

# Transport System Bögl

Entwurf April 2020

Der für seine Betonfertigelemente bekannte deutsche Baukonzern *Max Bögl* lieferte in den 1990er Jahren den modularen Fahrweg für den Transrapid im Emsland. Nach dessen Ende 2011 besann man sich der dabei gewonnenen Erkenntnisse und entschloss sich dazu eine eigene Magnetschwebebahn zu entwickeln, die aber nicht für den Fern- sondern für den Nahverkehr mit 5 bis 30 km Streckenlänge und einer Höchstgeschwindigkeit von 150 km/h optimiert ist. So entstand innert zehn Jahren das nun serienreife *Transport System Bögl* (TSB).

## Fahrbahn

Die Fahrbahn enthält, im Gegensatz zum Transrapid, keinerlei aktive Elemente. Sie besteht prinzipiell aus zwei symmetrischen nebeneinander liegenden C-Profilen, deren offene Seiten nach innen gerichtet sind. Alle Fahrwegelemente sind innerhalb dieser C-Profile gegen äusserlich Einflüsse gut geschützt montiert. Die C-Profile selbst bestehen aus Betonfertigelementen. An deren oberen Schenkeln sind je drei übereinander liegende mehrfach gekantete galvanisierte Bleche von je etwa 10 mm Stärke angeschraubt, an denen die Fahrzeuge durch ihre Elektromagnete im Abstand von circa 7 mm hängen. Auf den unteren Schenkeln ist zur konstanten Stromversorgung mit 750 V DC je eine handelsübliche Aluminiumstromschiene montiert, wie sie auch bei U-Bahnen Verwendung findet. Befestigt sind die senkrecht ausgerichteten Schienen an den Betonelementen mit Spannklemmen, so wie normale Eisenbahnschienen auf Betonschwellen. Bei einem Halt oder Stromausfall dienen die Stromschienen auch als Behelfsfahrbahn. Zwischen den unteren beiden Schenkel sind Gitterroste montiert, die als Wartungs- und Fluchtweg dienen aber auch die Bildung einer Schneeschicht verhindern. Dadurch, dass beim TSB die Kräfte vom Fahrzeug über die ganze Fahrzeuglänge in die Fahrbahn eingeleitet werden, ist eine wesentlich schlankere Betonträgerkonstruktion als bei konventionellen Bahnen möglich. So beträgt die Trägerhöhe lediglich 1,2 m. Von den Gesamtkosten eines TSB entfallen etwa 70 % auf die Infrastruktur wie Fahrweg, Stützen, Gründung, Stationen, etc.

Die Normalien des TSB erlauben Bögen mit einem minimalen Fahrbahnradius von 45 m und Längsneigungen von maximal 10 % sowie Querneigungen von 8°. Der Achsabstand zwischen zwei allfälligen parallelen Fahrbahnen beträgt 4,4 m. Die standardisierte Stützweite beträgt circa 24 m.

Die gesamte Fahrbahn besteht prinzipiell aus Fertigbetonelementen. Grundsätzlich sind alle Teile so konstruiert, dass sie von den Dimensionen und dem Gewicht her fixfertig vormontiert in 40 Fuss Container passen. Im Baustellenbereich werden zwei je 12 m lange Teilträger durch eine mobile Fügeeinrichtung mit einer trockenen Fuge und Ortsbeton zu 24 m langen Trägern verbunden. Für gut erreichbare Anlagen werden diese Träger pro Fahrbahnseite in einem Stück gefertigt.

Die Betonträger selbst lassen sich in einer standardisierten Fertigung in allen Radien und mit Gefällsbrüchen fertigen. Gegenwärtig werden mit gleichen Prämissen Fertigbetonträger für eine Stützweite von 36 m entwickelt. Prinzipiell ist der Bau der Träger auch als Stahlkonstruktion möglich.

Eine erste Weiche befindet sich in der Konstruktion. Die Längen von Spurwechselweichen (X-Weichen) betragen 48 m, die von Y-Weichen 28 m. Die Fahrwegumlaufzeit soll 15 Sekunden

nicht überschreiten. Zur Stromversorgung der Bahn kommen konventionelle Gleichrichterstationen wie für Strassenbahnen zur Anwendung.

