TSB – Magnetschwebebahn als ÖPNV-Ergänzung

Infrastruktur, Fahrzeug und Leittechnik für ein schlüsselfertiges Verkehrssystem

Abb. 1: Das Transport System Bögl auf der Erprobungsstrecke in Sengenthal

ANDREAS RAU | BERT ZAMZOW

Mit dem Transport System Bögl (TSB) hat die Firmengruppe Max Bögl (Max Bögl) ein eigenständig entwickeltes Magnetbahngesamtsystem für den Nahverkehr auf den Markt gebracht. Neben der 860 m langen Erprobungsstrecke im heimischen Sengenthal in der Oberpfalz existiert bereits eine 3,5 km lange Demonstrationsstrecke im chinesischen Chengdu in der Provinz Sichuan. In Deutschland werden an mehreren Orten, unter anderem durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), potenzielle Einsatzmöglichkeiten untersucht. Neben dem Personentransport nimmt das Unternehmen mit der Magnetschwebetechnologie nun auch den Güterverkehr in den Fokus [1].

Eine in Deutschland entwickelte Magnetschwebebahn ist nichts Neues, wie das Beispiel Transrapid zeigt. Dass diese Technik nicht nur im Fernverkehr für hohe Betriebsgeschwindigkeiten, sondern auch im öffentlichen Personennahverkehr, wie bei der M-Bahn Berlin, eingesetzt werden kann, ebenfalls nicht. Aber dass es nun ein Gesamtsystem aus einer Hand, dazu noch von einem Bauunternehmen, gibt, schon. Bereits Mitte der 1990er Jahre beschäftigte sich Max Bögl mit der berührungslosen Magnetschnellbahn Transrapid als zukunftsorientiertes Fortbewegungsmittel im Fernverkehr mit Geschwindigkeiten bis zu 500 km/h. Das unter anderem auf Betonfertigteile spezialisierte Bauunternehmen mit langjähriger Erfahrung in der Abwicklung von Infrastrukturgroßprojekten entwickelte ein für die hohen Genauigkeitsanforderungen des Transrapid passendes Fahrwegsystem. Dieses kam auf der Transrapid-Versuchsanlage Emsland (TVE) in Lathen sowie auf der weltweit bislang einzigen im Realeinsatz befindlichen Anwendungsstrecke für Hochgeschwindigkeitsmagnetbahnen in Shanghai zum Flughafen Pudong zum Einsatz.

Nach dem Transfer der Technologie nach China und den nicht realisierten Chancen für Anwendungen in Deutschland (Berlin – Hamburg, Metrorapid, München Hbf. – Flughafen München), Spanien (Teneriffa) oder Brasilien (Rio de Janeiro – São Paulo – Campinas) begann die Firmengruppe im Jahr 2010 mit der Entwicklung eines eigenen Systems. Die Adaption der Technologie auf den Personennahverkehr folgte der strategischen Ausrichtung des Unternehmens als Lösungsanbieter für die globalen Megatrends wie Mobilität, Urbanisierung und erneuerbare Energien. Der Ansatz hinter dem Wechsel zum Nahverkehr: Optimierung der Anforderungen auf eine im Nahverkehr vernünftige Betriebsgeschwindigkeit von 150 km/h verbunden mit einer schlankeren und kosteneffizienteren Infrastruktur. Dies führt zu überschaubaren Projektkosten und in Summe zu einer deutlich besseren Wettbewerbsfähigkeit gegenüber konventionellen Systemen im Vergleich zum Transrapid. Das Selbstverständnis als Gesamtsystemanbieter begründet sich aus der Entwickler- wie auch aus der Kundenperspektive. Im Entwicklungsprozess konzentriert sich das Unternehmen auf die Optimierung jeder einzelnen Systemkomponente im Hinblick auf ihre ideale Anwendung. Das setzt ein tiefgreifendes Verständnis der Interdependenzen voraus und führt zu einer Effizienz- und Performancesteigerung und letztendlich zum bestmöglichen Gesamtsystem. Kunden bietet sich der Vorteil, dass die Gesamtverantwortung für ein funktions- und betriebsbereites System in einer Hand liegt.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Firmengruppe Max Bögl / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

