

BIW 3-02 Mauerwerksbau

Spezielle Bauwerke Teil 7

Peter Schöps

Dresden, 19.01.2024

Termine für Exkursion

- 1. Dienstag, 23.04.24 9:00-12:00
- ~~2. Mittwoch, 24.04.24 9:00-12:00~~
- ~~3. Dienstag, 30.04.24 9:00-12:00~~

- Adresse:
ZIEGELWERK FREITAL EDER GMBH
Wilsdruffer Str. 25
01705 Freital

Gliederung der Vorlesungen

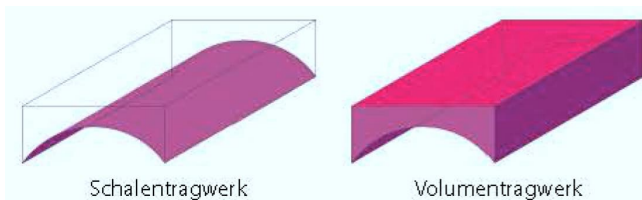
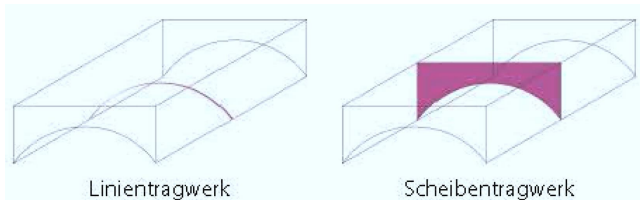
1. Einführung und Grundlagen
2. Bemessung – Vereinfachtes Verfahren
3. Bemessung – Genaues Verfahren
4. Bemessung – Horizontale Lasten und Aussteifung
5. Bemessung und Ausführung
6. Gebrauchstauglichkeit
7. Ingenieurbauwerke & Spezielle Bauten (19.01.2024)
8. Übung (02.02.2024)

Einführung

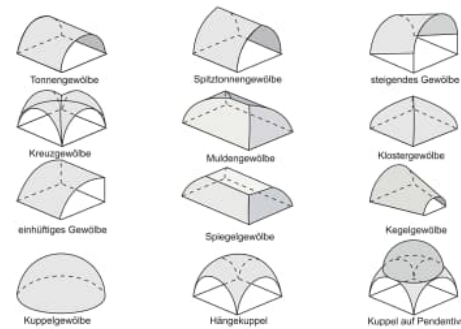
7. Ingenieurbauwerke und Spezielle Bauwerke
 1. Brücken
 2. Entwicklung einer Bogenstatik
 3. Staumauern
 4. Kirchen

Brücken – Kap. 1.8 und Vorl. 6

- Aspekte von Bogentragwerken / steinernen Brücken
 - Modell-Typologie, siehe Bild 1.15a
 - * immer mit Krümmung gegen Lastrichtung → Tragwerk unter Druck
 - Bautechnische Merkmale von gemauerten Bögen, siehe Bild 1.15a



