

Brandschutz Dr. Heins & Partner - Ingenieure -

- *von der Ingenieurkammer Bau Nordrhein-Westfalen staatlich anerkannter Sachverständiger für die Prüfung des Brandschutzes*
- *von der IHK Duisburg öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für den vorbeugenden Brandschutz*
- *bekannt gegebener Sachverständiger nach § 29b BImSchG*

Verfasser: Dipl.-Ing.(FH) M. von Malottky
Projekt Nr.: 600.65(S)-16 Gneisenaustraße

Tiergartenstraße 29
47533 Kleve
Telefon: (0 28 21) 7 13 98-0
Telefax: (0 28 21) 7 13 98-29

*Postanschrift:
Postfach 1164
47511 Kleve*

e-mail:
info@heins-brandschutz.de
www.heins-brandschutz.de

Partner:
Dr.-Ing. Thomas Heins
Dipl.-Ing. Rainer Gellings

Bericht zur Brandsimulation

Projekt: U-Bahn-Berlin
Gneisenaustraße (U7)

Auftraggeber: BVG – Berliner Verkehrsbetriebe
Holzmarktstraße 15-17
10179 Berlin

Aufgestellt am: 11. April 2016

Dieser Bericht umfasst: 17 Seiten, 5 Anlagen

1. Ausfertigung

INHALTSVERZEICHNIS		SEITE
1	AUFGABENSTELLUNG	3
2	BEURTEILUNGSGRUNDLAGE	4
2.1	Unterlagen	4
2.2	Begehung	4
2.3	Literatur	6
3	BRANDSIMULATION	7
3.1	Berechnungsverfahren	7
3.2	Bewertungskriterien für die Flucht- und Rettungsmöglichkeiten	7
3.2.1	Extinktionskoeffizient σ und Sichtweite	7
3.2.2	Thermische Belastung Fliehender im Brandfall	9
3.2.3	Rauchgaskonzentration, Rauchpotential	9
3.3	Vorgaben für die Berechnung	11
3.4	Ergebnisse	14
4	ZUSAMMENFASSUNG	17

1 AUFGABENSTELLUNG

Die BVG – Berliner Verkehrsbetriebe – plant den barrierefreien Ausbau der bestehenden Haltestelle Gneisenaustraße (U7). Unter anderem ist für die Haltestelle geplant, im Bereich vor dem westlichen Treppenaufgang eine Aufzugsanlage zu installieren, die von der Bahnsteigebene direkt ins Freie führt. Für die Baumaßnahme ist eine Brandsimulationsrechnung für die Bestandshaltestelle erforderlich, um die Ergebnisse der Evakuierungsberechnung bewerten zu können, die von der BVG – Berliner Verkehrsbetriebe – erstellt wurde.

Das Sachverständigenbüro Brandschutz Dr. Heins & Partner - Ingenieure - aus 47533 Kleve wurde von den BVG – Berliner Verkehrsbetrieben beauftragt, für die Haltestelle Gneisenaustraße eine Brandsimulationsrechnung durchzuführen.

Mit der Berechnung sollen die Möglichkeiten der Flucht und Rettung sowie die Randbedingungen für einen wirksamen Löschangriff der Feuerwehr abgeschätzt werden. Grundlage der Berechnung ist ein Brand eines U-Bahnfahrzeuges in der Haltestelle. Bewertungsgrundlage für die Rettungsmöglichkeiten ist der Extinktionskoeffizient in einer Höhe von ca. 2 m über den Rettungswegen. Der Extinktionskoeffizient ist ein Maß für die Sichttrübung in der raucharmen Schicht, aus dem sich die Sichtweite für die anwesenden Personen abschätzen lässt.

2 BEURTEILUNGSGRUNDLAGE

2.1 Unterlagen

Zur Erstellung des vorliegenden Berichtes wurden die folgenden Unterlagen verwendet. Die Planunterlagen /U2/ bis /U6/ sind dem Bericht als Anlage beigelegt.

- /U1/ BCL Leipzig – Arbeitsbögen zur BraSi G077 / 09 – Anlage 3 Fahrzeugtyp F74
- /U2/ Berechnung von Räumungszeiten für den U-Bahnhof Gneisenaustraße, VBU-BA13 - Berliner Verkehrsbetriebe (BVG), Stand: 29. Februar 2016
- /U3/ U Bhf. Gneisenaustraße – Bahnhofspan; Bauw. 841-002, Maßstab 1:100, Stand: 19. Juli 1987
- /U4/ Bestandsplan M 1:200 – U-Bhf. Gneisenaustraße – Grundriss Bahnsteig und Trompeten, Zg-Nr. MH_H090_Gs_UE200; Maßstab 1:200; Stand: 20. Februar 2013
- /U5/ U-Bhf Gneisenaustraße – Treppenbreite; VBI-BA32 - Berliner Verkehrsbetriebe (BVG), Stand: 26. Mai 2015
- /U6/ U-Bhf Gneisenaustraße (Gs) – barrierefreier Ausbau (bA), Grundinstandsetzung (GI); Grundriss Bahnsteigebene, Grundriss Straßenebene; Zg.-Nr. GS_VP003; Maßstab 1:200, 1:200, Stand: Vorabzug 02 vom 23. Februar 2016

2.2 Begehung

Die Haltestelle Gneisenaustraße wurde zur Vorbereitung auf die Brandsimulation am 09. Juni 2015 begangen. Dabei wurde insbesondere die Geometrie der Haltestelle mit den Planunterlagen abgeglichen. Aufgenommen wurden auch die Beschaffenheit der Bauteile sowie die Führung der Rettungswege aus der Haltestelle ins Freie.

Die Haltestelle besteht aus einer unterirdischen Bahnsteigebene, die in ostwestlicher Richtung verläuft. In der Bahnsteigebene werden zwei Gleise über einen Mittelbahnsteig erschlossen. Der Bahnsteig hat eine Länge von ca. 117 m zwischen den Treppenaufgängen und eine Breite von ca. 7 m. Die Gleise sind jeweils ca. 3 m breit.

Die Decke über dem Bahnsteig ist als Kappendecke mit einer Höhe zwischen ca. 2,7 m und 2,9 m über dem Bahnsteig ausgeführt. In den Bereichen vor den Treppenaufgängen befindet sich jeweils eine abgehängte Decke mit einer Höhe von ca. 2,7 m über dem Bahnsteig. In der Haltestelle sind vereinzelt Einbauten (Zeitungskiosk, Betriebsräume) vorhanden.



Abbildung 1: Blick in die Haltestelle

Vom Bahnsteig führen zwei Festtreppen mit einer nutzbaren Breite von ca. 2,4 m und 2,2 m direkt ins Freie. Besondere Maßnahmen zur Rauchableitung oder Rauchrückhaltung sind in der Haltestelle nicht vorhanden.

2.3 Literatur

- /L1/ McGrattan, K.; Forney, G.; Floyd, J.; Hostikka, S.; Prasad, K.: Fire Dynamics Simulator (Version 5) – User’s Guide, NIST, Oktober 2010
- /L2/ Madrzykowski, D.; Vettori, R.: Simulation of the Dynamics of the Fire at 3146 Cherry Road NE, Washington D.C. May 30, 1999; NIST, April 2000
- /L3/ Schneider, V.: Modelle für die Flucht und Rettung von Personen, Tagungsband zur vfdb Fachtagung in München, 25. und 26.05.2001
- /L4/ Wilk, E.: Untersuchungen zur Sichtweite im Rauch und zu Brandgaswirkungen auf den Menschen, Juni 2004
- /L5/ Sand, H.: Bewertung des Schadgasemissionsrisikos bei Bränden im Industriebereich. Technische Überwachung (TÜ) Bd. 29 (1988)
- /L6/ Purser, D.A.: Toxicity Assessment of Combustion Products. SFPE Handbook – Fire Protection Engineering, published by the National Fire Protection Association, 1995
- /L7/ Rennoch, D.: Physikalisch-chemische Analyse sowie toxische Beurteilung der beim thermischen Zerfall organisch-chemischer Baustoffe entstehenden Brandgase. Forschungsbericht 123, Bundesanstalt für Materialforschung (BAM), Berlin, 1986
- /L8/ VDI-Wärmeatlas: Berechnungsblätter für den Wärmeübergang, Hrsg.: Verein deutscher Ingenieure, VDI Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC), 9. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2002
- /L9/ Technische Regeln für Straßenbahnen – Brandschutz in unterirdischen Betriebsanlagen (TRStrab Brandschutz), Stand: 24. Juni 2014
- /L10/ vfdb-Leitfaden, Ingenieurmethoden des Brandschutzes, Hrsg. D. Hosser, 3. Auflage, November 2013
- /L11/ McGrattan, Hostikka, Floyd, McDermott: Fire Dynamics Simulator (Version 5) – Technical Reference Guide – Volume 3: Validation; Oktober 2010
- /L12/ Stellungnahme der Technischen Aufsichtsbehörde Berlin, Plangenehmigung U6 – Bhf. Seestraße vom 7. Dezember 2015

3 BRANDSIMULATION

3.1 Berechnungsverfahren

Für die vorliegende Brandsimulationsrechnung wird das Feldmodell FDS (Fire Dynamics Simulator Vers.-Nr. 5.5.3 /L1/) eingesetzt. Das Modell ist insbesondere in der Lage, im Bereich der Aufgänge Verwirbelungen von Brandgasen darstellen zu können. Das Modell FDS wurde am National Institute of Standards and Technology (NIST, USA) entwickelt. Es ist international anerkannt und wurde durch die Nachrechnung von zahlreichen Brandversuchen verifiziert /L11/.