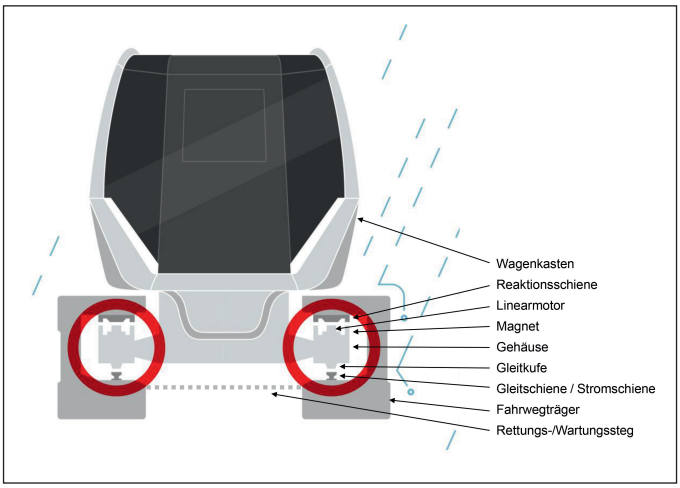

Abb. 2: Fahrzeug- und Fahrwegkomponenten im Querschnitt des innenliegenden Fahrwerks

Abb. 3: Ausführungs- und Integrationsmöglichkeiten der TSB Infrastruktur

Lösung aus einer Hand – Gesamtsystemansatz TSB

Das vollautomatisierte, spurgeführte Nahverkehrssystem TSB bietet mit flexiblen Taktzeiten und einem aufgrund des elektromagnetischen Schwebens lautlosen Fahrbetrieb passende Lösungen für die Anforderungen in bebauten und sensiblen Räumen. Über den Gesamtlebenszyklus betrachtet, wird ein deutlicher wirtschaftlicher Vorteil gegenüber konventionellen Rad-Schiene-Systemen erreicht. Im Gegensatz zum Transrapid setzt das TSB auf einen Kurzstator-Linearantrieb mit im oberen Fahrwegquerschnitt verbauten rein passiven Reaktionsschienen. Eine Sektion des TSB wiegt 18,5 t bei einer maximalen Zuladung von 9,5 t. Die Fahrwerkstruktur des Fahrzeugs in Aluminium-Leichtbauweise und der Wagenkasten mit Aluminium-Hohlkammer-Struktur reduzieren die Gesamtmasse der Wageneinheiten, deren Sicherheit zum einen durch Anwendung gängiger Bahnnormen wie auch über Simulationen und versuchstechnische Validierungen nachgewiesen wurde. Im August 2020 hat das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) als zuständige Aufsichts- und Genehmigungsbehörde für Magnetschwebebahnen in Deutschland eine Zusicherung der Zulassungsfähigkeit für wesentliche Teile des Fahrzeugs und des Fahrwegs erteilt.

Das Fahrwerk des TSB liegt im Vergleich zu bereits existierenden Magnetbahnsystemen integriert im Fahrwegträgerquerschnitt. Die aktiven Komponenten wie Linearmotoren, Magneteinheiten, Kühlung und Elektronik werden dabei von 20 cm Stahlbeton umschlossen und schirmen das Fahrwerk nahezu vollständig von Witterungseinflüssen ab. Dies erhöht zum einen die Lebensdauer der Bauteile und schirmt Schallquellen im Unterflurbereich noch zusätzlich von der Umgebung ab. Der Bewegungsraum des Wagenkastens schließt mit den Außenkanten des 3,2 m breiten Fahrwegträgers ab. Im unteren Bereich des Fahrwegquerschnitts sind Gleitschienen montiert, die zum einen der Energieversorgung des Systems mittels Stromabnehmer dienen und zum anderen ein sicheres Bremsen des Fahrzeugs bei Energieausfall oder bei Nothaltauslösung gewährleisten (Abb. 2).