## Fahrzeug

Die 2,85 m breiten fahrerlosen Fahrzeuge bestehen aus mindestens zwei je 12 m langen Endmodulen mit Kopfstück. Die bis zu vier Zwischenwagen sind gleich aufgebaut, verfügen jedoch über Wagenübergänge. Jedes dieser Module ist netto 18,5 t schwer. Das Gesamtgewicht kann 28 t erreichen. Standardmässig umfasst jedes Modul 10 Sitz- und 117 Stehplätze, was etwa 9,5 t entspricht. Folglich können in einem 72 m langen Zug bis zu 762 Personen befördert werden. Jedes Modul ist prinzipiell selbst betriebsfähig. So bleibt die Möglichkeit offen, später durch Einfügen von Zwischenwagen die Leistungsfähigkeit der Bahn zu erhöhen. Beide Endmodule sind prinzipiell baugleich und unterscheiden sich nur in wenigen Konfigurationen.

Der ganze Wagenboden liegt auf einer Ebene und das ganze System ist vollständig behindertengerecht. Die gesamte Antriebstechnik liegt unter dem Wagenboden. Es gibt ausser an den Stirnfronten der Endmodule keine Technikschränke im Innenraum. Dadurch ist der Innenraum weitestgehend frei gestaltbar. Die üblichen Komforteinrichtungen wie Fahrgastinformationssysteme, Klima, USB-Ladebuchsen und WLAN sind gut integrierbar.

Die Elektroausrüstung orientiert sich stark an deren von Strassenbahnen. So liefert ABB aus deren Produktlinie *Bordline* den Hauptteil der Leistungselektronik für die Nennspannung von 750 V DC. Die Antriebsleistung pro Modul beträgt 600 kW, was eine Beschleunigung vom  $\pm 1,0 \text{ m/s}^2$  erlaubt. Für das Schweben werden 6 – 10 kW benötigt. Der Gesamtenergiebedarf ist vergleichbar mit normalen Schienenfahrzeugen. Pro Längsseite sind mehrere Linearmotoren verbaut. Eine Weiterfahrt ist auch bei einem ausgefallenen Linearmotor mit reduzierter Geschwindigkeit möglich. Es besteht eine grössere Redundanz. Die Fahrzeuge zeichnen sich durch einen minimalen Unterhaltsaufwand aus. Weisen doch faktisch nur die Türen bewegliche Teile auf.

Für Fahrten im Betriebshof oder zur Notfahrt befindet sich rechts an der Front ein kleines verschlossenes Bedienpult. Eine vom Fahrgast zu bedienende direkt wirkende Notbremse gibt es nicht. Stattdessen wird der angeforderte Nothalt über das Leitsystem an die Zentrale gemeldet, wo dann die passenden Massnahmen ausgelöst werden. Seitentüren sollen sich mechanisch von innen und aussen mit Nottüröffnungsvorrichtungen öffnen lassen.

Die Evakuierung der Fahrzeuge kann über die Fronttüren erfolgen. Dazu schwenkt der Frontmittelteil nach oben und es entfalte sich innerhalb von 10 Sekunden eine Treppe mit Geländer bis auf die Gitterroste zwischen den Fahrbahnträgern hinunter. Die seitlichen Fahrbahnträger dienen dann auch als Absturzsicherung. Die Breite der Einrichtung lässt auch Rollstühle zu. Die Rollstuhlfahrer sind jedoch auf die Mithilfe der Fahrgäste angewiesen. Es versteht sich, dass eine Evakuierung erst bei geerdeten Stromschienen möglich ist. Bei zwei parallelen Fahrbahnen ist mittels Stege auch eine Evakuierung auf ein danebenstehendes Fahrzeug möglich.

Bei einem Stromausfall sinkt das Fahrzeug umgehend auf die Stromschienen ab. Dabei übernehmen nicht Räder, sondern mehrere Gleitflächen die Last und Spurführung. Aus der betrieblichen Höchstgeschwindigkeit von 150 km/h beträgt der Bremsweg etwa 450 m. Dazu sind alle Komponenten für Züge mit bis zu sechs Modulen dimensioniert. Im Stillstand sind dann auch im grössten Gefälle die Züge gegen Entlaufen gesichert. Auf den Gleitflächen sind die Züge bis zu 50 km weit durch andere Züge abschleppbar. Um den Gleitwiderstand bei grösseren Zugverbänden zu reduzieren, liessen sich die Verbindungen zwischen den Modulen

aus dem Wageninnern trennen.

