

Die S-Bahn von San Francisco: Projekt und erste Betriebserfahrungen

Autor(en): **Jud, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **91 (1973)**

Heft 16

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-71849>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die S-Bahn von San Francisco Projekt und erste Betriebserfahrungen

DK 625.3

Von E. Jud, Oberengstringen

Nach mehrjähriger Verzögerung läuft die modernste Vortortsschnellbahn der Welt in San Francisco, der Bay Area Rapid Transit (BART). Im September 1972 wurde der erste von vier Ästen von Oakland nach Fremont mit 40 km Länge dem Verkehr übergeben. Ein Jahr später soll das ganze Netz

gemäss Bild 1 in Betrieb sein. Bereits jetzt steht fest, dass der Berufspendler der amerikanischen Westküste bereit ist, seine langjährige «Liebesaffäre mit dem Auto» zu beenden und auf das öffentliche Verkehrsmittel umzusteigen, sofern dieses attraktiv genug ist.

Ein Projekt im Pioniergeist des amerikanischen Westens

Die Behörden der Bay Area sind davon ausgegangen, dass in den nächsten zehn Jahren kein grundsätzlich neues Verkehrsmittel produktionsreif sein wird. Somit ging es ihnen darum, die vorhandenen Verkehrsmittel, Auto und Eisenbahn, nach modernsten Gesichtspunkten weiterzuentwickeln, damit ein Verkehrsnetz angeboten werden konnte, das sich in jeder Beziehung – auch psychologisch – gegen den Privatwagen behaupten und durchsetzen kann. Zu denselben Schlussfolgerungen gelangte auch eine Studiengruppe von Schweizer Verkehrsfachleuten, die sich kürzlich auf einer Reise durch die Vereinigten Staaten eingehend mit den Prototypen neuartiger Verkehrsmittel auseinandersetzte.

Obschon grundsätzlich eine konventionelle Zweischiennbahn, trägt das Bay-Area-Rapid-Transit-Projekt (BART) somit in seiner ganzen Durchführung und Ausgestaltung die Handschrift der Zukunft. Die äusserst schnellen Züge sollen im Endausbau 37 Stationen in den «Ufergemeinden» der Bucht von San Francisco bedienen. Die Bezeichnung «U-Bahn» wäre hier aus zwei Gründen irreführend. Erstens liegt nur ein Drittel des 120 km langen Trasses unter der Erdoberfläche; ein Drittel ist ebenerdig, aber selbstverständlich kreuzungsfrei geführt, und ein weiterer Drittel wird als Hochbahn betrieben. Zweitens hat der BART nicht die Funktion eines innerstädtischen Fein- und Mittelverteilers, wie etwa die geplante Zürcher U-Bahn, sondern wirkt als Grobverteiler, ähnlich wie der «Goldküstenexpress» am rechten Zürichseeufer. Es handelt sich somit um eine S-Bahn.

Neben einem fünf Kilometer langen Zweiröhrentunnel durch die Oakland Hills ist der sechs Kilometer lange Unterwassertunnel zwischen San Francisco und Oakland für den Bauingenieur am interessantesten. Dieser Tunnel soll nach Vollendung in nur neun Minuten durchfahren werden können. Bemerkenswert ist auch die Unterfahrung der Hauptgeschäftsstrasse San Franciscos, der Market Street, wo sich neben der S-Bahn ein von einer andern Gesellschaft betriebener schienengebundener Lokalverteiler befindet. Die im Mittel drei Kilometer auseinanderliegenden Stationen wurden individuell von verschiedenen Architekturfirmen gestaltet – eine nicht mehr seltene Erscheinung in einem Land, in dem man noch vor zehn Jahren nur an die Standardisierung und Massenproduktion dachte. Bepflanzung, Skulpturen und Mosaik gehören zur «Möblierung». Bei den Stationen befinden sich auch Parkplätze für 250 bis 1500 Wagen, da

das System weitgehend auf Park and Ride sowie auf guten Buszubringern beruht. Selbst Fahrradplätze sind vorgesehen, da sich das gute alte Zweirad bei der jungen Generation erneut grosser Beliebtheit erfreut. Wo die Bahn in Hochlage geführt wird, sind unter der Tragkonstruktion Parkanlagen, Fusswege und Kinderspielplätze eingerichtet.