Im Normalbetrieb schwebt das Fahrzeug im Mittel mit einem Luftspalt von 7 mm zwischen Magneteinheit und Reaktionsschiene. Dieser kann zwischen 3 mm und 14 mm variieren und trägt damit bereits wesentlich zum Federungskomfort des Systems bei. Dabei wird der Luftspalt rund 2000 Mal pro Sekunde durch Messsensorik überprüft und aktiv geregelt. Der Magnet übernimmt neben der Tragfunktion zusätzlich die Spurführung des Systems, welche über magnetische Rückstellkräfte hergestellt wird. Im Falle eines Nothalts oder Stromausfalls setzt das Fahrzeug auf den Gleitschienen ab und kommt über einen definierten Reibbeiwert zwischen Schiene und Gleitkufen zum Stehen. Die Spurführung erfolgt im stromlosen Zustand über eine mechanische Seitenführung. Im Notfall können die Passagiere bei kleinen Fahrzeuggrößen über Front- und Hecknotausstiege in den Fahrwegquerschnitt evakuiert werden. Bei längeren Fahrzeugeinheiten befinden sich die Rettungsstege zwischen den Fahrwegspuren und ermöglichen eine Evakuierung über die Seitentüren.

Der Fahrweg besteht aus vorgefertigten Stahlbetonelementen, die in flexiblen Schalungen entsprechend der benötigten Horizontal- und Vertikalkrümmung ($R_h min = 45$ m, $R_v min = 300$ m) hergestellt werden und damit eine flexible Trassierung ähnlich der Straßenbahn zulassen. Die Funktionsflächen der Träger erhalten eine mechanische Nachbearbeitung auf Toleranzbereiche im Zehntelmillimeterbereich. Werksseitig werden Anbauteile wie Schienen oder Kabeltrassen bereits vor Auslieferung montiert, um die Arbeitsprozesse und den Flächenverbrauch, beispielsweise für die Baustelleinrichtung, vor Ort auf ein Minimum zu beschränken. Die Verlagerung der Produktionsprozesse in die Produktionshallen garantieren eine gleichbleibende Bauteilqualität unabhängig von den Witterungsbedingungen und reduzieren Projektrisiken hinsichtlich Zeit- und Budgetplänen. Steigungen von bis zu 10 % ermöglichen einen Ebenenwechsel vom unterirdischen oder ebenerdigen Gradientenverlauf zu einer aufgeständerten Fahrwegtrasse auf kurzer Distanz. Die Kreuzung bestehender Verkehrsträger wie dem straßengebundenen Verkehr erfolgt stets höhenfrei mit Stützenhöhen von bis zu 20 m oder mehr (Abb. 3).

Nutzen und Kosten im Wirtschaftlichkeitsvergleich

Betrachtet man den Gesamtlebenszyklus, liegen die Infrastrukturkosten für das TSB mit Investitionskosten von ca. 20-25 Mio. EUR/km und einem erheblich geringeren Instandhaltungsaufwand gleichauf mit der Straßenbahn (Investitionskosten von ca. 15-25 Mio. EUR/km), jedoch weit unter S-Bahn (Investitionskosten von ca. 30-50 Mio. EUR/km) und U-Bahn (Investitionskosten von ca. 150-200 Mio. EUR/km). Die Fahrzeugkosten sind bezogen auf den Platz-Kilometer deutlich günstiger als bei der Straßenbahn und liegen bezogen auf S-Bahn und U-Bahn etwas höher.