## Eigenschaften

Pro Kilometer Doppelspur wird mit approximativen Gesamtkosten von 30 – 50 Mio. Euro kalkuliert, inklusive Fahrzeuge. Die Leistungsfähigkeit des TSB liegt zwischen Strassen- und U-Bahn. Die Streckenkapazität des Systems ist weit skalierbar, lassen sich doch bei einer systembedingten minimalen Zugfolgezeit von 80 Sekunden bis etwa 33'500 Personen pro Stunde und Richtung befördern. Da das TSB seitliche unter dem Fahrzeug angeordnete Stromschienen verwendet, sind, durch die Polarität bedingt, Gleisdreiecke oder eingleisige Strecken mit Wendeschlaufen nicht ohne weiteres möglich. Man geht jedoch davon aus, dass keine so komplexe Netze wie bei Strassenbahnen entstehen. Für Streckenunterhaltsarbeiten sind in das Leitsystem eingebundene Unterhaltsfahrzeuge denkbar.

Um einen Stromausfall zu verhindern, soll prinzipiell jeder Streckenabschnitt von mindestens zwei unabhängigen Versorgungsnetzen redundant gespeist werden. Allenfalls sind Notstromversorgungen vorgesehen.

## Sengenthal

Auf dem riesigen Firmengelände von Bögl im oberpfälzischen Sengenthal entstand in Etappen eine nun 850 m lange Teststrecke. Diese weist verschiedene stetig verbesserte Bauformen auf und verfügt über Maximalsteigungen von 10 % und Bögen mit Radien zwischen 150 und 250 m. Die hier erreichte Höchstgeschwindigkeit beträgt 110 km/h. Mit der Bahn hat man inzwischen 125'000 Testfahrten mit total 83'000 km absolviert.

Im Fahrzeug selbst ist die Inneneinrichtung einfach gehalten und nur mit Anlehnsitzen versehen, was jedoch den Testbetrieb vereinfacht. Auf der Rückseite ist gegenwärtig eine zweiteilige Türe montiert, die den Übergang in ein zweites Modul ermöglichen würde. Montiert sind aber auch zwei Faltenbälge, je einen der das Gesamtprofil inklusive Kupplung respektive nur das Durchgangsprofil umschliesst.

Am nördlichen Streckenende befindet sich eine grosszügig dimensionierte Instandhaltungszentrale mit Wartungshalle und Bürotrakt. In der zweigleisigen Halle stehen Standplätze für alle anfallenden Arbeiten zur Verfügung. Zudem werden hier auch die ersten Fahrzeuge montiert. Bögl will jedoch die ausgeklügelten Anlagen für den Bau und die optimale Wartung der Wagen nicht publizieren. Nur so viel, um die Fahrzeuge warten und auf die Fahrbahn setzen zu können, besteht eine komplexe Einrichtung, bei der die Bahnsteige seitlich hochgeklappt und die oberen Fahrbahnelemente seitlich herausgeschoben werden können. Zusammen mit Projektleiter Dr. Bert Zamzow sind hier gegenwärtig gut 60 Mitarbeiter am TSB beschäftigt.

## Aussichten

Für das TSB bestehen mehrere Patente. Bögl möchte sich dazu aber nicht näher äussern. Um Kunden die notwendige Investitionssicherheit zu gewährleisten verweist Bögl insbesondere auf ihr 90-jähriges Bestehen, aber auch auf entsprechende Escrow-Vereinbarungen. Zudem sieht die Firma einen der Vorteile insbesondere darin, dass Bögl das Gesamtsystem liefert und damit dem Kunden gegenüber Gesamtverantwortlich ist. Andererseits bezieht Bögl viele Komponenten von etablierten Bahnzulieferern.

In der westlichen Hemisphäre sieht man die Hauptanwendungsgebiete in der Erschliessung und der Verbindung von Flughäfen und Messegeländen. Zudem insbesondere in Agglomerationen tangentialen Verbindungen. Weltweit sieht man in allen stark wachsenden Metropolen

Anwendungsmöglichkeiten. Gegenüber U-Bahnen dürften die rasche Realisierbarkeit und die tieferen Erstellungskosten vorteilhaft sein. Man geht davon aus, dass die Betriebskosten gegenüber vergleichbar leistungsfähigen Systemen etwa 20 % geringer ausfallen.