Bögen und Gewölbe - Einfache Gewölbe – Kap. 8.3

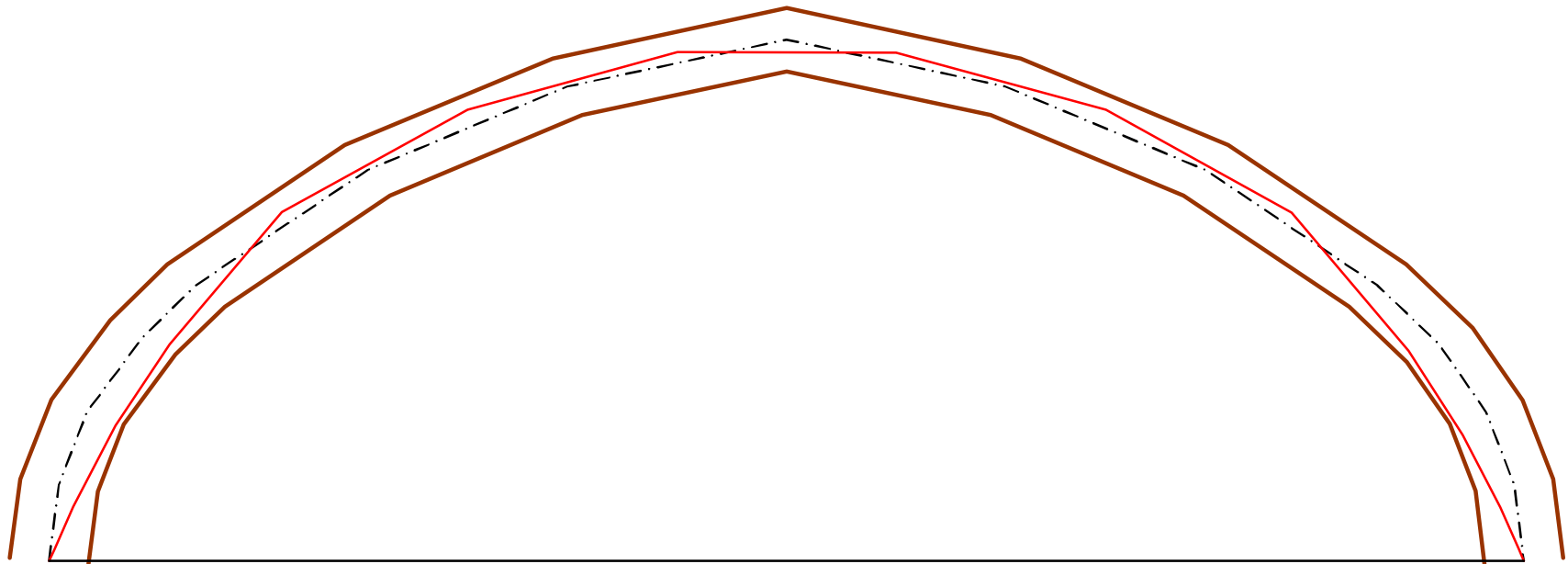


TU Dresden, 08.01.2021

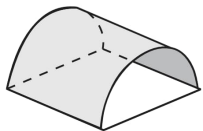
MW-Vorlesung – Bemessung und Ausführung -

