






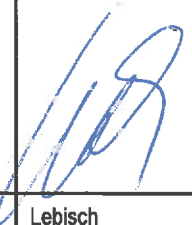


GVT

Grundsätzliche Vereinbarungen für Statik und Konstruktion von Tunnelbauwerken

Teil 5 – Untersuchung von Schwerlasten auf unterirdischen Verkehrsbauwerken im Bereich der Stadtbahn in Frankfurt am Main

Stand Januar 2014

- 2 -

Aufgestellt:	Geprüft:	Einverstanden:	Einverstanden:	Einverstanden:	Zugestimmt:
VGF Haltestellen und Gebäude	Geotechnischer Prüfsachverständiger	VGF Haltestellen und Gebäude	VGF Infrastruktur	VGF BL BOStrab	Technische Aufsichtsbehörde
NT33.02	Hochschule Darmstadt	NT33	NT3	NT4	RP Darmstadt Dez. III 33.1
Frankfurt, den 31.01.2014	Roßdorf, den 13.2.2014	Frankfurt, den 30.01.2014	Frankfurt, den 30.01.2014	Frankfurt, den 26.02.2014	Darmstadt, den 6.3.2014
	 Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Krajewski VERBUNDUNGSAMMER HESSEN PRÜFSACHVERSTÄNDLICHES VERFAHREN FÜR EINGRABUNGSBAUWERKE nach § 23 HBPVO				
Mellies	Prof. Dr.-Ing. Krajewski	Rack	Lebis	Rüffer	Krämer

1. Zielsetzung

Schwere Lasten auf den unterirdischen Verkehrsbauwerken dürfen weder die Standsicherheit noch die Gebrauchstauglichkeit noch die Dauerhaftigkeit dieser Bauwerke gefährden. Typische Schwerlasten sind Schwertransporte und Kräne.

Die Tunnelbauwerke im Bereich der Stadtbahn Frankfurt am Main sind zum Großteil bis zu 50 Jahre alt und nach damals jeweils gültigen Normen bemessen worden. Sie bestehen ausschließlich aus Stahlbetonkonstruktionen, meist –rahmen, oft aber auch aus in bergmännischer Bauweise erstellten Kreisprofilen.

Es ist i.d.R. ausreichend, wenn die beim Entwurf geplante Sicherheit auch für die neue Belastung nachgewiesen wird.

2. Nachweisführung

Die Nachweise können in der Regel in folgenden Stufen erbracht werden:

- Lastvergleich:
Wenn die neue Last schon durch die ursprünglich angesetzte Last abgedeckt ist, kann i.d.R. auf weitere Standsicherheitsnachweise verzichtet werden.
- Schnittgrößenvergleich:
Wenn die neuen Schnittgrößen kleiner sind als die ursprünglich angesetzten Schnittgrößen, kann i.d.R. auf weitere Standsicherheitsnachweise verzichtet werden.
- Bemessungsvergleich:
Wenn sich nach den aktuellen Normen keine größeren Beton- oder Betonstahlquerschnitte ergeben als nach den alten Normen, ist der Standsicherheitsnachweis gegeben.

Unabhängig von den statischen Untersuchungen ist aber nachzuweisen, dass die Einwirkung der schweren Last zu keinen unverträglichen Formänderungen oder einer Beeinträchtigung der Integrität und Dauerhaftigkeit des Tunnelbauwerkes einschließlich der Tunnelabdichtung und der weiteren Konstruktionselemente führt.

2.1. Standsicherheit

Die Standsicherheit wurde beim Entwurf aller Tunnel nachgewiesen; allerdings haben sich die Nachweise im Laufe der Zeit mehrfach grundsätzlich gewandelt.

Zahlreiche Vergleichsrechnungen haben nachgewiesen, dass die alten Nachweise mit globalen Sicherheitsfaktoren i.d.R. auch heute noch eine ausreichende Sicherheit gewährleisten.

Ausnahmen bilden die Nachweise der Querkraft und insbesondere die Durchstanznachweise. Falls Bauteile durch sehr hohe auflagernahe Einzellasten belastet werden oder auf Einzelstützen gelagert sind, ist besonderes Augenmerk auf diese Nachweise zu legen. Im Zweifelsfall sind dann genaue Nachweise nach aktuell geltender Norm durchzuführen.

Ein Nachweis der Dauerstandsicherheit (Ermüdung) wurde beim Entwurf der Tunnel nicht geführt; er konnte damals aufgrund der geringen Wechsellasten entfallen. Auch nach heutigen Normen, wäre der Nachweis der Ermüdung i.d.R. nicht maßgebend.