3.2 Bewertungskriterien für die Flucht- und Rettungsmöglichkeiten

3.2.1 Extinktionskoeffizient \dagger und Sichtweite

Die Flucht- und Rettungsmöglichkeiten innerhalb der U-Bahn-Haltestelle sollen anhand der sich im Brandfall einstellenden Sichtweite bewertet werden. Eine Ausbildung einer klar abgegrenzten raucharmen Schicht wird es aufgrund der geringen Raumhöhen und der vorhandenen Strömungsverhältnisse nicht geben. Durch Verwirbelungen an Einbauten, durch die Abkühlung der Brandgase an kalten Umfassungsbauteilen und die Rückströmung von Rauch innerhalb der raucharmen Schicht kommt es zu einem Eintrag von Brandgasen.

Die Sichtweite ist eine komplexe von vielen Einflussfaktoren (Eigenschaften und Dichte der Rauchpartikel, Ausleuchtung des Raumes, Eigenschaften des wahrzunehmenden Objektes, Blickwinkel, individuelle Personeneigenschaften, Augenreizung durch Brandgase etc.) abhängige Größe. In Vereinfachung dieser Verhältnisse wird der Rauch daher bei der Bewertung von Brandgefahren als ein einheitliches fluides Medium betrachtet, dessen Partikel sich als Komponente der Gaszusammensetzung darstellen lassen und die in ihrer lichttrübenden Wirkung durch den Extinktionskoeffizienten beschrieben werden.

Nach den Vorgaben der TRStrab Brandschutz /L9/ ist es in bestehenden Haltestellen ausreichend, wenn innerhalb einer raucharmen Schicht von 2,0 m über den Rettungswegen der Nachweis einer ausreichenden Erkennungsweite von 10 - 20 m im Verlauf des Rettungsweges geführt wird.

Entsprechend der Stellungnahme der technische Aufsichtsbehörde /L12/ ist für Auswertung von Brandsimulationsberechnungen in U-Bahn Haltestellen in Anlehnung an Tabelle 8.3 des vfdb Leitfadens /L10/ ein Extinktionskoeffizient von maximal $= 0,46 \text{ m}^{-1}$ anzusetzen.

Für den Extinktionskoeffizienten wird entsprechend den Vorgaben der BVG ein Richtwert von $0,35 \text{ m}^{-1}$ angenommen. Mit diesem Wert wird die Anforderung der technischen Aufsichtsbehörde auf der sicher liegenden Seite abgedeckt, da der Wert von $= 0,46 \text{ m}^{-1}$ nur für eine kurze Verweildauer, die nach Tabelle 8.3. des vfdb-Leitfadens weniger 5 Minuten beträgt, zumutbar ist.

Der Wert von $0,35 \text{ m}^{-1}$ entspricht einer Sichtweite von ca. 8 m bei reflektierenden und ca. 22 m bei der Installation von hinterleuchteten Sicherheitskennzeichen (oder nachleuchtende Kennzeichen mit vergleichbarer Leuchtstärke).

Der Zusammenhang zwischen dem Extinktionskoeffizienten und der Sichtweite ist in Abbildung 2 dargestellt.

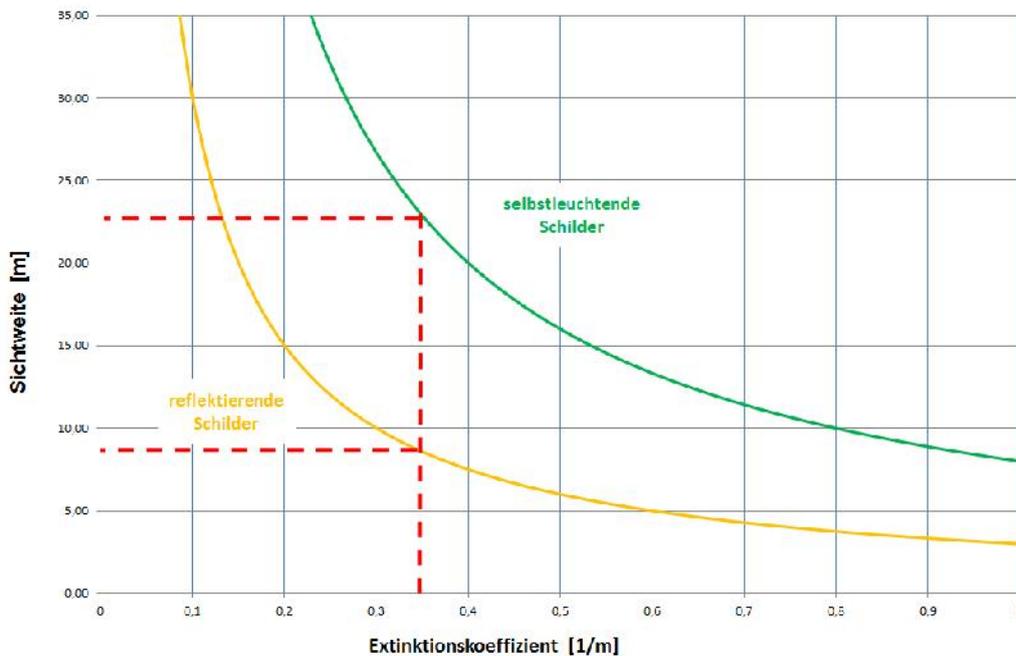


Abbildung 2: Beziehung zwischen Extinktionskoeffizient und Sichtweite (nach $/L3$)¹

¹ Anstelle selbstleuchtender Schilder können auch nachleuchtende verwendet werden, wenn diese während der Dauer der Selbstrettung (mindestens 15 Minuten) eine vergleichbare Leuchtstärke haben.

3.2.2 Thermische Belastung Fliehender im Brandfall

Eine direkte Verbrennungsgefahr durch Hitze und Flammen besteht für Nutzer und Besucher der U-Bahn-Haltestelle nur im brennenden Fahrzeug selbst und in unmittelbarer Nähe des Brandherdes. Bei den EUREKA-Versuchen wurden in allen Brandversuchen mit Fahrzeugen des öffentlichen Nahverkehrs trotz der im Fahrzeug gemessenen Brandtemperaturen zwischen 800°C und 1.000°C schon in geringer Entfernung zum Feuer Lufttemperaturen von weniger als 100°C gemessen.

Die thermische Belastung des Menschen durch hohe Brandgastemperaturen schränkt daher die Flucht- und Rettungsmöglichkeiten im Brandfall nur selten ein, da sich fliehende Personen wegen der Großräumigkeit der U-Bahn-Haltestelle aus dem Brandbereich rasch entfernen können. Der Einfluss hoher Temperaturen und einer hohen Wärmestrahlungsdichte auf die Selbstrettungsmöglichkeiten werden daher nicht berücksichtigt.

3.2.3 Rauchgaskonzentration, Rauchpotential

Die Bildung toxischer Gase stellt für Fliehende im Brandfall die größte Gefahr dar. Eine besondere Rolle spielt dabei das hochtoxische Kohlenmonoxid (CO), dem bei Bränden die meisten Personen zum Opfer fallen. Die Wirkung des Kohlenmonoxids auf den menschlichen Organismus zeigt Abbildung 3.

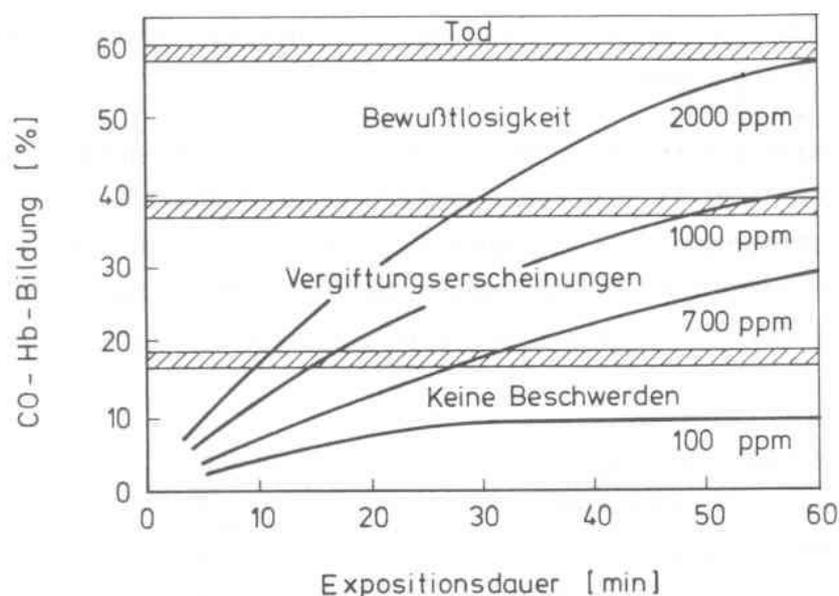


Abbildung 3: Grenzbereiche der CO-Intoxikation bei schwerer körperlicher Anstrengung (aus /L7/)

Toxische und Reizgase lassen sich nur schwer bzw. gar nicht in Brandsimulationsrechnungen bestimmen. Nach Untersuchungen von WILK /L4/ kann jedoch bei üblichen Mischbrandlasten davon ausgegangen werden, dass die Konzentrationen an Reizgasen bis zu einer CO₂-Konzentration von **0,8 Vol %** so niedrig bleiben, dass eine Beeinträchtigung während der Selbstrettungsphase ausgeschlossen werden kann.