Folie 27

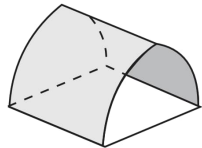
Brücken – Stützlinien



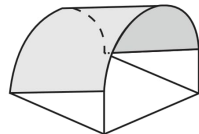
Brücken – Kap. 1.8 und Vorl. 6



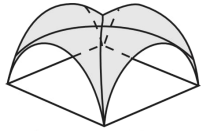
Tonnengewölbe



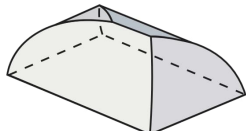
Spitztonnengewölbe



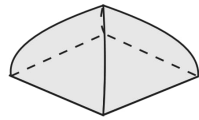
steigendes Gewölbe



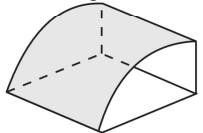
Kreuzgewölbe



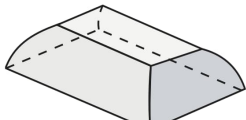
MuldenGewölbe



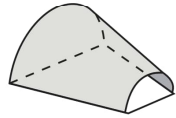
Klostergewölbe



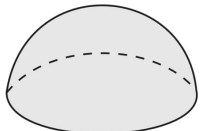
einhütiges Gewölbe



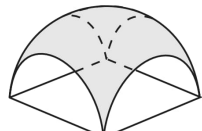
Spiegelgewölbe



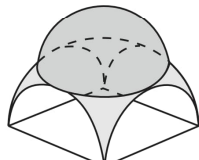
Kegelgewölbe



Kuppelgewölbe



Hängekuppel

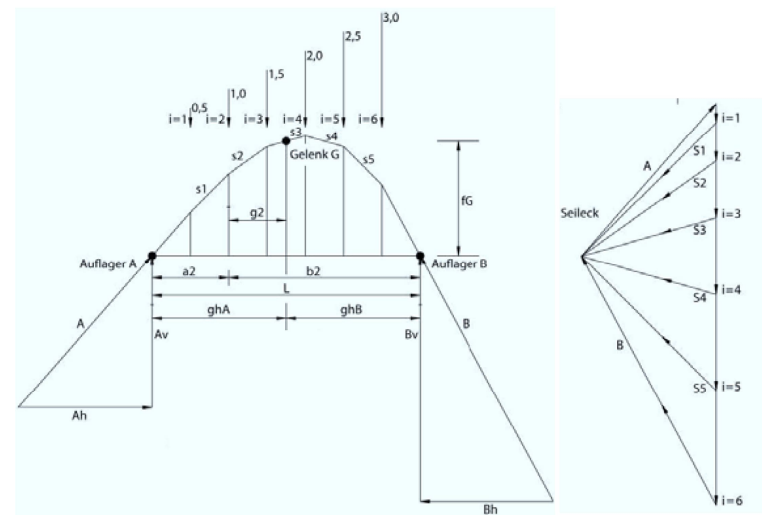
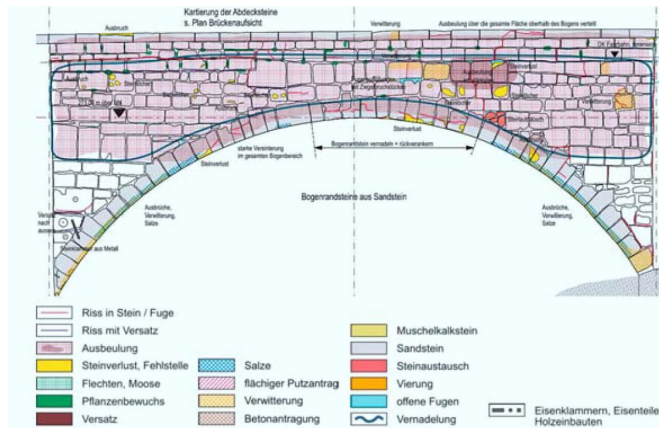
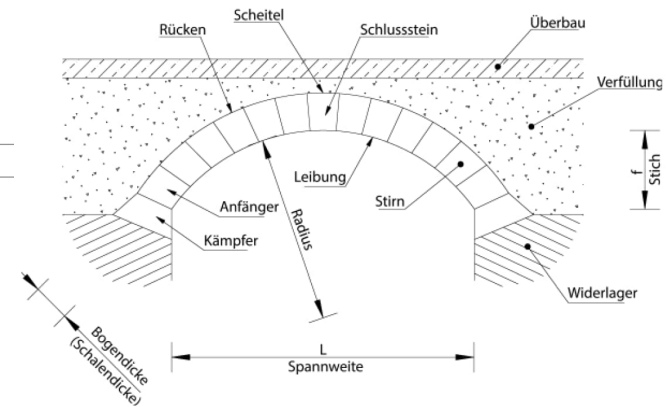


Kuppel auf Pendentivs

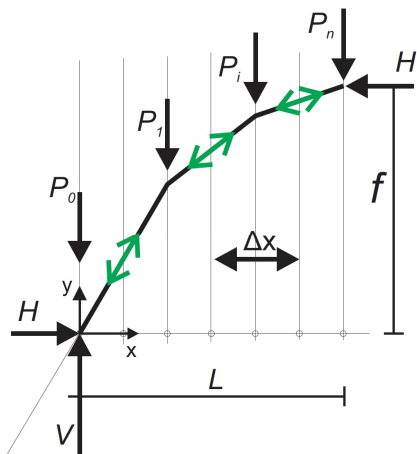


Brücken – Kap. 1.8 und Vorl. 6

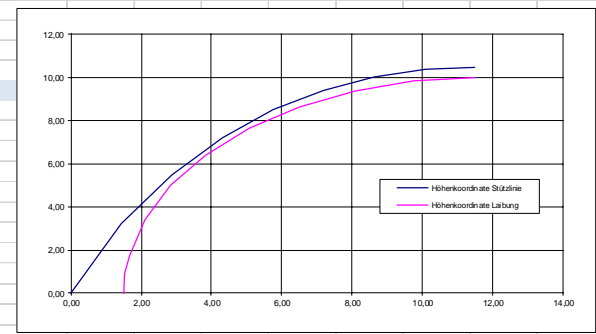
- Bautechnische Merkmale von gemauerten Bögen, siehe Bild 1.15a
 - * Wichtigste Merkmale: Stich, Spannweite, Widerlager
- Stützlinienkonstruktion - Graphostatik, siehe Bild 1.16a
 - * Stift und Lineal mit Maßstab reichen, Rechner/Computer überflüssig. So wurde Statik vor einem Jahrhundert gemacht.



