

Machbarkeitsuntersuchung zum Sprengabbruch der Bergshäuser Brücke, BAB 44



Auftraggeber: Schübler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH
Grafenberger Allee 293
40237 Düsseldorf

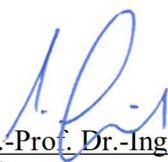
Berichtsnummer: X1015.021.01.001

Dieser Bericht umfasst 12 Seiten Text und 7 Seiten Anhang.

Höchberg, 17.11.2021


Christoph Sebold, M. Sc.
Bearbeitung


Clarissa Rapps, M. Sc.
Prüfung


Univ.-Prof. Dr.-Ing. Max Gündel
Freigabe

Bekanntgegebene
Messstelle nach
§ 29b BImSchG
für Geräusche und
Erschütterungen
VMPA-anerkannte
Schallschutzprüf-
stelle
nach DIN 4109,
VMPA-SPG-210-04-
BY

Änderungsindex

Version	Datum	Geänderte Seiten	Hinzugefügte Seiten	Erläuterungen
001	17.11.2021	-	-	Erstellung

Inhaltsverzeichnis

1	Situation, Aufgabe	4
2	Unterlagen, Abkürzungen	5
2.1	Unterlagenverzeichnis	5
2.2	Abkürzungsverzeichnis	5
3	Beschreibung der Brücke	6
3.1	Brückenüberbau	6
3.2	Brückenpfeiler.....	6
4	Umgebung des Sprengobjektes.....	7
4.1	Versorgungsleitungen.....	7
4.2	Straßen und Wege	7
4.3	Betroffene Schutzziele.....	7
5	Angaben zur Sprengung	8
5.1	Variante 1.....	8
5.2	Variante 2.....	8
6	Schutzmaßnahmen	9
6.1	Allgemeines	9
6.2	Variante 1.....	9
6.3	Variante 2.....	9
7	Aufprallerschütterungen.....	10
7.1	Anforderungen zum Erschütterungsschutz	10
7.2	Prognose der Aufprallerschütterungen	10
7.2.1	Sprengabbruch der Pfeiler inklusive Überbau – Variante 1	10
7.2.2	Sprengabbruch der Pfeiler ohne Überbau – Variante 2	11
7.3	Bewertung der Aufprallerschütterungen.....	11
8	Fazit	12

Anhänge

Anhang	Inhalt
--------	--------

Bl. 1	Sprengabbruchstudie, Bergshäuser Brücke, Lage- und Leitungsplan
Bl. 2	Sprengabbruchstudie, Bergshäuser Brücke, Grundriss Variante 1 und Variante 2
Bl. 3	Sprengabbruchstudie, Bergshäuser Brücke, Längsschnitt und unteres Sprengmaul Variante 1
Bl. 4	Sprengabbruchstudie, Bergshäuser Brücke, Längsschnitt und Sprengmaul Variante 2
Bl. 5	Sprengabbruchstudie, Bergshäuser Brücke, Pfeilersprengzonen Variante 1
Bl. 6	Sprengabbruchstudie, Bergshäuser Brücke, Pfeilersprengzonen Variante 2
Bl. 7	Sprengabbruchstudie, Bergshäuser Brücke, Brückenquerschnitt Variante 1

1 Situation, Aufgabe

Im Zuge des sechsstreifigen Ausbaus der BAB 44 zwischen AK Kassel-West bis AD Kassel-Süd soll die südlich von Bergshausen gelegene Autobahnbrücke abgebrochen werden. Hierzu wird ein Sprengabbruch der Brücke in Betracht gezogen. Das Abbruchobjekt ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die vorliegende Studie untersucht den Sprengabbruch des westlich der Fulda gelegenen Brückenabschnitts als grundsätzliche Lösungsvariante, beschreibt die erforderlichen Vorbereitungsarbeiten, ermittelt die Auswirkungen der Sprengung für die Nachbarbebauung und leitet Sicherheitsmaßnahmen ab. In zwei Varianten wird der Sprengabbruch der Pfeiler mit (Variante 1) und ohne Überbau (Variante 2) untersucht.

Detaillierte Angaben zu Vorschwächungen und Ausbildung der Sprengbereiche sind nicht Inhalt des Berichtes und ggf. Gegenstand einer separaten Ausführungsplanung.



Abbildung 1: Bergshäuser Brücke, BAB 44, Blickrichtung Nord-Ost [6]

2 Unterlagen, Abkürzungen

2.1 Unterlagenverzeichnis

Nr.	Dokument	Bezeichnung / Beschreibung	
[1]	DIN 4150	Erschütterungen im Bauwesen	
	[1a] Teil 1:	Vorermittlung von Schwingungsgrößen	2001-06
	[1b] Teil 3:	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	2016-12
[2]	Bauwerksbuch A44 / Bergshäuser Brücke, Bauwerk 600	Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement	2019-06-19
[3]	Schal- und Bewehrungspläne	Bergshäuser Brücke, Bauwerksnummer 600	
	[3a] TB1 / Philipp Holzmann AG		1959
	[3b] TB2 / Ways & Freytag KG		1969
[4]	Statiken aus der Bauzeit	Bergshäuser Brücke, Bauwerksnummer 600	
	[4a] TB1 / Aug. Klönne		1960
	[4b] TB2 / Dr. K. Trenks Beratender Ingenieur VBI		1970
[5]	Bestandsübersichtszeichnungen, Lageplan mit Versorgungsleitungen	Die Autobahn GmbH des Bundes	2021
[6]	Ortstermin und Fotos der Bergshäuser Brücke	Aufgenommen von C. Rapps, M. Sc., Wölfel Engineering GmbH + Co. KG	2021-09-06

2.2 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AD	Autobahndreieck
AK	Autobahnkreuz
E [MNm]	Potentielle Energie
GOK	Geländeoberkante
H [m]	Höhen der Brückenpfeiler
L [m]	Falllänge der Pfeiler
LW(-Leiter)	Lichtwellen(-Leiter)
OK	Oberkante
R [m]	Entfernung zum Erschütterungszentrum
WH	Wohnhaus
h [m]	Höhen der oberen Sprengmäuler
m [t]	Massen der Brückenpfeiler
$v_{i,max}$ [mm/s]	Anhaltswerte der max. Schwinggeschwindigkeit auf dem Fundament
$v_{90\%}$ [mm/s]	Prognostizierte Schwinggeschwindigkeit, 90 % Quantil

3 Beschreibung der Brücke

Die insgesamt etwa 700 m lange Bergshäuser Brücke besteht aus zwei Teilbauwerken Nord und Süd, welche südlich von Bergshausen die Fulda überqueren. Teilbauwerk Nord, mit Richtungsfahrbahn Dortmund, wurde 1962 errichtet, während Teilbauwerk Süd, mit Richtungsfahrbahn Kassel, 1971 errichtet wurde [2].

Beide Teilbauwerke wurden als Stahlfachwerkbrücke mit orthotroper Fahrbahnplatte über 7 Felder ausgeführt. Die Feldlängen sind bei beiden Teilbauwerken identisch und betragen von Ost nach West: 79,20 m - 91,20 m - 107,48 m - 143,20 m - 107,48 m - 91,20 m - 79,20 m (siehe Bl. 1). In Achse „D“ sind Linienkipplager und in den restlichen Achsen „A“ bis „C“ sowie „E“ bis „H“ Rollenlager verbaut. [2]

3.1 Brückenüberbau

Die beiden Überbauten besitzen eine maximale lichte Höhe von ca. 48 m ab OK Fundament [3] und bestehen aus einem etwa 6,5 m hohen Stahlfachwerk mit orthotroper Fahrbahnplatte. Der Überbau des TB 1 / Nord weist eine Breite von 12,50 m auf, während bei TB 2 / Süd eine Breite von 13,70 m vorliegt [5].

Die Massenbelegung der Überbauten wurde im Mittel zu $\mu \approx 5,59$ t/m (TB 1 / Nord) bzw. $\mu \approx 7,06$ t/m (TB 2 / Süd) ermittelt.

Der Überbau der Nordbrücke wurde im Jahr 2018 durch vier externe Spannglieder nachträglich vorgespannt, siehe [2].

3.2 Brückenpfeiler

Die Abmessungen und Massen der Brückenpfeiler in den jeweiligen Achsen beider Teilbauwerke sind identisch. Die zwölf Stahlbeton-Hohlkastenpfeiler in 6 Pfeilerachsen sind unten eingespannt und oben (mit Ausnahme der Linienkipplager in Achse „D“) über Rollenlager als Loslager ausgebildet. Die Pfeilerköpfe weisen Abmessungen von 8,0 x 2,0 m auf. Mit einem Anzug von 1:42 vergrößern sich die Pfeilerabmessungen in Brückenlängsrichtung von 2,0 m an der Pfeileroberkante auf bis zu maximal 4,3 m (Pfeilerachse „D“) auf Höhe OK des Fundaments. Die Pfeilerköpfe sind jeweils ca. 160 t schwer. Die Quer- und Längswände der Pfeiler sind 0,4 m stark (siehe Bl. 5). Die Pfeilerhöhen **H** und die Pfeilermassen (inkl. Masse der Pfeilerköpfe) **m** jeweils ab OK Rohfußboden sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Höhen und Massen der Brückenpfeiler [4]

Pfeiler- achse	„E“	„F“	„G“
H [m]	42,83	40,63	26,61
m [t]	1212	1121	770

4 Umgebung des Sprengobjektes

Die abzubrechende Stahlfachwerkbrücke liegt südlich von Bergshausen und überspannt ein Tal, durch welches die Fulda in nördlicher Richtung fließt. Die Umgebung der Brücke ist auf Bl. 1 dargestellt. Nachfolgend wird die Umgebung des westlichen Brückenabschnitts (Achse „E – H“) beschrieben.

4.1 Versorgungsleitungen

Unterhalb der Brücke und in deren unmittelbarer Nähe verlaufen mehrere Versorgungsleitungen. Diese sind in Bl. 1 detailliert dargestellt. Im Folgenden sind die wesentlichen Versorgungsleitungen aufgelistet. [5]

- Zwischen Pfeilerachse „F“ und „G“ verläuft, aus Richtung Nord-West kommend, eine Stromleitung. Diese unterquert die L3124 im Bereich der Kreuzung zwischen der Landstraße und den Wirtschaftswegen.
- Zwischen Pfeilerachse „F“ und „G“, östlich und parallel zur L3124 verläuft eine Fernmeldeleitung.
- Die Brücke wird in direkter Nähe zum Widerlager in Achse „H“ von einem Wirtschaftsweg unterquert, zu welchem östlich parallel ein LW-Leiter verläuft
- Südlich der Brücke verläuft eine Fernmeldeleitung und ein LW-Leiter
- Südlich des Widerlagers in Achse „H“ befindet sich ein 20 kV Mittelspannungsmast

4.2 Straßen und Wege

Die Brücke überquert westlich der Fulda die L3124 zwischen den Ortschaften „Neue Mühle“ und „Fulbabrück“ (siehe Bl. 1 und Bl. 2). Zwei asphaltierte Feldwege des nahegelegenen Guts sowie der Reitanlage münden wenige Meter südlich der Brücke zwischen Pfeilerachse „F“ und „G“ in die L3124. In unmittelbarer Nähe zum Widerlager in Achse H unterquert ein Wirtschaftsweg die Brücke. Ein weiterer Wirtschaftsweg mündet nördlich der Brückenlängsachse, wenige Meter entfernt von der Brücke, in die L3124.

4.3 Betroffene Schutzziele

Die unmittelbar von einer Sprengung beeinträchtigten Schutzziele sind auf Bl. 1 dargestellt. Sie setzen sich aus dem nächstgelegenen Wohngebäude auf der östlichen Seite der Fulda, einem Bürogebäude („Sun Consult“) nördlich des untersuchten Brückenabschnitts, sowie einer südlich gelegenen Reitanlage, einer Freizeitanlage und einem Mittelspannungsmast zusammen. In Tabelle 2 sind diese von Norden beginnend aufgelistet.

Tabelle 2: Schutzziele in der Umgebung des Sprengobjekts

Schutzziel	Entfernung zum Erschütterungszentrum R
#1: Sun-Consult	ca. 150 m
#2: WH Uferstraße 6, östlich der Fulda	ca. 130 m
#3: Mittelspannungsmast	ca. 145 m
#4: Gut Freienhagen	ca. 285 m
#5: Reitanlage Gut Freienhagen	ca. 280 m



5 Angaben zur Sprengung

Im Folgenden werden zwei Sprengvarianten untersucht. In Variante 1 wird der westlich der Fulda gelegene Brückenabschnitt, inklusive Überbau, gesprengt. In Variante 2 ist der Überbau bereits rückgebaut und die Sprengung beschränkt sich auf die Pfeiler in Achse „E“ bis „G“.

5.1 Variante 1

Durch eine Sprengfaltung der Pfeiler wird ein exakt senkrechter Absturz des Überbaus erzielt. Dazu werden die Pfeiler in Achse „E“, „F“ und „G“ durch eine zweiteilige Sprengfaltung in Brückenlängsrichtung eingeknickt. Die Knick- bzw. Kipprichtung der Pfeiler wurde so gewählt, dass sie von kritischer Nachbarschaft fort gerichtet ist. Die Einhaltung der Pfeiler-Knickrichtungen in die Brückenlängsrichtung wird durch sorgfältige Begrenzung der Sprengmäuler, die rechteckigen Pfeiler-Hohlquerschnitte und den eigentlichen Faltvorgang sichergestellt. Die gleiche Höhe der oberen und unteren Pfeilerabschnitte erzeugt beim Einknicken keine Horizontalbewegung des Überbaus. Der Brückenüberbau stürzt somit exakt senkrecht nach unten ab. Infolge der entstehenden starken vertikalen Durchbiegung werden die Brückenden in Achse „H“ bis zum Bodenaufprall in die Längsrichtung bzw. talwärts gezogen, lösen sich dabei von den Widerlagern und stürzen ebenfalls ab.

Für die Sprengfaltung erhält jeder Pfeiler zwei Sprengmäuler. Das untere Sprengmaul wird jeweils direkt auf Höhe der OK des Rohfußbodens vorbereitet und ist nach vorn, d.h. in Kipprichtung, geöffnet. Das obere Sprengmaul teilt den Pfeiler in zwei gleich hohe Hälften $H/2$ und ist in die rückwärtige Richtung geöffnet. Die Höhen $h = H/2$ der oberen Sprengmäuler über OK Rohfußboden sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Lage der oberen Sprengmäuler (siehe Bl. 3 und Bl. 5)

Pfeiler- achse	„G“	„F“	„E“
h [m]	13,31	20,32	21,42

Die Sprengmäuler in den 40 cm dicken Pfeilerwänden können zwischen den erforderlichen Ausbrüchen überwiegend mit Längs-Bohrlöchern vorbereitet werden. Zunächst wird die Nordbrücke und mit einer Verzögerung von mehreren Sekunden die Südbrücke gesprengt. Alle Ladungen einer Brücke werden etwa gleichzeitig gezündet. Die Initiierung erfolgt mehrfach bzw. redundant. Um das Versagensrisiko zu minimieren empfehlen wir für die Südbrücke den Einsatz elektronischer Zünder. Damit und mit einer sorgfältigen Vorbereitung kann der Ausfall bzw. die Nichtrealisierung eines Sprengmaules technisch ausgeschlossen werden.

5.2 Variante 2

Im Gegensatz zur Sprengfaltung der Pfeiler in Variante 1 werden die Pfeiler in Variante 2 ohne den Brückenüberbau durch eine Fallrichtungssprengung (Kippen des gesamten Pfeilers) zu Fall gebracht. Die Vorbereitung der unteren Sprengmäuler geschieht analog zu Variante 1. Die Pfeiler „G“ und „E“ kippen in Richtung Westen und die Pfeiler „F“ in Richtung Osten.

Die maximalen Falllängen L betragen etwa das 1,2-fache der Pfeilerhöhen H .

Tabelle 4: Maximale Falllängen der Pfeiler bei eine Fallrichtungssprengung

Pfeilerachse	„E“	„F“	„G“
L [m]	51,5	49,0	32,0

6 Schutzmaßnahmen

6.1 Allgemeines

Alle Sprengzonen erhalten einen wirksamen „primären“ Streuflugschutz (Geotextil, Maschendraht, Vlies). Zusätzliche „sekundäre“ Streuflugschutzmaßnahmen sind aufgrund der Entfernung zu Nachbargebäuden nicht notwendig.

Der Gefahrenbereich bei der Sprengung wird von der verantwortlichen Sprengfirma definiert. Er dürfte einen Radius der Größenordnung von etwa 200 bis 300 m umfassen. In diesem abgesperrten Bereich ist der ungedeckte Aufenthalt von Personen und beweglichen Sachwerten verboten. Auch Verkehrssperrungen werden in diesem Bereich erforderlich.

Eine unabhängige sachverständige Kontrolle und Abnahme aller Vorbereitungsarbeiten wird empfohlen.

Zur Erfassung der auftretenden Erschütterungen während der Sprengung werden fünf 3D-Geophone empfohlen, die an den in Tabelle 2 hinterlegten Schutzzielen installiert werden.

6.2 Variante 1

Es wird derzeit davon ausgegangen, dass die Umlenkkonstruktion der externen Spannglieder an der Nordbrücke vor der Sprengung demontiert wird. Sollte dies nicht der Fall sein, empfehlen wir im Aufprallbereich dieser Konstruktion 4 m tiefe Gräben mit beidseitig ca. 4 m hohen Stützwällen zu errichten um die einschneidende Wirkung zu reduzieren und den Überbau erschütterungsmindernd abzufangen.

Die unter dem Brückenfeld zwischen Achse „F“ und „G“ laufende Straße wird durch beidseitig angeordnete, stabile Stützwälle gewissermaßen hohl gelegt bzw. vor direkter Aufprallwirkung des Überbaus entlastet. Die E-Leitung welche die Brücke zwischen Achse „E“ und „F“ unterquert wird ebenfalls durch Stützwälle hohl gelegt. Ein weiterer Stützwall nahe des Widerlagers „H“ ist vorgesehen um den dort befindlichen Wirtschaftsweg und den LW-Leiter zu schützen.

Die Lage der Leitungen sind in Bl. 2 gekennzeichnet und vor der Errichtung der Stützwälle zu überprüfen.

Zum Schutz der unterirdischen Objekte und um die Aufprallerschütterungen zu reduzieren werden zwischen den Stützwällen im Bereich der Straße sowie im Bereich des Wirtschaftswegs und der Versorgungsleitungen Fallbetten aus nicht bindigem Lockermaterial aufgeschüttet, siehe Bl. 3.

Da bei sehr feuchter Witterung bzw. wassergesättigtem und bindigem Boden im Aufprallbereich die Gefahr besteht, dass Schlamm seitwärts ausgetrieben wird, sollten die Fallbetten und Stützwälle unmittelbar vor der Sprengung nicht wassergesättigt sein. Grundsätzlich kann im unmittelbaren bzw. direkten Aufprallbereich keine Erschütterungsprognose aufgestellt und auch keine Schadenfreiheit von Geländeoberflächen und unterirdischen Medien garantiert werden.

6.3 Variante 2

Die Kipprichtung der Pfeiler ist von der Fulda, der Straße und den Versorgungsleitungen weggerichtet, sodass im Aufprallbereich der Pfeiler keine schützenswerten Objekte liegen und somit keine Stützwälle erforderlich werden (siehe Bl. 2 und Bl. 4). Um die Aufprallerschütterungen zu minimieren und die Deformationen des Erdreichs zu begrenzen, werden im Aufprallbereich der Pfeilerköpfe Fallbetten vorgesehen.

7 Aufprallerschütterungen

7.1 Anforderungen zum Erschütterungsschutz

Die Prognose und Beurteilung von Erschütterungen erfolgt i. d. R. gemäß DIN 4150 („Erschütterungen im Bauwesen“ [1]). Darin werden in Teil 1 der Norm Prognose-Formeln für die Erschütterungsausbreitung und typische Einwirkungen infolge verschiedener Verursacher beschrieben. In Teil 3 werden Fundament-Anhaltswerte hinsichtlich möglicher Schädigungen der Bausubstanz angegeben.

Bei der Sprengung der Bergshäuser Brücke liegen als Schutzziele das benachbarte Gut Freienhagen, die Reitanlage Gut Freienhagen, ein Wohngebäude in der Uferstraße 6 auf der östlichen Seite der Fulda, der Mittelspannungsmast und verschiedene Straßen und Leitungen vor (siehe Bl. 1 und Bl. 2).

Die vorherrschende Frequenz der immitierten Aufprallerschütterungen liegt bei oder unter 10 Hz. Die für diesen Frequenzbereich geltenden Anhaltswerte auf dem Fundament nach [1b] sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Für die nächstgelegenen, als Wohnhäuser klassifizierten Gebäude, wird als Anhaltswert auf dem Fundament 5 mm/s herangezogen. Bei Einhaltung dieses Anhaltswertes werden Schönheitsschäden, wie z. B. Risse im Putz, ausgeschlossen.

Der Mast der MS-Leitung kann als Industriebauwerke eingestuft werden. Ihm wird ein Anhaltswert von 20 mm/s zugewiesen [1b].

Die genannten Anhaltswerte $v_{i,max}$ sind als untere Grenzwerte zu verstehen. Bei ihrer Einhaltung werden gebrauchswertmindernde Erschütterungsschäden ausgeschlossen. Bei einer moderaten Überschreitung dieser Anhaltswerte ist allerdings nicht zwangsläufig mit Schäden zu rechnen.

Tabelle 5: Anhaltswerte der max. Schwinggeschwindigkeitskomponente $v_{i,max}$ auf dem Fundament nach DIN 4150, Teil 3 [1b]

Immissionsort	$v_{i,max}$ [mm/s]
Wohngebäude	5
Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten	20

7.2 Prognose der Aufprallerschütterungen

Nachfolgend werden die aus dem Sprengabbruch der Bergshäuser Brücke resultierenden Aufprallerschütterungen prognostiziert. Die Erschütterungsprognose erfolgt auf Basis von vorangegangenen und vergleichbaren Brückensprengungen und der Formel zur Erschütterungsausbreitung gemäß DIN 4150 Teil 1 [1a].

Die potentielle Energie E ist abhängig von der dazugehörigen Fallhöhe ($E = m \cdot g \cdot h$). Für die Ermittlung der maximalen potentiellen Energie wird eine „Überbau-Einflusslänge“ von 75,2 m über dem Brückens Pfeiler „E“ zu Grunde gelegt (halbes Überbaufeld „E-F“ und 12,5 m des Feldes „D-E“). Dieser Überbau-Abschnitt des TB 2 / Süd wiegt ca. 577 t und besitzt eine potentielle Energie von etwa 570,98 MNm. Mit der potentiellen Energie der gleichzeitig aufprallenden Bauteile, dem minimalen Abstand R des Erschütterungszentrums vom jeweiligen Immissionsort und einer adaptierten Prognoseformel nach DIN 4150 Teil 1 [1a] werden folgende maximale Schwinggeschwindigkeitskomponenten $v_{90\%}$ an den Fundamenten prognostiziert. Die Prognosewerte $v_{90\%}$ werden mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % unterschritten.

7.2.1 Sprengabbruch der Pfeiler inklusive Überbau – Variante 1

Die prognostizierten Erschütterungen für die Sprengung des westlichen Brückenabschnitts der Bergshäuser Brücke für die Pfeiler „E“ bis „G“ inklusive Überbau sind in Tabelle 4 aufgelistet. $v_{i,max}$ ist dabei der jeweils zutreffende Anhaltswert für Schadenfreiheit (vgl. Abschnitt 7.1).

Tabelle 6: Prognostizierte Aufprallerschütterungen $v_{90\%}$ infolge des Sprengabbruchs der Bergshäuser Brücke westlich der Fulda und Anhaltswerte für Schadenfreiheit nach [1b] für den Sprengabbruch beider Teilbauwerke – Variante 1: Sprengfaltung der Pfeiler mit Überbau

Schutzziel	Erschütterungszentrum		E [MNm]	R [m]	$v_{90\%}$ [mm/s]	$v_{i,max}$ ¹⁾ [mm/s]
	Brücke	Achse				
#1 Sun-Consult	TB 2 / Süd	G	332,93	154	1,6	5
#2 WH Uferstraße 6	TB 2 / Süd	E	570,98	129	2,5	5
#3 MS-Mast	TB 2 / Süd	G	332,93	145	1,7	20
#4 Gut Freienhagen	TB 2 / Süd	E	570,98	287	1,2	5
#5 Reitanlage Gut Freienhagen	TB 2 / Süd	F	531,55	285	1,1	5

1) Die vorherrschende Frequenz der erzeugten Aufprallerschütterungen liegt unter 10 Hz

7.2.2 Sprengabbruch der Pfeiler ohne Überbau – Variante 2

Die prognostizierten Erschütterungen für die Sprengung des westlichen Brückenabschnitts der Bergshäuser Brücke für die Pfeiler „E“ bis „G“ ohne Überbau sind in Tabelle 7 aufgelistet. $v_{i,max}$ ist dabei der jeweils zutreffende Anhaltswert für Schadenfreiheit (vgl. Abschnitt 7.1).

Tabelle 7: Prognostizierte Aufprallerschütterungen $v_{90\%}$ infolge des Sprengabbruchs der Bergshäuser Brücke westlich der Fulda und Anhaltswerte für Schadenfreiheit nach [1b] für den Sprengabbruch beider Teilbauwerke – Variante 2: Fallrichtungssprengung der Pfeiler ohne Überbau

Schutzziel	Erschütterungszentrum		E [MNm]	R [m]	$v_{90\%}$ [mm/s]	$v_{i,max}$ ¹⁾ [mm/s]
	Brücke	Achse				
#1 Sun-Consult	TB 1 / Nord	F	233,90	194	0,9	5
#2 WH Uferstraße 6	TB 1 / Nord	E	268,68	124	1,7	5
#3 MS-Mast	TB 2 / Süd	G	111,10	120	1,1	20
#4 Gut Freienhagen	TB 2 / Süd	E	268,68	287	0,6	5
#5 Reitanlage Gut Freienhagen	TB 2 / Süd	F	233,90	285	0,6	5

1) Die vorherrschende Frequenz der erzeugten Aufprallerschütterungen liegt unter 10 Hz.

7.3 Bewertung der Aufprallerschütterungen

Die prognostizierten Schwinggeschwindigkeiten infolge des Aufpralls des westlichen Brückenabschnitts inklusive Überbau liegen am HS-Mast mit 1,7 mm/s deutlich unter dem Anhaltswert von 20 mm/s für Industriebauten nach [1b]. Schäden infolge der Erschütterungen können dort bei beiden Sprengabbruchvarianten ausgeschlossen werden.

An den Wohnhäusern wird eine maximale Schwinggeschwindigkeit von 2,5 mm/s (WH Uferstraße 6) für den Sprengabbruch des südlichen Teilbauwerks 2 inklusive Überbau prognostiziert. Dieser Wert liegt unterhalb des Anhaltswertes von 5 mm/s für Wohngebäude nach [1b]. Erschütterungsschäden werden bei Variante 1 und 2 nicht erwartet.

Für die westlich der Fulda gelegenen Schutzziele ergibt sich am „Sun Consult“ durch das südliche Teilbauwerk 2 mit einer Unterschreitungswahrscheinlichkeit von 90 % eine Schwinggeschwindigkeit von ca. 1,6 mm/s. Die erwarteten Schwinggeschwindigkeiten an der „Reitanlage Gut Freienhagen“ und am „Gut Freienhagen“ sind mit 1,1 und 1,2 mm/s noch geringer. Der Anhaltswert von 5,0 mm/s wird nicht überschritten.

Für die Flächen im unmittelbaren bzw. direkten Aufprallbereich von abstürzenden Bauteilen können keine Prognosewerte angegeben werden und keine Schadenfreiheit von Geländeoberflächen und unterirdischen Medien garantiert werden.

Die Aufprallerschütterungen bei Variante 2 sind tendenziell geringer als bei Variante 1. Die Anhaltswerte gemäß DIN 4150-3 werden bei beiden Varianten und allen Schutzzielen mit Abstand eingehalten.

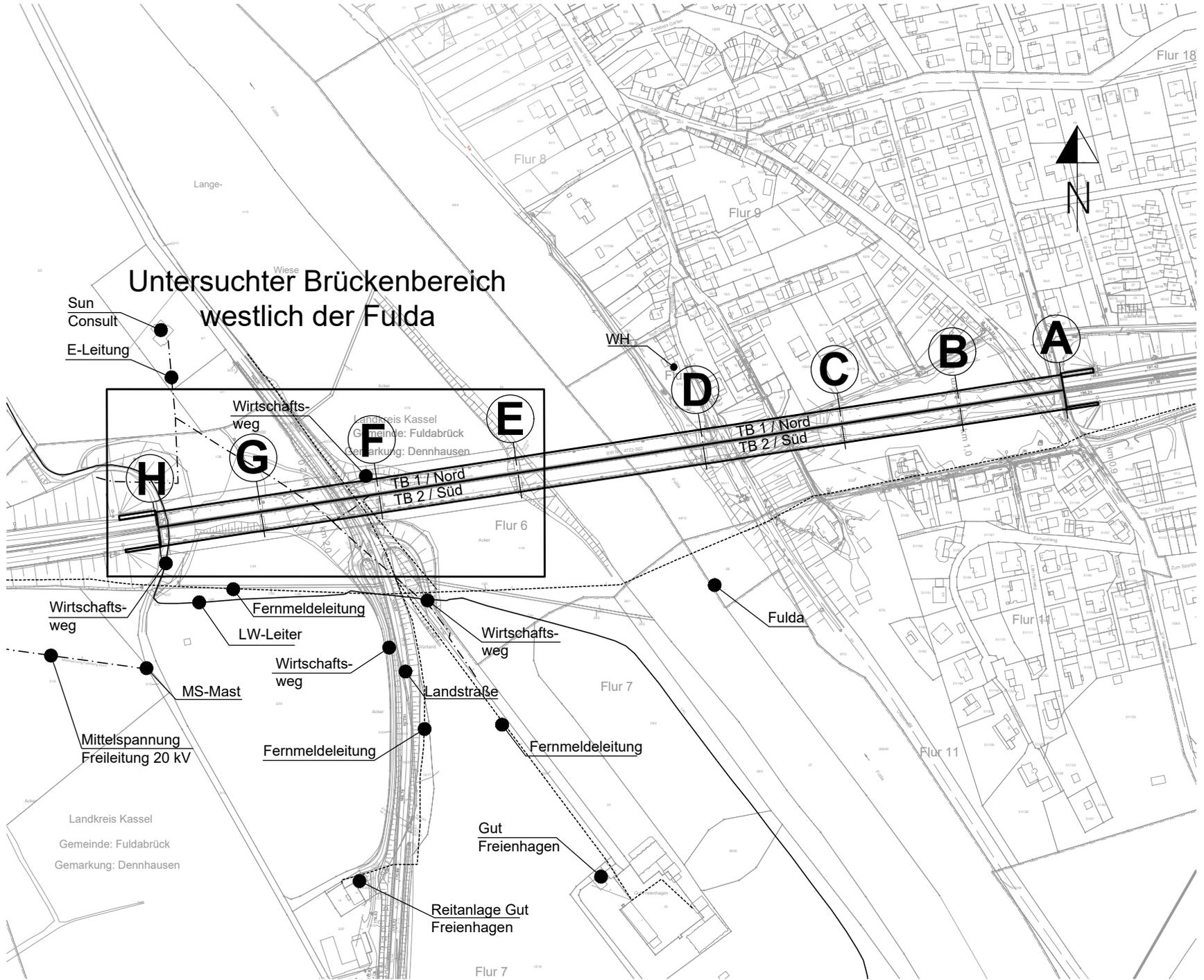
Um mögliche Schäden aus dem Sprengabbruch von den möglicherweise bereits vorhandenen differenzieren zu können, empfiehlt sich eine Erschütterungsmessung während der Sprengung an insgesamt fünf Messpositionen (vgl. Kapitel 6).

8 Fazit

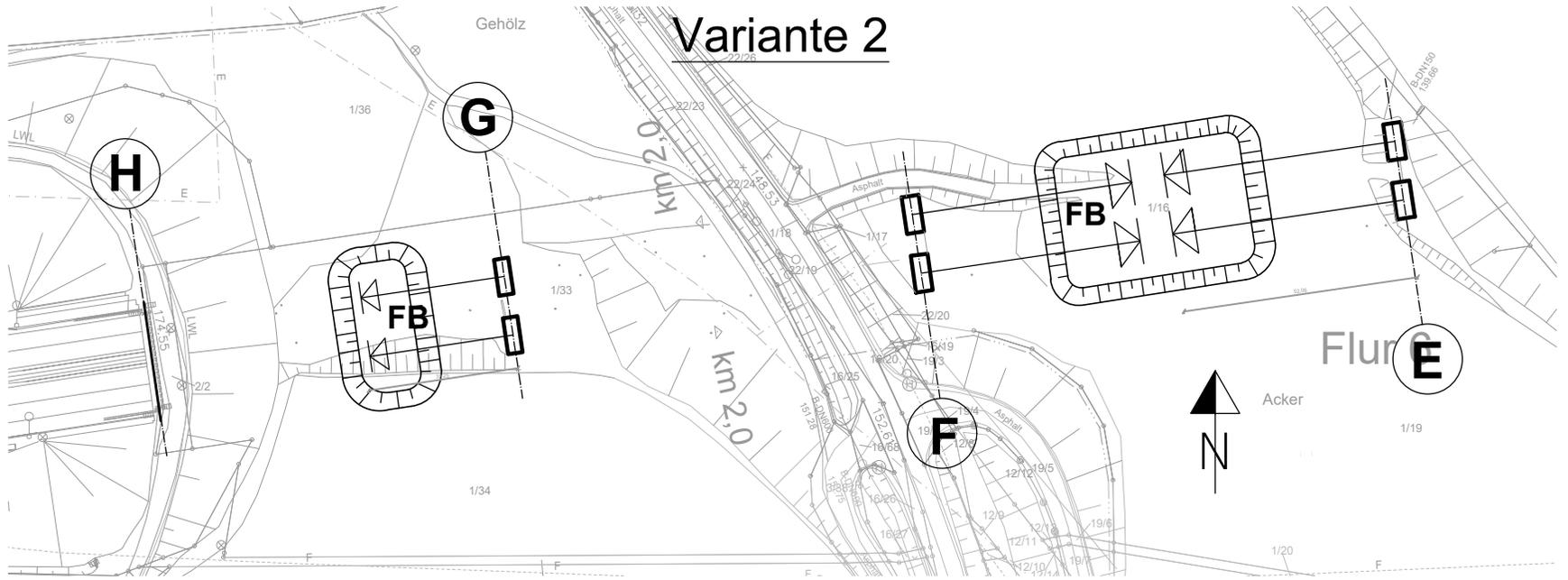
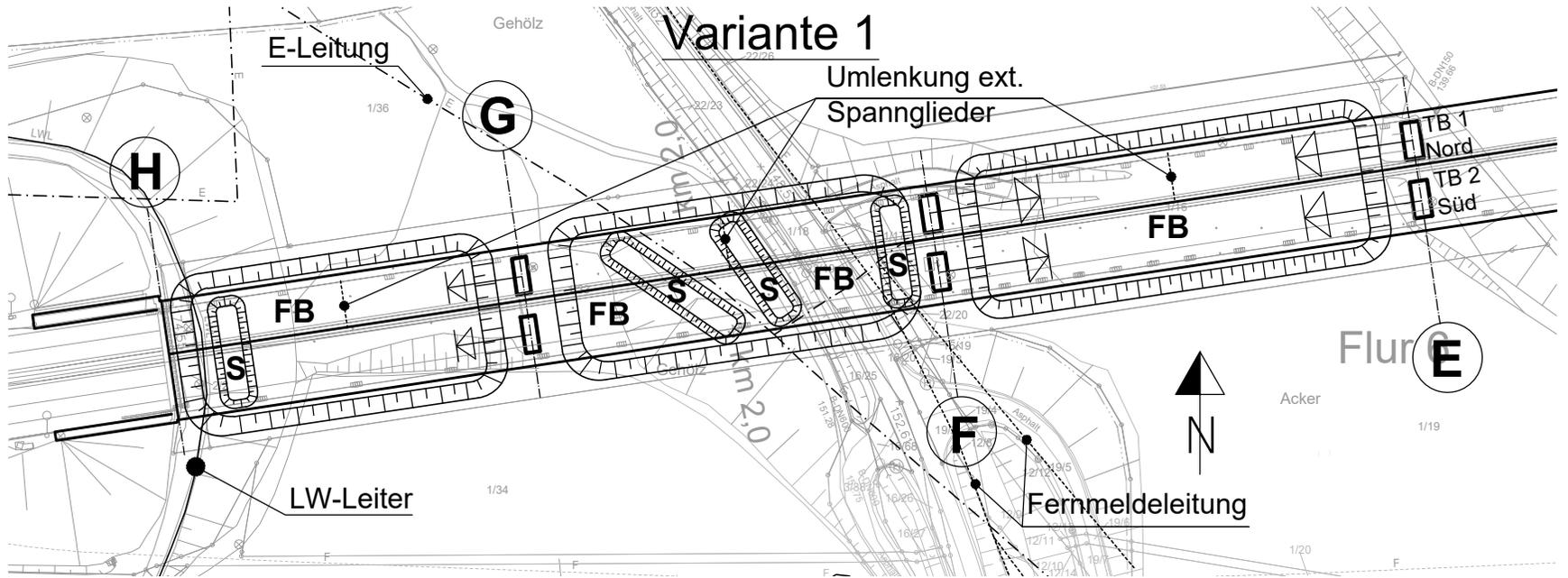
Zur Vorbereitung der Sprengvariante 1 sind aufgrund der zwei Sprengmäuler je Pfeiler, der insgesamt größeren Fallbettmengen und den zusätzlichen Stützwällen im Bereich der Straßen und Leitungen, größere Vorbereitungen im Vorfeld der Sprengung einzuplanen. Demgegenüber steht die Demontage des Überbaus im westlichen Brückenabschnitt von Variante 2, deren Ausführung bei einer reinen Pfeilersprengung im Voraus auszuführen ist.

Mit den beschriebenen Schutzmaßnahmen und einer fachgerechten Planung bzw. Ausführung stellen beide Sprengabbruchvarianten des westlichen Brückenabschnitts (mit und ohne Überbau) eine sichere technische Möglichkeit dar. An dem MS-Mast, dem WH auf östlicher Seite der Fulda, sowie den Gebäuden auf der westlichen Seite der Fulda werden die Anhaltswerte der Erschütterungen eingehalten, sodass diesbezüglich keine Schäden erwartet werden.

Grundsätzlich kann im unmittelbaren bzw. direkten Aufprallbereich von abstürzenden Bauteilen keine Schadenfreiheit von Geländeoberflächen und unterirdischen Medien garantiert werden. Bei sorgfältiger Ausführung von Stützwällen und Fallbetten wird das Schadensrisiko jedoch deutlich reduziert.



Projekt:		Sprengabbruchstudie		Wölfel		WÖLFEL Engineering GmbH + Co. KG	
Bergshäuser Brücke		Lage- und Leitungsplan		Date		Max-Planck-Strasse 15 97204 Hochberg Telefon: 0931/49708-0 Telefax: 0931/49708-150	
Rev.	Datum	Änderung	Marstab	1:4000	Date	Name	Berichts-Nr.
			gezeichnet	17.11.2021	Sebold	X1015.021.01	Plan-Nr.
			geprüft	17.11.2021	Rapps		Bl. 1



Legende:

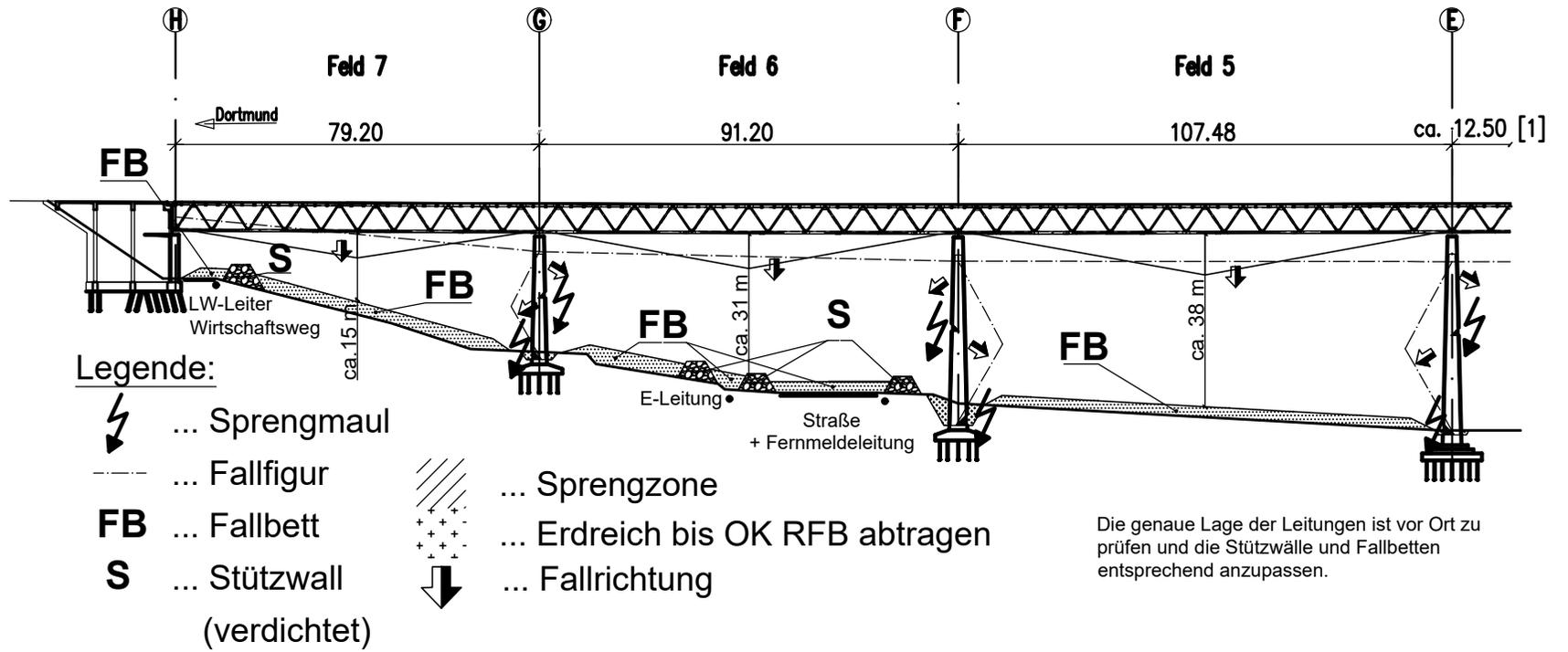
FB ... Fallbett

S ... verdichteter Stützwall

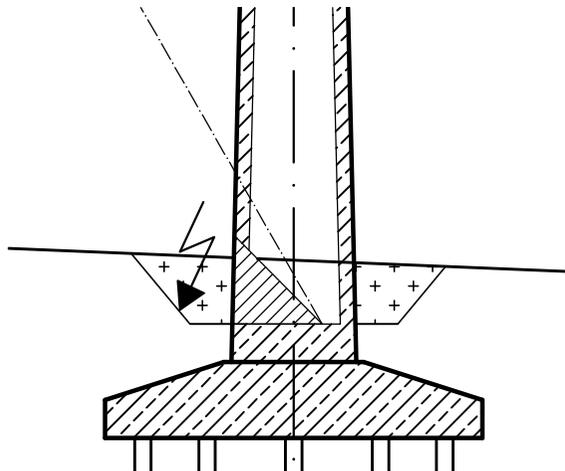
... Fallrichtung

Projekt:		Sprengabbruchstudie Berghäuser Brücke Grundriss Variante 1 und Variante 2		Wölfel Engineering GmbH + Co. KG	
Rev.	Datum	Änderung	Maßstab	Datum	Name
			1:1500	17.11.2021	Sebold
			gezeichnet	17.11.2021	Rapps
			geprüft		
			Berichts-Nr.	Plan-Nr.	
			X1015.021.01	Bl. 2	
			Wölfel Max-Planck-Strasse 15 97204 Hochberg Telefon: 0931/49708-0 Telefon: 0931/49708-150		

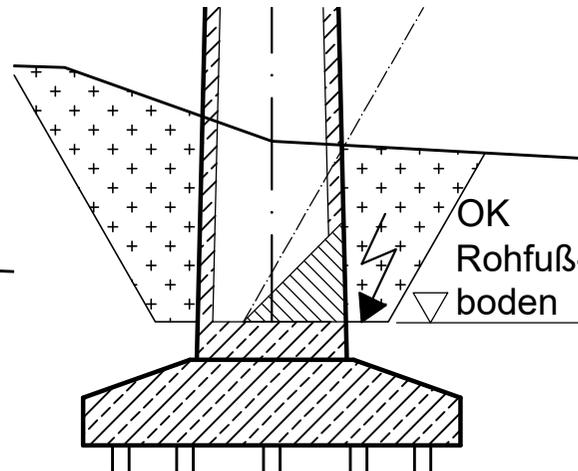
Längsschnitt M1:1500



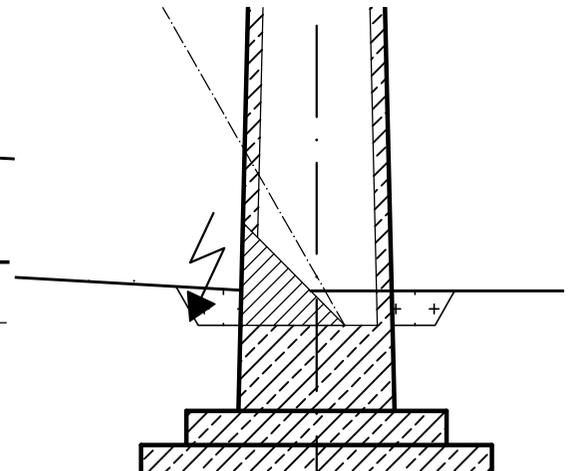
**Pfeiler G
M1:200**



**Pfeiler F
M1:200**



**Pfeiler E
M1:200**



[1] 6-spuriger Ausbau der A 44 zwischen AK Kassel-West bis AD Kassel-Süd, Vorentwurf zum Rückbau der Bergshäuser Brücke, Die Autobahn GmbH des Bundes, Mai 2021

Projekt:

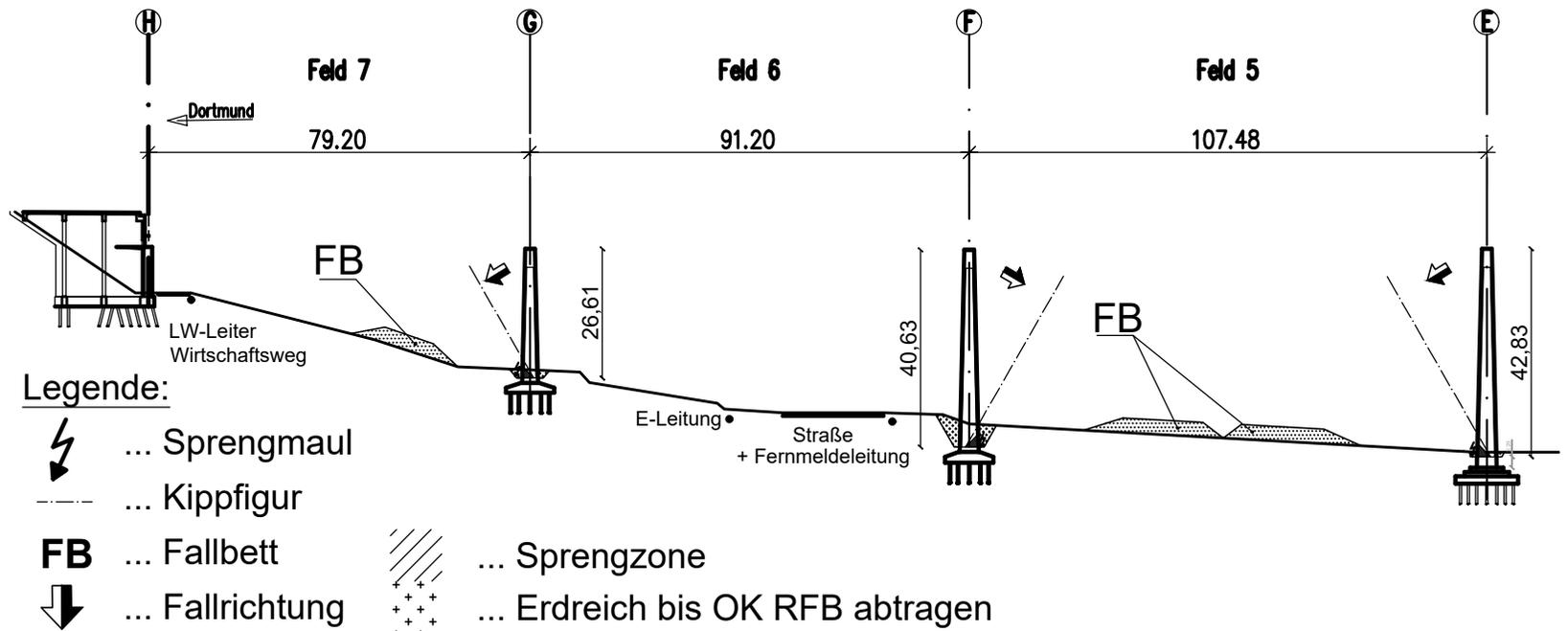
Sprengabbruchstudie
Bergshäuser Brücke
Längsschnitt und unteres Sprengmaul Variante 1

Rev.	Datum	Änderung	Maßstab	Datum	Name	Berichts-Nr.	Plan-Nr.
			1:1500 1:200	17.11.2021	Sebold	X1015.021.01	B1.3
			gezeichnet	17.11.2021	Rapps		
			geprüft				

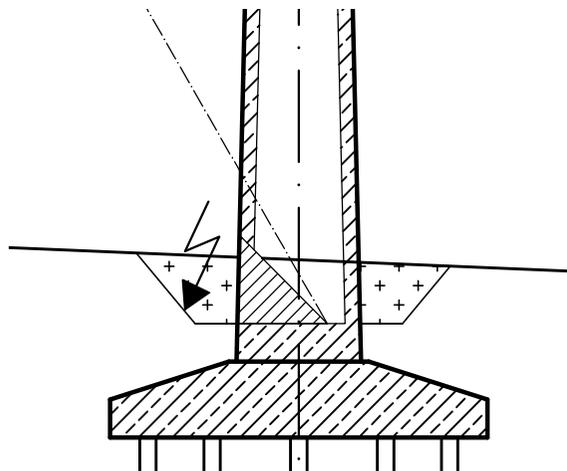


**WÖLFEL Engineering
GmbH + Co. KG**
Max-Planck-Strasse 15
97204 Hechberg
Telefon: 0931/49708-0
Telefax: 0931/49708-50

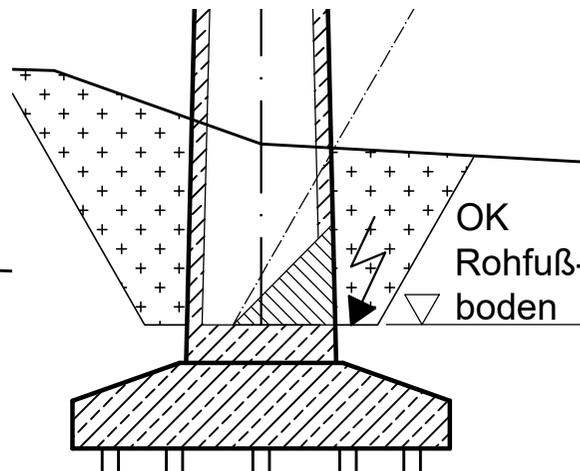
Längsschnitt M1:1500



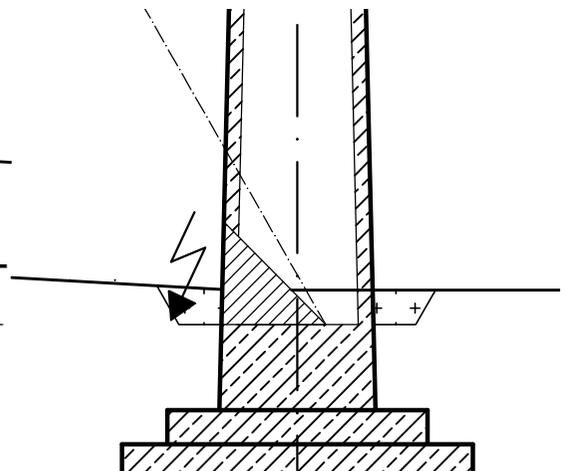
Pfeiler G
M1:200



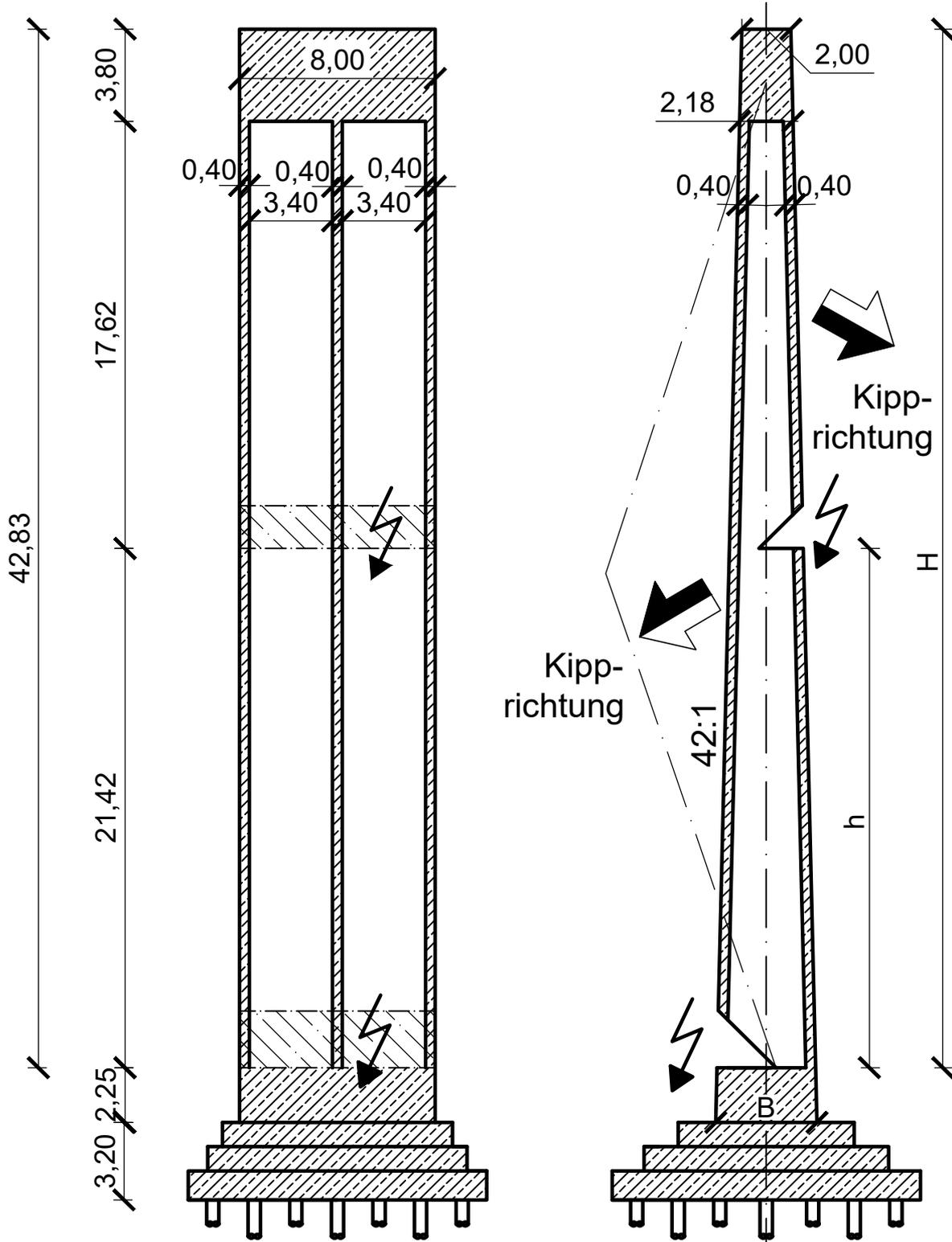
Pfeiler F
M1:200



Pfeiler E
M1:200



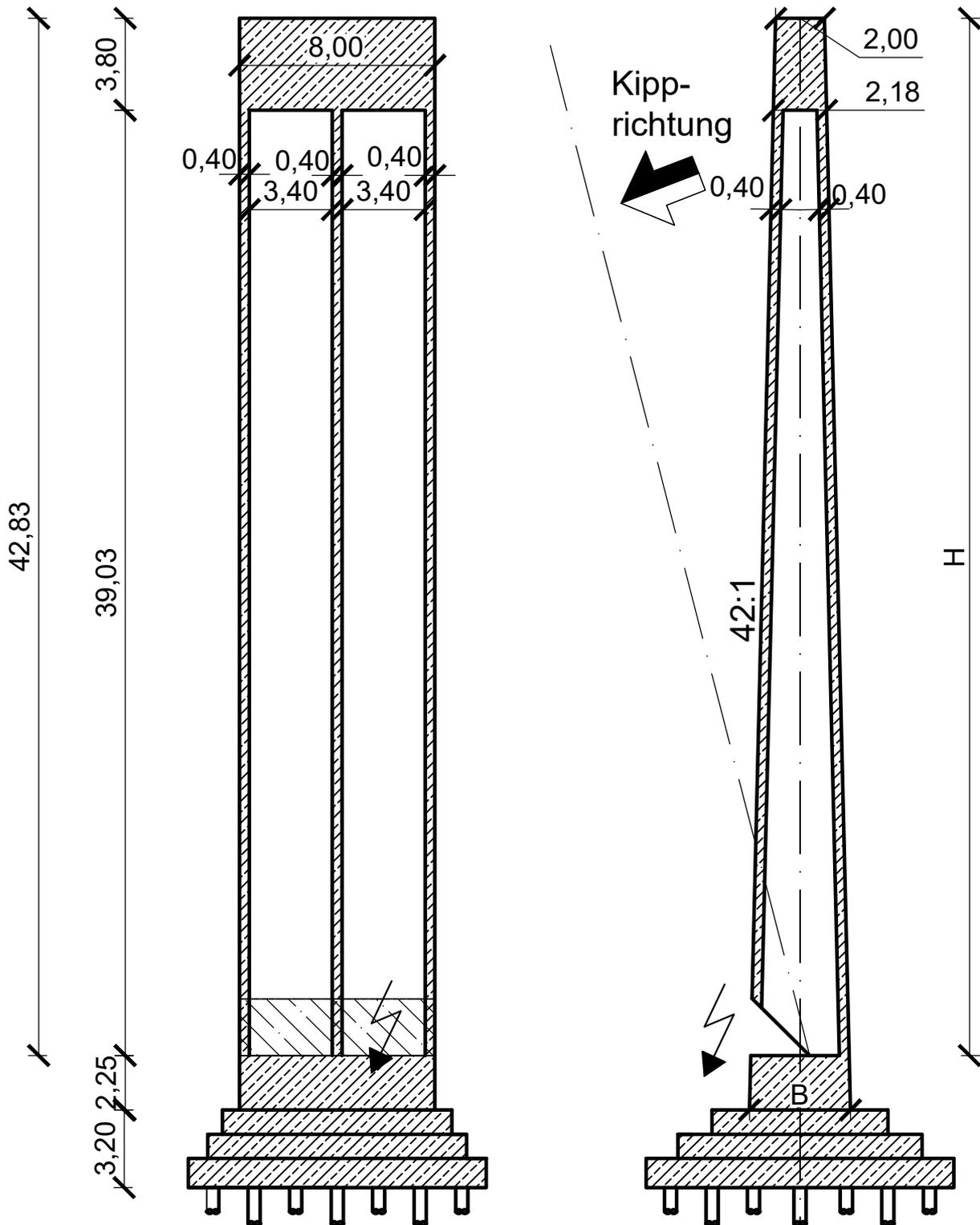
Rev.		Datum		Änderung		Maßstab		Datum		Name		Berichts-Nr.		Plan-Nr.	
						1:1500 1:200		17.11.2021		Sebold		X1015.021.01		Bl. 4	
Projekt: Sprengabbruchstudie Bergshäuser Brücke Längsschnitt und Sprengmaul Variante 2															
WÖLFEL Engineering GmbH + Co. KG Max-Planck-Strasse 15 97204 Hochberg Telefon: 0931/49708-0 Telefon: 0931/49708-150															
						gezeichnet geprüft		17.11.2021		Rapps					



Pfeilerachse	G	F	E
H [m]	26,61	40,63	42,83
h [m]	13,31	20,32	21,42
B [m]	3,32	3,98	4,15

Legende:
 ... Sprengmaul
 ... Knickfigur

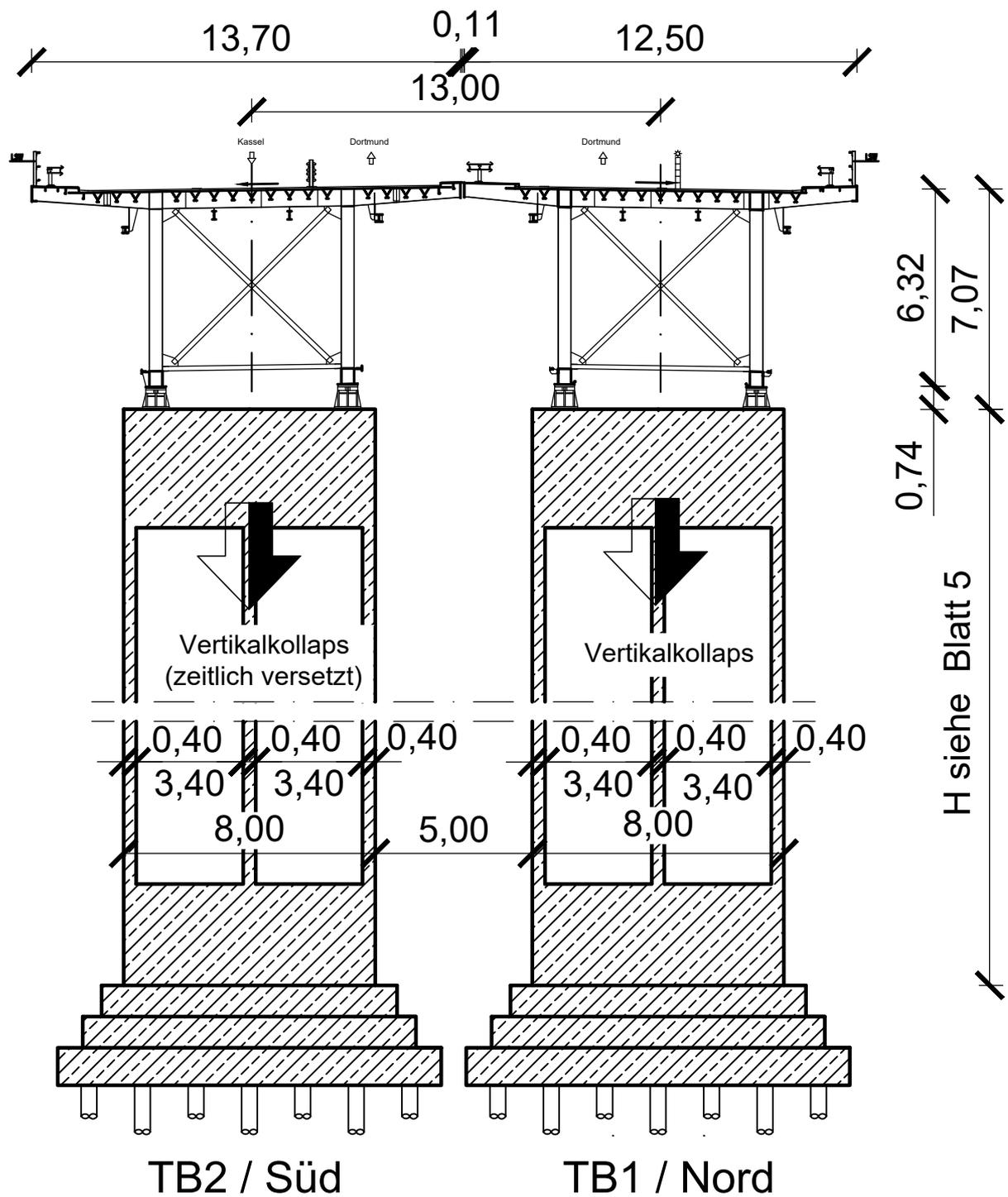
Projekt: Sprengabbruchstudie Bergshäuser Brücke Pfeilersprengzonen Variante 1					 WÖFEL Engineering GmbH + Co. KG Max-Planck-Strasse 15 97204 Höchberg Telefon: 0931/49708-0 Telefon: 0931/49708-150			
Rev.	Datum	Änderung	Maßstab	1:250	Datum	Name	Berichts-Nr.	Plan-Nr.
			gezeichnet		17.11.2021	Sebold	X1015.021.01	Bl. 5
			geprüft		17.11.2021	Rapps		



Pfeilerachse	G	F	E
H [m]	26,61	40,63	42,83
B [m]	3,32	3,98	4,15

Legende:
 ... Sprengmaul
 ... Kippfigur

Projekt: Sprengabbruchstudie Bergshäuser Brücke Pfeilersprengzonen Variante 2				 WÖLFEL Engineering GmbH + Co. KG Max-Planck-Strasse 15 97204 Höchberg Telefon: 0931/49708-0 Telefon: 0931/49708-150				
Rev.	Datum	Änderung	Maßstab	1:250	Datum	Name	Berichts-Nr.	Plan-Nr.
			gezeichnet		17.11.2021	Sebold	X1015.021.01	BI. 6
			geprüft		17.11.2021	Rapps		



Projekt: Sprengabbruchstudie Bergshäuser Brücke Brückenquerschnitt Variante 1				 WÖLFEL Engineering GmbH + Co. KG Max-Planck-Strasse 15 97204 Höchberg Telefon: 0931/49708-0 Telefon: 0931/49708-150				
Rev.	Datum	Änderung	Maßstab	1:200	Datum	Name	Berichts-Nr.	Plan-Nr.
			gezeichnet		17.11.2021	Sebold	X1015.021.01	BI. 7
			geprüft		17.11.2021	Rapps		