Die CO₂-Bildungsrate lässt sich aus der chemischen Zusammensetzung der Brandlasten berechnen, sofern diese bekannt ist, alternativ kann bei den üblichen vorliegenden Mischbrandlasten in guter Näherung auch eine Abschätzung der CO₂-Bildungsrate aus der Energiefreisetzungsrate erfolgen, da der zur Verbrennung erforderliche Sauerstoffbedarf eng mit dem Heizwert des Brandmaterials verknüpft ist und für die üblichen Brandlasten nur in engen Grenzen variiert ($V_{O_2} = 0,076 \text{ kg/MJ}$). Hieraus lässt sich eine CO₂-Bildungsrate, bezogen auf die freigesetzte Energie, von ca. $0,105 \text{ kg}_{CO_2}/\text{MJ}$ ableiten.

Nach der Definition des Extinktionskoeffizienten verhält sich dieser direkt proportional zur Rauchgaskonzentration. Konservativ wird außerdem vorausgesetzt, dass sich das Verhältnis der Konzentration der einzelnen Gaskomponenten außerhalb des Brandherdes nicht mehr ändert, also keine weitere chemische Reaktion oder Kondensation bzw. Absorption einzelner Komponenten z. B. an Bauteilen stattfindet. Unter diesen Voraussetzungen und unter Berücksichtigung der Zusammensetzung der Brandlast, wie sie für U-Bahnfahrzeuge typisch ist, gilt näherungsweise

$$1/v_{CO_2} = 2,5 \text{ [m}^{-1}/\text{Vol.-%]}.$$

Bei einem Extinktionskoeffizienten von $k = 0,35 \text{ m}^{-1}$ liegt eine CO₂-Konzentration von **0,14 Vol.-%** vor. Die CO-Bildung kann über Gleichgewichtsreaktionen in Abhängigkeit von den Ventilationsverhältnissen, den Konzentrationen der Gaskomponenten in den Brandgasen und den Verbrennungstemperaturen bestimmt werden. Bei ausreichendem Sauerstoffangebot führt diese Vorgehensweise in der Regel zu keiner oder nur zu einer sehr geringen CO-Konzentration.

Alternativ lässt sich die Konzentration auch aus dem Kohlendioxydgehalt in den Brandgasen abschätzen. Nach Untersuchungen von SAND /L5/ und PURSER /L6/ liegt das CO:CO₂-Verhältnis bei ausreichend ventilerten Bränden unter 1:10. Wird konservativ ein CO:CO₂-Verhältnis von 1:5 unterstellt, führt dies bei einem Extinktionskoeffizienten von $0,35 \text{ m}^{-1}$ und damit einer CO₂-Konzentration von 0,14 Vol. % zu einer **CO-Konzentration von 280 ppm**.

Zusammenfassend lässt sich unter Bezug auf die Untersuchungen von WILK /L4/ und Abbildung 2 feststellen, dass der vorgegebene Richtwert für den Extinktionskoeffizienten zur Beurteilung der Personensicherheit unter den hier angenommenen Randbedingungen die maßgebende Größe ist. Die Beurteilung der Gefahren für Leben und Gesundheit durch andere toxische bzw. erstickende Gase wie Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂) ist über den Extinktionskoeffizienten für die Dauer der Selbstrettung auf der sicheren Seite liegend mit abgedeckt.

3.3 Vorgaben für die Berechnung

Zur Durchführung einer Brandsimulation sind Vorgaben zum Brandherd, zu den Abmessungen des Bahnhofs sowie zu den vorhandenen Ventilationsöffnungen erforderlich. Die Abmessungen der Haltestelle wurden den Planunterlagen entnommen. Die Darstellung der Haltestelle erfolgt in kartesischen Koordinaten. Dabei werden schräge Flächen treppenartig abgebildet. Runde bzw. schräge Öffnungen (Tunnel- oder Deckenöffnungen) werden in der Fläche durch etwa äquivalente Rechteckquerschnitte abgebildet. Die Darstellung der Haltestelle im Programm selbst erfolgt dreidimensional (s. Abbildung 4 und Abbildung 5). Die Gittergröße wird in der horizontalen mit 0,25 m und vertikalen Ebene mit 0,10 m angesetzt.

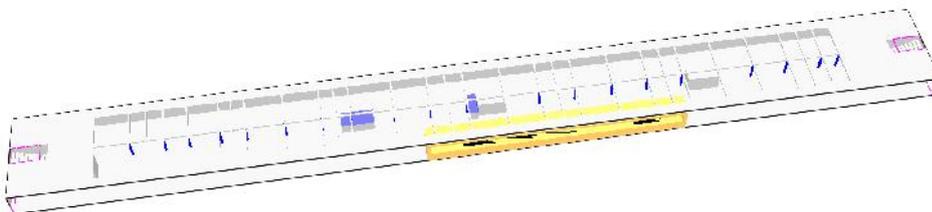


Abbildung 4: Darstellung der Haltestelle in FDS, Blick auf die Haltestelle

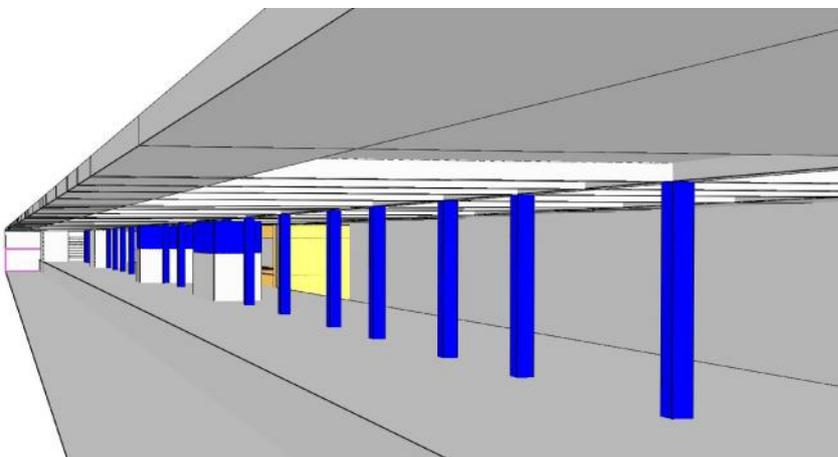


Abbildung 5: Darstellung der Haltestelle in FDS, Blick auf die Haltestelle

Die Haltestelle besteht aus einer Bahnsteigebene, in der über einen Mittelbahnsteig zwei Gleise erschlossen werden. Über zwei Treppenaufgänge an den Kopfenden gelangt man direkt ins Freie. Ausgenommen der Treppenaufgänge sind keine Maßnahmen zur Rauchableitung vorhanden. Besondere Maßnahmen zur Rauchrückhaltung sind nicht vorhanden.

Zur Beschreibung der Rauchausbreitung wurde das folgende Brandszenarium untersucht:

Brandszenarium: Das Fahrzeug kommt in der Haltestellenmitte zum Stillstand. Der Brandherd befindet sich im vorderen Drittel des Fahrzeugs.

Als **Brandherd** werden die Ergebnisse aus dem Bericht zur Erarbeitung eines Bemessungsbrandes für das U-Bahnfahrzeug Typ F 74 der Berliner Verkehrsbetriebe angewendet. Die maximale Brandleistung beträgt ca. 27 MW. Dieser Wert wird 26 Minuten nach der Brandentstehung erreicht.

Der zeitabhängige Verlauf der Energiefreisetzungsrate ist in Abbildung 6 dargestellt.