Brücken – Kap. 1.8 und Vorl. 6



Konstruktion Stützlinie Viaduktbogen														
Spannweite Stützlinie	L	m	23,00											
Stich Stützlinie	f	m	10,50											
Verhältnis Stich/Spannweite	f/L	-	0,46											
Anzahl Abschnitte	n	-	8											
Viaduktbreite	b	m	4,00											
trag. Querschnittshöhe Stelle 0	h_0	m	2,00											
trag. Querschnittshöhe Stelle n	h_n	m	1,00											
lichte Spannweite Kreisbogen		m	20,00											
Eigengewicht		kN/m³	27,00											
Bauhöhe im Scheitelpunkt		m	2,50											
Last Schotterbett		kN/m²	14,50											
Verkehrslast / Lokomotive		kN	400,00											
Lokomotive verteilt auf halbe Spannweite		kN/m	35											
Gleichstreckenlast		kN/m	363	0,26	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,26 MN			
Veränderliche Last Maximum		kN/m	1080	1,55	1,55	0,77	0,47	0,28	0,15	0,07	0,02 MN			
Stützpunkt	i			0	1	2	3	4	5	6	7	8		
Koordinate	x_j	m		0,00	1,44	2,88	4,31	5,75	7,19	8,63	10,06	11,50		
Last	P_i	MN		1,81	2,07	1,29	0,99	0,80	0,67	0,59	0,54	0,26		
Vertikalkraft	V_j	MN		7,22	5,15	3,86	2,86	2,06	1,39	0,80	0,26	0,00		
Horizontalkraft	H_j	MN		3,23	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23	3,23		
Neue Resultierende	R_j	MN		7,91	6,07	5,03	4,32	3,83	3,51	3,33	3,24	3,23		
Neue Neigung Stützlinie (tan)		-		2,24	1,59	1,19	0,89	0,64	0,43	0,25	0,08	0,00		
Höhenkoordinate Stützlinie	y_j	m		0,00	3,21	5,50	7,22	8,50	9,41	10,03	10,38	10,50		
Höhenkoordinate Laibung	l_j	m		0,00	0,00	5,06	6,95	8,18	9,02	9,58	9,90	10,00		
Querschnittshöhe 1 (lin. interpoliert 10-11)	h_j	m		2,00	1,88	1,75	1,63	1,50	1,38	1,25	1,13	1,00		
Normalen-Differenz Laibung-Stützlinie (Näherung)		m			1,71	0,28	0,20	0,26	0,36	0,44	0,49	0,50		
Querschnittshöhe 2 (2*Zeile 33)		m			3,42	0,57	0,40	0,53	0,72	0,88	0,97	1,00		
einwirkende Spannung		MN/m²			0,81	2,21	2,68	1,81	1,23	0,95	0,83	0,81		
für obige Grafik Höhenkoordinate Laibung														
				0,00	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90 grad
				0,00	0,09	0,17	0,35	0,52	0,70	0,87	1,05	1,22	1,40	1,57 rad
				0,00	0,87	1,74	3,42	5,00	6,43	7,66	8,66	9,40	9,85	10,00 y-Koordinate Kreisbogen
				1,50	1,54	1,65	2,10	2,84	3,84	5,07	6,50	8,08	9,76	11,50 zugeh. x-Koordinate + offset



für Namen in Formeln siehe Namensman...