In diesem Vergleich noch nicht berücksichtigt sind positive Effekte auf die Gesamtprojektkosten, wie beispielsweise eine schnellere Baurealisierung mit der aufgeständerten Bauweise gegenüber Tunnelbauwerken, sowie der wesentlich geringere Flächenverbrauch gegenüber ebenerdig verlaufenden Bahnsystemen. Der Entfall von zusätzlichen Lärmschutzwänden und die Vermeidung von Flächenzerschneidungen sind weitere positive Effekte.

Eine Förderung für künftige Anwendungsstrecken in Deutschland kann beispielsweise durch das Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz erfolgen. Den dafür erforderlichen Nachweis eines positiven Nutzen-Kosten-Verhältnisses begünstigt das TSB durch die geringeren Betriebs- und Instandhaltungskosten, basierend auf weniger

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Firmengruppe Max Bögl / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

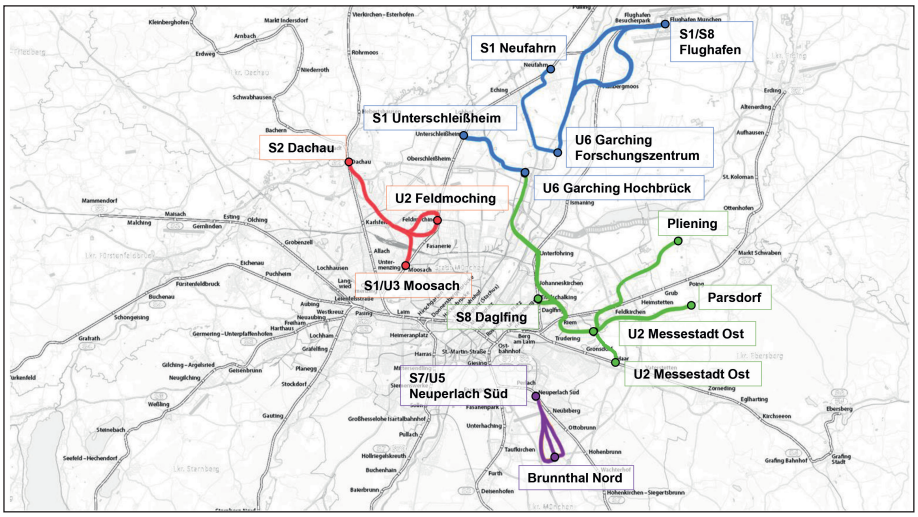

Abb. 4: Untersuchte Trassenvarianten des TSB im Großraum München *Quelle: EBP Schweiz*

Verschleiß an Fahrzeugen und Infrastruktur, geringerer Störanfälligkeit, flexiblerem Fahrzeugeinsatz durch automatisieren Fahrbetrieb sowie die längeren Lebenszyklen der Bauwerke.

Geringe Lärmemissionen durch elektromagnetisches Schweben

Der leise Fahrbetrieb zeigt sich in dem von unabhängigen Gutachtern gemessenen Schallemissionswert von 66 dB(A) bei einer Vorbeifahrt mit 80 km/h gemäß der EU-Verordnung über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge – Lärm" (TSI Noise). Der Wert liegt damit 14 dB(A) unterhalb des Grenzwertes für S-Bahnen. Der Energiebedarf ist auf untersuchten Referenzstrecken vergleichbar mit Straßen-, S- und U-Bahn. Das elektromagnetische Schweben und das vollelektrische Bremsen verursachen wesentlich geringere Feinstaubemissionen als konventionelle Systeme.

Ergänzung statt Ersatz des bestehenden ÖPNV und SPNV

Vor allem in München werden bereits intensiv Anwendungsmöglichkeiten der Technologie diskutiert. Grundlage soll die vom BMVI durchgeführte „Machbarkeitsstudie zum Einsatz alternativer Verkehrssysteme im spurgeführten ÖPNV" liefern.