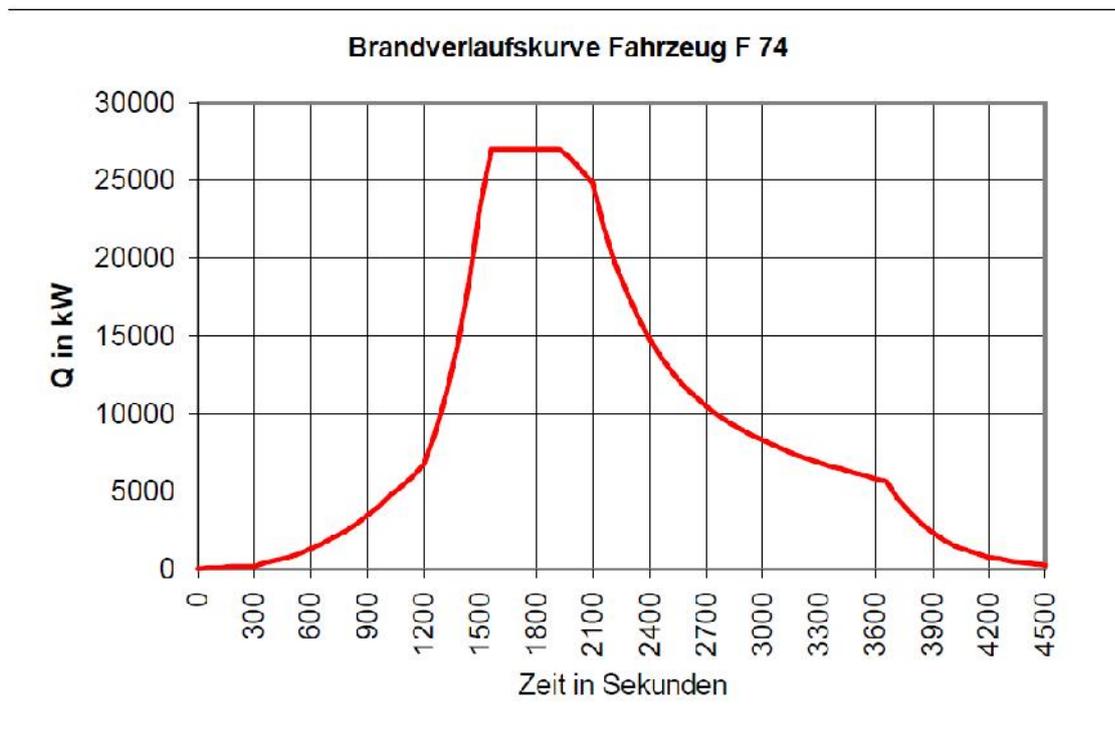


Abbildung 6: Zeitabhängige Entwicklung der Brandleistung /U1/

Maßgeblich für die Rauchausbreitung in der U-Bahn-Haltestelle sind die Kubatur der Bahnsteigebene sowie die Größe und die Anordnung von **Ventilationsöffnungen**. Als Ventilationsöffnungen gelten dabei die angrenzenden Tunnelabschnitte und die Treppenaufgänge ins Freie. Weitere Öffnungen zur Rauchableitung sind nicht vorhanden. Die an den Bahnhof angrenzende Tunnelstrecke wird nicht abgebildet, sondern durch Öffnungen in den Umfassungsbauteilen simuliert.

Die Wärmeverluste der Brandgase an die Umfassungsbauteile werden über die **thermischen Stoffdaten** für die Baustoffe Beton /L8/ und aus der Fourier-Gleichung der Wärmeleitung ermittelt. Rückschlüsse auf die Sichtweite werden aus der **Rußausbeute** $Y_S/U1/$ gezogen.

In der folgenden Tabelle 1 sind die für die Brandsimulation wesentlichen Vorgaben zur Geometrie aus den Planunterlagen und zum Brandverlauf zusammengestellt:

Tabelle 1: Vorgaben für die Brandsimulation

Bahnsteigebene	
- Länge:	ca. 117 m
- Breite:	ca. 13 m
- Bahnsteigbreite:	ca. 7 m
- Bahnhofshöhe (über Bahnsteig):	ca. 2,7 m – 2,9 m
Brandherd	
- max. Brandleistung Q_{max} :	27 MW nach 26 Minuten
- max. Branddauer t_{max} :	30 Minuten
- Rußausbeute Y_S :	0,046 kg/kg
Stoffdaten der Umfassungsbauteile	
- Temperaturleitzahl a (Beton):	$5,7 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

3.4 Ergebnisse

Als oberer Richtwert des Extinktionskoeffizienten wird für den U-Bahnhof ein Wert von $\dagger = 0,35 \text{ m}^{-1}$ angesetzt. Der Wert von $\dagger = 0,35 \text{ m}^{-1}$ in einer Höhe von 2 m über den Rettungswegen entspricht einer Sichtweite von ca. 22 m bei der selbstleuchtenden oder 8 m bei reflektierenden Schildern.

In der Anfangs- und Entstehungsphase des Brandes sammelt sich der Rauch unter der Decke, und es kommt zu einer gleichmäßigen Ausbreitung in der Nähe des Brandherdes (s. Abbildung 7). Nach einer Branddauer von 6,5 Minuten, zu welchem Zeitpunkt sich nach /U2/ die letzten Personen aus der Bahnsteigebene auf den Treppen ins Freie befinden, hat sich der Brandrauch bereits in weiten Teilen der Haltestelle verteilt, im Bereich der Treppen selber beträgt der Extinktionskoeffizient in einer Höhe von 2,0 m über dem Boden noch zwischen $\sigma = 0,20 \text{ m}^{-1}$ und $0,25 \text{ m}^{-1}$ (s. Abbildung 8). Nach 7,0 Minuten (Abschluss der Selbstrettung) liegt der Extinktionskoeffizient im Bereich der Treppenaufgänge zwischen $\sigma = 0,25 \text{ m}^{-1}$ und $0,30 \text{ m}^{-1}$ (s. Abbildung 9).

Ab einer Branddauer von 7,5 Minuten wird der Richtwert von $\sigma = 0,35 \text{ m}^{-1}$ an den Treppen überschritten sodass eine Selbstrettung ab diesem Zeitpunkt nicht mehr oder nur noch eingeschränkt möglich ist.

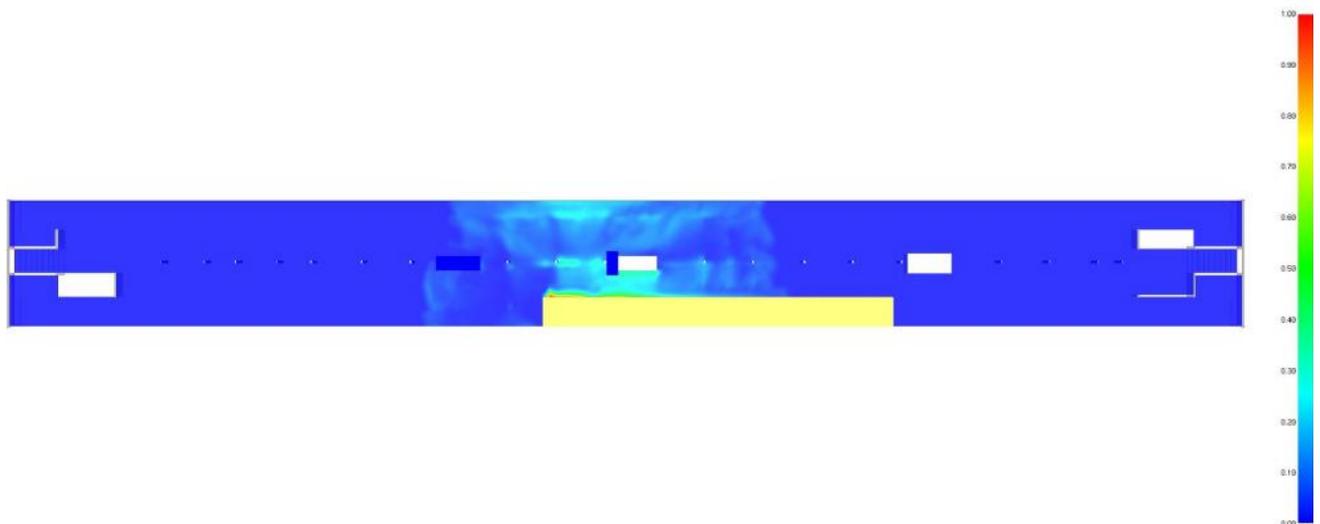


Abbildung 7: Entwicklung des Extinktionskoeffizienten in einer Höhe von 2 m über dem Bahnsteig nach einer Branddauer von 2,0 min