Schwierige Probleme wurden gemeistert. Die 57 Elemente des Unterwassertunnels unter der Bucht liegen in 40 m Tiefe und wurden wie folgt versetzt: Die Doppelröhren von je 100 m Länge wurden eingeschwommen und dann durch Taucher an Ort und Stelle verschraubt. Der Tunnel darf wegen Erdbebengefahr nur auf weichem Grund aufliegen. Die einzelnen Segmente können sich im Extremfall gegensei-

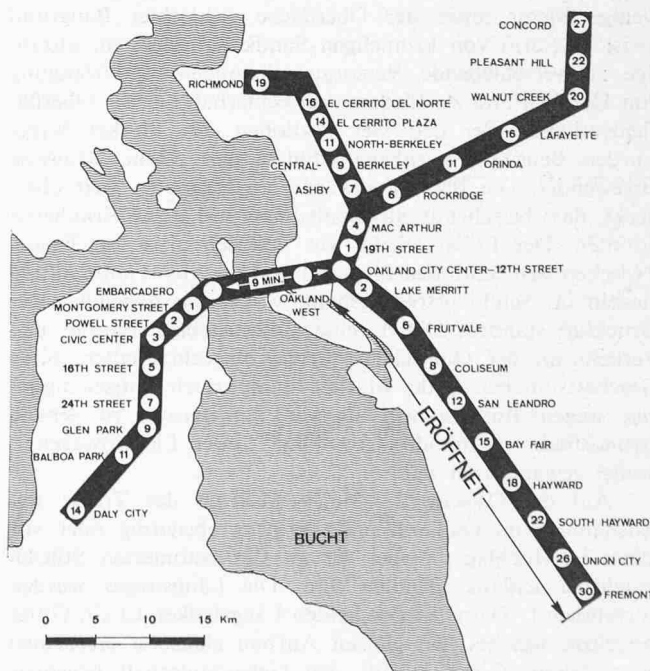


Bild 1. Verkehrsnetz und Fahrzeiten der S-Bahn San Francisco an der Westküste der USA. Ein erster Ast von 40 km Länge zwischen Oakland und Fremont ist bereits eröffnet. Der Rest des Netzes soll noch in diesem Jahr dem Betrieb übergeben werden. Die Zahlen geben die Fahrzeit in Minuten vom Zentrum (Oakland City Center-12th Street)

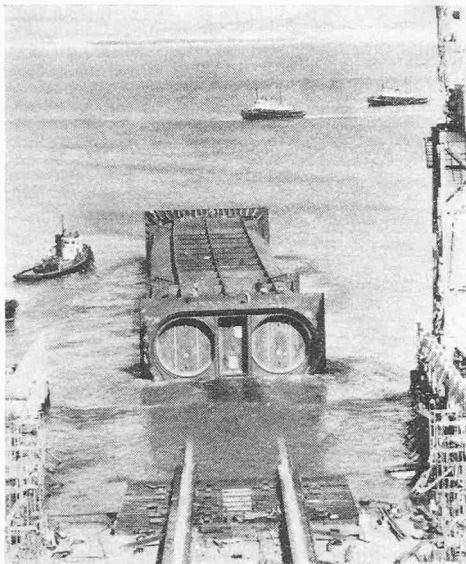


Bild 2. Stapellauf eines Tunnелеlementes im Frühjahr 1969. Dieses Tunnelstück verdrängt 10 000 t Wasser. Es wurde jeweils direkt über der Einbaustelle in die Bucht abgesenkt. Die Rechteckaussparungen zwischen den Tunnelröhren dienten nachher der Lüftung und als Leitungskanäle



Bild 3. Die Schnellbahn in Hochlage. Die Stationen sind 230 m lang und von grossen Parkflächen umgeben. Zubringerbusse, «Park and Ride» und «Kiss and Ride» spielen in den Vorstädten eine grosse Rolle

tig zwei Dezimeter verschieben, ohne dass Gelenk und Dichtung versagen würden. Die einzelnen Elemente sind aus Stahl, wurden aber innen mit einer Betonschicht ausgespritzt. Einmal verlegt, wurde dieser längste Unterwasserschiententunnel der Welt mit Material überdeckt. Es ist ein Erlebnis, von einer Plattform auf dem Wasser durch ein «Treppenhaus» in den Tunnel hinunterzusteigen und dann erst noch festzustellen, dass man Regenmantel und Gummistiefel ruhig hätte zu Hause lassen können. Der Tunnel ist nämlich völlig trocken.