2.2. Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit

Selten wurde beim Entwurf der Tunnel die Gebrauchstauglichkeit nachgewiesen. Nachweise der Rissebeschränkung und der Durchbiegung waren unüblich. Bedingt durch die früher geringeren Betonstahlgüten (meist BSt III anstelle von heute BSt IV) und bei guter konstruktiver Durchbildung dürften die fehlenden Rissebeschränkungsnachweise unproblematisch sein. Auch Durchbiegungen dürften bedingt durch die gedruckten Bauteile meist klein und verträglich bleiben.

Die Dauerhaftigkeit wird vor allem durch die Qualität und Dicke der Betondeckung bestimmt; wichtig ist daher der gegenwärtige Zustand der Bauteile, der durch regelmäßige Bauwerksuntersuchungen bestimmt und erfasst wird.

Die Wirksamkeit der Abdichtung und der Fugen ist entscheidend für die Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit. Besonders schädlich sind Bewegungen in den Fugen, die zu Undichtigkeiten führen können. Angaben zu den tolerierbaren Verformungen sind abhängig von dem Fugenaufbau, den verwendeten Materialien, insbesondere ihrer Ermüdung, und von der Anordnung der Fugen im Tunnelquerschnitt. Bei Einwirkungen mit Schwerlasten auf unterirdische Verkehrsbauwerke ist nachzuweisen, dass die aus der Einwirkung resultierenden Formänderungen für das Bauwerk und die Bauwerksabdichtung verträglich sind. Der Nachweis kann entfallen, wenn die projektspezifischen Randbedingungen im Einzelfall offensichtlich eine Gefährdung ausschließen.

Bei unmittelbarer Belastung der A-Decke ist besonderes Augenmerk auf den Schutz der Abdichtung zu legen. Insbesondere kann ein Rangieren sehr schädlich für den Belag und die darunterliegende Abdichtung sein. Schäden sind dann meist erst mit zeitlicher Verzögerung festzustellen und dem Verursacher kaum zuzuordnen. Daher sind Schutzvorkehrungen wie Stahl- oder Elastomerplatten auf Gummimatten vorzusehen, wenn die Abdichtung auf andere Weise nicht zweifelsfrei geschützt werden kann.

3. Lastvergleich

3.1. Eigengewichtslasten

Die Lastenannahmen entsprechend damaligen und heutigen Normen unterscheiden sich kaum.

Eventuelle Änderungen der Tunnelüberdeckung zwischen Ausführungsstatik und jetzigem Zustand sind zu berücksichtigen.

3.2. Vertikale Verkehrslasten (auch auf Hinterfüllung)

Die bestehenden Tunnel wurden i.d.R. für Ersatzlasten bemessen, die der Brückenklasse 60, später 60 / 30 entsprachen. Nur in den Fällen, in denen die A-Decke unmittelbar befahren wird, wurden auch die Einzellasten des SLW 60 angesetzt.

Die Ersatzlasten ergaben sich aus den beim Stadtbahnbau gültigen „Zusätzlichen Technischen Bedingungen“ (ZTB), später aus den „Grundsätzlichen Vereinbarungen für

Statik und Konstruktion von Tunnelbauwerken“ (GVT). Die angesetzten Lasten sind den jeweiligen Statischen Berechnungen zu entnehmen, die größtenteils im Archiv abgelegt sind.

Die wirklichen Lasten und Lastflächen der Schwerlast müssen von dem Verursacher geliefert werden; sie sind auf Plausibilität zu prüfen. Diese Lastangaben enthalten i.d.R. keine Angaben zu den Schwingbeiwerten.

Für diese Schwingbeiwerte werden folgende Ansätze vorgeschlagen:

- Bei Überfahrt eines Schwertransporters: Schwingfaktor entsprechend DIN 1072:
 $\varphi = 1,400 - 0,008 l_{\varphi} - 0,10 h_u$, $\varphi \geq 1,0$
 l_{φ} = maßgebende Länge,
 h_u = Überschüttungshöhe bis OK Schutzbeton
- Bei Überfahrt eines Schwertransporters in Schrittempo
 $\varphi = 1,200 - 0,004 l_{\varphi} - 0,05 h_u$, $\varphi \geq 1,0$
 l_{φ} = maßgebende Länge,
 h_u = Überschüttungshöhe bis OK Schutzbeton
- Bei Kranlasten, bezogen auf die Pratzlast:
 $\varphi \geq 1,0$

Für Radlasten gibt DIN 1072 eine Belastungsfläche von 0,20 m in Längsrichtung an. In Querrichtung sind die wirklichen Reifenbreiten anzusetzen; bei Einzelreifen kann eine Breite von 0,26 m angesetzt werden, bei Zwillingsreifen von 0,60 m.