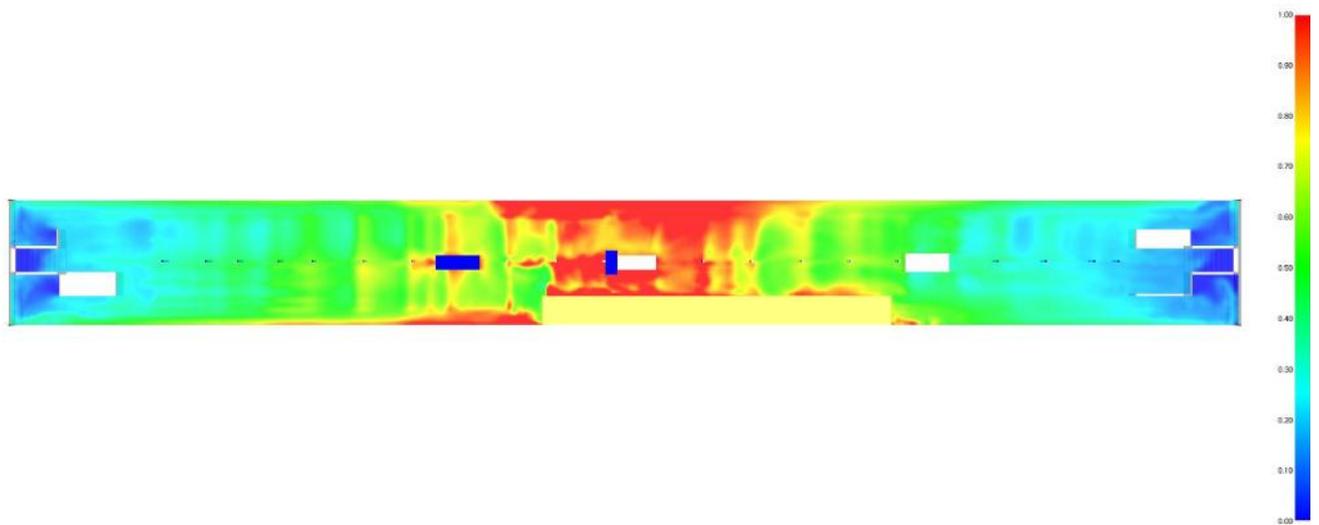


Abbildung 8: Entwicklung des Extinktionskoeffizienten in einer Höhe von 2 m über dem Bahnsteig nach einer Branddauer von 6,5 min

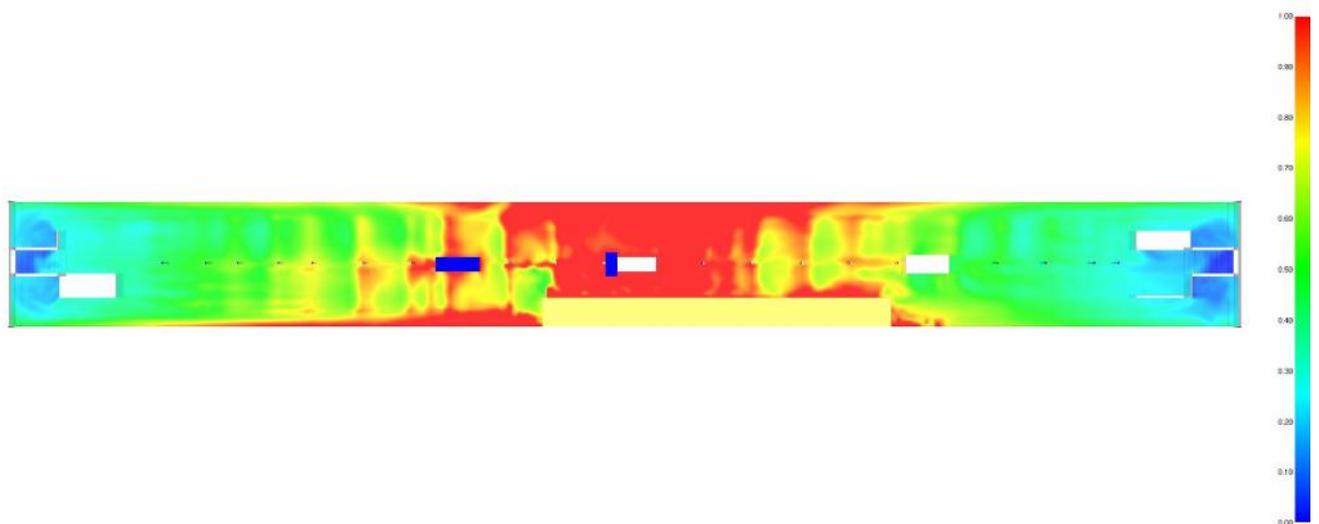


Abbildung 9 Entwicklung des Extinktionskoeffizienten in einer Höhe von 2 m über dem Bahnsteig nach einer Branddauer von 7,0 min

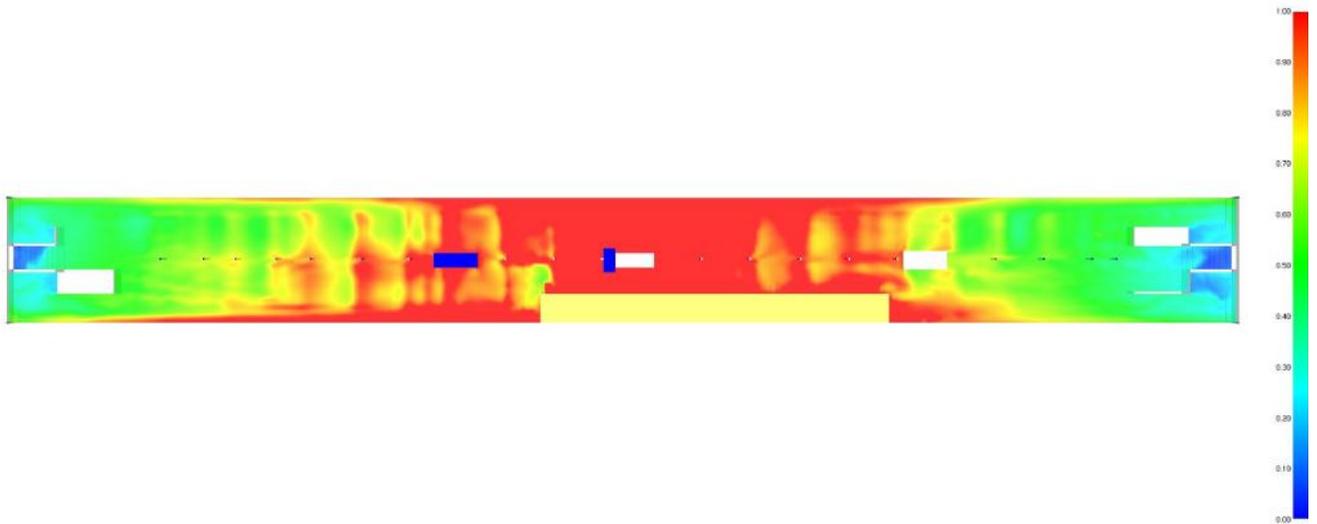


Abbildung 10 Entwicklung des Extinktionskoeffizienten in einer Höhe von 2 m über dem Bahnsteig nach einer Branddauer von 7,5 min

4 ZUSAMMENFASSUNG

Die BVG – Berliner Verkehrsbetriebe – plant den barrierefreien Ausbau der bestehenden Haltestelle Gneisenaustraße. Das Sachverständigenbüro Brandschutz Dr. Heins & Partner - Ingenieure - aus 47533 Kleve wurde von den BVG – Berliner Verkehrsbetrieben beauftragt, eine Brandsimulationsrechnung zur Beurteilung der Flucht- und Rettungsmöglichkeiten durchzuführen. Die wesentlichen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Rauchableitung der Haltestelle erfolgt ausschließlich über die Treppenaufgänge ins Freie. Weitere Öffnungen zur Rauchableitung sind nicht vorhanden und auch nicht erforderlich.
2. Anlagen zur Rauchrückhaltung an den Treppenaufgängen sind in der Haltestelle nicht vorhanden und auch nicht erforderlich.
3. Bei einem Richtwert von $\rho = 0,35 \text{ m}^{-1}$ sind die Rettungswege in der Bahnsteigebene bis zu einer Branddauer von 7,5 Minuten nutzbar.
4. Aufgrund der Berechnung der Räumungszeit /U2/ benötigen die Nutzer 7,0 Minuten, um die Haltestelle ins Freie zu verlassen. Somit ist für die Nutzer eine Selbstrettung innerhalb des erforderlichen Zeitraumes möglich.
5. Die Schutzziele der TRStrab Brandschutz /L9/ für bestehende Haltestellen sind somit erfüllt.

Der vorliegende Bericht über die Brandsimulationsrechnung gilt für die Haltestelle Gneisenaustraße der BVG – Berliner Verkehrsbetriebe. Eine Übertragung auf andere Vorhaben ist nicht zulässig.

Kleve, den 11. April 2016

Dr.-Ing. Th. Heins

Dipl.-Ing. (FH) M. von Malottky

Berechnung von Räumungszeiten für den U-Bahnhof Gneisenaustraße

Grundlage für die Berechnungen ist die amerikanische Norm NFPA 130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems, Ausgabe 2010, National Fire Protection Association, Quincy, USA.