Die Bauprobleme der Market Street sind ähnlich wie diejenigen im Zürcher Tiefbau: Grundwasserspiegel bereits wenige Meter unter der Oberfläche, schlechter Baugrund meist in Form von krümeligen Sandkonglomeraten, unzählige zu verschiebende Versorgungsleitungen, Unterfangung von Häusern und zu alledem Aufrechterhaltung des Oberflächenverkehrs. Bei den vier Stationen der Market Street wurden Bentonitbaugrubenabschlüsse und offene Bauweise angewendet. Die Baugrube wurde am Rande so weit überdeckt, dass bestehende Strassenbahnen und Busse zirkulieren konnten. Der Privatverkehr war indessen nicht zugelassen. Zwischen den Stationen hingegen wurden vier Tunnelröhren einzeln im Schildvortrieb gebaut, wobei die Arbeiter unter Druckluft standen. Dieser reine Untertagebau erlaubte, den Verkehr an der Oberfläche normal aufrechtzuhalten. Kein Geschäftsinhaber an der Market Street erhielt Entschädigungen wegen Immissionen, da die Anlieferung zu seinem Grundstück – zumindest mit Hand- oder Elektrowagen – immer gewährleistet war.

Auf der Ostseite der Bucht verläuft das Trasse mit Ausnahme von Oakland und Berkeley ebenerdig oder vor allem in Hochlage, wobei die an Ort betonierten Stützen möglichst schlank gehalten sind. Die Längsträger wurden vorfabriziert. Zwischen den beiden Längsbalken ist ein Gitter eingelegt, welches den ganzen Aufbau eleganter erscheinen lässt. Dieses Gitter ist für den Geleiseunterhalt begehbar gestaltet, so dass im Endzustand keine Geländer auf den Aussenseiten des Trasses nötig sind.

Bis zum Jahre 1971 waren 3000 Personen auf den Baustellen beschäftigt. Der administrative und technische BART-Stab von 200 Mitarbeitern scheint demgegenüber sehr

klein und lässt auf äusserst rationelle Organisation schliessen. Die Oberbauleitung wurde von nur 30 Ingenieuren und Technikern besorgt, welche der Bauunternehmung im Rahmen der technischen und preislichen Normen allergrösste Freiheit gewährten. Es hat sich gezeigt, dass Auftragsvergaben an Baufirmen oder Korporationen am besten in der Grössenordnung von 100 Mio Fr. liegen. Leider ereigneten sich fünf tödliche Arbeitsunfälle, von denen allerdings vier auf grobe Fahrlässigkeit der Verunfallten selber zurückzuführen waren. Die häufigste Unfallursache war der Kontakt mit Starkstromleitungen. So tragisch diese Ereignisse auch sind, muss doch festgestellt werden, dass im Verhältnis zum enormen Bauvolumen überdurchschnittlich sicher gearbeitet wurde, da die Unternehmer grossangelegte «Safety»-Kampagnen durchführten.

Freuden mit dem zentralen Elektronengehirn...

Ein zentraler Computer steuert alle Züge und hält sie im Bereich der Stationen auf 30 cm genau an. Der zentrale Computer als modernisiertes «Stellwerk» befindet sich bei der Lake Merrit Station in Oakland. Das Publikum kann von einer Galerie aus jederzeit in das «Gehirn» des Verkehrssystems hineinschauen und an den Leuchttafeln ablesen, wo sich die Züge befinden und wie die Weichen gestellt sind.

Wie ist das scheinbar allwissende Elektronengehirn programmiert, welches sich bis jetzt als dutzendfacher Lokomotivführer, Abfertigungsbeamter und Bahnhofsvorstand grundsätzlich bewährt hat? Die verschiedenen Steuerungsstrategien wurden mittels eines Simulationsprogramms seit langem ausgetestet. Der Computer sorgt dafür, dass die Fahrpläne eingehalten werden. Verschiedene Einflüsse können indessen das System aus dem Takt bringen:

Vielleicht muss ein Zug länger als die üblichen 20 s an einer Haltestelle warten, oder der Zugbegleiter muss auf offener Strecke von Hand bremsen, weil er am Geleise oder an der Stromschiene einen Defekt feststellt. In diesem Falle versucht der Computer den Ist-Fahrplan wieder mit dem Soll-Fahrplan in Übereinstimmung zu bringen, indem er die Geschwindigkeiten, Abstände und Haltestellenaufenthalte der einzelnen Züge abändert. Wichtig ist dabei nicht, dass der

