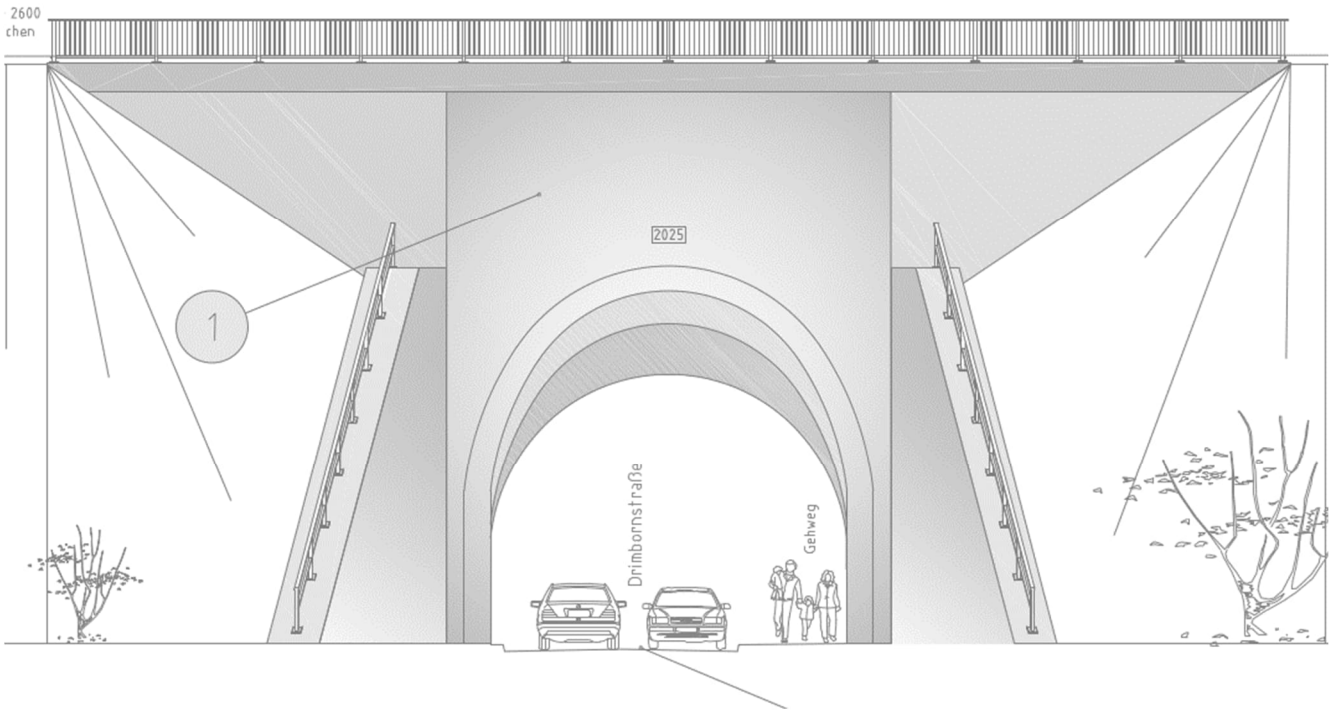
Strecke	2600	km 68,493
Bauwerksnummer	2600/68,493/1615	Entwurfsplanung

Statische Berechnung im Rahmen der Entwurfsplanung Beverbach: Vollrahmen unter der Straße



EÜ Drimbornstraße in Aachen

Inhalt

1 Vorbemerkungen 5
1.1 Beschreibung des Tragwerks 5
1.2 Quellen 6
1.2.1 Technische Vorschriften 6
1.2.2 Literatur 7
1.2.3 Programme 7
1.2.4 Gutachten/Aktenvermerke 7
1.3 Positionsplan 8
1.4 Materialkennwerte 8
1.4.1 Betonfestigkeitsklasse 8
1.4.2 Betondruckfestigkeiten 9
1.4.3 Eigenschaften der Baustoffe 9
1.4.4 Betondeckung 10
1.5 Baugrundverhältnisse 11
1.5.1 Bodenarten und Schichtenfolge 11
1.5.2 Baugrundaufbau gemäß Baugrundgutachten 13
1.5.3 Grundwasser gemäß Baugrundgutachten 13
1.5.4 Gründung 13
2 Darstellung und Beschreibung des statischen Systems 16
3 Einwirkungen und Einwirkungskombination 18
3.1 Ständige Einwirkungen 18
3.1.1 Eigengewicht des Bauwerks 18
3.1.2 Bachsohle 18
3.1.3 Ständiger Erddruck 18
3.1.4 Grundwasser 18
3.2 Veränderliche Einwirkungen 19
3.2.1 Bachwasser 19
3.2.1 Einwirkungen aus Temperatur (DIN EN 1991-1-5, 6.1) 20
3.3 Außergewöhnliche Einwirkungen - Erdbeben 22
4 Grundlagen der Bemessung 23
4.1 Teilsicherheitsbeiwerte 23
4.2 Kombinationsbeiwerte 23
4.3 Bemessungssituationen 24
4.3.1 Ständige und vorübergehende Bemessungssituation 24
4.3.2 Charakteristische Situation 24

4.3.3 Häufige Situation 25
4.3.4 Quasi ständige Kombination 25
4.3.5 Erdbeben 25
5 Nachweise am Gesamtsystem 26
5.1 Verformungen 26
5.2 Betondruckfestigkeit 26
5.3 Betonstahlbewehrung 26
5.4 Nachweis gegen Aufschwimmen (UPL) 27
6 EDV-Ausdrucke 27

Tabellen

Tabelle 1: Streckenparameter der Strecke 2600 5
Tabelle 2: Expositionsklassen 9
Tabelle 3: Betoneigenschaften 9
Tabelle 4: Betonstahleigenschaften 9
Tabelle 5: Betondeckung 10
Tabelle 6: Charakteristische Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen (IBES Baugrundgutachten) 13
Tabelle 7: Kennwerte des Bachs 17
Tabelle 8: Kombination der Temperatureinwirkungen 21
Tabelle 9:Teilsicherheitsbeiwerte ständige und vorübergehende Kombination 23
Tabelle 10:Teilsicherheitsbeiwerte HYD und UPL 23
Tabelle 11:Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe 23
Tabelle 12: Kombinationsbeiwerte für Straßenbrücken 23
Tabelle 13:Teilsicherheitsbeiwerte ständige und vorübergehende Kombination 24
Tabelle 14: Kombinationen für die Bemessung nach DIN EN 1992-2 (Ständ. u. vorübergehende Situation) 24
Tabelle 15: Kombinationen für die Bemessung nach DIN EN 1992-2 (Charakteristische Situation) 24
Tabelle 16: Kombinationen für die Bemessung nach DIN EN 1992-2 (häufige Situation) 25
Tabelle 17: Kombinationen für die Bemessung nach DIN EN 1992-2 (Quasi ständige Kombination) 25
Tabelle 18: Kombinationen für die Bemessung nach DIN 4149 (Erdbeben) 25
Tabelle 19: Betonstahlbewehrung der Decke 26
Tabelle 20: Betonstahlbewehrung der Wände 26
Tabelle 21: Betonstahlbewehrung des Fundaments 26

Abbildungen

Abbildung 1: Querschnitt des Bestandsgewölbes mit geplantem Beverbach 8
Abbildung 2: Lageplan mit Erkundungspunkten 11
Abbildung 3: Bohrkern BK1 12
Abbildung 4: Bohrkerne BK2 und BK3 12
Abbildung 5: Übersicht des Tragwerks InfoCAD [m] 16

1 Vorbemerkungen

1.1 Beschreibung des Tragwerks

Die hier vorgelegten Standsicherheitsnachweise in der BS-P betreffen den unter der Drimbornstraße verlaufenden Beverbach. Über der Straße verläuft die EÜ Drimbornstraße in Aachen und überführt die Strecken 2600, 2564 und 2560.

Grundlage der Berechnungen sind die Vorplanungspläne der DB Engineering & Consulting GmbH sowie die Baugrundgutachten von IBES vom 15.01.2016.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Streckenparameter zusammengefasst:

Strecke 2600				
Entwurfsgeschwindigkeit (Bahnstrecke)	v_e	=	160	km/h
Überhöhung	u	=	0	mm
Radius	r	=	∞	m
Höhe der Schienenoberkante	H	=	184,8	mNN
Gleislängsneigung	I	=	ca. 2	‰

Tabelle 1: Streckenparameter der Strecke 2600

Für den Endzustand des Beverbachs in Straßenmitte, wird ein Bauwerk benötigt, das die Anforderungen an Sohlhöhe, Dichtigkeit, Querschnitt, Gefälle etc. erfüllt.

Wenn andere Bodeneigenschaften als angenommen vorgefunden werden, ist der Aufsteller zu kontaktieren.

1.2 Quellen

1.2.1 Technische Vorschriften

DIN EN 1990 DIN EN 1990/NA	Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung und Nationaler Anhang
DIN EN 1991-1-1 DIN EN 1991-1-1/NA	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-1: Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau und Nationaler Anhang
DIN EN 1991-1-5 DIN EN 1991-1-5/NA	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-5: Temperatureinwirkungen und Nationaler Anhang
DIN EN 1991-1-7 DIN EN 1991-1-7/NA	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-7: Außergewöhnliche Einwirkungen und Nationaler Anhang
DIN EN 1994-2 DIN EN 1994-2/NA	Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton Teil 2: Allgemeine Bemessungs- und Anwendungsregeln für Brücken und Nationaler Anhang
DIN EN 1997-1 DIN EN 1997-1/NA	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik Teil 1: Allgemeine Regeln und Nationaler Anhang
Handbuch EC-7-1	Handbuch Eurocode 7 – Geotechnische Bemessung, Band 1
DIN 1054	Baugrund und Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
DIN 4149	Bauten in deutschen Erdbebengebieten Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten
ZTV-ING	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten
RiZ-ING	Richtzeichnungen für Ingenieurbauten
EAB	Empfehlung des Arbeitskreises Baugruben 5. Auflage

1.2.2 Literatur

Schneider Bautabellen, 20. Auflage, Werner-Verlag 2012

1.2.3 Programme

InfoCAD Software für die Tragwerksplanung, Version 21.00a, InfoGraph GmbH

1.2.4 Gutachten/Aktenvermerke

DB E&C:	Genehmigungsplanung Unterlagen, Stand 09.02.2021
IBES Baugrundinstitut GmbH:	Baugrund- und Gründungsgutachten IBES-Projekt-Nr. 13.090.1 vom 15.01.2016

1.3 Positionsplan

Der in dieser Statik betrachtete Beverbach-Vollrahmen verläuft unter der Straße und kreuzt die EÜ, wie Abbildung 1 zu entnehmen ist:

Querschnitt

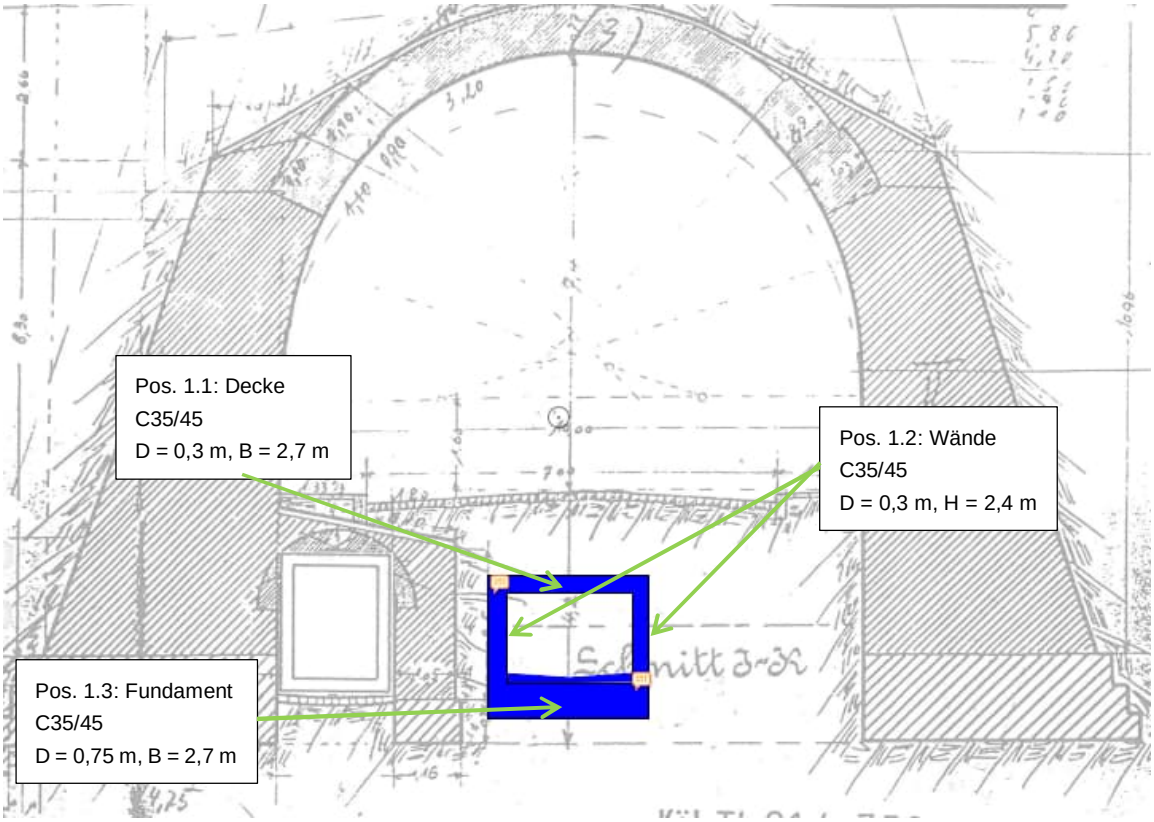


Abbildung 1: Querschnitt des Bestandsgewölbes mit geplantem Beverbach

Die Abmessungen der Bauteile sind den Planunterlagen zu entnehmen.

1.4 Materialkennwerte

1.4.1 Betonfestigkeitsklasse

Die Wahl der Betonfestigkeitsklasse hängt von der Expositionsklasse ab. Nach Abschnitt 2(6) der RiL 804.4201 ist für Bauteile von Eisenbahnbrücken im Sprühnebel- und Spritzwasserbereich von Straßen, Rad- und Gehwegen, d.h. mit einem Abstand a < 10 m von der Fahrbahn als tausalzbeansprucht anzusehen. Für diese Bauteile gelten die Anforderungen der ZTV-ING Teil 3 Abschnitt 1 Kapitel 4. Wenn keine Tausalzbeanspruchung vorhanden ist, gilt DIN EN 1992-2.

Ohne Tausalzbeanspruchung ist i.d.R. eine Zuordnung in:

XC1 bis XC4 (Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung),

XF1, XF3 (Frostangriff ohne Taumittel),

XA1 bis XA3 (Betonkorrosion durch chem. Angriff).

1.4.2 Betondruckfestigkeiten

Im vorliegenden Fall gelten folgende Mindestbetondruckfestigkeitsklassen, siehe Tabelle 2:

Expositionsklasse	Klasse	Beschreibung	Mindestfestigkeitsklasse
Bewehrungskorrosion, durch Karbonatisierung	XC2	Nass, selten trocken	C16/20
Bewehrungskorrosion, durch Chloride	XD2	Nass, selten trocken	C35/45
Frostangriff	XF3	hohe Wassersättigung, ohne Taumittel	C35/45
Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäure-Reaktion	WF	Häufig feuchter Beton	-

Tabelle 2: Expositionsklassen

Maßgebend ist die Mindestbetondruckfestigkeitsklasse: C35/45

1.4.3 Eigenschaften der Baustoffe

Für die Vollrahmenbauteile wird die Betonfestigkeitsklasse C35/45 gewählt, siehe Tabelle 3:

Beton				
Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit	f_{ck}	=	35	MN/m^2
Elastizitätsmodul	E_{cm}	=	34.000	MN/m^2
Mittlere Zugfestigkeit	f_{ctm}	=	3,2	MN/m^2
Temperaturkoeffizient	α_T	=	$10 \cdot 10^{-6}$	K^{-1}

Tabelle 3: Betoneigenschaften

Die Eigenschaften des Betonstahls sind nachfolgender Tabelle 4 zu entnehmen.