Auf Grundlage der Vorgaben aus der NFPA 130 wurden folgende Berechnungsannahmen getroffen:

- Im U-Bahnhof Gneisenaustraße befinden sich gleichzeitig zwei vollbesetzte Züge (1500 Personen) plus wartende Personen (225 Personen ▶ 30% der Personen eines vollbesetzten Zuges)! Das heißt, es müssen insgesamt **1.725 Personen** in kürzester Zeit den Bahnhof verlassen
- Von den 1.725 Personen verlassen 50% den Bahnsteig auf nördlicher Seite und 50% auf der südlichen Seite
- Die Breite einer Treppen-Fluchtspur (feste Treppe und Fahrtreppe) beträgt 0,6m
- Für feste Treppen werden 33 Personen/Minute und Fluchtspur angesetzt, für Fahrtreppen 25 Personen/Minute und Fluchtspur
- Die Gehgeschwindigkeit auf Bahnsteigebene beträgt 38 m/Minute, sonst 60 m/Minute
- Für die Berechnungen werden nur ganze Fluchtspuren angesetzt, wodurch sich in der Regel in der Praxis noch eine Reserve ergibt (Räumungszeiten reduzieren sich noch etwas), die jedoch nicht betrachtet wird

In die Berechnungen fließen neben der Anzahl der Personen alle Gehzeiten (Zeiten zum Erreichen der Treppenanlagen auf dem Bahnsteig und in der Verteilerebene; Zeiten zum Überwinden der vertikalen Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Geschossebenen; Gehzeit an der Oberfläche bis zum Erreichen eines sicheren Bereiches), Schleusungszeiten und Wartezeiten an den Treppen ein. Es werden jeweils die Maximalwerte ermittelt und zu einer Gesamt-Räumungszeit summiert. Weitere Details sind der Anlage zu entnehmen.

Ergebnis:

Die Räumungszeit für den U-Bahnhof Gneisenaustraße beträgt ca. **7,0 Minuten**.

Zeitabschnitte der Räumung Gs	Dauer (Sek.)	Dauer (Min.)
--------------------------------------	-------------------------	-------------------------

Gehzeiten der zuletzt fliehenden Personen:

T1: Zeit zum Erreichen der Treppenaufgänge auf Bahnsteigebene : (ca. 58m / 0,63 m/s)	92	1,5
T2: Zeit zum Überwinden des vertikalen Höhenunterschiedes zwischen Bahnsteigebene und Oberfläche (ca. 4,76 / 0,25 m/s):	19	0,3
T3: Gehzeit an der Oberfläche (ca. 10m / 1 m/s):	10	0,2

Schleusungszeiten an den Treppenaufgängen:

S: Schleusungszeit an den Treppen vom Bahnsteig zur Oberfläche **6,5**
Minuten (siehe Nebenrechnung)

Wartezeiten an den Treppenaufgängen:

Treppenaufgänge Bahnsteigebene: **W = (S-T1) = (6,5 - 1,5) min** **300** **5,0**

Räumungszeit: RZ=T1+T2+T3+W **421** **7,0**

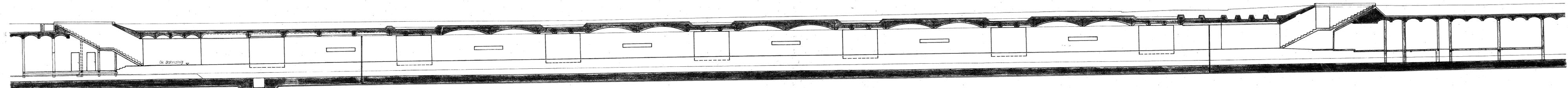
Nebenrechnung zur Schleusungszahl S: (S=Personenzahl vor der Treppenanlage / Kapazität der Treppenanlage in Personen pro Minute)

Entscheidend ist die Treppe mit der größeren Schleusungszahl!

Kapazität westl. feste Treppe **2,40 m** breit g 2,40m/0,6m g 4 Fluchtspuren g 3*33=
132 Personen/Minute

Kapazität östl. feste Treppe 2,41 m breit g 2,52m/0,6m g 4 Fluchtspuren g 4*33=
132 Personen/Minute

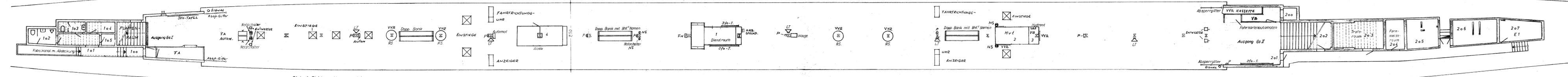
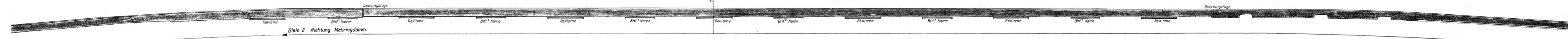
S je Seite: 863 P / 132 P/min = **6,5 Minuten**



Bahnhof  Gneisenaustraße

740,000m 856,330m

1000000



Raum Nr.	1o5	Kassettenraum	1,72 m ²	2o2	Geräteraum	12,25 m ²
	1o4	Wasserzähler	5,34 m ²	2o3	Traforaum	13,41 m ²
	1o3	WC Damen	2,21 m ²	2o4	Fernmelderraum	5,57 m ²
	1o2	WC Herren	5,20 m ²	2o5	Kuppelstiege	9,23 m ²
	1o1	Vorraum		2o6	Streckenschalter	10,85 m ²
	1oo	Gang		2o7	Zugsicherung	8,72 m ²
	2	Hvt. EU	6,88 m ²			
	3	VB				
	2oo	Geräteraum	161 m ²			

Überarbeitet am 19.7.87. 700

Datum	Name	Bemerkung
19.7.87		
19.7.87		
19.7.87		
19.7.87		

U-Bhf Gneisenaustraße
Bahnhofsplan

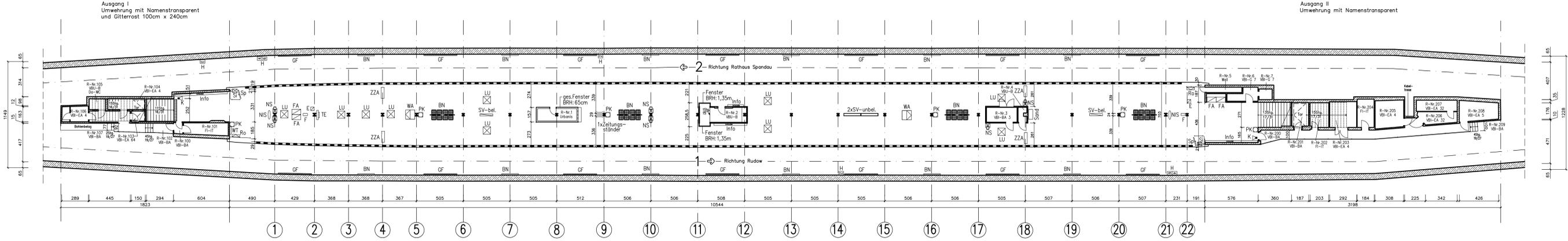
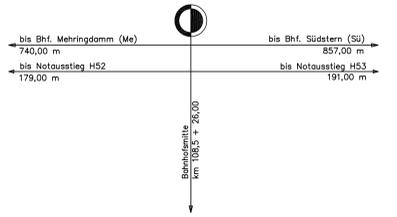
Maßstab 1:100
U-Nr. 14909
Blatt 2/241-002
Blatt 1
Blatt 2

1,75 · 0,56 · 0,98 m²

LEGENDE BAHNHOFSAUSSTATTUNG

- | | | | |
|-------------|----------------------------|--------|-----------------------------------|
| | Aufzugsschacht | R | Rufsäule / Aufzug |
| | Zugang Aufzug | FA | Fahrscheinautomat |
| | Geis 1 | E | Entwerter |
| | Blindenleitsystem | NIS | Notruf-Säule |
| LU | Einstiegsluke | NS | Notsignalschalter |
| Fb | Fleisenbild | K | Kamera |
| G | Drängelgeländer | L | Lautsprecher |
| | | Si | Signal |
| | | Uhr | Normaluhr |
| | | ZZA | Zugzielanzeiger |
| | | H-ZZA | Historischer Zugzielanzeiger |
| | | Ku | Kunst |
| PK | Papierkorb | F | Feuerlöschbox |
| Ro | Rollstuhlrampe | BOS | BOS - Dose für Feuerwehr (OKG) |
| | | EN | Entnahme Löschwasser |
| | | ES | Einspeisung Löschwasser |
| WV-bel. | Plakatvitrine beleuchtet | Sp | Spiegel |
| WV-unbel. | Plakatvitrine unbeleuchtet | H | Haltepunkt |
| SV-bel. | Standvitrine beleuchtet | M | Monitor, ZSA |
| SV-unbel. | Standvitrine unbeleuchtet | | |
| WT | Werbetafel Holz / Alu | | |
| GF | Größflächenwerbung | | |
| FO | Fotofix | IP/DIS | Infopoint/ Dynamisches Infosystem |
| WA | Warenautomat | Info | Informationsvitrine |
| TE | Telefon | Stele | Infosystem |
| PW | Personenwaage | PS | Perlschnur |
| GA | Geldautomat | RA | Richtungsanzeige / Ausgangsschild |
| | | I | Hinweis auf Info oder NIS |
| | | S-Info | Sonderinfo |
| | | KS | Kleinschild |
| Fenster BRH | Brüstungshöhe Fenster | LB | Leitband / Hinweistransparent |
| | | FM | Fahrplanmodul |
| | | V | Videohinweis |
| | | BN | Bahnplanmensschild |
| | | N | Namenstransparent - Straßenebene |
| | | GB | Grenaderbogen - Straßenebene |
- Betriebsräume:
 - Grundriss und Aufbau Stand 10/2003
 - Raum-Nr. und Nutzer Stand 07/2009