Brücken – Beispiele

- Göltzschtalbrücke
- Himbächel-Viadukt
- Augustusbrücke
- Vöckelsbach-Viadukt

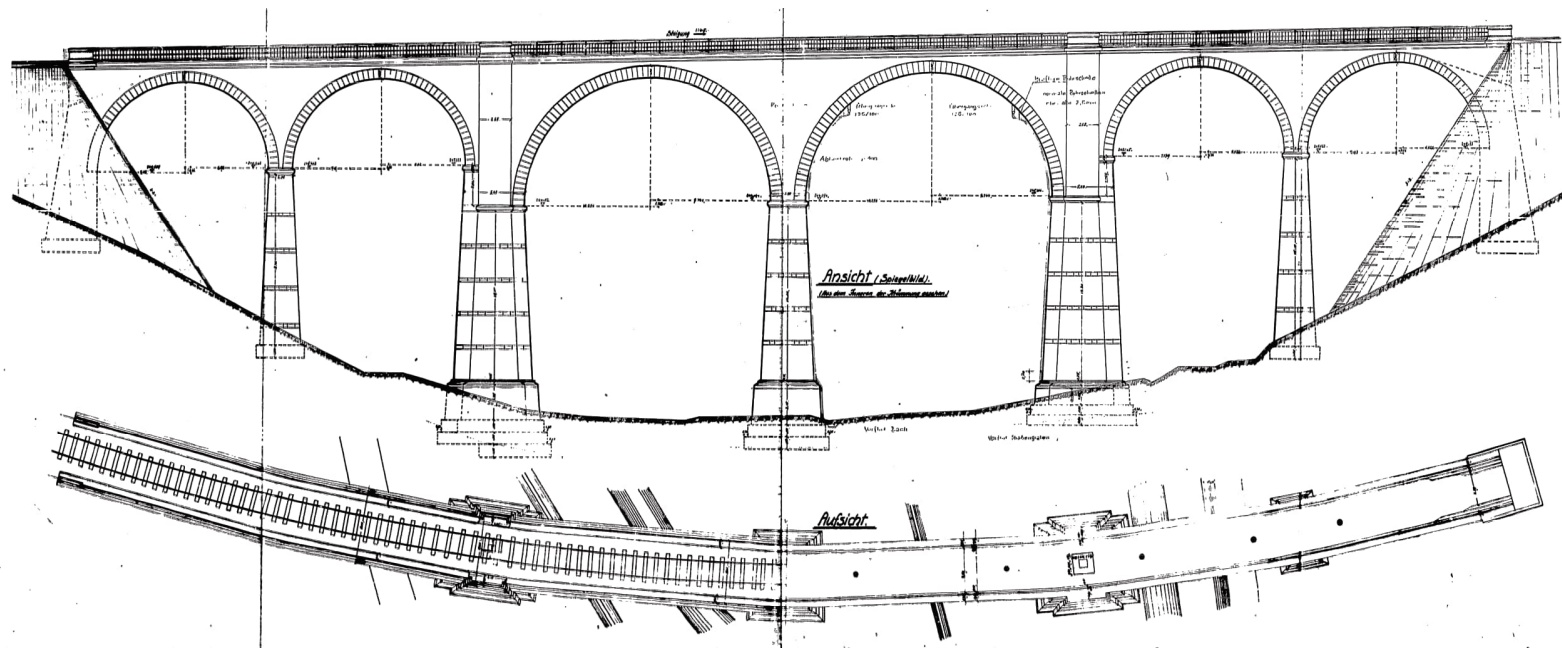


Von user:UlrichAAB - Eigenes Werk, CC BY 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22255909>

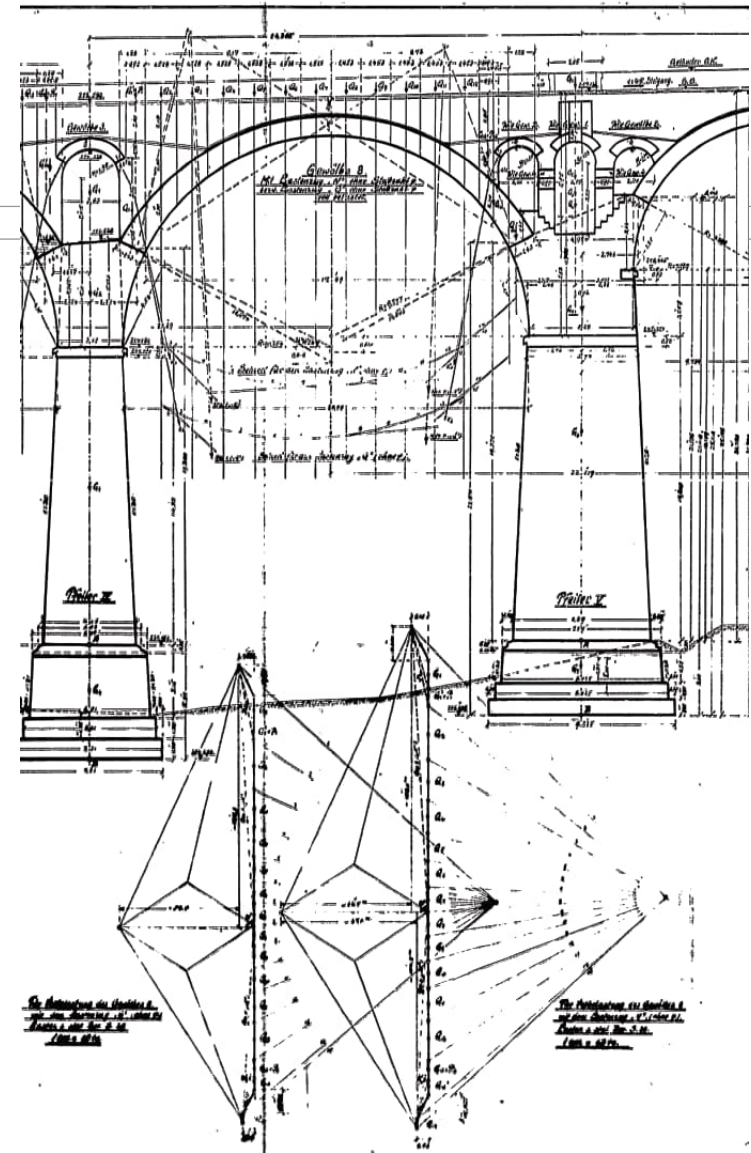
Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt



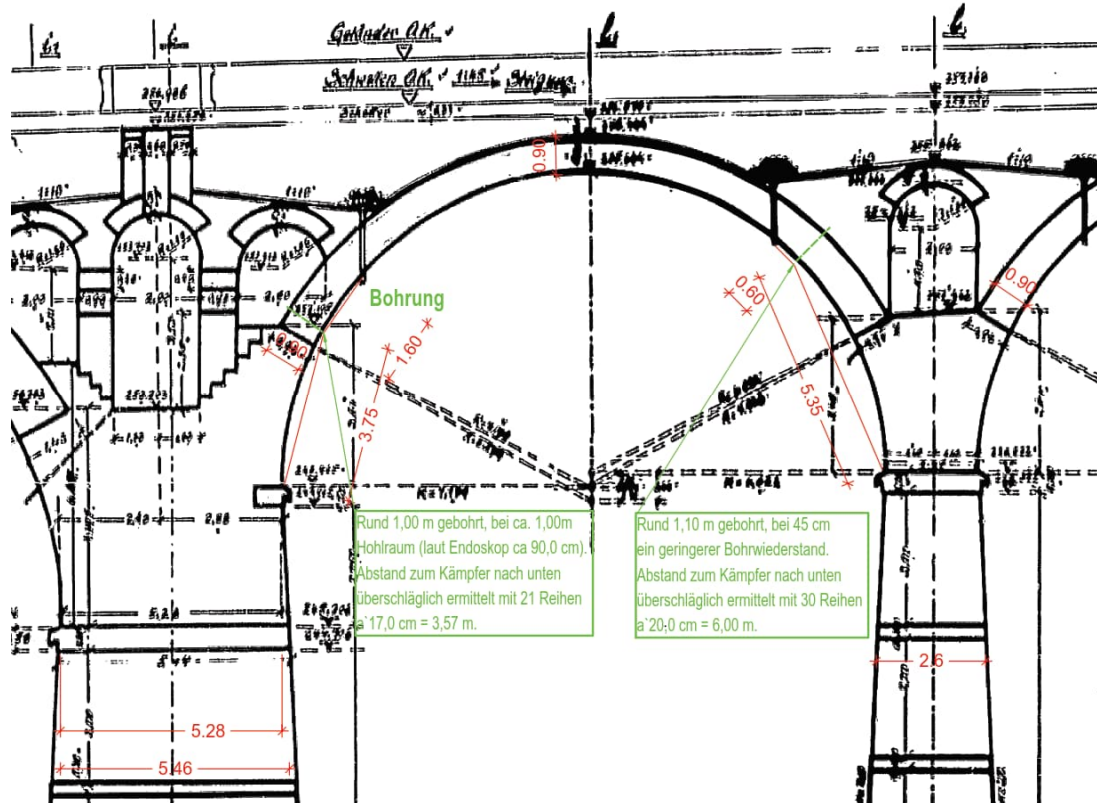
Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt



Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt



Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt



Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt

In dem Untersuchungsbericht zum Sandsteinmauerwerk [21] wurde das Gewölbemauerwerk nach DIN 1053-1 wie folgt eingeordnet:

- Sandstein Schichtenmauerwerk der Güteklasse N3,
- Mörtel der Mörtelgruppe IIIa.

Hieraus ergibt sich ein zulässiger Grundwert der Mauerwerksfestigkeit nach DIN 1053-1 von $\sigma_0 = 3,5 \text{ N/mm}^2$.

Nach DIN EN 1996-1-1/NA Anhang NA.L Tabelle NA.L.2 und einer analogen Einordnung in die Güteklasse N3 mit der Steindruckfestigkeit 50 N/mm^2 Mörtelgruppe NM III ergibt sich die charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit zu:

$$f_k = 9,7 \text{ N/mm}^2$$

Der Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit ergibt sich somit zu:

GZT:

$$f_d = 9,7 \text{ N/mm}^2 / 1,5 * 0,85 * 0,8$$
$$= 4,4 \text{ N/mm}^2$$

Neben dem Teilsicherheitsfaktor $\gamma_M = 1,5$, dem Dauerstandsfaktor $0,85$, ist auch der Einfluss des Verbandsmauerwerks mit $0,8$ berücksichtigt.

[\[PS1\]](#) Möglich wäre auch eine Einordnung als Quadermauerwerk in die Güteklasse N4 mit $f_k = 139 \text{ N/mm}^2$

Brücken – Beispiel Vöckelsbä

6 Statische Nachweise

6.1 Anprall

Unter dem Viadukt führt eine Straße durch. Für den Verkehr ist ein Anprall nachzuweisen.