Fahrplan stur eingehalten wird, sondern dass sich die Züge in regelmässigen Abständen folgen. Der wartende Kunde ist kaum verärgert, wenn sein Zug anstatt um 7.10 h um 7.12 h eintrifft, solange er weiss, dass alle zehn Minuten eine Fahrgelegenheit besteht. Hingegen mag es rote Köpfe geben, wenn sich die Züge einmal im Abstand von zwei Minuten und ein anderes Mal im Abstand von zwanzig Minuten folgen. Es kann auch vorkommen, dass ein Zug den Computerbefehlen nicht gehorcht, weil beispielsweise ein Motor defekt ist. In diesem Fall wird der Pannenzug so rasch als möglich ausgestellt und durch einen neuen ersetzt. Dazu sind neben den Depots auch an andern Stellen Abstellgleise vorhanden. Aus Sicherheitsgründen besteht ein vom Computer vollständig unabhängiges Blocksystem mit variablen Blocklängen, wodurch die Gefahr von Auffahrkollisionen vermindert wird.

...und Leiden mit der Automatik auf den Zügen

Kaum drei Wochen nach der Eröffnung der Schnellbahn ereignete sich ein spektakulärer Unfall: Ein Zweiwagenzug raste an der Endstation Fremont vorbei, überfuhr den Sandprellbock und kippte auf eine Strasse. Vier Passagiere wurden verletzt. Die eingehende Untersuchung des Unfalls ergab folgendes Bild: Jeder Zug erhält auf verschiedenen Streckenblöcken vom Zentralcomputer verschiedene Geschwindigkeitsbefehle. Um diese zu entziffern und umzusetzen, ist auf dem Zug ein Oszillator mit einem kleinen vorgeschalteten Kristall eingebaut. Dieser Kristall – übrigens von einer Uhrenfabrik hergestellt – scheint nicht funktioniert bzw. das Geschwindigkeitssignal falsch interpretiert zu haben. Anstatt auf die vorgeschriebenen 43 km/h abzubremesen, beschleunigte der Zug auf 105 km/h, worauf der Zugbegleiter endlich reagierte und die Schnellbremsung einleitete. Diese funktionierte ordnungsgemäss, konnte jedoch nicht mehr verhindern, dass die Komposition mit 41 km/h über den Prellbock hinausfuhr. Nach diesem Vorfall wurde weitgehend auf den manuellen Zugsbetrieb übergegangen, und die Sicherheit wurde durch verschiedene Massnahmen erhöht. Vorläufig wirken sich diese Sicherheitsmassnahmen wenig auf die operative Betriebsabwicklung aus, da die Züge nur im 10-Minuten-Fahrplan verkehren. Später ist zwischen San Francisco und Oakland eine 90-Sekunden-Zugsfolge vorgesehen, was eine sehr hohe Zuverlässigkeit der automatischen Zugsteuerung bedingt.

Erstaunlich ist, dass sich die S-Bahn trotz dieses Vorfalls und bissiger Zeitungskommentare bei den Arbeitspendlern grosser Beliebtheit erfreut und bereits jetzt täglich 15000 Passagiere befördert. Diese Zahl liegt über den Prognosen für die erste Teilstrecke. Die Verkehrsprognose wurde für die Spitzenstunde als zu klein angenommen, der Verkehr für die Zwischenstunden wurde jedoch überschätzt. Das heisst wahrscheinlich, dass die Passagierfrequenzen des öffentlichen Schienenverkehrs direkt vom Verstopfungsgrad der Autobahnen abhängen. In den ersten vier Monaten leistete der BART rund 50 Mio Passagierkilometer.

Das Rollmaterial aus der Flugzeugwerft

Wer den schnittigen BART-Zug betritt, erkennt sofort, dass dieses Rollmaterial in einer Flugzeugwerft hergestellt wurde. Polstersitze, Holztafer und Spannteppiche bilden ein Interieur, das mit jedem bekannten Rollmaterial kontrastiert. Je Zug werden zwei bis acht Wagen zusammengestellt, deren Charakteristik in der Tabelle 1 zusammengefasst ist.