Da die am schnellsten zu realisierenden Strecken wahrscheinlich im fernen Osten zu liegen kommen, entschloss sich Bögl zum Bau einer einspurigen 3,5 km langen Teststrecke in China, welche auch ein Höchstgeschwindigkeit von 150 km/h zulässt. Diese entsteht gegenwärtig in Chengdu, der Hauptstadt der Provinz Sichuan, in Zusammenarbeit mit dem chinesischen Partner *Chengdu Xinzhu Road & Bridge Machinery Co. Ltd.*

Bögl will in Kürze für das TSB die generelle Zulassung für Deutschland erreichen. In Deutschland besteht für solche Betriebe bereits das *Allgemeine Magnetschwebbahngesetz* (AMbG) und das *Magnetschwebbahnplanungsgesetz* (MBPIG). Den Betrieb regelt die *Magnetschwebbahn Bau- und Betriebsordnung* (MbBO). Als Aufsichtsbehörde ist das EBA bestimmt. Anzumerken bleibt, die MbBO ist insbesondere auf den einstigen Versuchsbetrieb des Transrapid im Emsland zugeschnitten.

Die deutsche Bundesregierung hat in den aktuellen Haushalt vier Millionen Euro eingestellt, mit der die Planung und Projektvorbereitung einer auf den Nahverkehrsbereich optimierten Magnetschwebetechnik beim Münchner Flughafen angeschoben werden soll.

Wenn die InnoTrans 2020 in Berlin trotz momentaner «Corona» stattfindet, stellt Bögl ein Endmodul des TSB aus.



DSC\_43009.JPG

Im Werksgelände von Bögl, das Fahrzeug auf einem älteren Typ der modularen Betonfahrbahn. (Foto: J. Lüthard, 05.03.2020)



DSC\_42990.JPG

Gut erkennbar die schlanken Fahrbahnträger, man beachte die Fuge des Fahrbahnträgers. Am Fahrzeug gut erkennbar die zur Rettung vorhandene Fronttüre. Im Hintergrund eine Maximalsteigung von 10 %. Bögl legt Wert darauf, dass das Fahrzeug nur von vorne gezeigt wird! (Foto: J. Lüthard, 05.03.2020)

## Betrachtungen

Die Welt hat schon viele moderne und innovative sowie spurgeführte Transportsysteme gesehen. Man erinnere sich an die oft bereits vergessenen oder immer noch als zukunftssträchtig angepriesenen Systeme wie beispielsweise: Aerobus, Aérotrain, AirTrain, Airval, Allweg-Bahn, Cityval, Einschienenbahn, GLT (Guided Light Transport), H-Bahn, Hochbahn, Hyperloop, M-Bahn, Maglev, Monorail, Neoval, O-Bahn, Pneubahn, Schwebbahn, SkyTrain, Spurbus, Swissmetro, Translohr, Transrapid, TVR (Transport sur voie réservée) und VAL (Véhicule Automatique Léger).

Das TSB weist gegenüber vergleichbaren «modernen» Systemen einige markante Vorteile auf. Da sind insbesondere: die rasche Realisierbarkeit, der einfachere und schlanke Fahrweg, die breite Verwendung von Standardteilen, die Skalierbarkeit der Beförderungsleistung und die geringen Emissionen sowie die Unabhängigkeit einer Adhäsion. Bei Fahrten im Prototyp stellt man einen sehr hohen Fahrkomfort fest. Wie Luftgefedert! Zudem ist das System wirklich leise.

Der grösster Erfolgsgarant ist jedoch das Familienunternehmen Max Bögl selbst, mit 6500 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz von 1,7 Mrd. Euro hat es die zur Umsetzung notwendige Langzeitperspektive und Finanzkraft. Die Investitionen betragen bis anhin 50 Mio. Euro. Dabei ist besonders erwähnenswert, dass dazu keinerlei öffentliche Förderleistungen beansprucht wurden! Zudem ist Bögl seit langem in der Bahnbranche verankert, liefert die Firma doch diverse Fertigteile für den Bahnbau, so z. B. auch Betonschwellen.