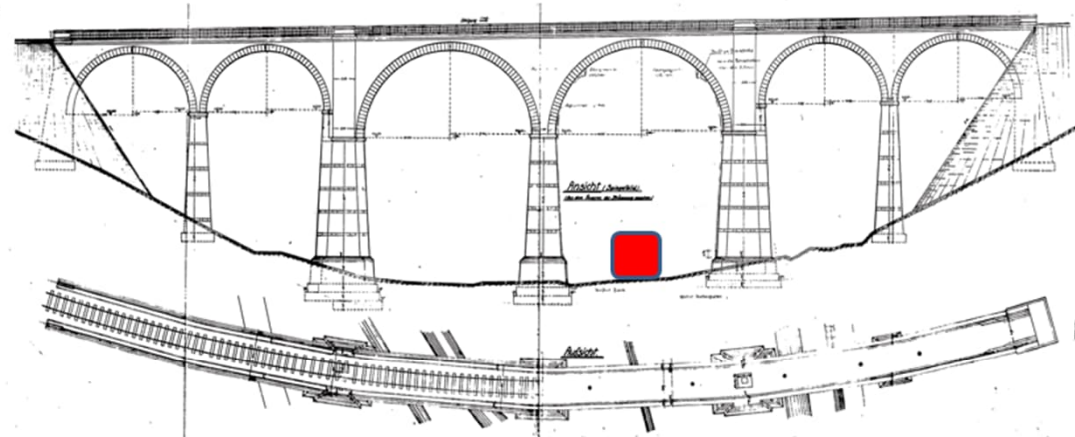


Bild 9 Lage der Straße

Gemäß DIN EN 1991-1-7/NA Tabelle NA.2-4.1 Zeile 1 (Straßen außerorts) ist in Fahrtrichtung eine Anprallkraft von $F_{dx} = 1,5 \text{ MN}$ anzusetzen.

Der maßgebende Pfeiler ist der mittlere Pfeiler mit einem Querschnitt von mind. $4,7 \text{ m} \times 5,95 \text{ m}$ (konservative Werte).

Der Nachweis erfolgt vereinfachend und auf der sicheren Seite liegend ohne Auflast nur mit der Haftscherfestigkeit.

$$F_{Rd} = 4,7 \text{ m} \times 5,95 \text{ m} \times 0,26 \text{ N/mm}^2 = 7,27 \text{ MN}$$

$$\frac{1,5 \text{ MN}}{7,27 \text{ MN}} = 0,21 < 1,0$$

Der Nachweis ist erfüllt.

Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt

[14] UIC-Kodex 778-3 E: 1995-07: Empfehlungen für die Bewertung des Tragvermögens bestehender Gewölbebrücken. Internationaler Eisenbahnverband