Der Schreibende, der seit Jahren mit der Bay Area und dem BART vertraut ist, konnte kurz vor der offiziellen Eröffnung eine Probefahrt durchführen. Dabei zeigten sich hervorragende Fahreigenschaften dieser Wagen, die besten-

Tabelle 1. BART-Wagen

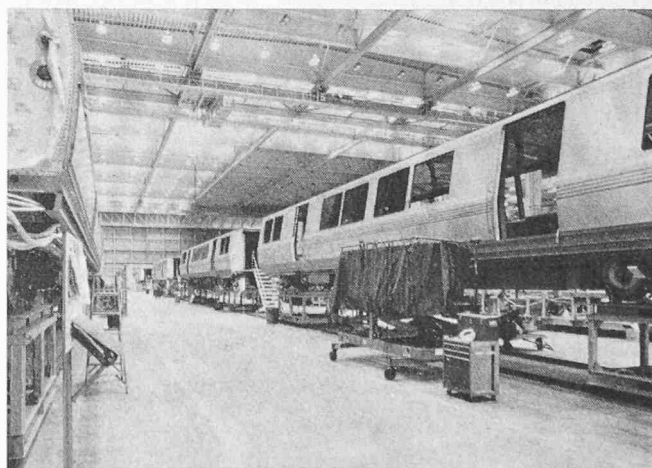
Länge	23 m
Breite	3,2 m
Höhe	3,2 m
Gewicht	nur 25 t, da Aluminium
Innenraum	klimatisiert, rauchfrei
Sitzplätze	insgesamt 72, 12 cm breiter als üblich, Armlehnen
Fenster	Panoramascheiben, zum Teil gefärbt
Beleuchtung	mit grösster Lichtstärke am einzelnen Leseplatz
Antrieb	jede Achse mit Motor von 1000 V Gleichstrom
Energie	durch seitliche Stromschiene, die mit Sperrholz abgeschirmt ist
Geschwindigkeit	Spitze 130 km/h, im Mittel 80 km/h einschliesslich Haltestellenaufenthalt
Spurweite	1,68 m
Anzahl	250 im Vollausbau
Spurleistung	25 000 sitzende Passagiere/h und Richtung, entspricht 10 Autobahnspuren

falls mit dem Rollmaterial der neuen Lindenwold-Linie in Philadelphia zu vergleichen sind.

Im Endausbau fährt in der Spitzenstunde alle 90 s ein Zug, tagsüber alle drei Minuten, abends und am Wochenende alle 15 Minuten. Die Fahrgastabfertigung geschieht mittels magnetischer Karten – sozusagen Abonnemente – welche für beispielsweise fünf Dollar aus dem Automaten bezogen werden. Bei Betreten und Verlassen der Station kann man – ohne stillzustehen – die Karte durch eine langgezogene Entwertungsmaschine gleiten lassen, welche den abgefahrenen Betrag abzieht, bis die Karte völlig entwertet ist. Der Fahrpreis beträgt auf mittleren Distanzen etwa 15 Rp./km, auf langen Distanzen 6 Rp./km und auf sehr kurzen Distanzen 40 Rp./km. Jugendliche und Pensionierte bezahlen nur einen Viertel dieser Taxe. Das Parkieren bei den Stationen ist vorläufig gratis. Selbstverständlich gibt sich niemand der Illusion hin, dass der BART bei diesen Taxen «rentiert», also kostendeckend fährt. Er erbringt vor allem wichtige gemeinwirtschaftliche Leistungen.

Die Hinweise in den Stationen sind in den Sprachen Englisch, Spanisch, Chinesisch und Braille geschrieben. Für Behinderte im Rollstuhl bestehen Aufzüge und besondere Eingänge neben dem Kontrollposten der BART-Station. Auf den Stationsperrons befinden sich Leuchttafeln, welche jeweils den Bestimmungsort des nächsten einfahrenden Zuges sowie allfällige Umsteigebeziehungen anzeigen. Wenn kein Zug herannaht, werden Nachrichten durchgegeben, damit der BART-Kunde ebensogut informiert ist wie der radiohörende Autofahrer.

Bild 4. In drei rationell eingerichteten Betriebshöfen wird das Rollmaterial gewartet



Mehnjährige Blockierung durch rote Zahlen und Streiks

Obschon ein junges Unternehmen, hat der BART bereits eine bewegte Vergangenheit. Im Jahre 1951 wurde für die Region San Francisco ein Transportplan ausgearbeitet. 1957 wurde eine Transport-Regionalbehörde, bestehend aus fünf Bezirken (Counties), gegründet, doch verloren zwei Bezirke einige Jahre später den Mut und zogen sich wieder zurück. 1962 fand die denkwürdige Abstimmung statt, mit welcher eine grosse öffentliche Obligationenanleihe bewilligt wurde. Man hoffte damals, dass die Züge im Jahre 1969 laufen würden. 1964 zündete Präsident Johnson die erste Sprengung zum Baubeginn. 1968 herrschte Krisenstimmung: Ein grosses Loch gähnte in der Kasse, und viele Mitarbeiter wurden entlassen. Wie kam es zum damaligen Defizit von 600 Mio Fr.? Drei Gründe sind der Wichtigkeit nach aufgeführt:

- Die Inflation wurde mit nur drei anstatt der tatsächlichen jährlichen sieben Prozent angenommen.
- Über 80 umfassende Projektänderungen mussten auf Begehren der Gemeinde vorgenommen werden.
- Die Landerwerbskosten wurden zu gering eingesetzt.

Dies führte zu einer zeitweiligen Verlangsamung der Arbeiten, welche wiederum Geld in Form von Bauzinsen kostete.

1969 ging es wieder aufwärts, da eine Warenumsatzsteuer zugunsten der Schnellbahn eingeführt wurde. 1971 wurde die letzte Schiene im ganzen Netz montiert, und der erste Serienwagen traf ein. In der ersten Hälfte 1972 wurden umfassende Tests des ganzen Systems durchgeführt.

Geld war also die Hauptsorge des BART-Stabes. Problem Nummer zwei waren Streiks der verschiedensten Gruppen; vor allem die Montage der Züge wurde dadurch um Monate verzögert. Obschon man in der Technologie mit den Prototypen in Neuland vorsties, waren die Zeitverluste infolge rein technischer Schwierigkeiten gering.

Das ganze Unternehmen kostete bis heute 5,6 Mrd Fr. aus folgenden Quellen:

- Öffentliche Obligationenanleihe	3168 Mio Fr.
- Zinsen	352 Mio Fr.
- 1/2 Prozent Warenumsatzsteuer	600 Mio Fr.
- Brückenzoll der Strassenbrücke	720 Mio Fr.
- US-Regierung Washington	760 Mio Fr.
Zusammen	5600 Mio Fr. ¹⁾

¹⁾ Die Gesamtkosten betragen 1,6 Mrd US\$. Für die Umrechnung wurde ein Kurs von rd. 1 \$ = 4 Fr. angenommen. Die kürzliche Abwertung wurde nicht in Rechnung gestellt.

Bild 5. Die modernen Schnellbahnzüge bestehen aus zwei bis acht Wagen und erreichen eine Spitzengeschwindigkeit von 130 km/h



Vor kurzem wurde noch eine Benzinststeuer eingeführt, die dem BART jährlich 50 Mio Fr. einbringen wird. Ein Kilometer Schnellbahn kostet somit – alles inbegriffen – gegen 50 Mio Fr., also die gleiche Grössenordnung, mit der man auch in Zürich rechnet.

Die weitere Planung

Das regionale Denken hat Fortschritte gemacht: Die beiden Bezirke, die aus der BART-Planung ausgestiegen waren, sind als reuige Sünder zurückgekehrt; ja die Transport-Regionalbehörde umfasst jetzt neun Kantone, das heisst praktisch sämtliche Gemeinden der San Francisco Bay. Diese Institution, genannt Metropolitan Transit Corporation (MTC), hat einen grossen Einfluss, prüft sie doch sämtliche Projekte, die irgendeine Form des öffentlichen Verkehrs betreffen. Bereits sind Erweiterungen der Schnellbahn geplant, vor allem zu den Flughäfen San Francisco und Oakland. Es ist offensichtlich, dass der BART Katalysator zu einem grossen Bauboom war: In San Francisco schiessen die Wolkenkratzer aus dem Boden, und auch in Oakland und Berkeley werden viele neue Arbeitsplätze geschaffen. Weniger eindeutig ist die Entwicklung in den Aussengemeinden: In Walnut Creek und Concord entstehen wohl neue Mehrfamilienhäuser, in anderen Gemeinden aber regt sich scheinbar überhaupt nichts. Allen Gemeinden gemeinsam ist jedoch, dass die Landpreise im Bereiche der BART-Stationen in den letzten zehn Jahren etwa aufs Doppelte gestiegen sind. Die University of California in Berkeley hat den Auftrag, Landpreise, Transportverhalten der Familien, Verkehrsvolumen und Fahrzeiten vor und nach Eröffnung des BART-Systems zu studieren, um umfassend abzuklären, wie die erhöhte Mobilität von der Bevölkerung angenommen wird.

