung nach Bebauungsstrukturen stellt eine Verfeinerung für diesen Beitrag dar.

Zusammenfassung/Summary

Tunnelbau nur in Kreuzungsbereichen

In diesem Beitrag wird das Konzept „Low-Clearance Rapid Transit“ (LCRT) vorgestellt: Es wird der auf Fahrzeug- und Fahrwegtechnik sowie Verkehrsorganisation beruhende Lösungsansatz beschrieben, mit möglichst geringem baulichem Aufwand niveaugleiche Kreuzungen mit dem motorisierten Individualverkehr zu eliminieren. Weiters werden die städtebauliche Verträglichkeit sowie Kosten und erzielbare Geschwindigkeiten je nach umgebender Bebauungsstruktur erörtert.

Tunnels only in areas of at-grade intersections

This contribution introduces the concept „Low-Clearance Rapid Transit“ (LCRT): It describes the approach to eliminate at-grade intersections with motorised individual traffic at lowest possible effort, based on vehicle and guideway technology as well as traffic routing. Furthermore, urbanistic compatibility as well as costs and achievable speed depending on the surrounding building structures are discussed.