Studienergebnisse als Grundlage für Anwendungen in Deutschland

Neben einem generellen Systemvergleich auf technischer sowie betriebs- und volkswirtschaftlicher Ebene wird auch ein Anwendungsfall am Flughafen München in der Studie untersucht. Als Insellösung könnte das TSB hier die neu entstehenden Gewerbeflächen des LabCampus mit Terminals, Parkeinrichtungen sowie dem S-Bahn-Halt Besucherpark in einem Ringverkehr verbinden.

Darüber hinaus haben der Münchner Verkehrs- und Tarifverbund GmbH (MVV), die Landeshauptstadt München (LHM) und die Landkreise Dachau, München und Freising gemeinsam mit dem Bayerischen Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (StMB) in einer Verkehrswertabschätzung insgesamt vier Korridore (U2/U3 Nord, U6 Nord, U2 Ost sowie U5 Süd) hinsichtlich ihres Potenzials für TSB–Anwendungen prüfen lassen [1]. In zwei der vier Korridore zeigten sich positive Nutzen-Kosten-Verhältnisse und in einem weiteren Korridor vielversprechende Ergebnisse. Dies veranlasste die Landkreise München [3] und Dachau [4] dazu, weitergehende Vergleichsstudien zu den bisher dort untersuchten konventionellen Systemen zu beauftragen (Abb. 4).

In Nordrhein-Westfalen zeigen sich bei der Anbindung von Regionen an die Zentren der Metropolregion gerade aufgrund der Topographie ebenfalls interessante Anwendungsmöglichkeiten für die Technologie. Beispielsweise beschäftigt sich der Kreis Mettmann intensiv mit schnell realisierbaren Infrastrukturen im öffentlichen Personenverkehr, um Pendler in die Zentren der Städte Düsseldorf, Essen oder Wuppertal frühzeitig zum Umstieg vom motorisierten Individualverkehr auf den spurgeführten öffentlichen Verkehr zu bewegen.

Mobilität im Zeichen der Urbanisierung

Natürlich bieten auch die internationalen Märkte ein großes Anwendungspotenzial. Nicht verwunderlich ist daher der Bau der ersten 3,5 km langen Demonstrationstrecke in China. Für einen chinesischen Lizenzpartner wurde ein vollständig am Hauptsitz der Firmengruppe in Deutschland vorproduziertes Gesamtsystem mit Fahrwegteilen, Weiche, Fahrzeug und Leittechnik per Bahn auf der neuen Seidenstraße, Containerschiff und auf dem Luftweg nach China geliefert (Abb. 5). Im Februar 2021 wurde die anvisierte Betriebshöchstgeschwindigkeit von 150 km/h mit einem Geschwindigkeitswert von 169 km/h übertroffen [5]. Entscheidungsträger aus Chengdu, Fuyang und weiteren Städten werden das System bei ihren weiteren Masterplanungen des spurgeführten Netzausbaus berücksichtigen und in die engere Auswahl aufnehmen.

Leistungsstarke Verkehrssysteme für boomende Metropolen

In den USA zeigen sich aufgrund des erkannten Nachholbedarfs im öffentlichen Nahverkehr und der beschlossenen milliardenschweren Investitionen in nachhaltige Transportlösungen [6] ebenfalls vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Die Systemoffenheit bei der Ausschreibung erlaubt innovativen Alternativen zum klassischen Rad-Schiene-System die Teilnahme am öffentlichen Ausschreibungsprozess. Projekte in Städten wie Miami (North Corridor), Los Angeles (Sepuelveda Transit Corridor) oder New York (La Guardia Airport) zeigen, dass neuen Systemen eine Chance zur Anwendung geboten werden soll. Gleiches gilt für Metropolen in Südamerika, denen aufgrund des teilweise vollständig straßengebundenen Verkehrs der Kollaps droht. Bogotá baut beispielsweise derzeit die erste Metrolinie für die Acht-Millionen-Einwohner-Metropole – aufgrund der bereits bestehenden Bebauung und des Ziels einer schnellen baulichen Realisierung als aufgeständerte Trasse.