Fördert eine S-Bahn die städtische Zersiedlung und Streubauweise? Eine begründete Antwort wird wohl erst die vorerwähnte Studie bringen. Vermutlich geht die Entwicklung nur vom gleichmässigen Häusermeer zur weit ins Land hinausreichenden Bandstadt, wie dies die Schnellbahn Toronto gezeigt hat. Diese Bandstadt ist sicher zu bevorzugen, wenn gleichzeitig versucht wird, für möglichst viele Einwohner einer Gemeinde an deren Wohnsitz einen Arbeitsplatz zu schaffen. Wenn man indessen die Region als eine Einheit betrachtet – und beim sehr selektiven amerikanischen Lebensstil muss man dies –, dann ist eine Erhöhung der Mobilität in jedem Fall zu begrüssen, weil sich dadurch in «Ghettos» lebende Bevölkerungsteile näherkommen, weil mehr Bildungs- und Arbeitsmöglichkeiten zur Verfügung stehen und weil mehr soziale Kontakte geschaffen werden.

Verschiedene Gemeinden haben ihre Zonenpläne bereits den neuen Gegebenheiten angepasst und planen sogar getrennt geführte Velo- und Fusswege zu den Stationen.

Die Crux der Mehrwertabschöpfung

In den USA wird das Eigentum an Haus und Boden sehr stark besteuert. Verdoppelt etwa ein Grundstück seinen Wert infolge Baus der Schnellbahn, so verdoppeln sich auch die jährlichen Steuern auf dem Grundstück, wodurch ein Teil dieses sogenannten Planungsgewinnes automatisch an den Staat zurückfliesst. Das gleiche gilt mit umgekehrtem Vorzeichen auch für Wertverminderungen. Kriterium für die Schätzungskommission sind immer die Preise der letzten Handänderungen im gleichen Quartier. Wer ein Grundstück von beispielsweise 100000 Fr. Verkehrswert besitzt, bezahlt dafür jedes Jahr über 2000 Fr. Grundstücksteuer.

Dieses System hat allerdings den Nachteil, dass es vielen Grundeigentümern ergeht wie den englischen Lords, die es sich nicht mehr leisten können, auf ihren Schlössern zu leben: Die Steuern sind für den Mann mit wenig Bargeld

kaum noch zu bezahlen. Deshalb lassen viele Leute, die nicht verkaufen wollen, ihre Liegenschaften verlottern: Die Schätzungskommission stuft sie dann niedriger ein, und die Steuern werden kleiner. Die Frage der Abschöpfung der Planungsgewinne ist sehr komplex und muss auch in der Schweiz gut durchdacht werden.

Trotz Schwierigkeiten in Bau und Betrieb ist die Schnellbahn San Francisco somit ein Publikumserfolg und gibt den Befürwortern des öffentlichen Verkehrs recht.

Adresse des Verfassers: E. Jud, dipl. Bauing. ETH, Verkehrsplaner SVI, Zürcherstrasse 44, 8102 Oberengstringen.

Ein Verfahren zur Berechnung der Entgleisungssicherheit von Schienenfahrzeugen

DK 625.2: 625.33: 525.032.84

Von H.-H. Pribnow, Pratteln

Fortsetzung von H. 47/1972, S. 1203–1220 und H. 9/1973, S. 221–226

4. Teil: Beispiel zur Berechnung

11. Allgemeines

Das Vorgehen bei der Berechnung der Entgleisungssicherheit soll an einem Beispiel erläutert werden.

Auf einer Zahnstangenstrecke mit 200‰ Neigung, in einer Kurve von 80 m Radius, fährt ein Zug talwärts. Der Zug (Bild 8) besteht aus zwei Triebwagen TW und einem zwischengekuppelten Beiwagen MW. Der talseitige Triebwagen und der Beiwagen sind leer, der bergseitige Triebwagen ist voll besetzt. Es entsteht eine Gefahrensituation, in der gleichzeitig eine Sicherheitsbremse (Federspeicherbremse) automatisch ausgelöst wird und der Triebwagenführer unabhängig davon eine Notbremsung mit der Druckluftbremse einleitet. Durch einen technischen Fehler sprechen die Bremsen des bergseitigen Triebwagens nicht an, das Fahrzeug läuft ungebremst auf. Am Beiwagen tritt die volle Bremskraft auf. Die Aufgabe besteht darin, die Entgleisungssicherheit des Beiwagens für diesen Fall zu ermitteln.

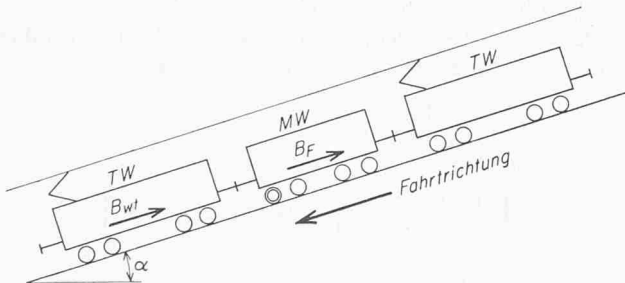


Bild 8. Schema der Zugkomposition

11.1 Bemerkungen

In der nachfolgenden Berechnung sind die gleichen Bezeichnungen verwendet wie in den theoretischen Betrachtungen, Abschnitte 1 bis 9. Die Gleichungen werden mit den gleichen Nummern bezeichnet.

12. Daten für die Berechnung

12.1 Daten der Stelle im Gleis nach Abschnitt 2.2

$$\begin{aligned} R &= 80 \text{ m} \\ \alpha &= 11^\circ 20', \operatorname{tg} \alpha = 0,2, \sin \alpha = 0,197, \cos \alpha = 0,9805 \\ \beta &= 1^\circ 06', \sin \beta = 0,0192, \cos \beta = 0,999 \\ z &= 60 \text{ mm} \\ \alpha_z &= 15^\circ, \operatorname{tg} \alpha_z = 0,268 \\ \sigma &= 9 \text{ mm} \end{aligned}$$

12.2 Daten der Zugkomposition nach Abschnitt 2.3

Die Bremskraft der Zugkomposition ist gleich der Bremskraft des talseitigen Triebwagens und des Beiwagens. Ausgetrennten, hier nicht wiedergegebenen Berechnungen ergibt sich für die Endphase der Bremsung, also kurz vor dem Stillstand

$$B_g = 43\,700 \text{ kp} \quad B_{wt} = 38\,400 \text{ kp}$$

Weitere Daten nach getrennten Berechnungen:

$$\begin{aligned} G_g &= 90\,300 \text{ kg} & m_{rg} &= 4070 \text{ kp} \cdot \text{s}^2/\text{m} \\ G_{wt} &= 33\,000 \text{ kg} & m_{rt} &= 2000 \text{ kp} \cdot \text{s}^2/\text{m} \\ G_{wb} &= 41\,000 \text{ kg} & m_{rb} &= 2000 \text{ kp} \cdot \text{s}^2/\text{m} \end{aligned}$$

Da nach obiger Bemerkung der Zug kurz vor Stillstand betrachtet wird, ist für die folgenden Betrachtungen

$$v = 0 \text{ m/s}$$

12.3 Daten des betrachteten Fahrzeugs nach Abschnitt 2.4

Das betrachtete Fahrzeug ist der Beiwagen. Er besitzt nur ein Bremszahnrad auf der talseitigen Achse des talseitigen Drehgestells, hat damit also verschiedene Drehgestelle. Diese werden im folgenden «talseitig» und «bergseitig» bezeichnet, die Formelzeichen werden für beide gleich eingesetzt, erhalten jedoch einen zusätzlichen Index «b» bzw. «t».

Die Fahrzeuge sind mit automatischen Mittelpufferkupplungen ausgerüstet; diese sind an den Wagenkästen angelenkt und bilden im gekuppelten Zustand eine starre Verbindung zwischen den Anlenkpunkten.

12.3.1 Bremskräfte

$$\begin{aligned} B_a &= 2060 \text{ kp} & B_F &= 5300 \text{ kp} \\ B_b &= 1030 \text{ kp} & B_t &= 4270 \text{ kp} \end{aligned}$$

12.3.2 Gewichte und Massen

$$\begin{aligned} G_K &= 12\,300 \text{ kg} \\ G_{Dt} &= 2075 \text{ kg (talseitig)} \\ G_{Db} &= 1925 \text{ kg (bergseitig)} \\ G'_D &= 900 \text{ kg (talseitig und bergseitig)} \\ m_r &= 70 \text{ kp} \cdot \text{s}^2/\text{m} \\ n &= 1 \end{aligned}$$

Da die rotierenden Massen klein sind und die Zahnstangenteillinie nicht hoch über der Schienenoberkante liegt, kann

$$m'_r = m_r = 70 \text{ kp} \cdot \text{s}^2/\text{m}$$

gesetzt werden.