Bhf. Gneisenaustraße (Gs)
(einfache Tiefenlage)

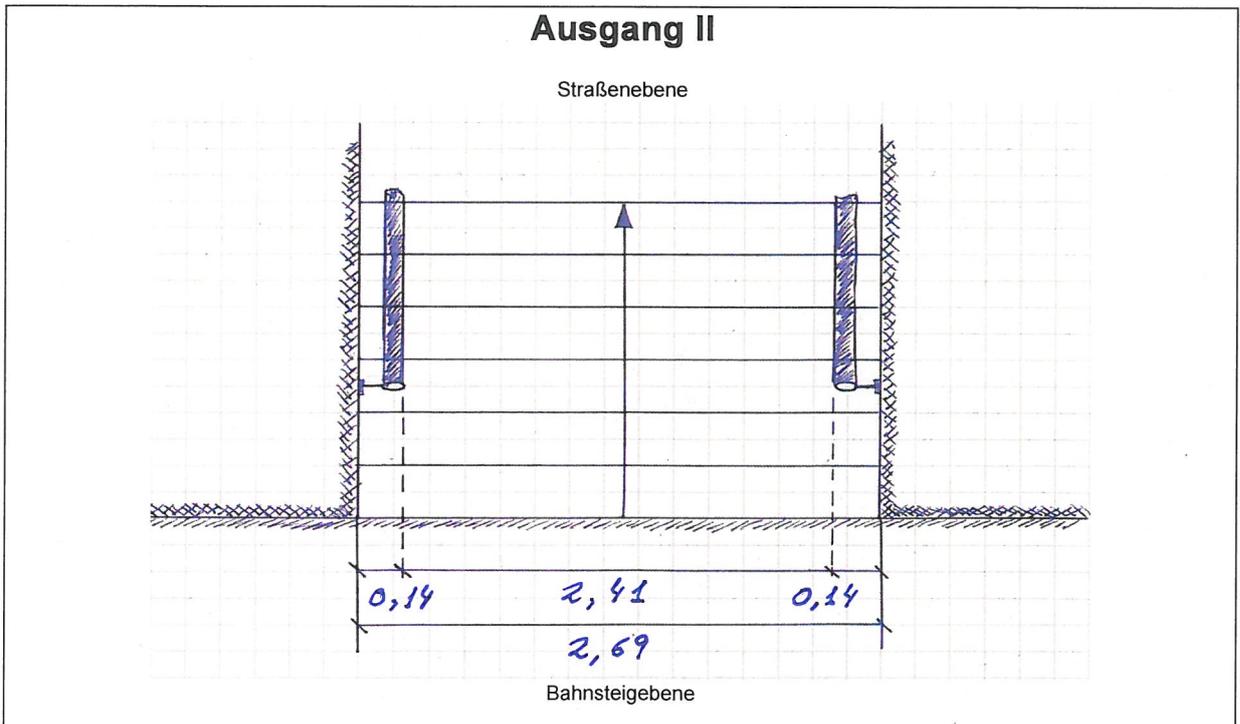
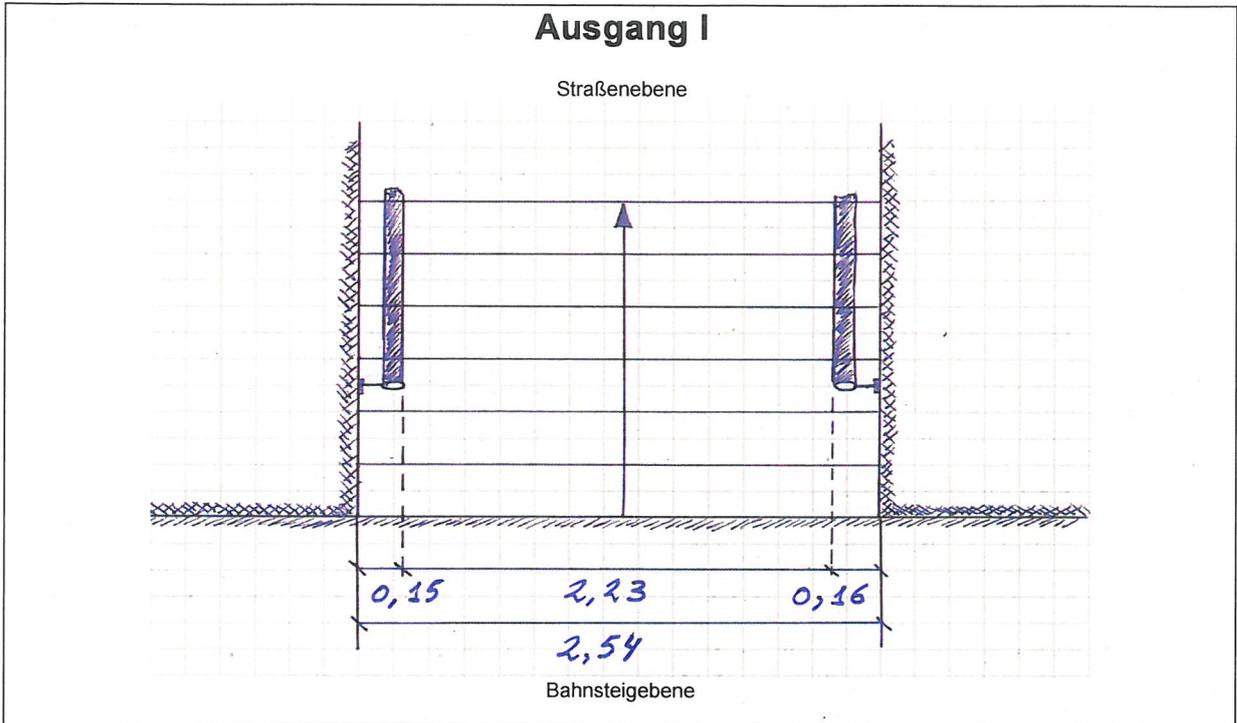


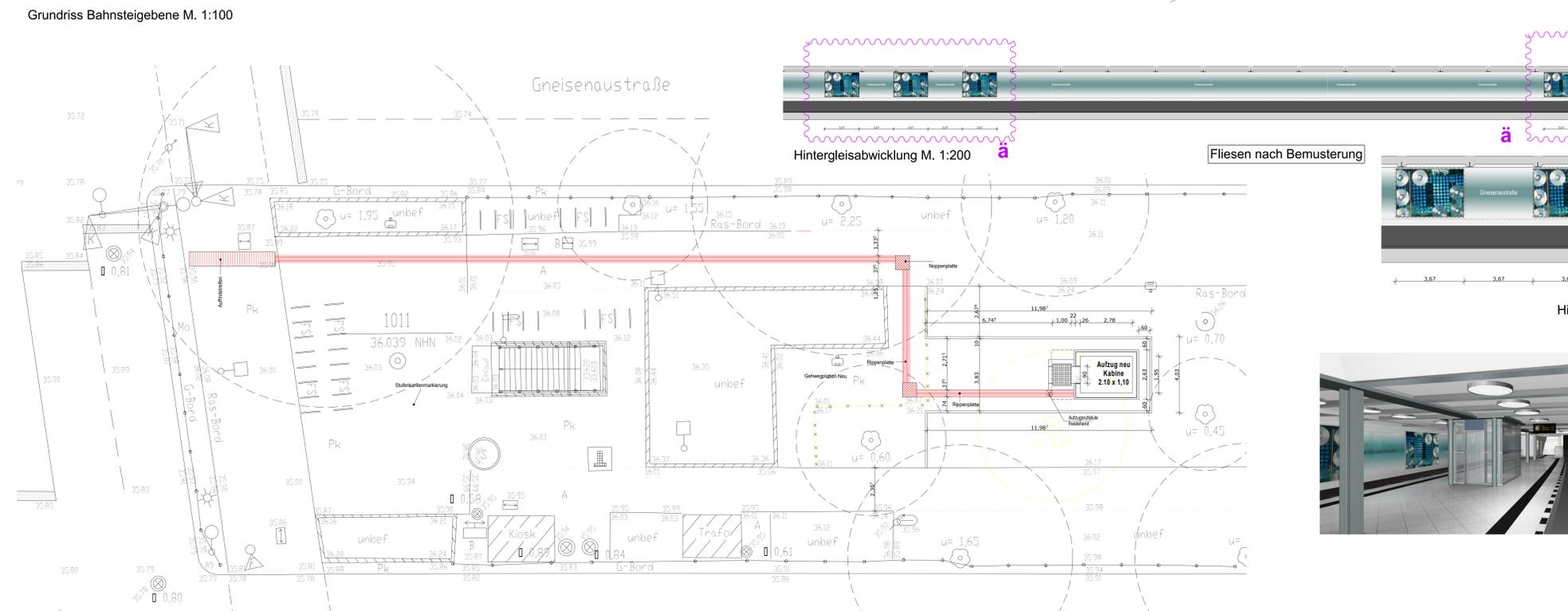
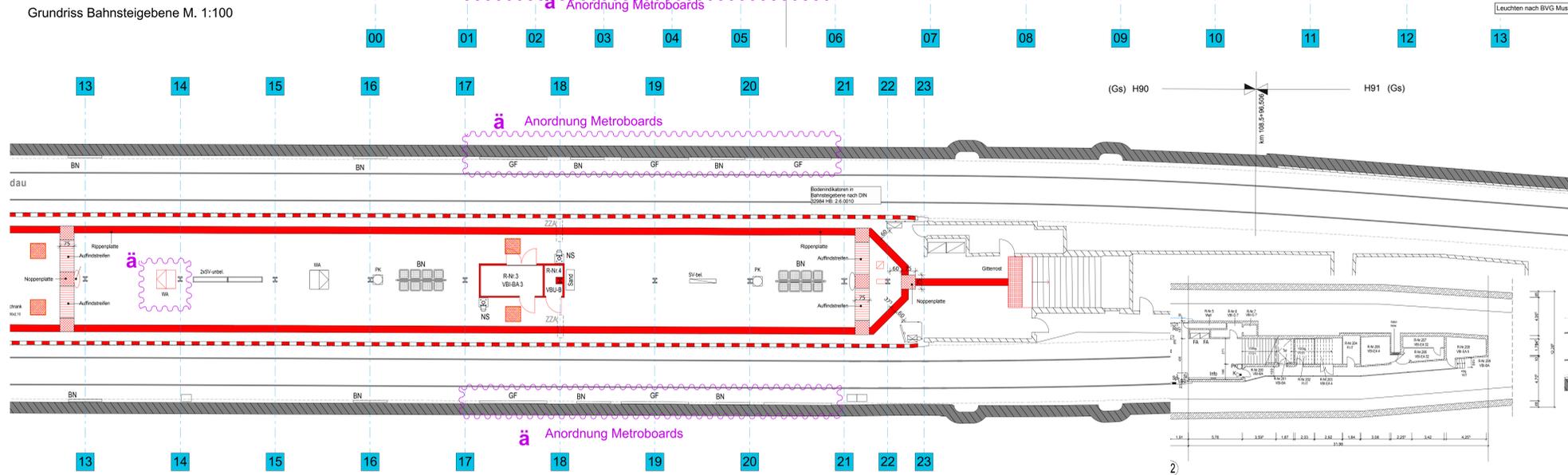
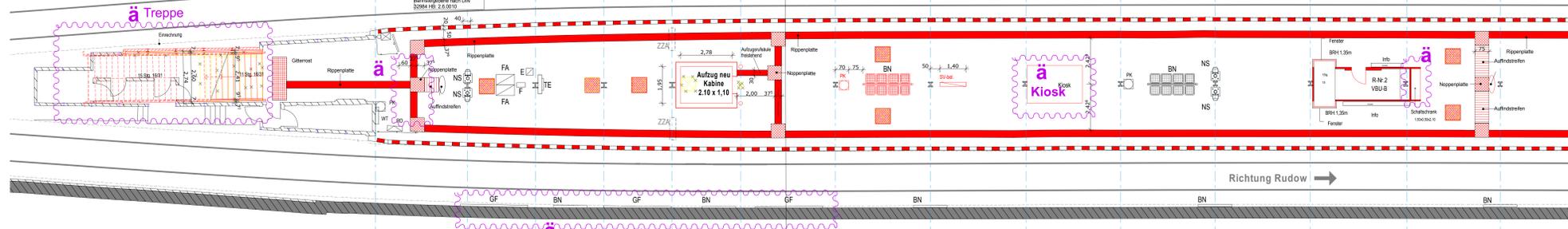
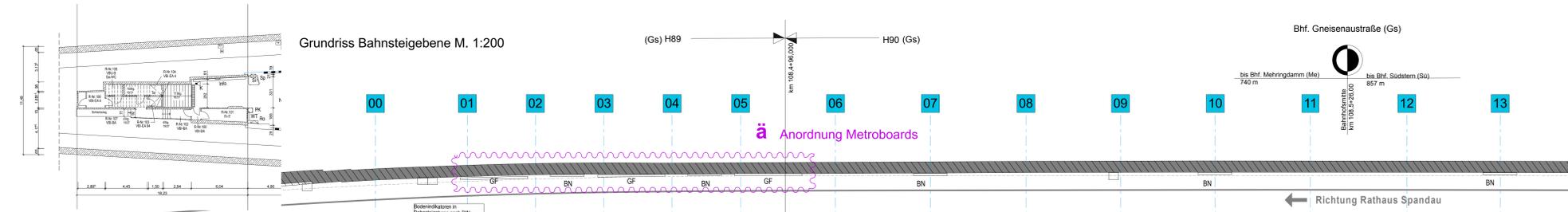
Bauherr BERLINER VERKEHRSBETRIEBE (BVG) Anstalt des öffentlichen Rechts Bereich Infrastruktur Bautechnische Anlagen	
Für die Richtigkeit der Planungsunterlagen verantwortlich: HEWA BAUCONZEPTgesellschaft mbH 10375 Berlin - Rühnstraße 135 - Tel.: 030/566 970 76	
Datum: 20.02.2013 Hr. Brendler Unterschrift	einverstanden BVG
Lageplan Oberfläche 	
Zg.-Nr. MH_H090_Gs_UE200 Dateiname MH_H090_Gs_UE200.dwg Maßstab 1:200	Projekt Bestandsplan M 1:200
Blattgröße 515x1100 ZAK-Meßsystem MH	Bereich U-Bhf. Gneisenaustraße Grundriss Bahnsteig und Trompeten
Bauwerksb. 841-01	Bauwerksnr. H089-090 Bahnhof Gneisenaustraße (Gs) Linie U7

Meßstrecke 100mm

TREPPENBREITE

Bahnhof:	U7, U-Bhf Gneisenaustraße (Gs)
Teilobjekt:	Grundinstandsetzung und barrierefreier Ausbau
Projekt- Nr:	A27334 und A27335





Hinweis:

Bahnhofsausstattung in schwarz Darstellung, Wiederaufbau an bestehender Position
Bahnhofsausstattung in rot Darstellung, Wiederaufbau an neuer Position

LEGENDE BAHNHOFSAUSSTATTUNG

	R		R	
	FA		FA	
	E		E	
	NIS		NIS	
	NS		NS	
	K		K	
	L		L	
	SI		SI	
	G		G	
	Uhr		Uhr	
	H-ZZA		H-ZZA	
	Ku		Ku	
	F		F	
	BOS		BOS	
	EN		EN	
	ES		ES	
	Sp		Sp	
	H		H	
	M		M	
	IP/DIS		IP/DIS	
	Info		Info	
	Stelle		Stelle	
	FS		FS	
	RA		RA	
	S-Info		S-Info	
	KS		KS	
	LB		LB	
	FM		FM	
	V		V	
	BN		BN	
	N		N	
	GB		GB	

a	Maß Rippenplatte zwischen Achse 00 und 001 - Metroboards: Treppe	js
	Kiosk vergrößert - Pos. Warenautomat - Schaltschrank Aufzug	js
Index	Änderung	Datum Name
Betreiber	Techn. Aufsichtsbehörde	Gs_VP003a
		Prüfingenieur

Freigabevermerk	Übereinstimmung mit der Ausführungsplanung geprüft	Übereinstimmung mit der Ausführungsplanung geprüft	Zur Ausführung freigegeben
Einverständnisse			
Datum	Projekt	Datum	Objektplaner
			Datum
Bauherr	BERLINER VERKEHRSBETRIEBE (BVG)	Die Übereinstimmung der Zeichnung mit der Ausführung wird bestätigt	
	Bereich Infrastruktur		Für den Auftraggeber
	Bautechnische Anlagen		Für den Auftragnehmer
Für die Richtigkeit der Planunterlagen verantwortlich:			
Auftragnehmer / Planverfasser	berarbeitet	13.11.2015	js
Ansicht des öffentlichen Rechts	gezeichnet	13.11.2015	js
Datum	13.11.2015	geprüft	13.11.2015
	Unterschrift	Jürgen Steinhilg	Datum



Zg.-Nr.	Gs_VP003	Planungsphase	Vorplanung
Datennr.		Projekt	U-Bhf Gneisenaustraße (Gs)
Maßstab	1:100; 1:200	Projekt	barrierefreier Ausbau (bA)
Blattgröße	DIN A0	Bauwerk	Grundriss Bahnsteigebene
Projekt-Nr.	A27335 (bA)		Grundriss Straßenebene
Bauwerksk.	841-01	Bauwerksk.	H 089-090
			Bahnhof Gneisenaustraße (Gs)
			Linie: U7
			Strecke: M4

VORABZUG 02 vom 23.2.16