Die konzentrierten Lasten werden üblicherweise unter einem Winkel von 30° (oder 1:2) zur Lotrechten verteilt. In steifen Belägen (wie Beton oder Asphaltbeton) kann eine Lastausbreitung von 45° (1:1) angesetzt werden.

Sofern ungünstiger muss auch eine Vergleichsberechnung mit größeren Ausbreitungswinkeln als 30° durchgeführt werden. Die ungünstigeren Werte sind anzusetzen.

Für die Belastung der Abdichtung ist hier von einer Ausbreitung bis zur OK Schutzbeton auszugehen, für die Belastung der Stahlbetondecke kann eine Ausbreitung bis zur Plattenmitte angesetzt werden, wobei innerhalb der Stahlbetonplatte wieder eine Lastausbreitung von 45° (1:1) angesetzt werden kann.

Die Lastausbreitung muss statisch und konstruktiv möglich sein. Die verteilte Pressung muss daher denselben Schwerpunkt haben wie die Ausgangslast; anderenfalls wäre das System nicht im Gleichgewicht. Die Lastausbreitung kann man durch das Bild eines Pyramidenstumpfes darstellen, der oben die Lasteintragungsfläche aufweist und sich nach unten unter Beibehaltung der Form und des Lastschwerpunktes ausbreitet.

Neben der konzentrierten Schwerlast befinden sich i.d.R. auch weitere Lasten. Bei Baustelleneinrichtungen sind dies Lasten aus Baustellenbetrieb und eventuelle Lasten aus gelagerten Baumaterialien. Hierfür soll mindestens eine Gleichlast von 5 kN/m² angesetzt werden; es ist aber zu überprüfen, ob die wirklich vorhandenen Lasten hierdurch abgedeckt sind. Nur in Ausnahmefällen darf eine Absperrung angeordnet werden, die dafür sorgt, dass um die Schwerlast herum ein lastfreier Bereich entsteht, wodurch verhindert wird, dass sich weitere Lasten mit den örtlichen Schwerlasten überlagern.

Bei Schwertransporten sind Lasten neben der Fahrspur zu berücksichtigen z.B. aus parkenden oder fahrenden Fahrzeugen. Auch hierfür soll mindestens eine Gleichlast von 5 kN/m^2 angesetzt werden. Ein Entfernen der parkenden Fahrzeuge ist meist unverhältnismäßig aufwändig. Nur in Ausnahmefällen bei ausreichendem freiem Platz kann vorgeschrieben werden, dass dieser Bereich von Fahrzeugen freigehalten werden muss.

3.3. Horizontale Verkehrslasten: Bremsen und Anfahren, Zentrifugallasten

Bremsen und Anfahren und Zentrifugallasten sind nur bei unmittelbarem Befahren der A-Decke problematisch. Hier sollte ggf. Schritttempo vorgeschrieben werden.

3.4. Weitere Lasten

Weitere Lasten wie z.B. Schnee sind nur in Ausnahmefällen maßgeblich.

4. Schnittgrößenvergleich

Nur in Sonderfällen, z.B. wenn die Nachweisführung durch Lastvergleich nicht gelingt, ist es sinnvoll, die Schnittgrößen neu zu ermitteln; hierbei können dann ein realitätsnahes statisches Modell mit den wirklichen Materialkennwerten und die wirkliche Geometrie mit den entsprechenden ständigen Auflasten nach Aufmaß berücksichtigt und die Schnittgrößen aus der realistisch angesetzten Verkehrslast ermittelt werden.

5. Bemessungsvergleich

Die Bemessung nach aktuellen Normen berücksichtigt Teilsicherheitsfaktoren; hierdurch kann oft ein günstigeres Bemessungsergebnis erreicht werden. Es ist aber zu beachten, dass die damals verwendeten Baustoffe in die Bemessungsnachweise eingehen müssen; so ist damals meist ein Betonstahl III verwendet worden, während heute Betonstahl IV üblich ist. Auch die Betongüten sind entsprechend neu zu bewerten. Für die Umrechnung in heutige Rechenwerte kann das Merkblatt „Bauen im Bestand, Beton und Betonstahl“, Fassung Januar 2008 herangezogen werden.