Abb. 5: Fahrbetrieb des 3-Sektionen-Fahrzeugs auf der Demonstrationsstrecke und Auslieferung des TSB-Fahrzeugs nach China

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Firmengruppe Max Bögl / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

TSB Cargo – individueller und emissionsarmer Containertransport

Neben dem Personentransportsystem wird derzeit auch eine Lösung für den vollautomatisierten Gütertransport auf Basis der TSB-Technologie entwickelt. Dabei können Container einzeln und vollelektrisch mit dem TSB bei Geschwindigkeiten bis zu 150 km/h transportiert werden. Fahrwerk, Fahrweg und Leittechnik sind dabei nahezu identisch zum Personentransportsystem, wodurch auch ein Mischbetrieb möglich wird (Abb. 6).

Bereits entstanden ist, mit Zuwendungsmitteln des BMVI, eine 120 m lange Demonstrationsstrecke inklusive Weiche für den ITS World Congress 2021 in Hamburg. Die temporäre Strecke im Hamburger Hafen wurde auf dem Gelände des Cruise Center Steinwerder errichtet und zeigt neben dem Transport der Container mittels Magnetschwebetechnologie vor allem den Umschlag zwischen dem straßengebundenen Lkw und dem TSB. Die Gesamtprojektdauer von lediglich sechs Monaten vom Projektstart im März 2021 bis zur Inbetriebnahme der Strecke im September 2021 beinhaltete die Planung der Strecke inklusive der baulichen Anlagen, die Fertigung von Fahrwegen, Weiche, Umschlagsanlage sowie des Fahrzeugs. Die kurze Realisierungszeit verdeutlicht das Potenzial, kurzfristig neue Infrastrukturen mittels modularisierter, vorgefertigter Bauteile zu schaffen und baulich umzusetzen. Eine gemeinsame Studie der Hamburg Port Authority (HPA) und Max Bögl soll nun die theoretischen Grundlagen für potenzielle Anwendungsfälle als Verteilsystem zwischen stark frequentierten Logistikhubs wie Containerterminals oder als Anbindung der Hinterlandverkehre über sogenannte „DryPorts" bilden. ■

Abb. 6: TSB Cargo als vollautomatisierte Güterverkehrslösung auf der Teststrecke in Sengenthal

QUELLEN

[1] Firmengruppe Max Bögl: „TSB Cargo – Magnetschwebebahn für den Gütertransport," Pressemitteilung, 19. August 2021

[2] Münchner Verkehrs- und Tarifverbund GmbH: „Transport System Bögl für verschiedene Korridore im MVV-Raum untersucht," Pressemitteilung, 15. April 2021

[3] Ausschuss für Mobilität und Infrastruktur im Landkreis München: „ÖPNV im Landkreis München; Nachfrageprognose und Verkehrswertabschätzung Transport System Bögl (TSB): Angebot der Intraplan Consult GmbH," Beschlussfassung, 2. Juli 2021

[4] Landratsamt Dachau: „Transport System Bögl als platzsparende und kosteneffiziente Alternative: Kreisdelegation macht sich ein Bild vor Ort," Pressemitteilung, 12. Juli 2021

[5] Firmengruppe Max Bögl: „TSB knackt Höchstgeschwindigkeit in China," Pressemitteilung, 29. April 2021

[6] The White House: „FACT SHEET: President Biden Announces Support for the Bipartisan Infrastructure Framework," Pressemitteilung, 24. Juni 2021

Andreas Rau, M. Sc.
Produktmanager TSB
arau@max-boegl.de

Dr. Bert Zamzow
Zentralbereichsleiter TSB
bzamzow@max-boegl.de

Beide Autoren:
Firmengruppe Max Bögl, Sengenthal i.d.OPf.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Firmengruppe Max Bögl / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH