

# Erschütterungstechnische Untersuchung

zum

## Bebauungsplan SAN-P 20

im Sanierungsgebiet „Potsdamer Mitte“  
der Landeshauptstadt Potsdam



- Schallimmissionsschutz
- Bau- und Raumakustik
- Schall- und Vibrationsanalyse
- Erschütterungen

Notifizierte Messstelle nach §26/ 29b BImSchG  
Güteprüfstelle Schall nach DIN 4109

Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018  
**DAkKS D-PL-20157-01-00**

KSZ Ingenieurbüro GmbH  
Bühningstraße 12  
13086 Berlin  
Telefon: +49 (0) 30 44 00 87 93  
Telefax: +49 (0) 30 44 00 87 95

### Projektnummer:

22-004-20V1

### Kurztitel:

Erschütterungstechnische Untersu-  
chung  
B-Plan SAN-P 20 Potsdam

### Auftraggeber:

Sanierungsträger Potsdam GmbH, Treu-  
händer der Landeshauptstadt Potsdam  
Pappelallee 4  
14469 Potsdam

### Auftrag vom:

28.01.2022

### Bearbeiter:

Michael Stütz

### Bericht vom:

10.01.2023

### Umfang:

Textteil	12 Seiten
Anhang	9 Seiten

**Fachlich Verantwortlicher**  
Dipl.-Ing.  
Sebastian Langner

**Bearbeiter**  
Dr.-Ing.  
Michael Stütz

Änderungstabelle			
Bearbeiter	Berichts- version	Grund der Änderung	Datum der Änderung

Die Ergebnisse dieses Gutachtens beziehen sich ausschließlich auf den im Text beschriebenen Untersuchungsgegenstand. Die Vervielfältigung des Berichts oder einzelner Teile hieraus ist nur mit schriftlicher Genehmigung der KSZ Ingenieurbüro GmbH gestattet. Eine darüber hinausgehende Verwendung, vor allem durch Dritte, unterliegt dem Schutz des Urheberrechtes gemäß UrhG. Die Authentizität dieses Dokuments ist nur mit Originalunterschrift gewährleistet.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Erschütterungsquelle und örtliche Situation .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Beurteilungsgrundlage.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Messtechnik .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Messorte .....</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Messdurchführung .....</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Berechnungsschritte .....</b>	<b>9</b>
<b>8</b>	<b>Untersuchungsergebnisse und Beurteilung .....</b>	<b>11</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis Regelwerke und Fachliteratur .....</b>	<b>12</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>13</b>

## 1 Aufgabenstellung

Mit der Festsetzung des Sanierungsgebietes "Potsdamer Mitte" hat sich die Landeshauptstadt Potsdam die Entwicklung der historischen Stadtmitte zu einem neuen, lebendigen Zentrum zur Aufgabe gemacht.

Um die planungsrechtlichen Voraussetzungen zur Umsetzung der Sanierungsziele zu schaffen, soll der Bebauungsplan SAN-P 20 aufgestellt werden.

Im Rahmen der Planungen sollen durch eine erschütterungstechnische Untersuchung Aussagen zur zu erwartenden Erschütterungseinwirkung im Geltungsbereich getroffen werden. Die Ergebnisse der ermittelten Erschütterungsimmissionen werden nach dem geltenden Regelwerk (DIN 4150-2) beurteilt. Ferner erfolgt die Ermittlung des sekundären Luftschalls gemäß der DB-Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“. Als Haupteerschütterungsquelle im Untersuchungsgebiet sind die Erschütterungsimmissionen in Form von

- Schienenverkehrslärm  
(Gleiswege der Straßenbahn der Verkehrsbetriebe Potsdam) wirksam.

Zur Bearbeitung der Aufgabenstellung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Bebauungsplan SAN-P 20 "Am Alten Markt/ Am Kanal" Vorentwurf, Stand: Oktober 2022
- Gesamtfahrplan der Straßenbahn- Linien Abfrage bei den Verkehrsbetrieben Potsdam GmbH, 2021
- Eigene Informationen und Notizen

## 2 Erschütterungsquelle und örtliche Situation

Als wesentliche verkehrliche Erschütterungsquelle für das Plangebiet ist die Gleisanlagen der Straßenbahn zu nennen, welche nördlich des Plangebiets auf der Straße Am Kanal verkehrt.

Die Verkehrsdaten für den Schienenverkehr der parallel zu den Untersuchungsgebieten verlaufenden Straßenbahnlinien wurden nach Abfrage bei den ViP Verkehrsbetrieben Potsdam GmbH berücksichtigt. Ein Vergleich der Zugzahlen von 2021 und 2016 im relevanten Streckenbereich zwischen den Haltestellen „Platz der Einheit/Bildungsforum“ und „Burgstr./Klinikum“ zeigen eine gleichbleibende Anzahl von Tramfahrten. Deshalb wird von keinen relevanten Änderungen in den kommenden Jahren ausgegangen.

## 3 Beurteilungsgrundlage

Erschütterungen, wie sie für den Menschen in der Nähe einer Eisenbahnstrecke wahrnehmbar sind, gehören zu den Immissionen, die im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) [4] ausdrücklich erwähnt werden. Jedoch enthält das Gesetz keine Regelungen, die Grenzwerte für

Immissionen an Eisenbahnverkehrswegen (also Erschütterungen) festlegen oder Beurteilungsverfahren vorgeben.

Für die Beurteilung von Erschütterungen auf Gebäude und auf Menschen in Gebäuden existieren derzeit keine verbindlichen Grenzwerte. Anhaltswerte für die Bewertung von Erschütterungsimmissionen sind in der dreiteiligen DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ gegeben.

In DIN 4150 Teil 2 [1] sind Anhaltswerte angegeben, bei deren Einhaltung erhebliche Belästigungen durch Erschütterungen im Allgemeinen auszuschließen sind. In Tabelle 1 sind Anhaltswerte für die Einwirkung von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden getrennt nach unterschiedlichen Gebietsnutzungen sowie getrennt nach Einwirkungen während Tag und Nacht enthalten. Erhebliche Belästigungen des Menschen werden ausgeschlossen, wenn der Maximalwert des gleitenden Effektivwertes des KB-Wertes (d. h. die maximale bewertete Schwingstärke  $KBF_{max}$ ) den unteren Anhaltswert  $A_u$  unterschreitet. Liegt dieser Maximalwert zwischen dem unteren ( $A_u$ ) und dem oberen ( $A_o$ ) Anhaltswert, so ist aus den Taktmaximalwerten der Schwingstärke (Taktzeit 30 Sekunden) durch Langzeiteffektivwertbildung der Taktmaximal-Effektivwert  $KBFT_m$  zu ermitteln. In die Effektivwertbildung gehen nur Schwingstärken oberhalb der Fühlschwelle ( $KB = 0,1$ ) ein. Unter Berücksichtigung der tags und nachts vorhandenen Einwirkungszeiten wird die Beurteilungsschwingstärke  $KBFT_r$  gebildet und mit dem Anhaltswert  $A_r$  verglichen.

Erschütterungseinwirkungen innerhalb der Zeiten mit besonderem Ruheanspruch (6.00 bis 7.00 Uhr und 19.00 bis 22.00 Uhr werktags sowie 6.00 bis 22.00 Uhr sonn- und feiertags) werden bei der Bildung der Beurteilungsschwingstärke durch Wichtung mit dem Faktor 2 berücksichtigt. Dies gilt jedoch nicht für den Fall der Erschütterungseinwirkung infolge von Schienenverkehr. Nach DIN 4150, Teil 2, gilt für Schienenverkehr  $KBFT_r = KBFT_m$ , da keine besonderen Ruhezeitzuschläge zu verwenden sind.

Bei Überschreitung des oberen Anhaltswertes  $A_o$  durch den gemessenen Maximalwert  $KBF_{max}$  kann im Allgemeinen von einer erheblichen Belästigung ausgegangen werden, ohne dass die Beurteilungsschwingstärke zur Beurteilung herangezogen werden muss. Die Anforderungen der Norm gelten dann als nicht eingehalten. Liegen nachts einzelne  $KBFT$ -Werte oberhalb des Wertes von  $A_o = 0,6$ , so ist eine Ursachenforschung und -beseitigung erforderlich. In die Bestimmung von  $KBFT_r$  gehen diese Werte jedoch mit ein.

Beurteilungszeitraum ist die Zeit von 6.00 bis 22.00 Uhr (Tag) sowie von 22.00 bis 6.00 Uhr (Nacht). Zur Beurteilung ist die Richtungskomponente mit dem größten Messwert heranzuziehen. Bei der Ermittlung von KBF-bewerteten Größen treten erfahrungsgemäß messtechnisch bedingte Unsicherheiten bis etwa 15 % auf.

Gebietseinstufung	Anhaltswerte für die Schwingstärke KB					
	Tag			Nacht		
	Au	Ao	Ar	Au	Ao	Ar
Einwirkungsorte nur mit gewerblichen Anlagen in der Nachbarschaft	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
Einwirkungsorte vorwiegend mit gewerblichen Anlagen in der Nachbarschaft	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
Einwirkungsorte mit weder vorwiegend Wohnungen noch Gewerbe in der Nachbarschaft	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
Einwirkungsorte mit vorwiegender oder ausschließlicher Wohnbebauung in der Nachbarschaft	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
Besonders schutzbedürftige Einrichtungen (Krankenhäuser, Kliniken), soweit sie in ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

**Tabelle 1:** Anhaltswerte für Erschütterungseinwirkungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen nach DIN 4150, Teil 2

## 4 Messtechnik

An beiden Messpunkten wurden die gemessenen Schwingungssignale mittels eines PC-gestützten Messsystems auf der Basis SAMURAI (Sinus Messtechnik GmbH, Leipzig) aufgezeichnet.

Folgende Messtechnik kam zum Einsatz:

- 2 triaxiale elektrodynamische Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer
- 2 Erschütterungsmessgerät Apollo Box 4-Kanal mit Software SAMURAI

Die Schwingungsmessungen wurden auf der Grundlage der DIN 45669 "Messungen von Schwingungsimmissionen" [2] durchgeführt.



## 5 Messorte

Die Messpositionen sind so zu wählen, dass die höchsten Erschütterungen zu erwarten sind. Dies ist bei Erschütterungsmessungen in Gebäuden meistens die Mitte des Deckenfeldes. Im vorliegenden Fall wurden die Schwingungen im Baugrund durch mehrere, in definierten Abständen zum Gleis installierten Messpunkte erfasst. Folgende Messpositionen wurden gewählt:



Abbildung 1: Lage der MP1 und MP2

**Messpunkt MP1** befand sich in 21 m Entfernung zur Gleismitte des nächstgelegenen Gleises.

Die Erschütterungen am Messpunkt wurden in drei zueinander rechtwinkligen Raumrichtungen x, y und z registriert. Die Messrichtung x war horizontal und parallel zum Gleis orientiert, die Messrichtung y ebenfalls horizontal und rechtwinklig zu x, die Messrichtung z erfasste die Vertikalkomponente der Schwingungsimmissionen. Der Schwingungsaufnehmer wurde über einen Erdspeiß mit dem Boden gekoppelt, welches einem nach DIN 45669-2 [6] beschriebenen Verfahrens entspricht.



Abbildung 2: MP1

**Messpunkt MP2** befand sich in ungefähr 30 m Entfernung zur Gleismitte des nächstgelegenen Gleises. Die Erschütterungen am Messpunkt wurden in drei zueinander rechtwinkligen Raumrichtungen x, y und z registriert. Die Messrichtung x war horizontal und parallel zum Gleis orientiert, die Messrichtung y ebenfalls horizontal und rechtwinklig zu x, die Messrichtung z erfasste die Vertikalkomponente der Schwingungsimmissionen. Die Ankopplung war aufgrund der örtlichen Verhältnisse nur direkt auf einer Gehwegplatte möglich.



Abbildung 3: MP2



## 6 Messdurchführung

Die auf den Messort einwirkenden Erschütterungsimmissionen wurden am 05.01.2023 in der Zeit von 10:50 Uhr bis 12:15 Uhr in mehreren Messungen erfasst.

Für jede Zugvorbeifahrt wurde an jedem Messpunkt gemäß DIN 45669-1 ein bandpassgefiltertes Zeitsignal der Erschütterungen aufgenommen. Aus den Zeitsignalen wurden dann Terz-schnellespektren nach dem Verfahren „Peak-Hold, Fast“ ermittelt. Die spektralen Schwinggeschwindigkeitssignale wurden umgerechnet in Pegel  $L_v$  bezogen auf  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s. Die Auswertung der gespeicherten Signale erfolgte mittels der SAMURAI-Software und mit der Signalanalyse-software MATLAB von MathWorks, Inc. Ausgewertet wurden der Zeitverlauf der Schwinggeschwindigkeits-Signale im Frequenzbereich 1 bis 400 Hz.

## 7 Berechnungsschritte

Die ermittelten Terzschnellespektren sind die Grundlage für das Prognoseverfahren für die Erschütterungen. Die Prognose der Erschütterungen erfolgt gemäß folgender Gleichung:

$$L_{v-Raum}(f) = L_E(f) + \Delta L_B(f) + \Delta L_G(f) + \Delta L_M(f) \quad (1)$$

Hierbei sind

- $L_{v-Raum}(f)$ : Terzschnellespektrum am Immissionsort
- $L_E(f)$ : Terzschnellespektrum der Erschütterungen am Emissionsort
- $\Delta L_B(f)$ : baugrund- und abstandsbedingte Erschütterungsabnahme (Transmissionsweg)
- $\Delta L_G(f)$ : Gebäudespezifische Übertragungsfunktion am Immissionsort
- $\Delta L_M(f)$ : Einfügedämmung schwingungsmindernder Maßnahmen (falls vorhanden)

Die Prognoseformel entspricht den Empfehlungen der VDI 3837 [5].

Im Anhang 3 sind die gemessenen Terzspektren getrennt nach Messpunkten dargestellt. Die dicke Linie stellt den Mittelwert dar.

Da die Erschütterungsimmissionen nicht direkt durch eine Gebäudemessung erfasst wurden, werden die Gebäude-Übertragungsfunktionen durch statistische Werte und Variation der Deckeneigenfrequenz rechnerisch simuliert. Die Emissionsspektren der vorbeifahrenden Züge werden dabei aus den Messpunkten übernommen.

Für die Gebäude-Übertragungsfunktionen  $\Delta L_G(f)$  für Räume mit Betondeckenaufbau werden statistisch ermittelte Übertragungsfunktionen, wie sie in [7] beschrieben sind, herangezogen.

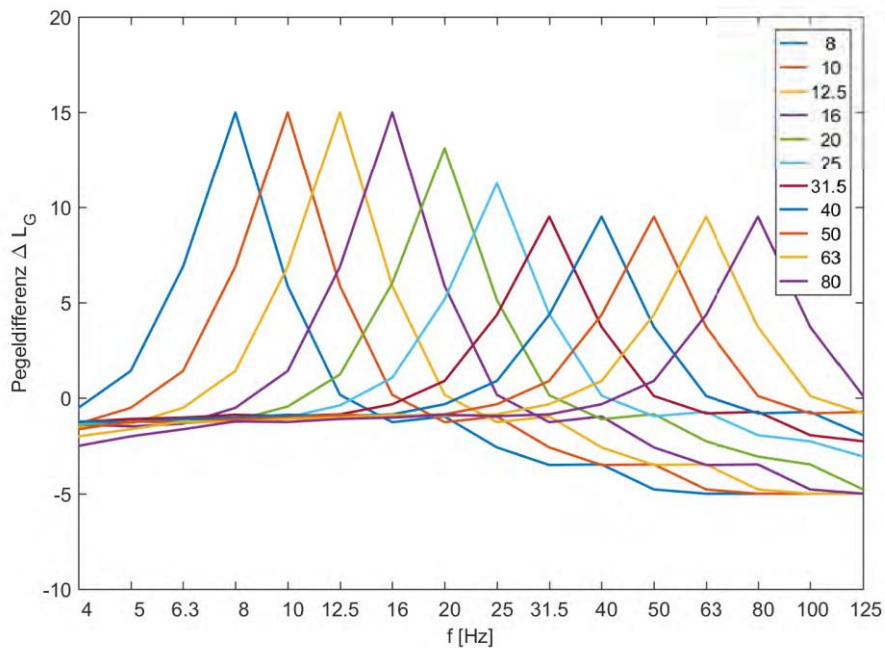


Abbildung 4: Übertragungsfunktion vom Gebäude-Außenmesspunkt zur Deckenmitte für Beton-Decken in Abhängigkeit der Deckeneigenfrequenzen

Da die Übertragungsfunktion maßgeblich von der Deckenresonanzfrequenz abhängig ist, wird die Deckenresonanzfrequenzen von 8 Hz – 80 Hz variiert und als Ergebnis der ungünstigste Wert verwendet. Damit soll sichergestellt werden, dass alle möglicherweise vorhandenen Deckeneigenfrequenzen der Gebäude berücksichtigt werden. Schwingungsmessungen erfassen nur einen Teil der möglichen Vorbeifahrten. Die Messungen beschreiben somit die absoluten Emissionen jeder Zugvorbeifahrt. In der Prognose wird die Anzahl der Zugvorbeifahrten im jeweiligen Beurteilungszeitraum rechnerisch berücksichtigt. Die Anzahl der Zugvorbeifahrten wird dem Betriebsprogramm entnommen, welches im Anhang A2 dargestellt ist. Insgesamt ergeben sich 270 Fahrten am Tag und 22 in der Nacht. Eine Unterscheidung in einzelne Fahrzeugtypen erfolgt nicht, da die Stärke der Erschütterungsemissionen nicht so sehr vom Straßenbahnmodell abhängt.

## 8 Untersuchungsergebnisse und Beurteilung

An den Messpunkten ergeben sich folgende Schwingstärken  $KB_{FT,r}$ :

$f_{res}$	MP1		MP2	
	$KB_{FT,r}$ Tag	$KB_{FT,r}$ Nacht	$KB_{FT,r}$ Tag	$KB_{FT,r}$ Nacht
8	0,03	0,012	0,014	0,005
10	0,025	0,01	0,013	0,005
12,5	0,025	0,01	0,013	0,005
16	0,024	0,01	0,01	0,004
20	0,021	0,008	0,009	0,004
25	0,021	0,009	0,009	0,003
31,5	0,028	0,011	0,009	0,004
40	0,048	0,019	0,01	0,004
50	0,044	0,018	0,012	0,005
63	0,028	0,011	0,015	0,006
80	0,021	0,009	0,016	0,007

Die an den Messpunkten prognostizierte Schwingstärke  $KB_{FT,r}$  liegen somit in allen Fällen weit unterhalb des Anhaltswert  $A_r$  von 0,07 tags und 0,05 nachts für Allgemeine Wohngebiete. Die Wahrnehmungsschwelle liegt bei der bewerteten Schwingstärke  $KBF=0,1$ . Ab diesem Wert werden Schwingungen vom Menschen als gerade wahrnehmbar empfunden.

Eine erhebliche Belästigung des Menschen im Geltungsbereich des Bebauungsplans durch Erschütterungseinwirkung von Zugvorbeifahrten kann somit ausgeschlossen werden. Bei Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 werden auch die Anhaltswerte der DIN 4150-3 eingehalten.

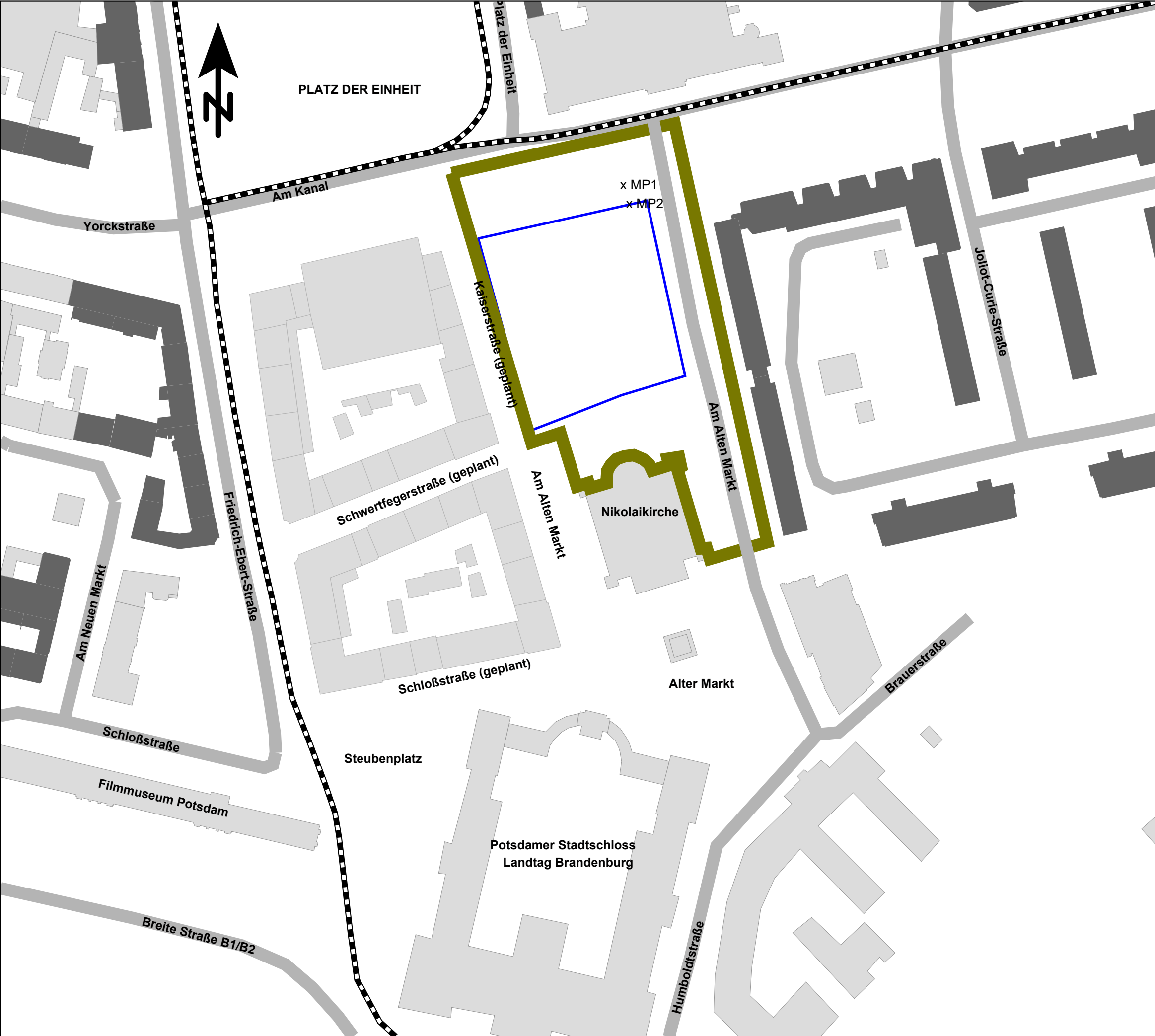
## 9 Literaturverzeichnis Regelwerke und Fachliteratur

- [1] **DIN 4150-2:1999-06** Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, 1999-06, Deutsches Institut für Normung, Beuth
  
- [2] **DIN 45669-1** Messung von Schwingungsimmissionen - Teil 1: Schwingungsmesser- Anforderungen und Prüfungen, 2010. Deutsches Institut für Normung, Beuth.
  
- [3] **DB Richtlinie 820.2050** „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“, DB Netz AG, 15.09.2017
  
- [4] **Bundes-Immissionsschutzgesetz BImSchG** – Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146) geändert worden ist.
  
- [5] **VDI 3837** Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen - Spektrales Prognoseverfahren, 2013. Beuth

## Anhang

# A1 Übersichtsplan





**Erschütterungstechnische Untersuchung**  
**B-Plan SAN-P 20**  
**Sanierungsgebiet**  
**"Postdamer Mitte" in der**  
**Landeshauptstadt Potsdam**

**ÜBERSICHTSPLAN**  
**B-Plan "SAN-P 20"**

Auftragnehmer:  
KSZ Ingenieurbüro GmbH  
Bühningstraße 12, 13086 Berlin

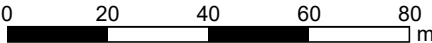


Auftraggeber:  
Sanierungsträger Potsdam GmbH  
Treuhänder der Landeshauptstadt Potsdam  
Pappelallee 4  
14469 Potsdam

**Zeichenerklärung**

- Straße
- - - Schiene
- Hauptgebäude
- Nebengebäude
- Geltungsbereiche B-Plan
- Baugrenze

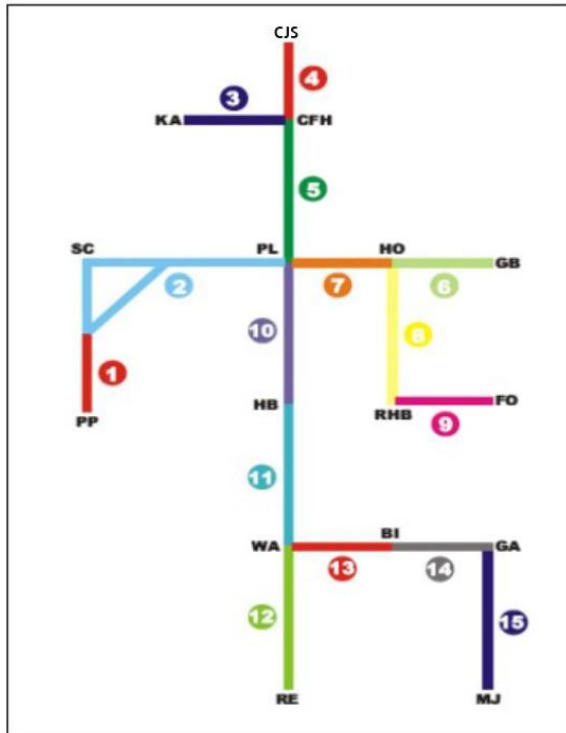
**Maßstab 1:1500**



Erstellt: 09.01.2023

ekt-Nr.: 22-004-10  
plan Erschütterung

## A2 Zugzahlen



### Linienabschnitte Tram mit unterschiedlicher Zugbelegung

Erläuterungen zu Haltestellenkürzeln:

BI:	Bisamkiez
CFH:	Campus Fachhochschule
CJS:	Campus Jungfernsee
FO:	Fontanestraße
GA:	Gaußstraße
GB:	Glienicker Brücke
HB:	S Hauptbahnhof
HO:	Holzmarktstraße
KA:	Kirschallee
KAZ:	Kastanienallee/Zeppelinstr.
MJ:	Marie-Juchacz-Straße
PL:	Platz der Einheit
PP:	Bhf Pirschheide
RE:	Bhf Rehbrücke
WA:	Waldstraße/Horstweg

Diese Haltestellenkürzel wurden auch in der Übersicht der Streckenbelegung verwendet.

Nachfolgend ist die Zugbelegung Montag bis Freitag nach dem zurzeit gültigen Fahrplan in den gewünschten Zeitklassen dargestellt. Eine Unterscheidung nach Zuglängen ist jetzt erfolgt

Streckenabschnitt	Richtung	Fahrtenanzahl im Zeitraum								
		6.00 - 18.00			18.00 - 22.00			22.00 - 6.00		
		Nf	COMBXL	KK	Nf	COMBXL	KK	Nf	COMBXL	KK
KA - CFH	1	39	7	16	13	0	2	13	0	1
	2	39	9	16	13	1	2	16	0	1
CJS - CFH	1	20	44	7	7	12	1	8	5	0
	2	21	44	7	7	11	1	7	6	1
CFH - PL	1	59	51	23	20	12	3	21	5	1
	2	60	53	12	20	12	3	22	6	2
PL - HB	1	127	51	52	42	12	9	39	5	3
	2	133	53	51	38	12	8	37	6	3
HB - WA	1	127	51	52	42	12	9	39	5	3
	2	133	53	51	38	12	8	37	6	3
WA - RE	1	66	0	28	18	0	6	13	0	2
	2	65	0	26	16	0	4	16	0	2
Streckenabschnitt	Richtung	Fahrtenanzahl im Zeitraum								

abschnitt	tung									
		6.00 - 18.00			18.00 - 22.00			22.00 - 6.00		
		Nf	COMBXL	KK	Nf	COMBXL	KK	Nf	COMBXL	KK
WA - BI	1	62	51	25	26	15	5	24	11	1
	2	67	52	26	21	10	3	27	6	4
BI - GA	1	39	46	13	7	15	1	13	12	3
	2	36	46	14	10	10	2	6	9	1
GA - MJ	1	39	46	13	7	15	1	13	12	3
	2	36	46	14	10	10	2	6	9	1
PP - KAZ	1	44	0	13	15	0	2	10	0	2
	2	46	0	13	11	0	2	11	0	1
KAZ - PL	1	71	0	23	19	0	3	14	0	2
	2	74	0	23	15	0	2	15	0	3
PL - HO	1	100	0	8	25	0	2	11	0	0
	2	101	0	8	24	0	2	11	0	0
HO - GB	1	29	0	8	7	0	2	3	0	0
	2	29	0	8	8	0	2	2	0	0
HO - FO	1	72	0	0	17	0	0	8	0	0
	2	71	0	0	17	0	0	9	0	0

Nf: Combino, Variobahn 30,50 m 6 Achsen  
 COMBXL: Combino XL 41,63 m 8 Achsen  
 KK: KT4D Doppeltraktion: 38,00 m 8 Achsen

Karge  
 Leiter Verkehrsplanung

## A3 Terzspektren