Betonstahl BSt 500S				
Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	=	500	MN/m^2
Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	$f_{tk,cal}$	=	525	MN/m^2
Elastizitätsmodul	E	=	200.000	MN/m^2

Tabelle 4: Betonstahleigenschaften

1.4.4 Betondeckung

Für das Bauwerk gilt nach DIN 1536, gemäß Tabelle 5:

Expositionsklasse	Klasse	Beschreibung	Mindestmaß c_{min}
Bewehrungskorrosion, durch Chloride	XD2	Nass, selten trocken	40 mm

Tabelle 5: Betondeckung

Maßgebende Betondeckung $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 40 + 15 = 55$ mm

Maßgebende Betondeckung des gesamten Gewölbes: $c_{nom} = 55$ mm

1.5 Baugrundverhältnisse

1.5.1 Bodenarten und Schichtenfolge

Der angenommene Baugrundaufbau für die statischen Berechnungen liegen die Ergebnisse der Baugrunderkundung von IBES zugrunde. Eine Übersicht der Lage der Bohrkerne ist Abbildung 2 zu entnehmen:

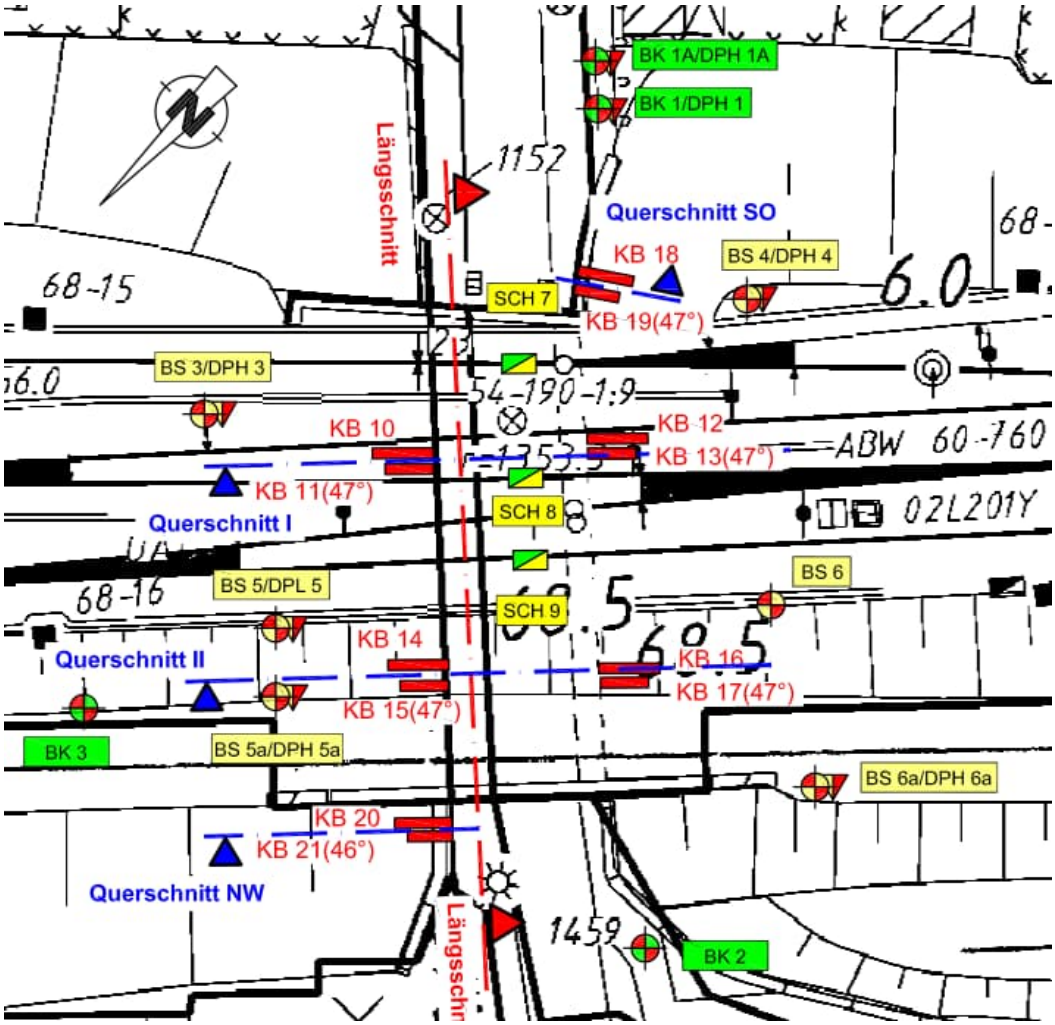


Abbildung 2: Lageplan mit Erkundungspunkten

In Abbildung 3 und Abbildung 4 werden die Ergebnisse der Bohrkerne BK1, BK2 und BK3 dargestellt, die für die Modellierung des Baugrunds verwendet werden.

1.5.1.1 Südseite

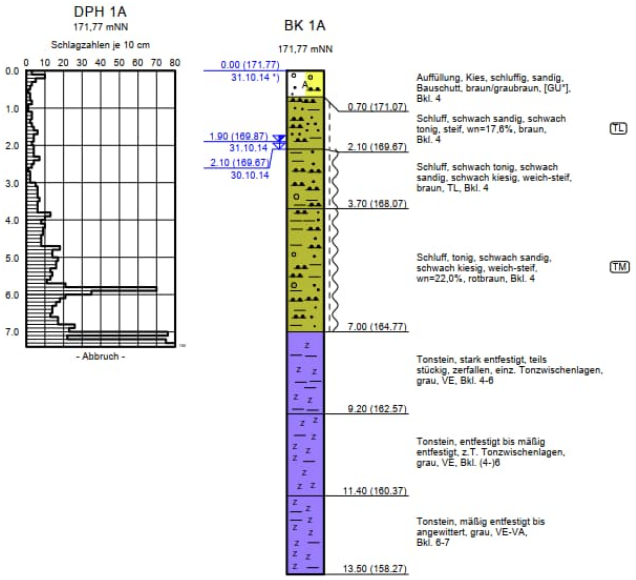


Abbildung 3: Bohrkern BK1

1.5.1.2 Nordseite

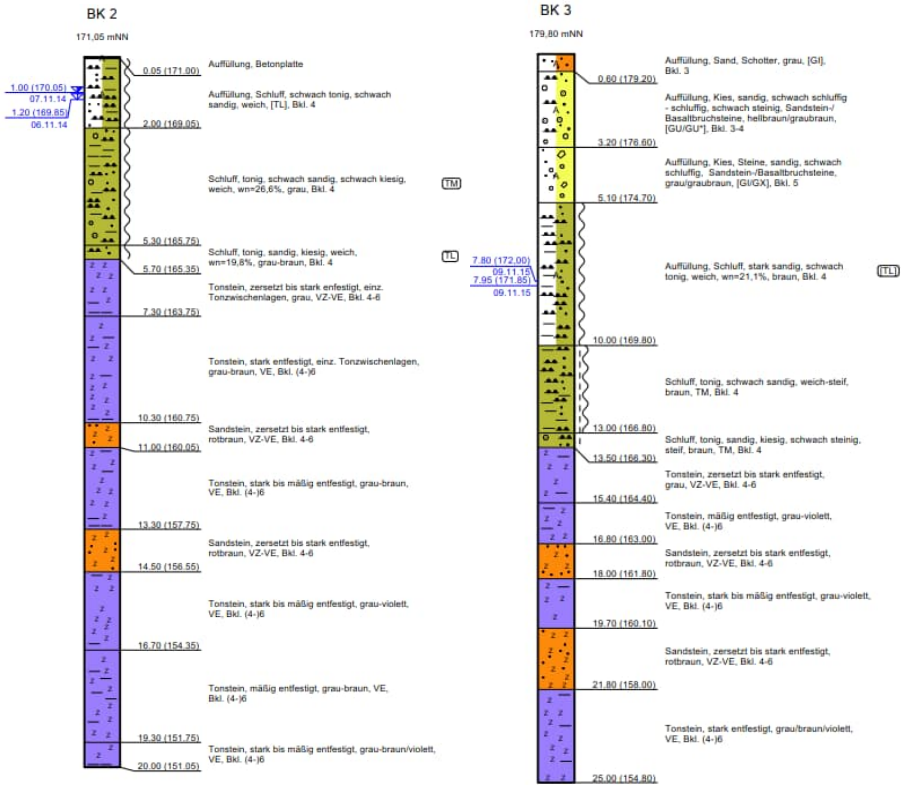


Abbildung 4: Bohrkerne BK2 und BK3

1.5.2 Baugrundaufbau gemäß Baugrundgutachten

In Tabelle 6 sind die charakteristischen Werte der geotechnischen Kenngrößen zusammengefasst:

Schicht-komplex	Bodenart *)	Bodengruppe n. DIN 18196	Konsistenz / Lagerungsdichte / Verwitterungsgrad	γ (γ') [kN/m³]	φ_k' [°]	c_k' [kN/m²]	$E_{s,k}$ [MN/m²]
(1)	Kies, sandhaltig,z.T. schwach schluffig / Sand, kieshaltig, z.T. schw. schluffig	[GI], [GU], ([GX]) [SI], [SU]	locker mitteldicht	18 (10) 19 (11)	32,5 35,0	0	30 60
	Kies, sandhaltig, (stark) schluffig / Sand, kieshaltig, (stark) schluffig	[GU*] [SU*]	locker mitteldicht	19 (9) 20 (10)	30,0 32,5	0 3	20 40
	Schluff, ton-, sandhaltig	[TL]	weich steif	19 (10) 20 (11)	27,5	2 5	5 8
		[TM]	weich steif	19 (10) 20 (11)	25,0	2 7	5 8
(2)	Schluff, ton-, sandhaltig	TL	weich steif	19 (10) 20 (11)	27,5	2 5	5 8
		TM	weich steif	19 (10) 20 (11)	25,0	2 7	5 8
(3)	(verwitterter) Tonstein (Sandstein)	(VZ)	zersetzt	21 (12)	25,0	10-20	10 - 20
		(VE)	entfestigt	22 (13)		20-40	20 - 50
		(VA)	angewittert	24 (14)	35,0	40-60	50 - 150

γ (γ') Wichte (Wichte unter Auftrieb) — c'_k charakteristischer Wert für die Kohäsion

φ'_k charakteristischer Wert für den Reibungswinkel — $E_{s,k}$ charakteristischer Wert für die Steifeziffer

*) Nebenbestandteile, die bei der Vergabe der Kenngrößen unbedeutend sind, sind in dieser Spalte nicht mit aufgeführt.

Tabelle 6: Charakteristische Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen (IBES Baugrundgutachten)

1.5.3 Grundwasser gemäß Baugrundgutachten

Folgende Grundwasserstände werden den Berechnungen für die unterschiedlichen Bemessungssituationen zugrunde gesetzt:

- **$Wsp._{BS-P}$ = 170,5 mNN (= HGW)**
- **$Wsp._{BS-A}$ = 171,0 mNN (= HGW zuzügl. 0,5 m Sicherheitszuschlag)**
- **$Wsp._{BS-T}$ = 170,0 mNN (~ MHGW)**

1.5.4 Gründung

Der Vollrahmen wird gebettet. Gemäß Bodengutachten ist für die Gründung eines Plattendurchlasses ein Bodenaustausch von mindestens 30 cm und ggf. als Trennlage ein Geotextil einzuplanen. Das Bettungspolster ist aus einem zertifizierten Frostschutzmaterial der Körnung 0/32 aufzubauen.

Aufgrund des vergleichsweisen geringen Abstands zwischen der Gründungssohle und der Oberfläche des Tonsteins kann der Bemessung des Durchlassbauwerks ohne weiteren Nachweis ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von

$$\sigma_{R,d} = 500 \text{ kN/m}^2$$

und eine Bettungsziffer von

$$k_{s,k,v} = 40.000 \text{ kN/m}^3$$

zugrunde gelegt werden. Für die horizontale Bettungsziffer wird ¼ der vertikalen Bettung angesetzt:

$$k_{s,k,h} = 10.000 \text{ kN/m}^3$$

Die auftretenden Setzungen bewegen sich in der Größenordnung von max. 1 cm.

Zur Herstellung des Vollrahmens wird eine wasserdichte Baugrube hergestellt. Seitlich werden Bohrpfahlwände eingezogen und horizontal wird das Wasser durch eine rückverankerte Unterwasserbetonsohle abgehalten. Zwischen der 1,0 m dicken UWB-Sohle wird eine Ausgleichsschicht von 30 cm angeordnet. Die UWB-Sohle verbleibt für den Endzustand im Boden.

Hinweise des Boden- und Gründungsgutachtens:

<u>Wasserhaltung – Bachverdolung:</u>

Bei einer angenommenen Kanalgrabentiefe von 4,0 m bis 4,5 m kommt die Grabensohle ca. 3 m bis 3,5 m unter dem GW-Spiegel zu liegen.

Dementsprechend ist - analog zu den Ausführungen im Abschnitt 7.5.2 - für die Herstellung der Bachverdolung ein wasserdichter Baugrubenverbau herzustellen, der möglichst tief in den zersetzten/entfestigten Tonstein eingreift, und die Baugrube im Anschluss daran zu Lenzen.

Abweichend hierzu ist die Situation im Bereich des südöstlichen Baufeldes zu bewerten, da hier auf Grundlage der Beobachtungen bei der Baugrunderkundung mit gespanntem Grundwasser im Tonstein zu rechnen ist. Aus gutachterlicher Sicht ist davon auszugehen, dass sich hier bei Einrammen einer Spundwand unerwünschte Wasserwegigkeiten einstellen, über die sich das Grundwasser entspannt (Wasserstand bis über GOK!).

Vor diesem Hintergrund ist in diesem Bereich vermutlich ein wasserdichter Baugrubenverbau mit auftriebssicherer (ggf. rückverankerter) Unterwasserbetonsohle einzuplanen.

Über die Bauzeit muss das Wasser im Beverbach entweder umgepumpt oder mittels provisorischer Verdolung durch die Baustelle durchgeleitet werden. In diesem Zusammenhang empfiehlt es sich zu prüfen, ob sich der Bachwasserabfluss ggf. oberstrom an geeigneter Stelle (Abzweig oder dgl.) für die Dauer der Bauarbeiten drosseln lässt (Genehmigung!).

Als Absperrbauwerk sind hierfür im Gewässer ober- und unterstrom ausreichend wasserundurchlässige Fangedämme anzuordnen.

Die Fangedämme sind aus einem mindestens steif-halbfesten, ggf. mittels Bindemittel vergüteten TM-Boden oder dgl. aufzubauen. Um das feinkörnige Material an Ort und Stelle fachgerecht einbauen zu können, ist vorab ggf. zusätzlich ein Stützkörper aus grobstückigem Material herzustellen. Das TM-Material ist beim Einbau auf mindestens D_{Pr} = 95 % zu verdichten.

Anstelle von Fangedämmen könnten theoretisch auch Spundwände im Gewässer hergestellt werden. Dabei ist auf eine sorgfältige Eindichtung der Verdolung in das vertikale Absperrbauwerk zu achten.

Wird das Wasser umgepumpt, muss sich die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Pumpen automatisch dem variablen Zustrom anpassen (z. B. mittels Schwimmerschaltung). Nachteil sind hierbei die infolge des stetigen Stromverbrauchs relativ hohen Betriebskosten für die Maßnahme.

Für die Bauzeit ist von planerischer Seite ein Bachwasserstand festzulegen, bei dessen Überschreitung die Möglichkeit zur Flutung der Baugrube gegeben sein muss. Hierfür muss rechtzeitig vor Beginn der Bauarbeiten ein gesonderter Notfallplan erarbeitet werden mit allen erforderlichen Angaben (Maßnahmenplan, Ansprechpartner etc.).

2 Darstellung und Beschreibung des statischen Systems

Der Beverbach verläuft derzeit unter dem Gehweg, entlang des östlichen Widerlagers. Das bestehende Bauwerk soll durch einen neuen Durchlass ersetzt werden. Der Bach soll zukünftig mittig unter der Straße verlaufen und aus einem Stahlbeton-Vollrahmen bestehen. Durch das hoch anstehende Grundwasser wird der Vollrahmen so dimensioniert, dass das Eigengewicht des Rahmens so groß ist, dass das Bauwerk keinen Auftrieb erfährt. Die im Bestand vorhandenen Randbedingungen der lichten Querschnittsfläche von mind. 2,9 m², einer lichten Höhe von mind. 1,4 m und einer Sohlhöhe bei ca. 168,1 mNN müssen für den künftigen Bach eingehalten werden. Der Vollrahmen wird somit mit einer lichten Breite von 2,1 m geplant. In Längsrichtung wird der Bach über die gesamte Brückenlänge von ca. 35 m erneuert. Wände und Decke sind 30 cm dick. Das Fundament wird mit 75 cm dimensioniert, siehe Abbildung 5.

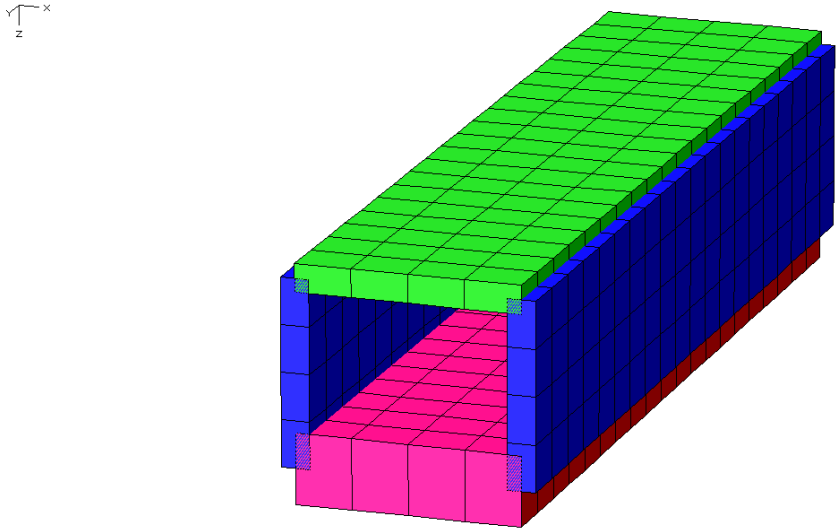


Abbildung 5: Übersicht des Tragwerks InfoCAD [m]

Die Nachweise erfolgen mittels EDV-Berechnung (Programm: InfoCAD). Das Tragwerk wird mit einem 3D-Stab- und Schalenmodell abgebildet.

Globales Koordinatensystem

x-Richtung: Horizontal – quer zur Straße

y-Richtung: Horizontal – längs zu Straße

z-Richtung: Vertikal

Lokales Koordinatensystem des Rahmens

z-Richtung: erdseitig gerichtet

Lokales Koordinatensystem der Pfähle

x-Richtung: In Stabachse

y-Richtung: Horizontal – längs zu Straße

z-Richtung: Horizontal – quer zur Straße

<u>Kennwerte für die Bemessung des Rahmens</u>

Die Kennwerte, die der Bemessung zugrunde gelegt werden, sind in folgender Tabelle 7 aufgelistet:

Konstruktionsart	Ortbeton
Material	C 35/45
Straßen-OK	ca. 170,5 mNN
Rahmen-OK (Achsmaß)	169,8 mNN
Rahmen-UK (Achsmaß)	167,8 mNN
Sohlhöhe	168,1 mNN

Tabelle 7: Kennwerte des Bachs

Interaktion mit EÜ

Unmittelbar über dem Bach-Vollrahmen befindet sich die Bodenplatte der EÜ. Die EÜ besteht aus einer Gewölbe-Innenschale mit durchgehender Bodenplatte, die auf Bohrpfählen gegründet wird. Die Bohrpfähle sind seitlich des Vollrahmens angeordnet. Die Lasten der EÜ werden somit vollständig von den Bohrpfählen getragen. Die maximale Verformung der Bodenplatte der EÜ beträgt maximal 15 mm. Um eine Interkation zwischen EÜ und Vollrahmen zu vermeiden, wird ein Abstand von ca. 10 cm zwischen Bodenplatte und Decke eingehalten. In diesem Zwischenraum werden z.B. Hartfaserplatten angeordnet. Daher wird die Decke des Vollrahmens als lastfrei betrachtet. Ebenso soll ein Auftrieb des Vollrahmens verhindert werden, sodass keine Belastung aus dem Vollrahmen in die Gewölbe-Bodenplatte eingeleitet wird.

3 Einwirkungen und Einwirkungskombination

3.1 Ständige Einwirkungen

3.1.1 Eigengewicht des Bauwerks

Das Eigengewicht der Stahlbeton-Rahmenelemente wird programmintern ermittelt.

γ_{StB} = 25 kN/m³

3.1.2 Bachsohle

Der Beverbach soll auf einer ca. 10 cm dicken Bettungsschicht fließen.

Höhe der Bachsohle:	h = 10 cm
Wichte Stahlbeton:	γ_{StB} = 25 kN/m³
Gewicht der Bachsohle:	g_k = 25 kN/m³ · 0,1 m = 2,5 kN/m²

3.1.3 Ständiger Erddruck

Gemäß ZTV-ING, Abschnitt 2, 3.3.3 wird 50% des aktiven Erddrucks und 50% des Erdruhedrucks als ständig wirkend angesetzt.

Maßgebend für den Erddruck sind die Bodenparameter vom Schluff:

Wichte	g = 20 kN/m³
Wichte unter Auftrieb	g' = 11 kN/m³
Reibungswinkel	$f_{k'}$ = 25,0 °
Wandreibungswinkel	d = 2/3 f
Aktiver Erddruckbeiwert	k_{agh} = 0,3456
Erdruhedruckbeiwert	k_{0gh} = 0,5574
Erhöhter aktiver Erddruckbeiwert mit 50%	$k_{a,erh}$ = 0,4615
Berechnung des Erddrucks:	$e_{agh,erh} = k_{a,erh} \cdot (h \cdot \gamma^{(\prime)} + q)$

Annahme: Die Erdlasten werden beidseitig auf die Widerlager angesetzt, damit sich keine unrealistisch hohen Verformungen des Systems einstellen. Dies wird in Wirklichkeit durch den mobilisierten Erddruck auf der gegenüberliegenden Seite verhindert.

Der Vollrahmen befindet sich vollständig im Grundwasser.

Rahmen-OK (Achsmaß) 169,8 mNN:	h_1 = 0 m	$e_{ah,1}$ = 0 kN/m²
Rahmen-UK (Achsmaß) 167,8 mNN:	h_2 = 2,0 m	$e_{ah,2}$ = 10,2 kN/m²

3.1.4 Grundwasser

Da der Vollrahmen vollständig unter dem Grundwasser liegt, wird die Last aus Auftrieb berücksichtigt.

Wichte Wasser:		γ_w = 10 kN/m³
Berechnung des Wasserdrucks:		$w = \gamma_w \cdot h$
Wasserstand Auftrieb:		$w_{sp,Auftrieb}$ = 170,5 mNN
Rahmen-OK (Achsmaß) 169,8 mNN:	h_1 = 0,7 m	$w_{A,1}$ = 7 kN/m²

Rahmen-UK (Achsmaß) 167,8 mNN: h_2 = 2,7 m $w_{A,2}$ = 27 kN/m²

3.2 Veränderliche Einwirkungen

3.2.1 Bachwasser

Berechnung des Wasserdrucks: $w = \gamma_w \cdot h$

Wichte Wasser: γ_w = 10 kN/m³

Höhe des Bachs (Achsmaß): h = 2,0 m

Wasserdruck: w_{Bach} = 20 kN/m²

3.2.1 Einwirkungen aus Temperatur (DIN EN 1991-1-5, 6.1)

3.2.1.1 Konstanter Temperaturanteil

Art des Brückenüberbaus		Typ = 3 (Betonkonstruktion)
Minimale Außenlufttemperatur		T_{min} = - 24 °C
Maximale Außenlufttemperatur		T_{max} = + 37 °C
Minimaler konstanter Temperaturanteil	T_{min} +8	$T_{e,min}$ = - 16 °C
Maximaler konstanter Temperaturanteil	T_{max}+2	$T_{e,max}$ = + 39 °C
Aufstelltemperatur		T_0 = + 10 °C
Maximale positiver Temperaturänderung	$T_0 - T_{e,min}$	$\Delta T_{N,con}$ = 26 °C
Minimale positive Temperaturänderung	$T_{e,max} - T_0$	$\Delta T_{N,exp}$ = 29 °C

Zur Berücksichtigung des Steifigkeitsabfalls beim Übergang in Zustand II werden die Temperaturlastfälle mit einem Faktor von 0,6 angesetzt.

$\mathbf{\Delta} T_{N,con}$ = - 15,6 °C

$\mathbf{\Delta} T_{N,exp}$ = 17,4 °C

3.2.1.2 Veränderlicher Temperaturanteil

<u>Rahmenriegel</u>

Oberseite wärmer als Unterseite		$\Delta T_{M,heat}$ = + 15 °C
Dicke des Oberbelags:		d = 0,9 m
Beiwert Belagsdicke		k_{sur} = 0,6 -
Faktor 0,6 für Steifigkeitsabfall		
Temperaturdifferenz	- 15 · 0,6 · 0,6	$\mathbf{\Delta} T_{M,pos}$ = 5,4 °C

<u>Rahmenstiele</u>

Oberseite wärmer als Unterseite		$\Delta T_{M,heat}$ = + 5 °C
Faktor 0,6 für Steifigkeitsabfall		
Temperaturdifferenz	- 5 · 0,6	$\mathbf{\Delta} T_{M,pos}$ = 3 °C

<u>Rahmenriegel</u>

Unterseite wärmer als Oberseite		$\Delta T_{M,cool}$ = - 8 °C
Dicke des Oberbelags:		d = 0,9 m
Beiwert Belagsdicke		k_{sur} = 1,0
Faktor 0,6 für Steifigkeitsabfall im gerissenen Zustand		
Temperaturdifferenz	- 8 · 1,0 · 0,6	$\mathbf{\Delta} T_{M,neg}$ = 4,8 °C

<u>Rahmenstiele</u>

Unterseite wärmer als Oberseite		$\Delta T_{M,cool}$ = - 5 °C
Faktor 0,6 für Steifigkeitsabfall im gerissenen Zustand		
Temperaturdifferenz	- 5 · 0,6	$\mathbf{\Delta} T_{M,neg}$ = 3 °C

3.2.1.3 Kombination der Temperatureinwirkungen

Bei der Überlagerung von Temperaturschwankungen und linearen Temperaturunterschieden dürfen folgende Kombinationen gemäß Tabelle 8 gebildet werden, siehe DIN EN 1991-1-5, 6.1.5:

Fall 1: $\Delta T_M + 0{,}35 \times \Delta T_N$

Fall 2: $0{,}75 \times \Delta T_M + \Delta T_N$

Kombination		$\Delta T_{N,con}$	$\Delta T_{N,exp}$	$\Delta T_{M,pos}$	$\Delta T_{M,neg}$
Oberseite wärmer als Unterseite	Fall1	0,35	-	1	-
		-	0,35	1	-
	Fall 2	1	-	0,75	-
		-	1	0,75	-
Oberseite kälter als Unterseite	Fall 1	0,35	-	-	1
		-	0,35	-	1
	Fall 2	1	-	-	0,75
		-	1	-	0,75

a) Konstanter Temperaturanteil, ΔT_u ;

b) Linear veränderlicher Temperaturanteil über die *z-z* Achse, ΔT_{MY} ;

c) Linear veränderlicher Temperaturanteil über die y-*y* Achse, ΔT_{MZ} ;

d) Nicht-linear veränderlicher Temperaturanteil ΔT_E. Dies führt zu einem System von Eigenspannung die im Gleichgewicht für das Bauteil keine äußere Beanspruchung erzeugt.

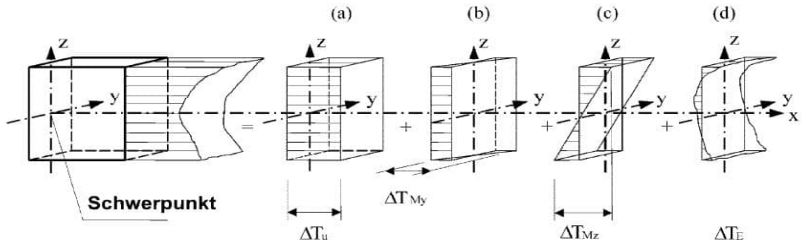


Tabelle 8: Kombination der Temperatureinwirkungen

3.3 Außergewöhnliche Einwirkungen - Erdbeben

Der Nachweis für den Lastfall Erdbeben wird nach DIN 4149:2005-04 durchgeführt. Gebiete, die nicht den Erdbebenzonen 1 bis 3 zugeordnet sind, werden als Gebiete geringer Seismizität eingestuft, so dass für Bauwerke in diesen Gebieten kein Erdbebennachweis erforderlich ist.

Da die DIN 4149:2005-04 keine Bedeutungsbeiwerte für Brücken definiert, wird gemäß DIN EN 1998-2/NA Tabelle NA.1 die Bedeutungskategorie 2 gewählt. Dieser Kategorie werden Autobahnbrücken und Brücken an Bundesstraßen sowie Eisenbahnbrücken zugeordnet.

Bedeutungsbeiwert: $\gamma_I = 1{,}0$ -

Laut Baugrund- und Gründungsgutachten ist gemäß DIN EN 1998-1/NA: 2011-01 das Bauvorhaben folgende Einteilung vorzunehmen:

- Erdbebenzone 2
- Geologische Untergrundklasse R
- Baugrundklasse B

Aufgrund dieser Einstufung müssten Einwirkungen aus dem Lastfall Erdbeben berücksichtigt werden. Diese könnte durch den Ansatz eines, um den Erdbebenanteil erhöhten Erddrucks erfolgen.

Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung (DIN 4149:2005-04):

Bodenbeschleunigung: $a_g = 0{,}60$ m/s²

Vertikale Bodenbeschleunigung: $a_{g,z} = 0{,}7 \cdot 0{,}60 = 0{,}42$ m/s²

Horizontale Bodenbeschleunigung: $a_{g,x} = a_{g,y} = 0{,}60$ m/s²

Gemäß DIN4149:2005-0,4/6.2.4.1(3) dürfen die Horizontalkomponenten der Erdbebeneinwirkung folgendermaßen kombiniert werden:

a) $E_{Edx} + 0{,}3 \cdot E_{Edy}$

b) $0{,}3 \cdot E_{Edx} + E_{Edy}$

Verhaltensbeiwert horizontal: $q_h = 1{,}50$

Verhaltensbeiwert vertikal: $q_v = 1{,}00$

Parameter des horizontalen elastischen Antwortspektrums (DIN EN 1998-2/NA, Tabelle NA.4):

Untergrundverhältnis B-R: $S = 1{,}25$ –

Parameter der Schwingdauer: $T_B = 0{,}05$ -

$T_C = 0{,}25$ -

$T_D = 2{,}0$ -

Erdbeschleunigung $g = 9{,}81$ m/s²

Berechnungsverfahren

Die Einwirkungen aus Erdbeben werden gemäß DIN 4149:2005-04 mit dem vereinfachten Antwortspektrenverfahren durchgeführt.

4 Grundlagen der Bemessung

4.1 Teilsicherheitsbeiwerte

Die Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen werden der DIN EN 1990/NA, Tab. 1.2 und der DIN EN 1990/NA/A1:2012-08, Tab. NA.A2.1 entnommen und folgendermaßen festgelegt:

γ	BS-P		BS-T		BS-A	
	ungünstig	günstig	ungünstig	günstig	ungünstig	günstig
Ständige Einwirkungen	1,35	1,0	1,35	1,0	1,0	1,0
Veränderliche Einwirkungen	1,5	0	1,5	0	1,0	0
Temperatur	1,35	0	1,35	0	1,0	0

Tabelle 9:Teilsicherheitsbeiwerte ständige und vorübergehende Kombination

Die Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen der Tabelle 10 der DIN 1054:2010-12 Tabelle A.2.1 und A 2.2 entnommen.

HYD und UPL Versagen durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen	γ	BS-P	BS-T	BS-A
Destabilisierende ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,dst}$	1,05	1,05	1,00
Stabilisierende ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,stb}$	0,95	0,95	0,95
Destabilisierende veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,dst}$	1,50	1,30	1,00
Stabilisierende veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,stb}$	0	0	0

Tabelle 10:Teilsicherheitsbeiwerte HYD und UPL

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe werden der DIN EN 1992-2 entnommen und folgendermaßen festgelegt:

γ	BS-P	BS-A	Erdbeben
Beton	1,5	1,3	1,5
Betonstahl	1,15	1,0	1,15

Tabelle 11:Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe

4.2 Kombinationsbeiwerte

Die Kombinationsbeiwerte für Straßenbrücken werden der DIN EN 1990-A2 Tabelle A2.1 entnommen und folgendermaßen festgelegt:

Kombinationsbeiwerte	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Temperatur	0,6	0,6	0,5

Tabelle 12: Kombinationsbeiwerte für Straßenbrücken

4.3 Bemessungssituationen

4.3.1 Ständige und vorübergehende Bemessungssituation

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\,G_{k,j}\,"+"\,\gamma_P\,P\,"+"\,\gamma_{Q,1}\,Q_{k,1}\,"+"\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\,\psi_{0,i}\,Q_{k,i}$$

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die ständige und vorübergehende Kombination werden der DIN EN 1990/NA/A1:2012-08, Tabelle NA.A2.1 entnommen und folgendermaßen festgelegt:

	γ	
	ungünstig	günstig
ständige Lasten	1,35	1
veränd. Lasten	1,5	0
Temperatur	1,35	0

Tabelle 13:Teilsicherheitsbeiwerte ständige und vorübergehende Kombination

Für die Bemessung nach der DIN EN 1992-2 werden folgende Kombinationen mit den zugehörigen Kombinationsbeiwerten der veränderlichen Lasten definiert:

Kombination	Temperatur	veränd. Einwirkung
1	0,6	1,0

Tabelle 14: Kombinationen für die Bemessung nach DIN EN 1992-2 (Ständ. u. vorübergehende Situation)

4.3.2 Charakteristische Situation

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}\,"+"\,P_k\,"+"\,Q_{k,1}\,"+"\,\sum_{i>1}\Psi_{0,i}\,Q_{k,i}$$

Die Teilsicherheitsbeiwerte betragen 1. Für die Bemessung nach der DIN EN 1992-2 werden folgende Kombinationen mit den zugehörigen Kombinationsbeiwerten der veränderlichen Lasten definiert:

Kombination	Temperatur	veränd. Erddruck
1	0,6	1,0

Tabelle 15: Kombinationen für die Bemessung nach DIN EN 1992-2 (Charakteristische Situation)

4.3.3 Häufige Situation

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } P \text{ "+" } \psi_{1,1}\, Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i>1} \psi_{2,i}\, Q_{k,i}$$

Die Teilsicherheitsbeiwerte betragen 1. Für die Bemessung nach der DIN EN 1992-2 werden folgende maßgebende Kombinationen mit den zugehörigen Kombinationsbeiwerten der veränderlichen Lasten definiert:

Kombination	Temperatur	veränd. Erddruck
1	0,6	0

Tabelle 16: Kombinationen für die Bemessung nach DIN EN 1992-2 (häufige Situation)

4.3.4 Quasi ständige Kombination

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } P \text{ "+" } \sum_{i\geq 1} \psi_{2,i}\, Q_{k,i}$$

Die Teilsicherheitsbeiwerte betragen 1. Für die Bemessung nach der DIN EN 1992-2 werden folgende Kombinationen mit den zugehörigen Kombinationsbeiwerten der veränderlichen Lasten definiert:

Kombination	Temperatur	veränd. Erddruck
1	0,5	0

Tabelle 17: Kombinationen für die Bemessung nach DIN EN 1992-2 (Quasi ständige Kombination)

4.3.5 Erdbeben

$$\sum G_{kj} \;\oplus\; \sum \psi_{Ei} \cdot Q_{ki}$$

Der Kombinationsbeiwert $\Psi_{E,i}$ ergibt sich durch Multiplikation des Kombinationsbeiwerts $\Psi_{2,i}$ der DIN EN 1990-A2 und dem Beiwert φ. Auf der sicheren Seite wird der Beiwert φ zu 1,0 gesetzt.

Kombination	Temperatur	veränd. Erddruck
1	0,5	0

Tabelle 18: Kombinationen für die Bemessung nach DIN 4149 (Erdbeben)

5 Nachweise am Gesamtsystem

5.1 Verformungen

Die Verformungen der Wände, der Decke und des Fundaments betragen weniger als 20 mm.

5.2 Betondruckfestigkeit

Die Betondruckspannungen unterschreiten im gesamten Tragwerk die zulässigen Betondruckspannungen von $\sigma_{zul} = 0{,}85 \cdot 35/1{,}5 = 19{,}8$ N/mm².

5.3 Betonstahlbewehrung

Die 1. Lage der Bewehrung befindet sich auf der Luftseite und die 2. Lage der Bewehrung befindet sich erdseitig.

Decke	$a_{s,x/y}$ [cm²/m]	$a_{s,x/y,gewählt}$ [cm²/m]	ϕ [mm]	Abstand [cm]
Biegebewehrung 1. Lage	6,9	12,6	20	25
Biegebewehrung 2. Lage	8,4	12,6	20	25
Bügelbewehrung	-	-	-	-

Tabelle 19: Betonstahlbewehrung der Decke

Wände	$a_{s,x/y}$ [cm²/m]	$a_{s,x/y,gewählt}$ [cm²/m]	ϕ [mm]	Abstand [cm]
Biegebewehrung 1. Lage	27,2	31,4	20	10
Biegebewehrung 2. Lage	25,1	31,4	20	10
Bügelbewehrung	15,7	22,6	12	10

Tabelle 20: Betonstahlbewehrung der Wände

Fundament	$a_{s,x/y}$ [cm²/m]	$a_{s,x/y,gewählt}$ [cm²/m]	ϕ [mm]	Abstand [cm]
Biegebewehrung 1. Lage	34,8	34,9	20	9
Biegebewehrung 2. Lage	28,1	31,4	20	10
Bügelbewehrung	-	-	-	-

Tabelle 21: Betonstahlbewehrung des Fundaments

Die erforderlichen Bewehrungsmengen können in die zugehörigen Querschnitte eingebaut werden. Die genauen Bewehrungsmengen sind dem InfoCAD-Ausdruck zu entnehmen.

5.4 Nachweis gegen Aufschwimmen (UPL)

Die ausreichende Sicherheit gegen Aufschwimmen ist für den Grenzzustand UPL nachzuweisen. Der Nachweis wird gemäß DIN EN 1997-1 2.4.7.4 (1) und DIN 1054 10.2 geführt:

$$G_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} + Q_{dst,rep} \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{stb,k} \cdot \gamma_{G,stb} + T_k \cdot \gamma_{G,stb}$$

Einwirkung

Destabilisierende Ständige Einwirkung - Auftrieb:

Wasserstand Auftrieb:		$w_{sp,Auftrieb}$ = 170,5 mNN
Rahmen-UK 167,25 mNN:	h = 3,25 m	w_A = 32,5 kN/m²
Gesamtbreite des Fundaments:		B = 2,7 m
Auftriebskraft:		$G_{dst,k}$ = 87,8 kN/m
Teilsicherheitsbeiwert für destabilisierende Beanspruchungen:		$\gamma_{G,dst}$ = 1,05 –

Widerstand

Stabilisierende ständige Einwirkung – Rahmen:		$G_{stb,k}$
Wichte Stahlbeton:		γ_{Stb} = 25 kN/m³
Höhe x Breite des Rahmens:		H x B = 2,55 m x 2,7 m
Lichte Höhe x lichte Breite des Rahmens[1]:		H_L x B_L = 1,4 m x 2,1 m
Eigengewicht des Rahmens:	$G_{stb,k}$ = 25 · (2,55 · 2,7– 1,4 · 2,1) = 98,6 kN/m	
Teilsicherheitsbeiwert für stabilisierende Einwirkungen:		$\gamma_{G,inf}$ = 1,0 –

Nachweis

Nachweis erfüllt: 87,8 · 1,05 = 92,1 kN/m ≤ 98,6 · 0,95 = 93,7 kN/m

6 EDV-Ausdrucke

Anlage 1: InfoCAD-Druckliste

[1] Die Bettung im Bach ist hier enthalten

INHALT

Inhalt 1

1. System
Text 3

Eingabedaten
Systemkenngrößen 4
Bemaßung 4
Querschnittswerte 5
Querschnittsnummern 6
Materialkennwerte 6
Bettung 7
Lastfallbezeichnungen 7
Lastfallkombination 7
Lastfallkombination 1, Erdbeben 1 10
Lastfallkombination 2, Erdbeben 2 10
Lastfallkombination 10, Auftrieb 10
Lastfallkombination 21, Temperatur 1 10
Lastfallkombination 22, Temperatur 2 11
Lastfallkombination 23, Temperatur 3 11
Lastfallkombination 24, Temperatur 4 11
Lastfallkombination 25, Temperatur 5 11
Lastfallkombination 26, Temperatur 6 11
Lastfallkombination 27, Temperatur 7 11
Lastfallkombination 28, Temperatur 8 11
Lastfallkombination 29, Temperatur gesamt 12
Liste der Kombinationen 13
Lastsummen 14

2. Belastung
Text 16
1 : Eigenlast 17
3 : Auftrieb 18
4 : Bachbett 19
5 : Bachwasser 20
10 : Ständiger Erddruck 21
21 : Temp. konst + ... 22
22 : Temp. konst - 23
23 : Temp. var. oben + ... 24
24 : Temp. var. unten + ... 25

Dynamik
Berechnungsvorgaben Dynamik 26
Punktmassen 27
Massen aus Lastfällen erzeugen 28
Knotenbeschleunigungen ..... -

Modale Zeitschrittintegration
Modale Dämpfung ..... -
Knotenbezogene Last-Zeit-Verläufe ..... -

Direkte Zeitschrittintegration
Rayleigh'sche Dämpfung ..... -
Viskose Einzeldämpfer ..... -
Knotenbezogene Last-Zeit-Verläufe ..... -

Stationärer Response
Erregerfrequenzbereich Response ..... -
Modale Dämpfung ..... -

3. Kombinationen
Text 29
Einwirkungen DIN EN 1992-2 Brückennachweise 30
Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-2 32

4. Nachweise

Text 36

Verformung
Text 37
Deformationen uz max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-2 38
Deformationen uz min; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-2 39
Deformationen uy max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-2 40
Deformationen uy min; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-2 41

Bewehrung
Biegebewehrung as 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-2 42
Biegebewehrung as 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-2 43
qr/vRd,max; Tragfähigkeit DIN EN 1992-2 44

Betondruckspannungen
Sigma.2/Sigma.2,zul; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-2 45

Bodenpressungen
Bodenpressungen Sigma.z min; 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-2 46
Bodenpressungen Sigma.z max; 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-2 47

Dynamik
Eigenform 1 48
Eigenform 2 49
Eigenform 3 50
Eigenform 4 51

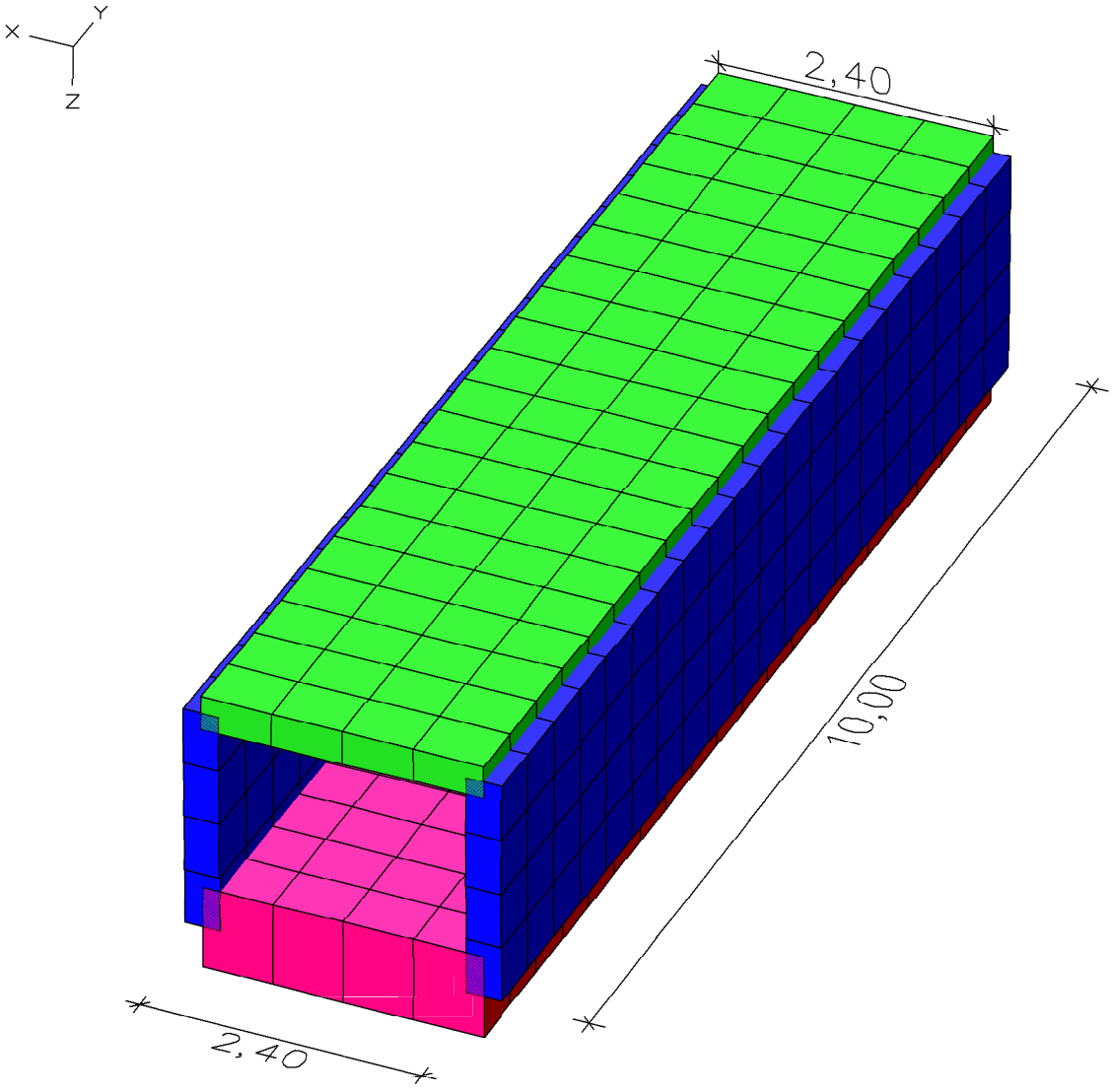
1. Systemeingaben des FE-Modells

Systemkenngrößen

336	Knoten		
320	Elemente	0	Stabelemente
0	Festhaltungen	0	Plattenelemente
0	Koppelungen	0	Scheibenelemente
4	Materialkennwerte	320	Schalenelemente
4	Querschnittswerte	0	Seilelemente
9	Lastfälle	0	Volumenelemente
12	LF-Kombinationen	0	Federelemente
0	Spannstränge		

Berechnungsort der Flächenelemente: Knoten
2 Ergebnisorte in den Stäben

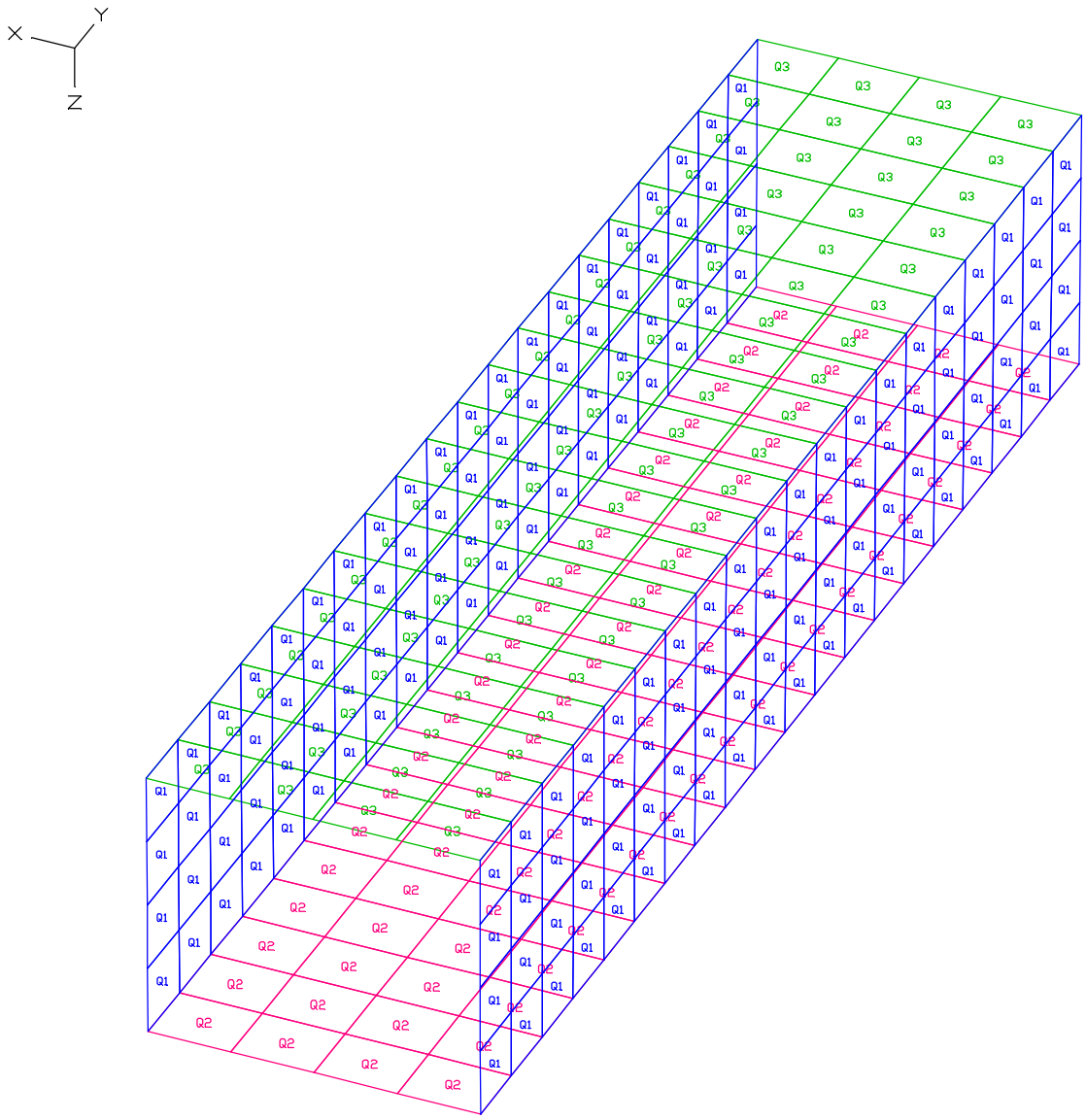
Gedrehte Koordinatensysteme
235 Elementsysteme
0 Schnittkraftsysteme
0 Bewehrungssysteme



Bemaßung

Querschnittswerte

1	Fläche	Wand Elementdicke [m] Orthotropie dzy/dz E-Modul Platte/Scheibe		dz = 0,3000 = 1 = 1		drillsteif
2	Fläche	Fundament Elementdicke [m] Orthotropie dzy/dz E-Modul Platte/Scheibe		dz = 0,7500 = 1 = 1		drillsteif
3	Fläche	Decke Elementdicke [m] Orthotropie dzy/dz E-Modul Platte/Scheibe		dz = 0,3000 = 1 = 1		drillsteif
4	Stab	Mikropfahl Fläche [m²] Trägheitsmomente [m4]	A Ix Iz	= 3,167e-03 = 1,596e-06 = 7,981e-07	Iy Iyz	= 7,981e-07 = 0,000e+00



Querschnittsnummern

Materialkennwerte

	Nr.	Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul [MN/m²]	Quer-dehnz.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
1	1	C35/45-EN-D	34000	14200	0,20	1,00e-05	25,000
2	2	C35/45-EN-D	34000	14200	0,20	1,00e-05	25,000
3	3	C35/45-EN-D	34000	14200	0,20	1,00e-05	25,000

Materialkennwerte

	Nr.	Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul [MN/m²]	Quer-dehnz.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
4	4	S235-EN	210000	81000	0,30	1,20e-05	78,500

Bettung

	Nr.	Bettung am Anfang [MN/m³]			Bettung am Ende [MN/m³]			Bettungsbreite [m]		
		kbx	kby	kbz	kbx	kby	kbz	bx	by	bz
1	1	0	0	0						
2	2	10	10	40						
3	3	0	0	0						
4	4	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	1,000	1,000	1,000

Die Bettung wirkt in Richtung der Achsen des lokalen Element- bzw. Oberflächensystems.

Lastfall-Bezeichnung

	Lastfall	Bezeichnungstext
1	1	Eigenlast
2	3	Auftrieb
3	4	Bachbett
4	5	Bachwasser
5	10	Ständiger Erddruck
6	21	Temp. konst +
7	22	Temp. konst -
8	23	Temp. var. oben +
9	24	Temp. var. unten +

Lastfallkombination 1, Erdbeben 1 - ständige Einwirkung

```
Antwortspektrum                                        Faktor
-------------------------------------------------------------
*     Überlagert (x)                                    0,300
*     Überlagert (x)                                   -0,300
*     Überlagert (y)                                   -1,000
*     Überlagert (y)                                    1,000
*     Überlagert (z)                                    1,000
*     Überlagert (z)                                   -1,000
```

Lastfallkombination 2, Erdbeben 2 - ständige Einwirkung

```
Antwortspektrum                                        Faktor
-------------------------------------------------------------
*     Überlagert (x)                                   -1,000
```

Lastfallkombination 2, Erdbeben 2 - ständige Einwirkung

Antwortspektrum	Faktor
* Überlagert (x)	1,000
* Überlagert (y)	0,300
* Überlagert (y)	-0,300
* Überlagert (z)	1,000
* Überlagert (z)	-1,000

Lastfallkombination 10, Auftrieb - exklusive Auswahl

Lastfall		Faktor
3	Auftrieb	1,000

Lastfallkombination 21, Temperatur 1 - veränderliche inklusive Einwirkung

Lastfall		Faktor
21	Temp. konst +	0,350
23	Temp. var. oben +	1,000

Lastfallkombination 22, Temperatur 2 - veränderliche inklusive Einwirkung

Lastfall		Faktor
22	Temp. konst -	0,350
23	Temp. var. oben +	1,000

Lastfallkombination 23, Temperatur 3 - veränderliche inklusive Einwirkung

Lastfall		Faktor
21	Temp. konst +	1,000
23	Temp. var. oben +	0,750

Lastfallkombination 24, Temperatur 4 - veränderliche inklusive Einwirkung

Lastfall		Faktor
22	Temp. konst -	1,000
23	Temp. var. oben +	0,750

Lastfallkombination 25, Temperatur 5 - veränderliche inklusive Einwirkung

Lastfall		Faktor
21	Temp. konst +	0,350
24	Temp. var. unten +	1,000

Lastfallkombination 26, Temperatur 6 - veränderliche inklusive Einwirkung

Lastfall		Faktor
22	Temp. konst -	0,350
24	Temp. var. unten +	1,000

Lastfallkombination 27, Temperatur 7 - veränderliche inklusive Einwirkung

Lastfall		Faktor
21	Temp. konst +	1,000
24	Temp. var. unten +	0,750

Lastfallkombination 28, Temperatur 8 - veränderliche inklusive Einwirkung

Lastfall		Faktor
22	Temp. konst -	1,000
24	Temp. var. unten +	0,750

Lastfallkombination 29, Temperatur gesamt - exklusive Auswahl

Kombination		Faktor
21	Temperatur 1	1,000
22	Temperatur 2	1,000

Lastfallkombination 29, Temperatur gesamt - exklusive Auswahl

Kombination		Faktor
23	Temperatur 3	1,000
24	Temperatur 4	1,000
25	Temperatur 5	1,000
26	Temperatur 6	1,000
27	Temperatur 7	1,000
28	Temperatur 8	1,000

Lastfallkombination 1, Erdbeben 1

Ständige Einwirkung	Faktor
Antwortspektrum überlagert (x)	0,300
Antwortspektrum überlagert (x)	-0,300
Antwortspektrum überlagert (y)	-1,000
Antwortspektrum überlagert (y)	1,000
Antwortspektrum überlagert (z)	1,000
Antwortspektrum überlagert (z)	-1,000

Lastfallkombination 2, Erdbeben 2

Ständige Einwirkung	Faktor
Antwortspektrum überlagert (x)	-1,000
Antwortspektrum überlagert (x)	1,000
Antwortspektrum überlagert (y)	0,300
Antwortspektrum überlagert (y)	-0,300
Antwortspektrum überlagert (z)	1,000
Antwortspektrum überlagert (z)	-1,000

Lastfallkombination 10, Auftrieb

Exklusive Auswahl		Faktor
3	Auftrieb	1,000

Lastfallkombination 21, Temperatur 1

Veränderliche inklusive Einwirkung		Faktor
21	Temp. konst +	0,350
23	Temp. var. oben +	1,000

Lastfallkombination 22, Temperatur 2

Veränderliche inklusive Einwirkung		Faktor
22	Temp. konst -	0,350
23	Temp. var. oben +	1,000

Lastfallkombination 23, Temperatur 3

Veränderliche inklusive Einwirkung		Faktor
21	Temp. konst +	1,000
23	Temp. var. oben +	0,750

Lastfallkombination 24, Temperatur 4

Veränderliche inklusive Einwirkung		Faktor
22	Temp. konst -	1,000
23	Temp. var. oben +	0,750

Lastfallkombination 25, Temperatur 5

Veränderliche inklusive Einwirkung		Faktor
21	Temp. konst +	0,350
24	Temp. var. unten +	1,000

Lastfallkombination 26, Temperatur 6

Veränderliche inklusive Einwirkung		Faktor
22	Temp. konst -	0,350
24	Temp. var. unten +	1,000

Lastfallkombination 27, Temperatur 7

Veränderliche inklusive Einwirkung		Faktor
21	Temp. konst +	1,000
24	Temp. var. unten +	0,750

Lastfallkombination 28, Temperatur 8

Veränderliche inklusive Einwirkung		Faktor
22	Temp. konst -	1,000
24	Temp. var. unten +	0,750

Lastfallkombination 29, Temperatur gesamt

Exklusive Auswahl		Faktor
K21	Temperatur 1	1,000
K22	Temperatur 2	1,000
K23	Temperatur 3	1,000
K24	Temperatur 4	1,000
K25	Temperatur 5	1,000
K26	Temperatur 6	1,000
K27	Temperatur 7	1,000
K28	Temperatur 8	1,000

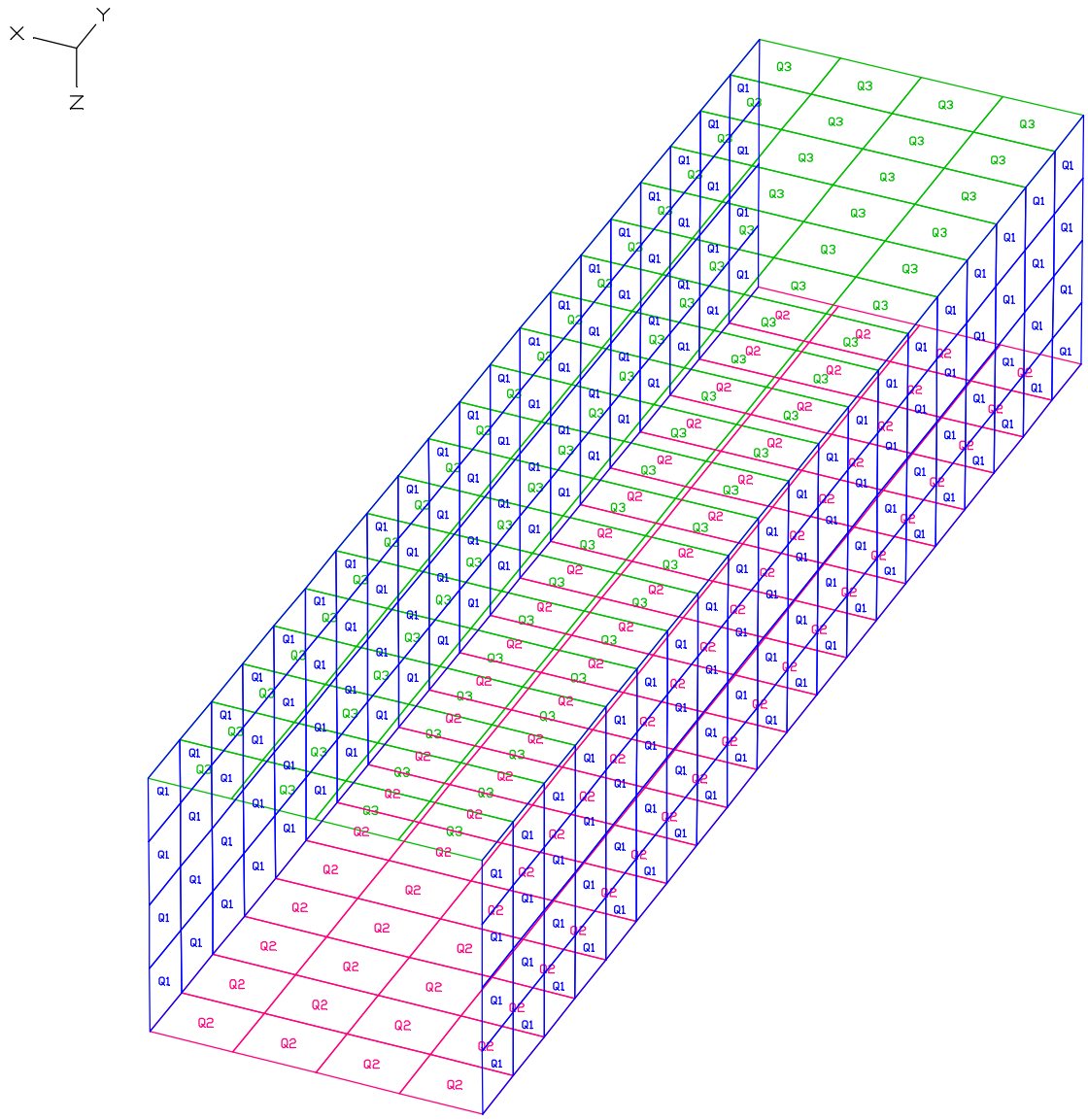
Liste der Kombinationen

Nr.	Bezeichnung
1	Erdbeben 1
2	Erdbeben 2
10	Auftrieb
21	Temperatur 1
22	Temperatur 2
23	Temperatur 3
24	Temperatur 4
25	Temperatur 5
26	Temperatur 6
27	Temperatur 7
28	Temperatur 8
29	Temperatur gesamt

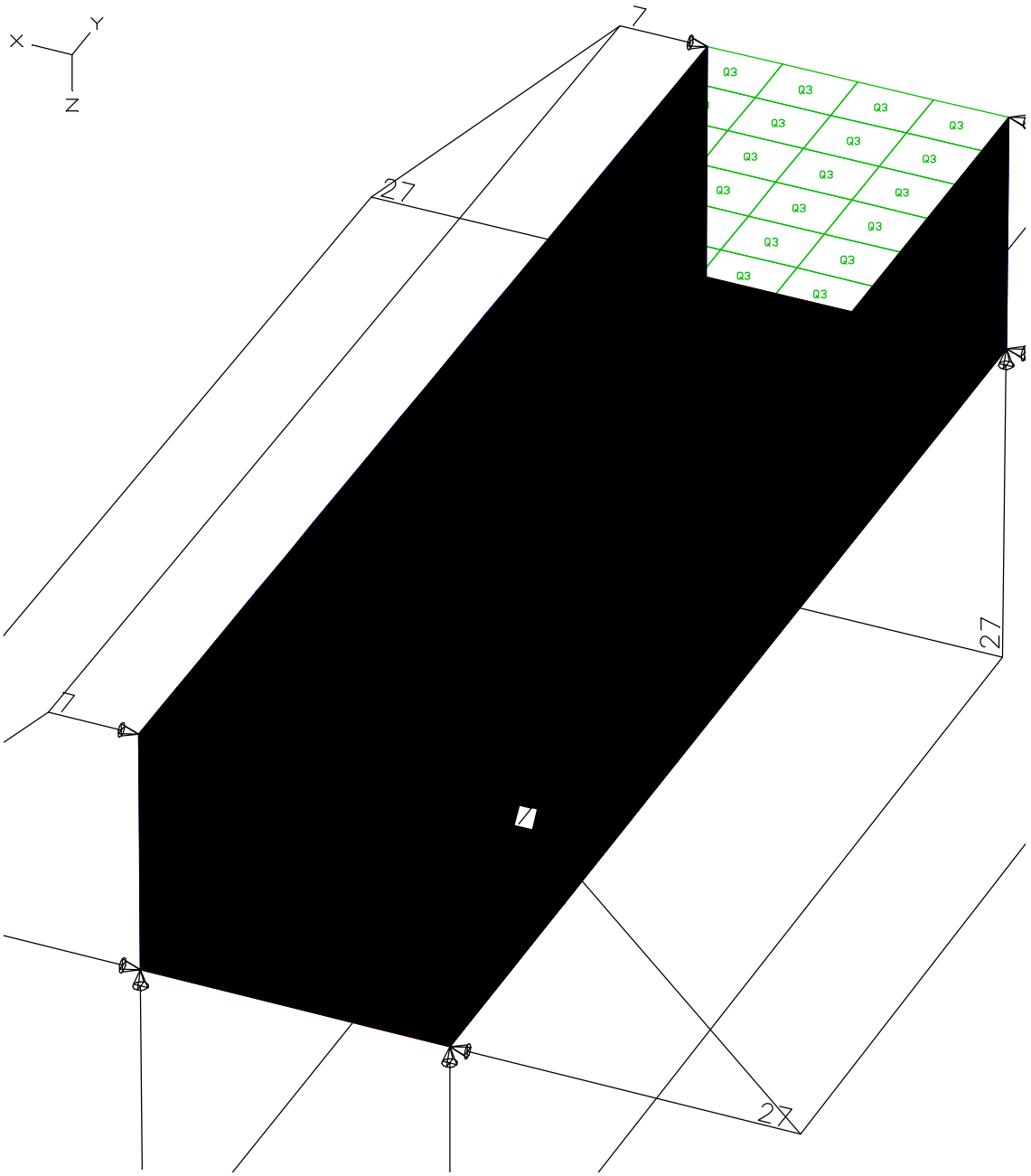
Summe der aufgebrachten Lasten und Auflagerreaktionen

LF.	Bezeichnung	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
1	Eigenlast	0,000	-0,000	930,000
	Auflagerreaktionen	0,000	0,000	0,000
	Bettungskräfte	0,000	0,000	930,000
3	Auftrieb	0,000	0,000	-648,000
	Auflagerreaktionen	0,000	0,000	0,000
	Bettungskräfte	0,000	-0,000	-648,000
4	Bachbett	-0,000	-0,000	60,000
	Auflagerreaktionen	0,000	0,000	0,000
	Bettungskräfte	-0,000	0,000	60,000
5	Bachwasser	-0,000	-0,000	480,000
	Auflagerreaktionen	0,000	0,000	0,000
	Bettungskräfte	0,000	0,000	480,000
10	Ständiger Erddruck	-0,000	0,000	-0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	0,000	0,000
	Bettungskräfte	0,000	0,000	-0,000
21	Temp. konst +	-0,000	0,000	-0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	0,000	0,000
	Bettungskräfte	-0,000	-0,000	-0,000
22	Temp. konst -	-0,000	0,000	-0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	0,000	0,000
	Bettungskräfte	0,000	0,000	0,000
23	Temp. var. oben +	0,000	-0,000	0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	0,000	0,000
	Bettungskräfte	-0,000	0,000	-0,000
24	Temp. var. unten +	-0,000	0,000	-0,000
	Auflagerreaktionen	0,000	0,000	0,000
	Bettungskräfte	0,000	-0,000	0,000

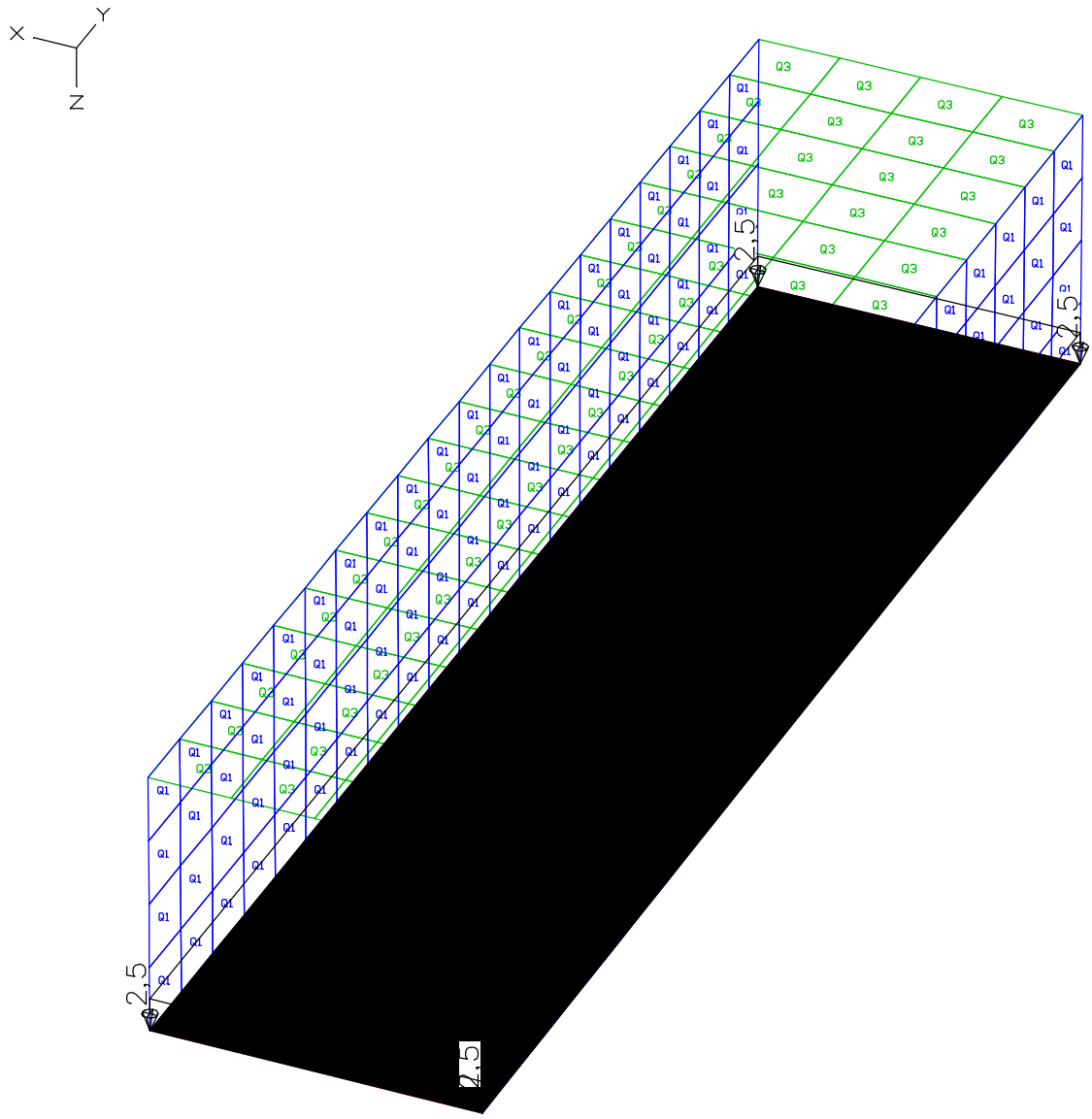
2. Belastung des Systems



1 : Eigenlast

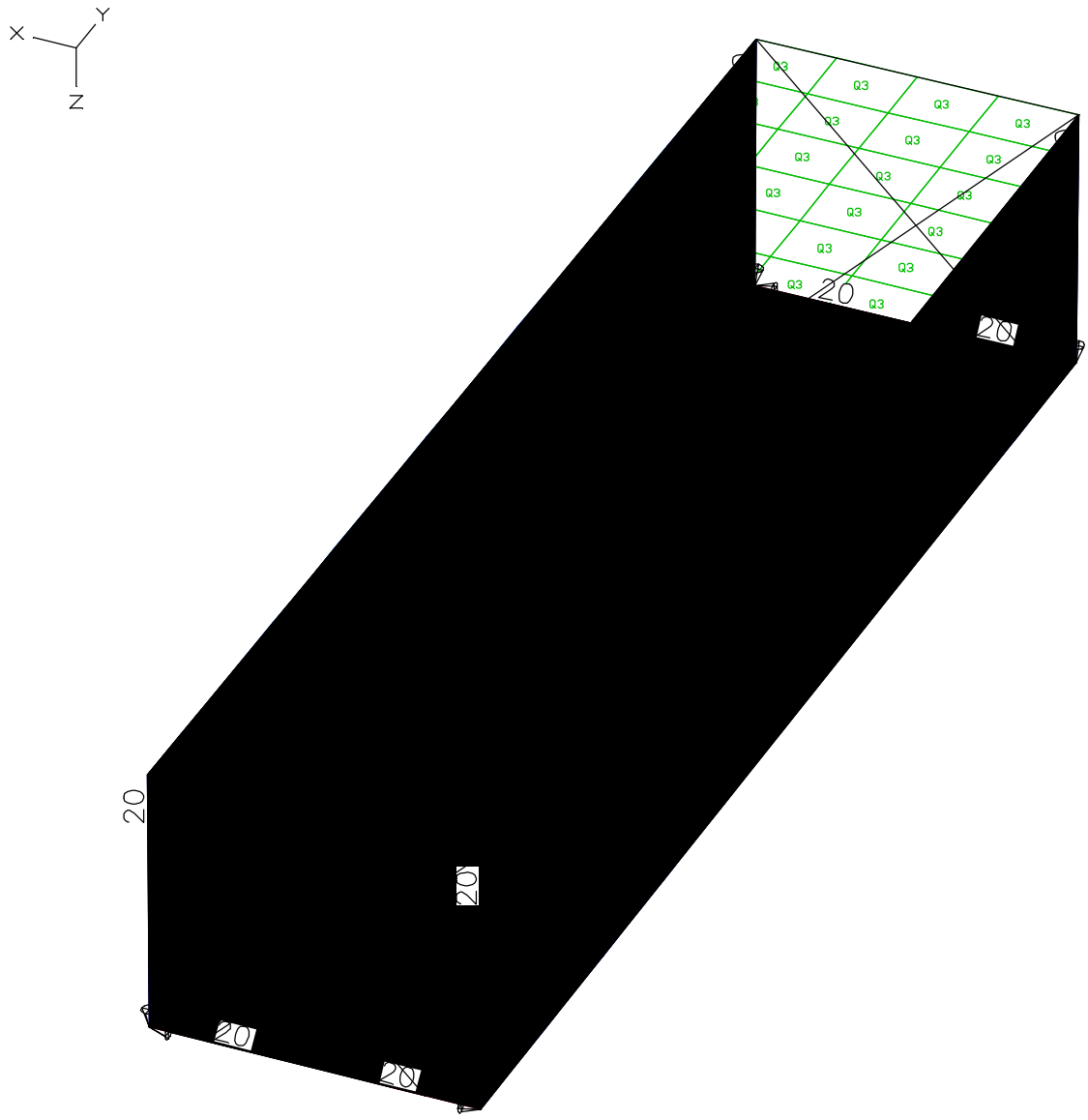


3 : Auftrieb



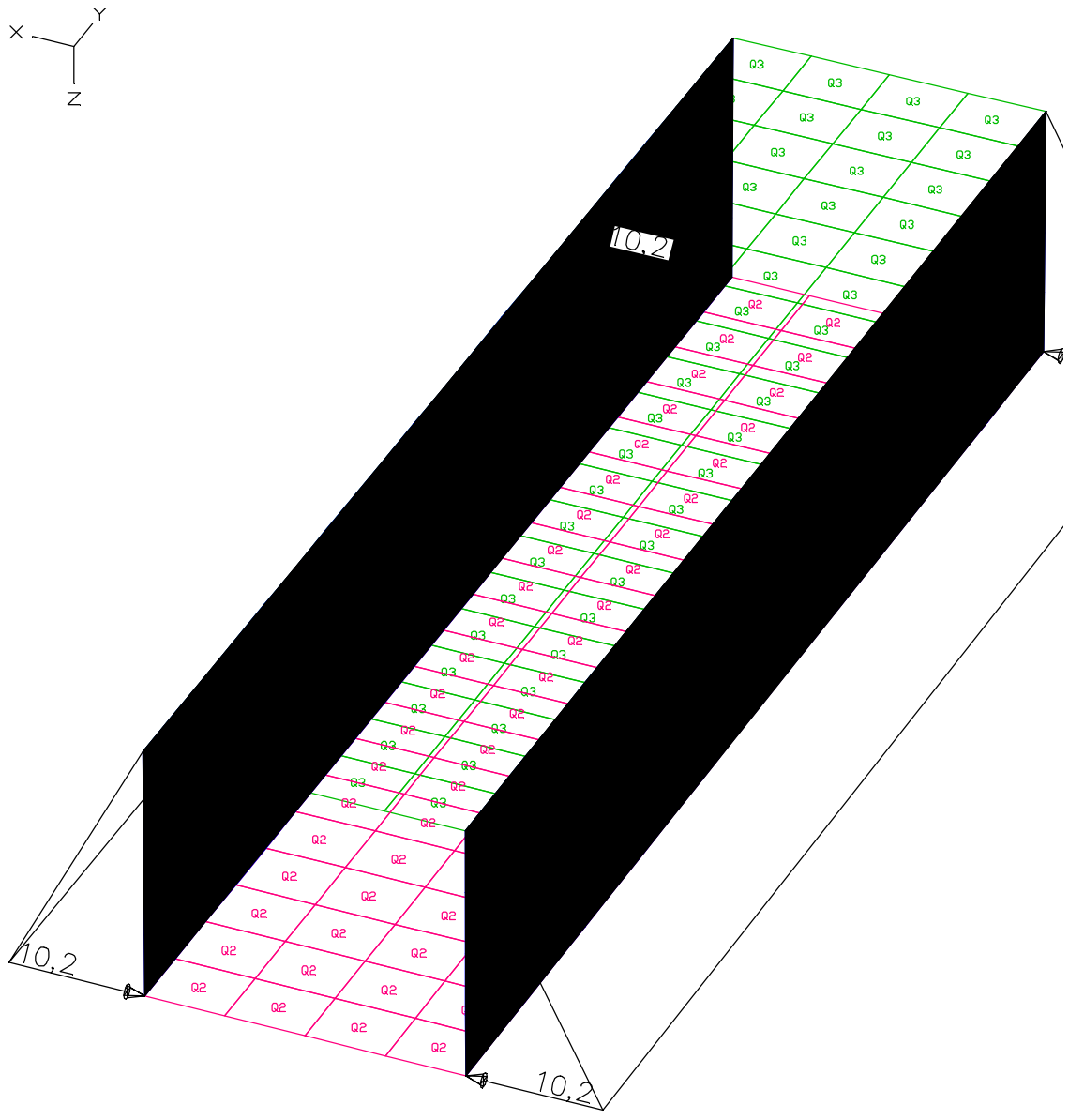
4 : Bachbett

Verfasser:	DB Engineering & Consulting GmbH	Projekt Nr. T.016058338
Bauwerk:	Vollrahmen	Datum:

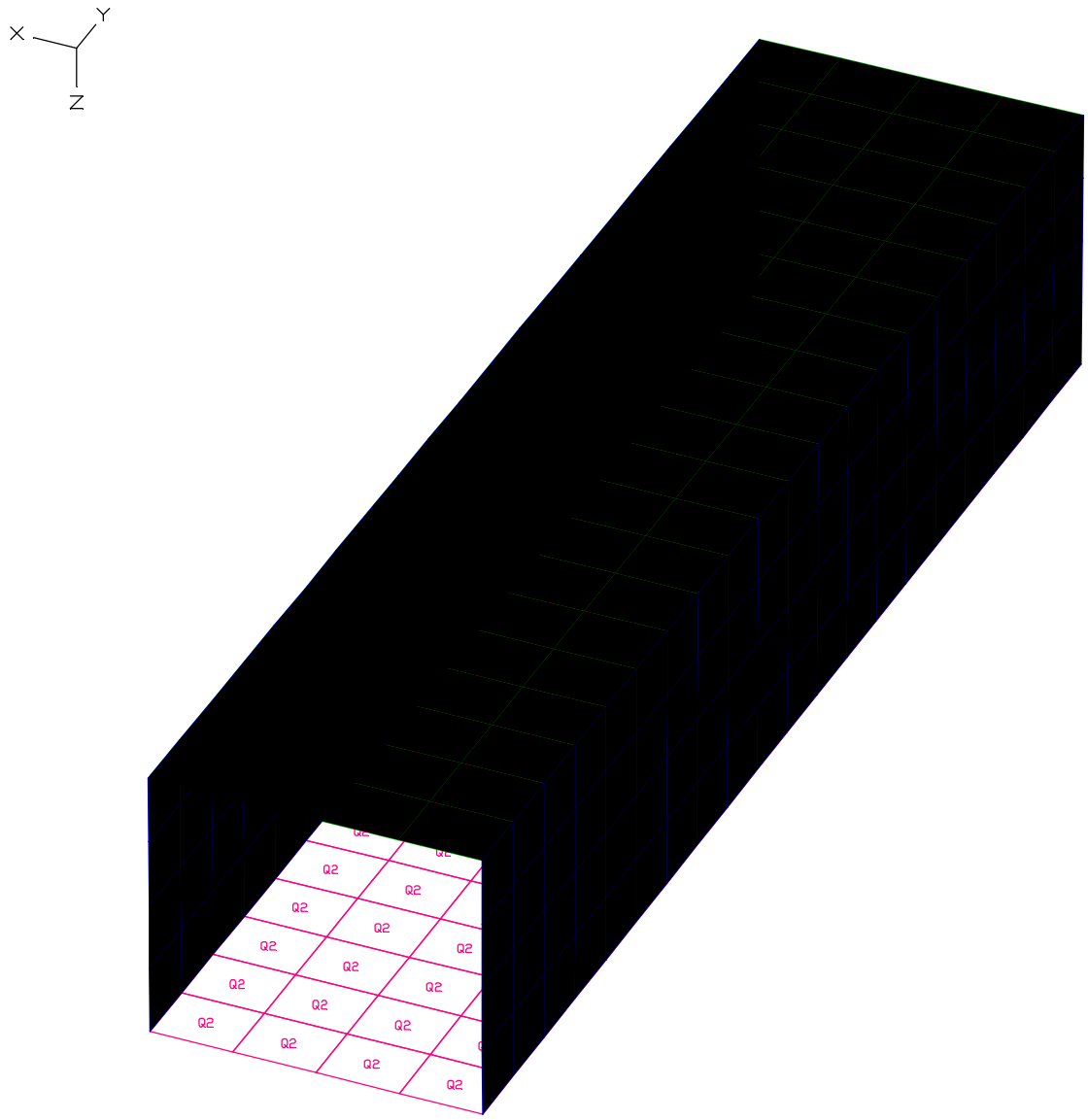


5 : Bachwasser

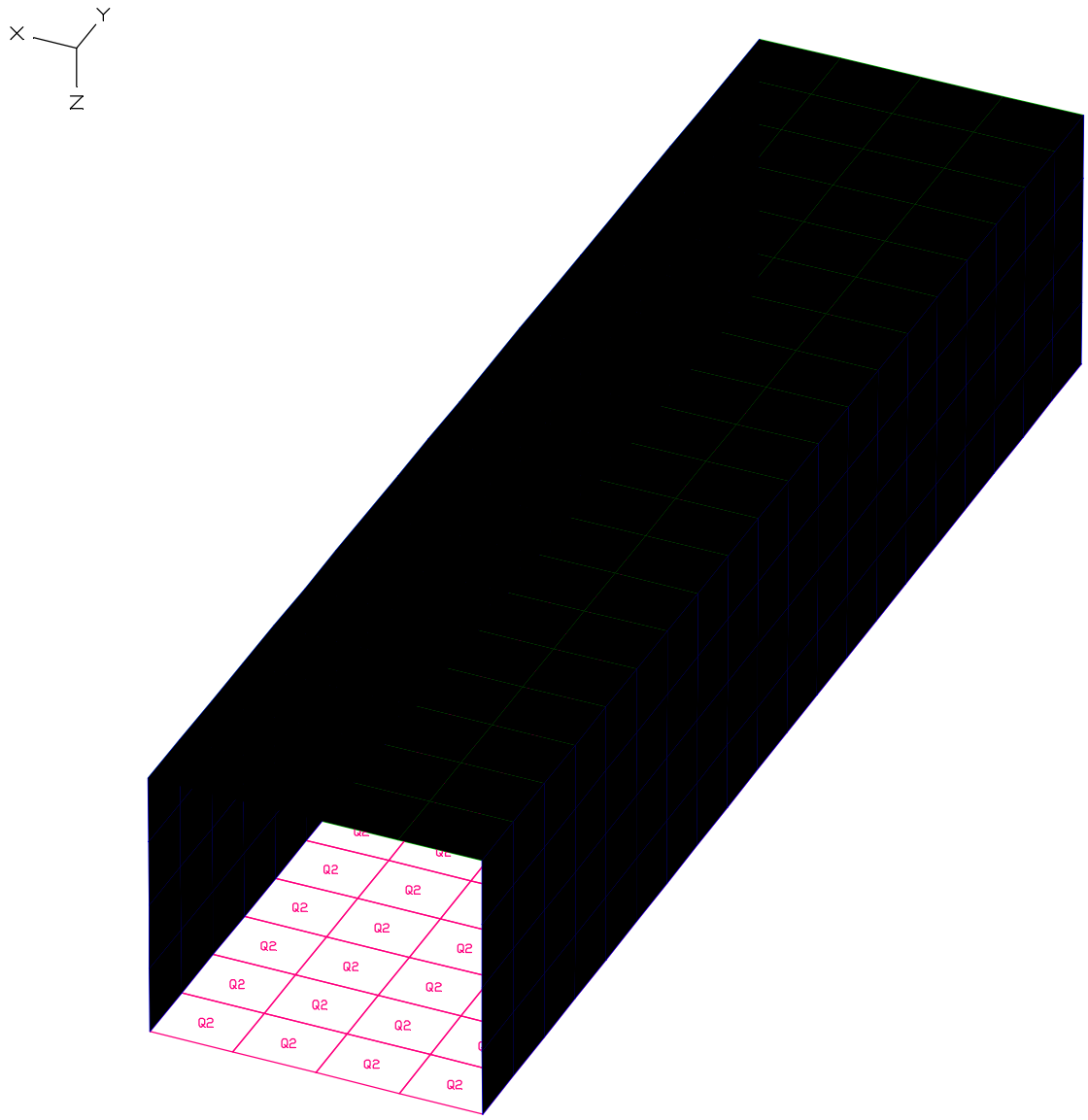
Bauteil:	Beverbach-Rahmen-gebettet.fem	Pos. Nr.	Archiv Nr.
Block:		Seite 20	
Vorgang:		M = 1:	



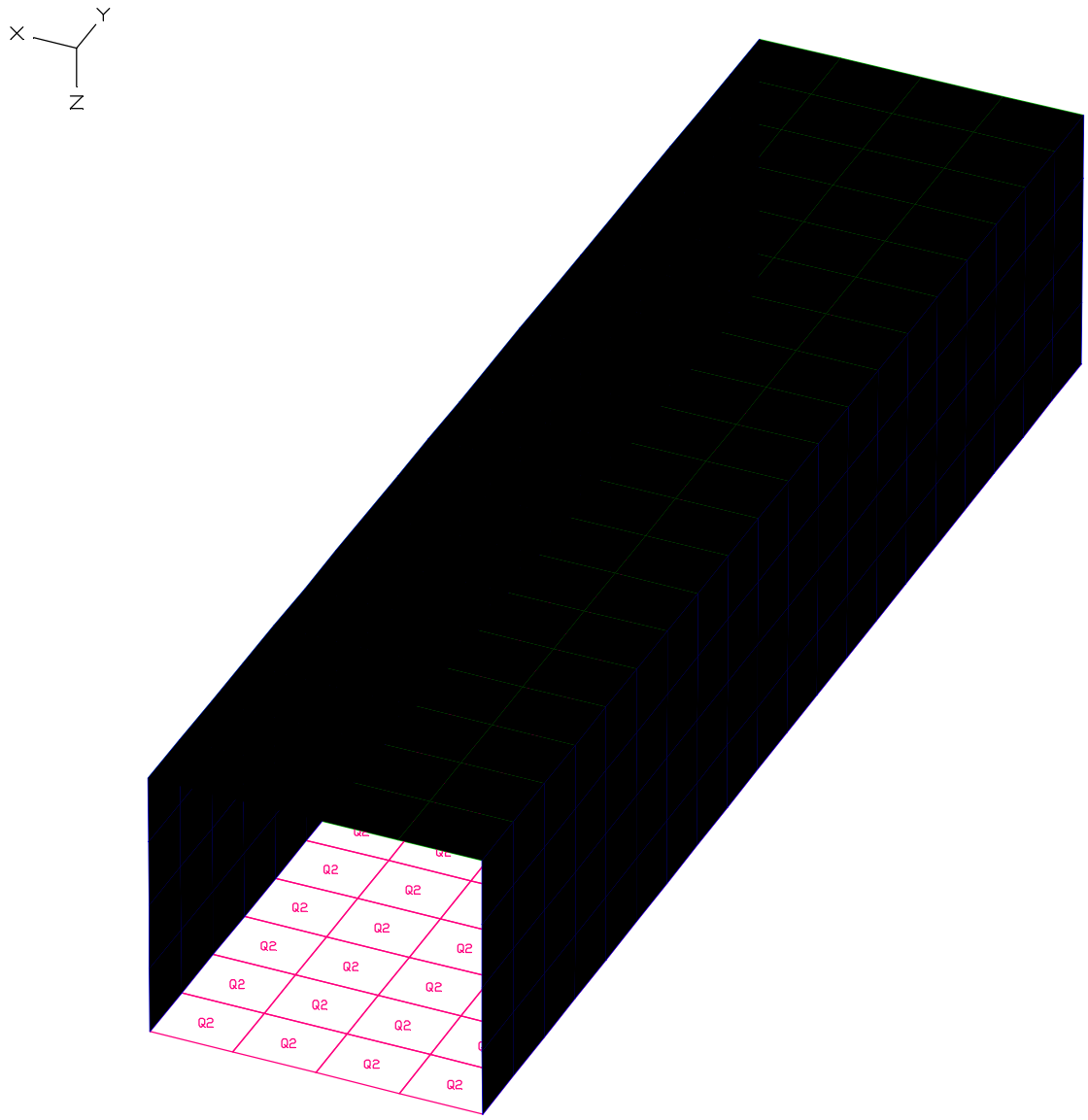
10 : Ständiger Erddruck



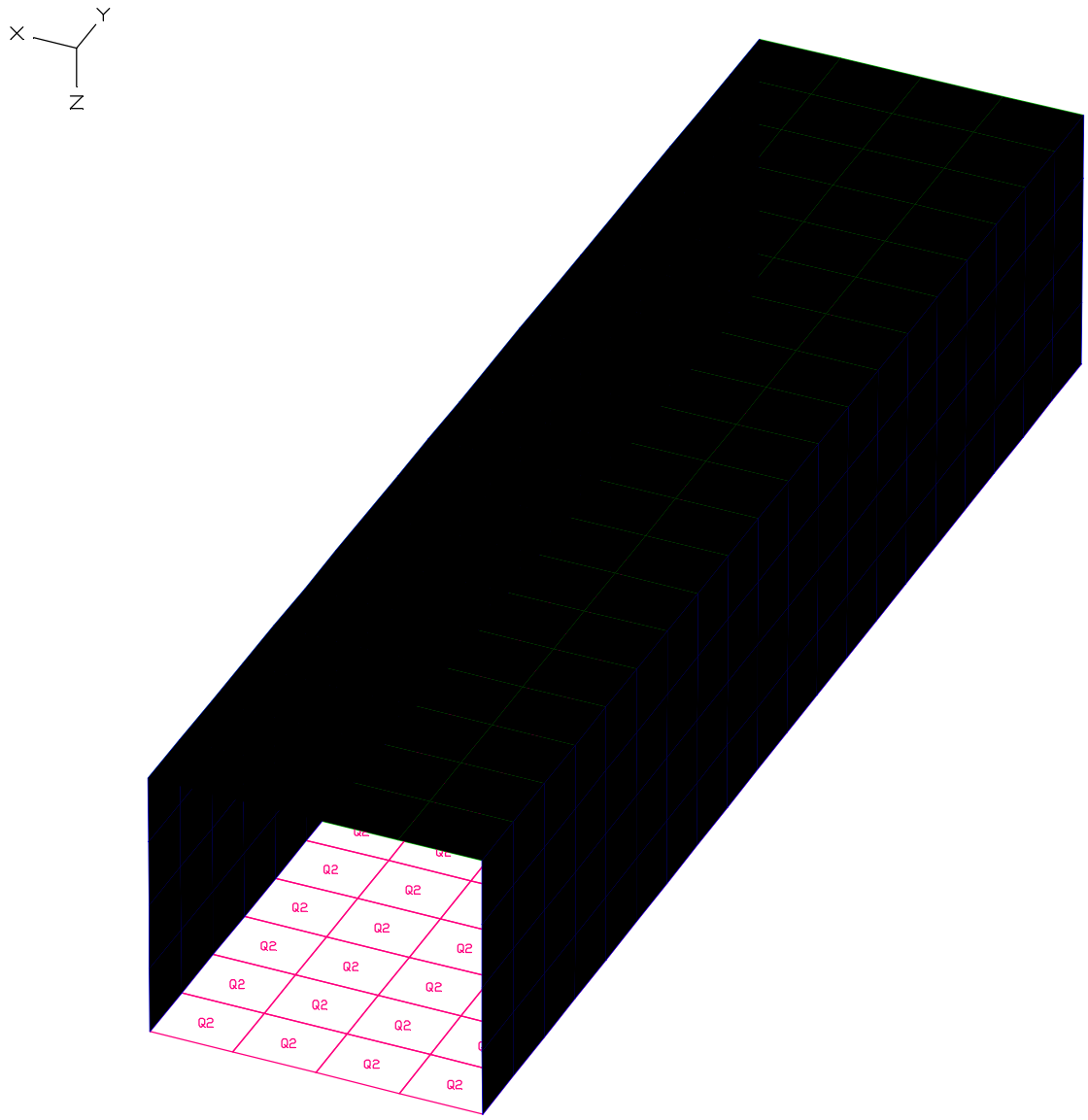
21 : Temp. konst +



22 : Temp. konst -



23 : Temp. var. oben +

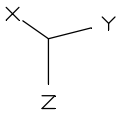


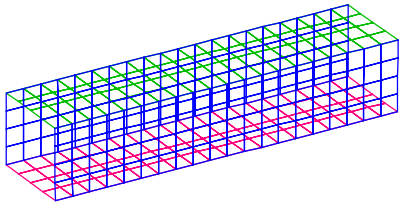
24 : Temp. var. unten +

Berechnungsvorgaben Dynamik

Berechnungsmodus	Antwortspektrum DIN 4149:2005
Eigenwerte, Anzahl Max. Vektorraum Iterationsgenauigkeit	15 23 1 [%]
Wirkung der Massen In Richtung Um Achse	 X, Y, Z X, Y, Z
Bodenbeschleunigungen Komponenten getrennt aufbringen Bezugssystemwinkel alpha	ax = 0,6 ay = 0,6 az = 0,42 [m/s²] Ja 0 [°]
Beiwerte nach DIN 4149:2005 Untergrundverhältnisse Lehr'sches Dämpfungsmaß Bedeutungsbeiwert gamma I Verhaltensbeiwert q Kombinationsmethode Stat. Ersatzlasten speichern	 B-R 0,05 1 1,5 Standard Ja

Verfasser:	DB Engineering & Consulting GmbH	Projekt Nr. T.016058338
Bauwerk:	Vollrahmen	Datum:





Bauteil:	Beverbach-Rahmen-gebettet.fem	Pos. Nr.	Archiv Nr.
Block:		Seite 27	
Vorgang:		M = 1: 190	

Massen aus Lastfällen erzeugen

Gewählte Lastfälle	Faktor
1 Eigenlast	1,000
4 Bachbett	1,000
5 Bachwasser	1,000
10 Ständiger Erddruck	1,000

3. Kombinationen und Bemessungsvorgaben nach DIN EN 1992-2

DIN EN 1992-2 Einwirkungen

G1 - Ständige Einwirkung

1	Eigenlast
4	Bachbett
10	Ständiger Erddruck

G2 - Auftrieb

3	Auftrieb

E - Erdbeben, 1. Variante, exklusiv

K1	Erdbeben 1
K2	Erdbeben 2

T - Temperatur, 1. Variante, inklusiv

K29	Temperatur gesamt

Q1 - Veränderliche Einwirkung, 1. Variante, inklusiv

5	Bachwasser

Ständige und vorübergehende Kombination, Situationen

Variante	Zustand	Einwirkungen
1)	End	G1 + G2 + QK

QK bedeutet veränderliche Einwirkungen entsprechend der Tabelle der Kombinationsbeiwerte.

Ständige und vorübergehende Kombination, Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung	Gamma.sup	Gamma.inf
G1	1,35	1
G2	1	1,35
T	1,35	0
Q1	1,5	0

Ständige und vorübergehende Kombination, Kombinationsbeiwerte

Variante	T	Q1
a)	0,6	1

Erdbeben Kombination, Situationen

Variante	Zustand	Einwirkungen
1)	End	G1 + G2

Erdbeben Kombination, Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung	Gamma.sup	Gamma.inf
G1	1	1
G2	1	1
E	1	0
T	1	0
Q1	1	0

Erdbeben Kombination, Kombinationsbeiwerte

Variante	T	Q1
a)	0,5	0

Charakteristische (seltene) Kombination, Situationen

Variante	Zustand	Einwirkungen
1)	End	G1 + G2 + QK

QK bedeutet veränderliche Einwirkungen entsprechend der Tabelle der Kombinationsbeiwerte.

Charakteristische (seltene) Kombination, Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung	Gamma.sup	Gamma.inf
G1	1	1
G2	1	1
T	1	0
Q1	1	0

Charakteristische (seltene) Kombination, Kombinationsbeiwerte

Variante	T	Q1
a)	0,6	1

Häufige Kombination, Situationen

Variante	Zustand	Einwirkungen
1)	End	G1 + G2 + QK

QK bedeutet veränderliche Einwirkungen entsprechend der Tabelle der Kombinationsbeiwerte.

Häufige Kombination, Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung	Gamma.sup	Gamma.inf
G1	1	1
G2	1	1
T	1	0
Q1	1	0

Häufige Kombination, Kombinationsbeiwerte

Variante	T	Q1
a)	0,6	0

Quasi-ständige Kombination, Situationen

Variante	Zustand	Einwirkungen
1)	End	G1 + G2 + QK

QK bedeutet veränderliche Einwirkungen entsprechend der Tabelle der Kombinationsbeiwerte.

Quasi-ständige Kombination, Sicherheitsbeiwerte

Einwirkung	Gamma.sup	Gamma.inf
G1	1	1
G2	1	1
T	1	0
Q1	1	0

Quasi-ständige Kombination, Kombinationsbeiwerte

Variante	T	Q1
a)	0,5	0

Bemessungsvorgaben DIN EN 1992-2

Qu.	Expos. klasse	Vorspannung des Bauteils	Bewehrung M R B Q T S	Ermüdung B Q T P C V	Ri. br.	De- ko.	Spannung C H B P
1	XC4	Nicht vorgesp.	x x x x . .	. . . . . .	x	.	x . . .
2	XC4	Nicht vorgesp.	x x x x . .	. . . . . .	x	.	x . . .
3	XC4	Nicht vorgesp.	x x x x . .	. . . . . .	x	.	x . . .

(M) Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit.
(R) Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite.
(B) Längsbewehrung aus Bemessung sowie im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(Q) (Mindest-)Querkraftbewehrung aus Tragfähigkeit und Ermüdung.
(T) Torsionsbewehrung im Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweis.
(S) Nachweis der Schubfuge.
(P) Spannstahl im Ermüdungs- und Spannungsnachweis.
(C) Betondruckspannungen, Beton im Ermüdungsnachweis unter Längsdruck.
(V) Beton im Ermüdungsnachweis unter Querkraftbeanspruchung.
(H) Schiefe Hauptzugspannungen.

Vorgaben für den Nachweis der Längs- und Schubbewehrung

M,N Bemessungsmodus für Biegung und Längskraft:
(ST) Standard, (SY) Symmetrisch, (DG) Druckglied.
(*) Bem. ohne Berücksichtigung vorgegebener Bewehrungsverhältnisse.
fyk Stahlgüte der Bügel.
Theta Neigung der Betondruckstreben. Der eingegebene Wert für cot Theta wird programmseitig auf den Wertebereich nach Gl. (6.107aDE) begrenzt.
Pl. Balken werden wie Platten bemessen.
Asl Vorh. Biegezugbewehrung nach Bild 6.3, autom. Erhöhung bis Maximum.
rhow Faktor für Mindestbewehrungsgrad rho.w,min nach Gl. (9.5a/bDE).
as Faktor für Biegebewehrung von Platten in Querrichtung nach 9.3.1.1(2).
x,y Getrennter Querkraftnachweis für die Bewehrungsrichtungen x und y.
cvl Verlegemaß der Längsbewehrung zur Begrenzung des Hebelarms z.
Red. Reduktionsfaktor der Vorspannung zur Bestimmung der Zugzone für die Verteilung der Robustheitsbewehrung bei Flächenelementen.

Qu.	Beton	Roh-dichte [kg/m³]	Bem. M,N	fyk [MPa]	cot Theta	Bem. wie Pl.	Asl [cm²] Bild 6.3 vorh.	Asl [cm²] Bild 6.3 max	Faktor rhow	Faktor as	x,y Rtg	cvl [mm]	Red. Vor-spg.
1	C35/45-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	77	.
2	C35/45-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	77	.
3	C35/45-EN-D	.	ST	500	1,00	.	0,00	0,00	0,60	0,20	.	77	.

Schubquerschnitte

bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
1	1,000	.	.	.	0,300	.	0,223	0,90	.	.	.	.

Schubquerschnitte

bw.nom Rechnerische Querschnittsbreite bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
h.nom Rechnerische Querschnittshöhe bei Vorspannung nach 6.2.3(6).
kb, kd Faktor zur Berechnung des inneren Hebelarms z aus der Nutzbreite bn bzw. der Nutzhöhe d.
z1, z2 Höhe und Breite des Kernquerschnitts für Torsion.
tef Wanddicke des Torsionskastens.
K. Kastenquerschnitt; Ermittlung der Tragfähigkeit nach Gl. (6.29).

Qu.	Breite [m] bw	bw.nom	Nutzbreite bn [m]	kb	Höhe [m] h	h.nom	Nutzhöhe d [m]	kd	Torsionsquerschn. [m] z1	z2	tef	K.
2	1,000	.	.	.	0,750	.	0,673	0,90	.	.	.	.
3	1,000	.	.	.	0,300	.	0,223	0,90	.	.	.	.

Vorgaben für den Nachweis der Rissbreiten

ds Größter vorhandener Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung [mm].
max.s Größter vorhandener Stababstand der Betonstahlbewehrung [mm].
sr,max Oberer Grenzwert für den maximalen Rissabstand nach Gl. (7.11) [mm].
Xi1 Verbundbeiwert für Spannstahl bei Stabquerschnitten.
k Beiwert zur Berücksichtigung nichtlinear verteilter Zugspannungen.
kt Beiwert für die Dauer der Lasteinwirkung bei Berechnung der Rissbreite.
Fakt. Abminderungsfaktor für fctm nach Kap. 7.3.2 (As) bzw. 7.3.4 (wk).
P0 Abminderungsfaktor für den statisch best. Anteil der Vorspannung nach DIN EN 1992-2, Kap. 7.3.2 (NA.111).
Komb. Kombination für Nachweis der Mindestbewehrung (As) und Rissbreite (wk):
CK, HK, QK = Charakteristische, häufige, quasi-ständige Kombination,
ZZ, BO, BU = Zentrischer Zug, Biegezug oben, Biegezug unten,
NA = Einwirkungskombination nach DIN EN 1992-2/NA, Tabelle 7.101DE.
Methode Nachweismethode für Mindestbewehrung (kc) und Rissbreite (wk):
kc Berechnung des Beiwerts kc für Stege/Gurte nach Gl. (7.2/7.3).
auto = Gl. (7.2) für rechteckige, Gl. (7.3) für sonstige Querschnitte.
wk Berech. = Direkte Berechnung der Rissbreite nach Kap. 7.3.4,
Stabab. = Begrenzung der Stababstände nach Tab. 7.3N,
Ber.(M) = Direkte Berechnung für mittlere Stahldehnung innerh. Ac,eff,
Abs.(M) = Begr. der Stababstände für mittl. Stahldehnung innerh. Ac,eff.
RI Ringförmige Bestimmung von Ac,eff gemäß Wiese et al., Beton- und Stahlbetonbau 2004, Heft 4, S. 253 ff.
DB Bestimmung von As,min nach Gl. (NA.7.5.1) für dickere Bauteile.

Qu.	wmax [mm]	ds	max s	max	sr Beiwerte Xi1	k	kt	Fakt.fctm As	wk	Fakt. P0	Komb. As	wk	Methode kc	wk	RI	DB
1	0,20	20	.	.	.	0,80	0,4	0,75	1,00	.	BU	NA	auto	Berech.	.	.
2	0,20	20	.	.	.	0,53	0,4	0,75	1,00	.	ZZ	NA	auto	Berech.	.	.
3	0,20	20	.	.	.	0,80	0,4	0,75	1,00	.	BO	NA	auto	Berech.	.	.

Vorgaben für den Nachweis der Betonspannungen und Betonstahlspannungen

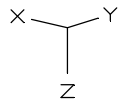
Av Fläche des Vollquerschnitts zur Ber. der Normalsp. aus Längskraft.
Sigma.c Betondruckspannung im Gebrauchszustand.
(CK),(QK) Charakteristische, Quasi-ständige Kombination.
(HK),(NA) Häufige Kombination, Kombination gemäß NA Tab. 7.101DE/7.102DE.

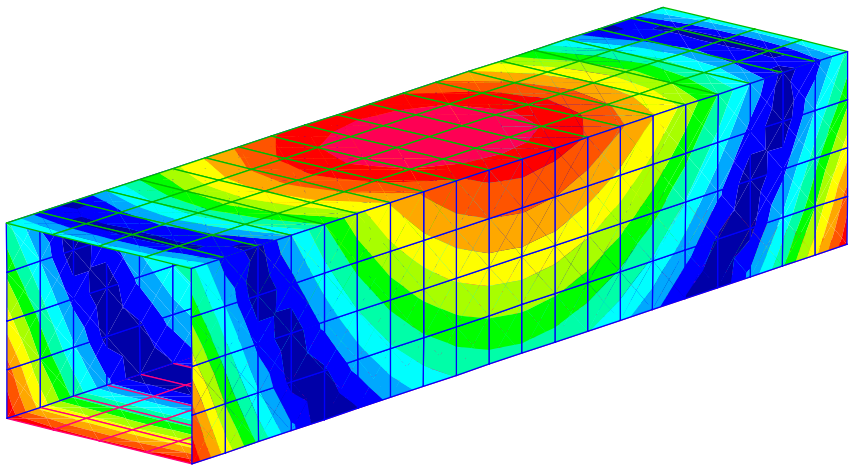
Qu.	Av [m²]	fck(t) [MN/m²]	zul.sigma.c(t) (CK, QK)	zul.sigma.c (CK)	zul.sigma.c (QK)	zul.sigma.s (CK)	Dekompr. K.	Spann.	H-Zug L.druck
1	.	.	.	0,60 fck	.	.	.	.	.
2	.	.	.	0,60 fck	.	.	.	.	.
3	.	.	.	0,60 fck	.	.	.	.	.

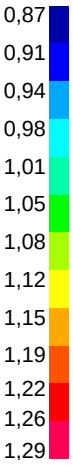
4. Nachweise

4.1 Verformung des Systems

Verfasser:	DB Engineering & Consulting GmbH	Projekt Nr. T.016058338
Bauwerk:	Vollrahmen	Datum:



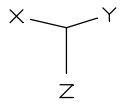


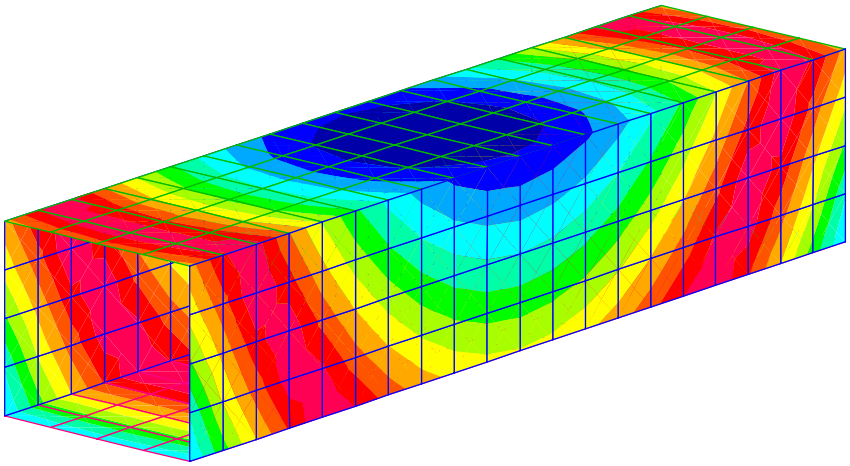


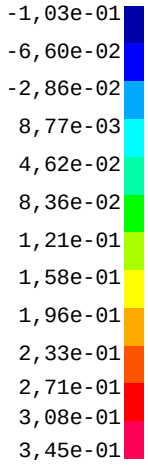
LFK DIN1992-2.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-2
Deformationen max uz [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,87/1,29 [mm]

Bauteil:	Beverbach-Rahmen-gebettet.fem	Pos. Nr.	Archiv Nr.
Block:		Seite 38	
Vorgang:		M = 1: 75	

Verfasser:	DB Engineering & Consulting GmbH	Projekt Nr. T.016058338
Bauwerk:	Vollrahmen	Datum:

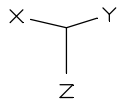


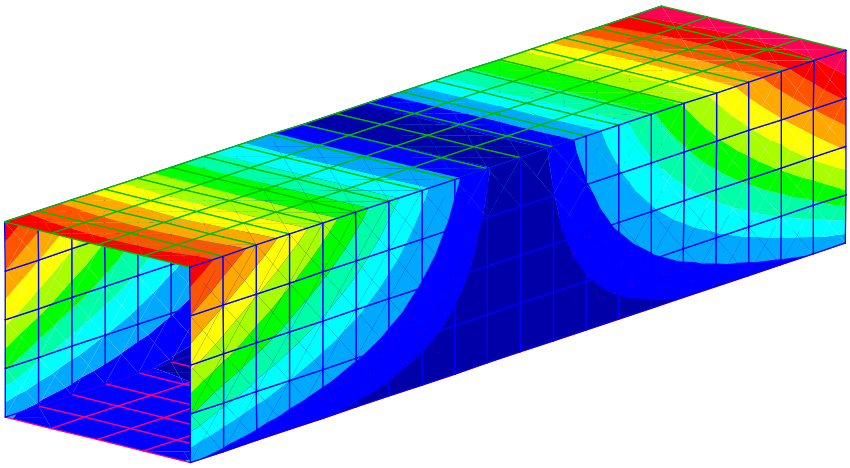


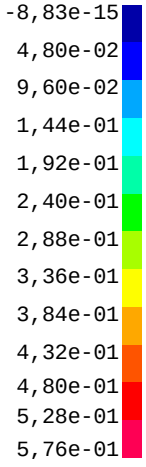


LFK DIN1992-2.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-2
Deformationen min uz [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -0,10/0,35 [mm]

Bauteil:	Beverbach-Rahmen-gebettet.fem	Pos. Nr.	Archiv Nr.
Block:		Seite 39	
Vorgang:		M = 1: 75	

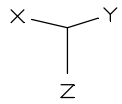


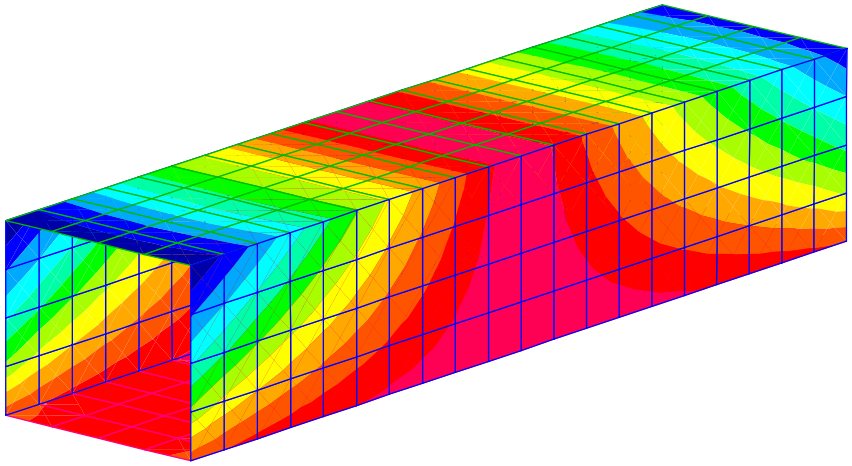


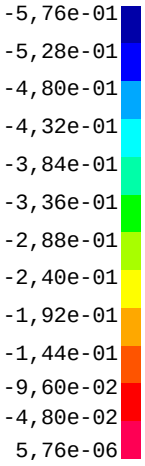


LFK DIN1992-2.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-2
Deformationen max uy [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -0,00/0,58 [mm]

Verfasser:	DB Engineering & Consulting GmbH	Projekt Nr. T.016058338
Bauwerk:	Vollrahmen	Datum:

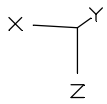


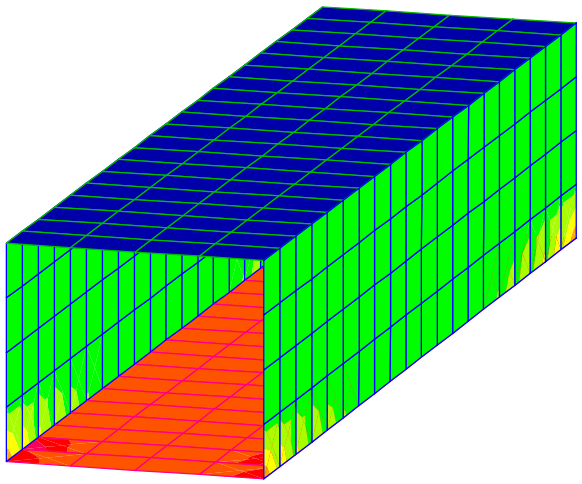


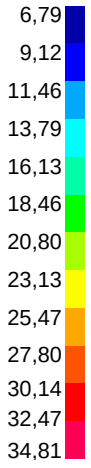


LFK DIN1992-2.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-2
Deformationen min uy [mm]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -0,58/0,00 [mm]

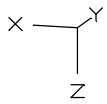
Bauteil:	Beverbach-Rahmen-gebettet.fem	Pos. Nr.	Archiv Nr.
Block:		Seite 41	
Vorgang:		M = 1: 75	

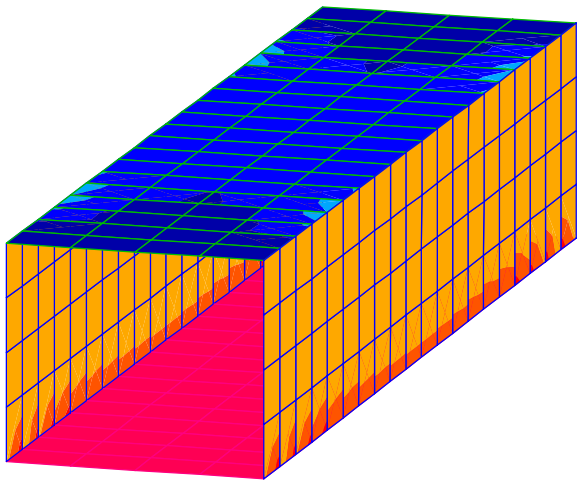


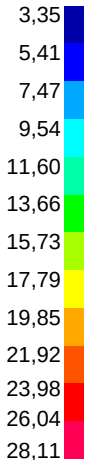




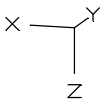
LFK DIN1992-2.MAX: Maximum DIN EN 1992-2
Biegebewehrung max (asx, asy), 1. Lage [cm²/m]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 6,79/34,81 [cm²/m]
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 5,1 t

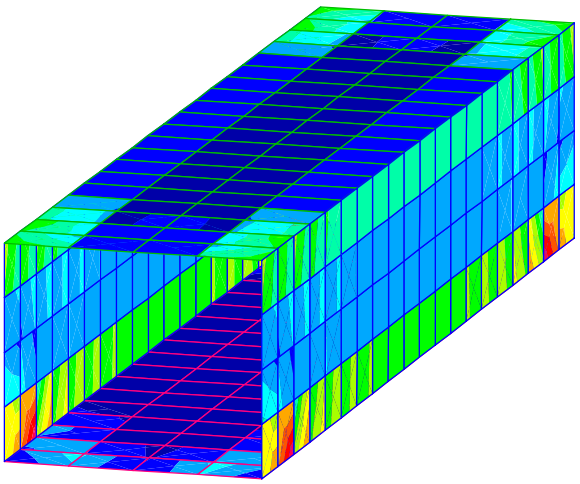


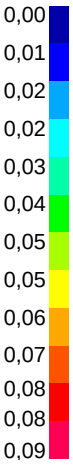




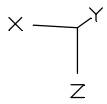
LFK DIN1992-2.MAX: Maximum DIN EN 1992-2
Biegebewehrung max (asx, asy), 2. Lage [cm²/m]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 3,35/28,11 [cm²/m]
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 5,1 t

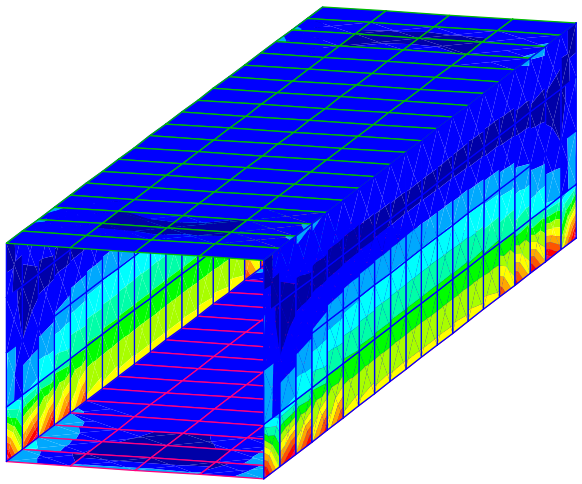


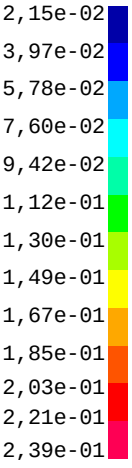




LFK DIN1992-2.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-2
qr/vRd,max [-]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/0,09 [-]
Berechnung in den Elementknoten

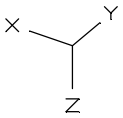


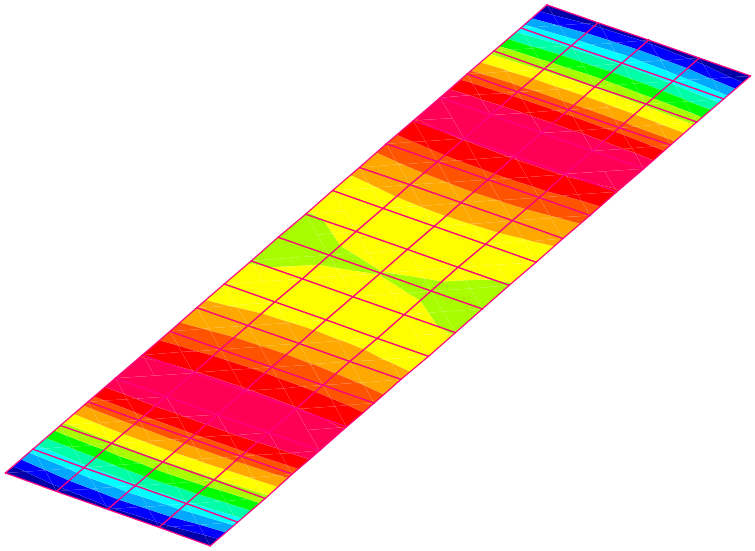


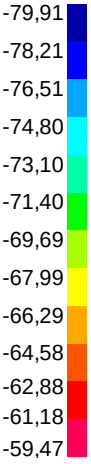


LFK DIN1992-2.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-2
Betondruckspannungen Sigma.2/Sigma.2,zul [-]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,02/0,24 [-]
Berechnung in den Elementknoten

Verfasser:	DB Engineering & Consulting GmbH	Projekt Nr. T.016058338
Bauwerk:	Vollrahmen	Datum:



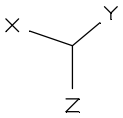


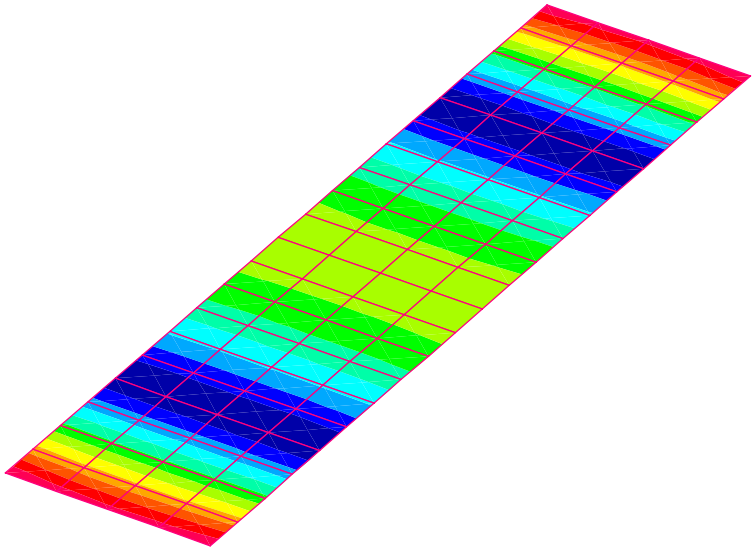


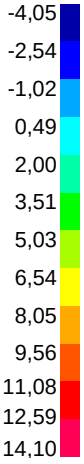
LFK DIN1992-2.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-2
Bodenpressungen min Sigma.z [kN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -79,91/-59,47 [kN/m²]

Bauteil:	Beverbach-Rahmen-gebettet.fem	Pos. Nr.	Archiv Nr.
Block:		Seite 46	
Vorgang:		M = 1: 75	

Verfasser:	DB Engineering & Consulting GmbH	Projekt Nr. T.016058338
Bauwerk:	Vollrahmen	Datum:



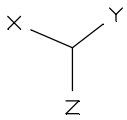


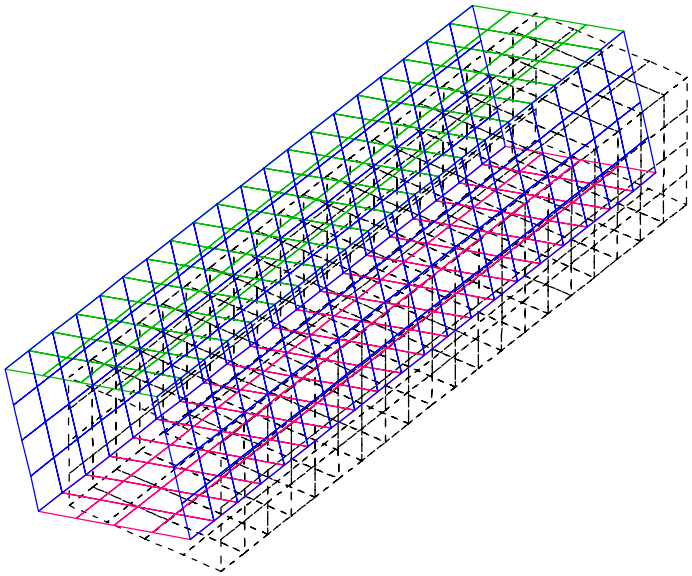


LFK DIN1992-2.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, DIN EN 1992-2
Bodenpressungen max Sigma.z [kN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -4,05/14,10 [kN/m²]

Bauteil:	Beverbach-Rahmen-gebettet.fem	Pos. Nr.	Archiv Nr.
Block:		Seite 47	
Vorgang:		M = 1: 75	

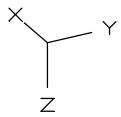
Verfasser:	DB Engineering & Consulting GmbH	Projekt Nr. T.016058338
Bauwerk:	Vollrahmen	Datum:

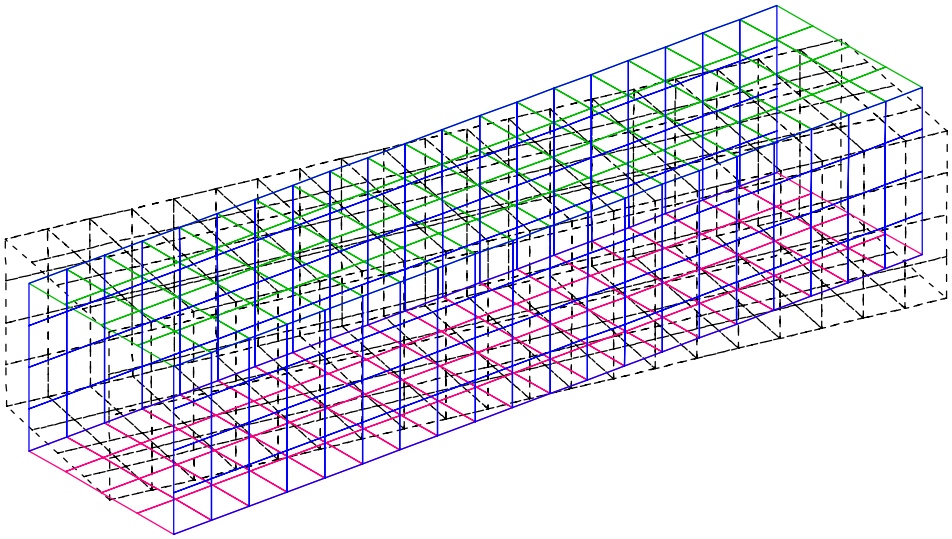




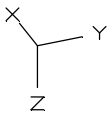
Eigenform 1: Eigenfrequenz = 5,72 Hz, Eigenform u [mm], Faktor = 8,1
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/128,73 [mm]

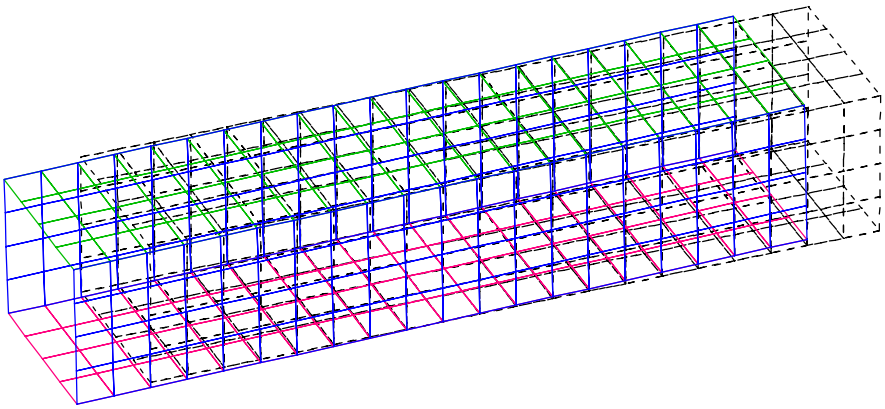
Bauteil:	Beverbach-Rahmen-gebettet.fem	Pos. Nr.	Archiv Nr.
Block:		Seite 48	
Vorgang:		M = 1: 95	



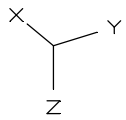


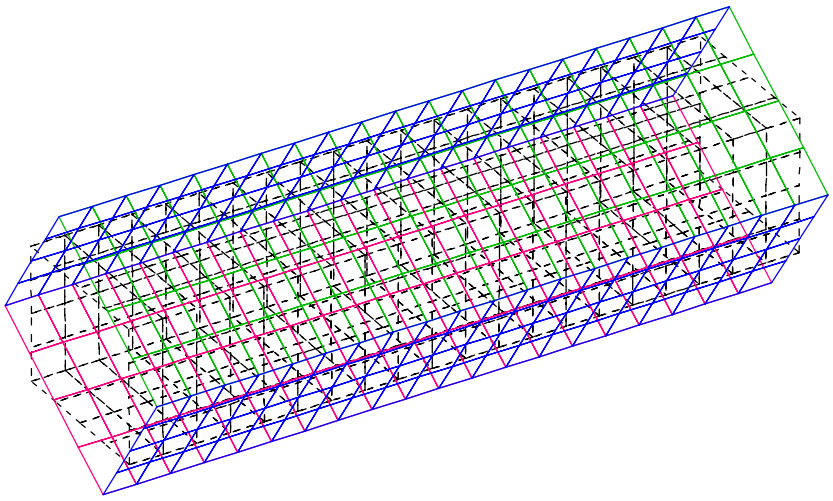
Eigenform 2: Eigenfrequenz = 6,28 Hz, Eigenform u [mm], Faktor = 7,4
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/140,85 [mm]





Eigenform 3: Eigenfrequenz = 6,34 Hz, Eigenform u [mm], Faktor = 12,4
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/84,37 [mm]





Eigenform 4: Eigenfrequenz = 8,69 Hz, Eigenform u [mm], Faktor = 10,1
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/104,17 [mm]