Nachweis Hauptbögen

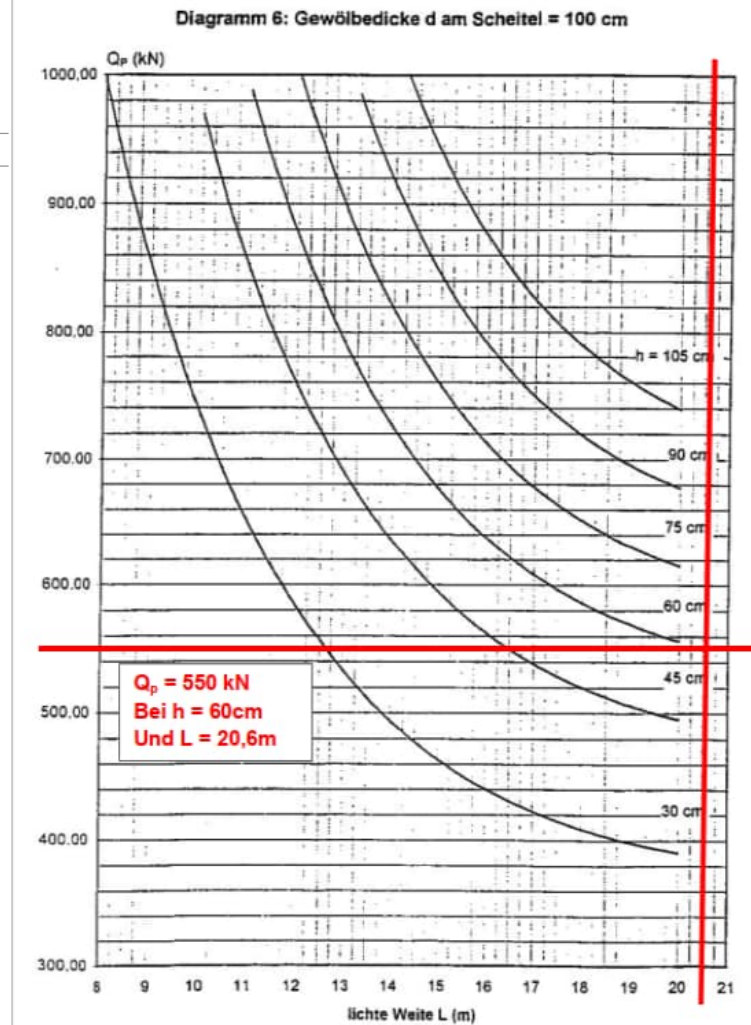


Bild 10 Diagramm 6 der Anlage 1 des UIC Kodex 778-3

MEXE-Näherungsverfahren



Fakultät

Brück

[14] UIC-Kodex bestehender

$r_q =$	9,3 m	
$r_c =$	10,2 m	
$f_s =$	0,2 = $2,3 \cdot (r_c - r_q)^{0,6} / r_c$	Bogenformfaktor
$f_M =$	1,0 = 1,0 ... 1,5	Materialfaktor
$f_w =$	0,8 = 0,8 ... 1,0	Fugenbreitenfaktor
$f_{m\bar{o}} =$	1,0 = 0,9 ... 1,0	Mörtelfaktor
$f_J =$	0,8 = 1,0 ... 1,8	Fugenfaktor
$f_C =$	1,0 = 0,3 ... 1,0	Zustandsfaktor
$f_N =$	1,0 = 0,8 ... 1,0	Faktor für Brücken mit mehreren Bögen
$f_\phi =$	1,25	dynamischer Beiwert
$Q_p =$	550 kN	ideelle Achslast
$f =$	0,14	globaler Anpassungsfaktor
$Q_{adm} =$	74,51 kN	zulässige Achslast
$q_{adm} =$	49,67 kN/m	zulässige Meterlast
$Q_{vorh} =$	130 kN	vorhandene Achslast
$q_{vorh} =$	50,1 kN/m	vorhandene Meterlast = $16,7 \text{ kN/m}^2 \cdot 3 \text{ m}$

Nachweis

$\eta_Q =$	1,74 > 1,0	Nachweis nicht erfüllt
$\eta_q =$	1,01 > 1,0	Nachweis nicht erfüllt

Mit dem stark vereinfachten Verfahren gelingt der Nachweis **nicht**.

=> Nachweis am Stabwerksmodell

ermögens

Nachweis Hauptbögen

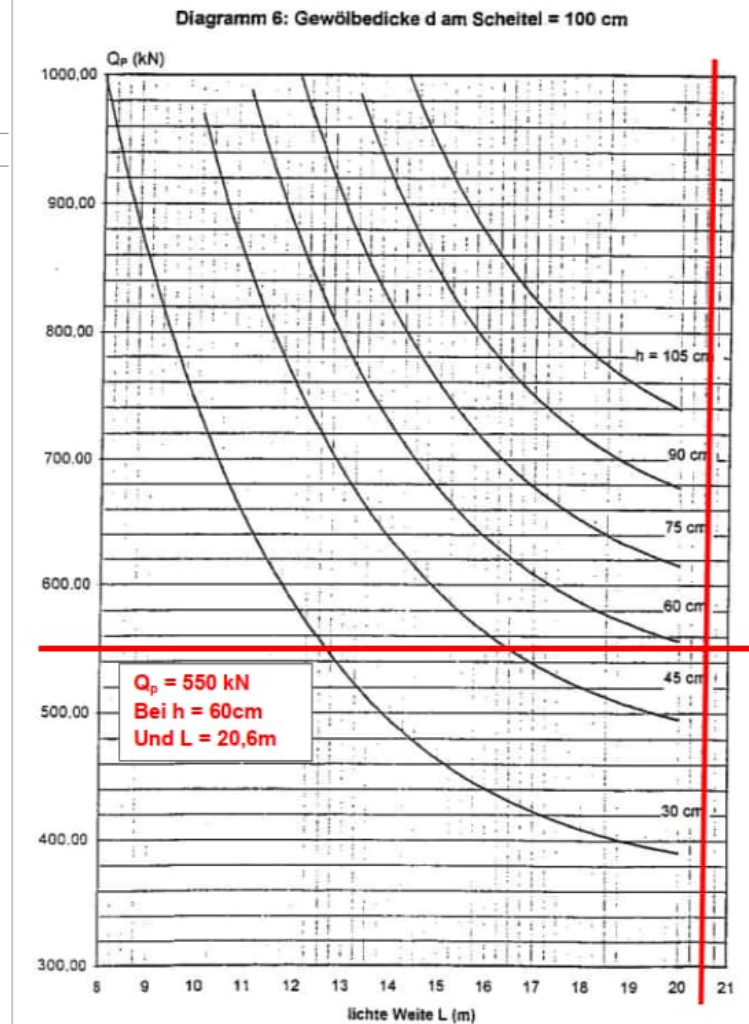
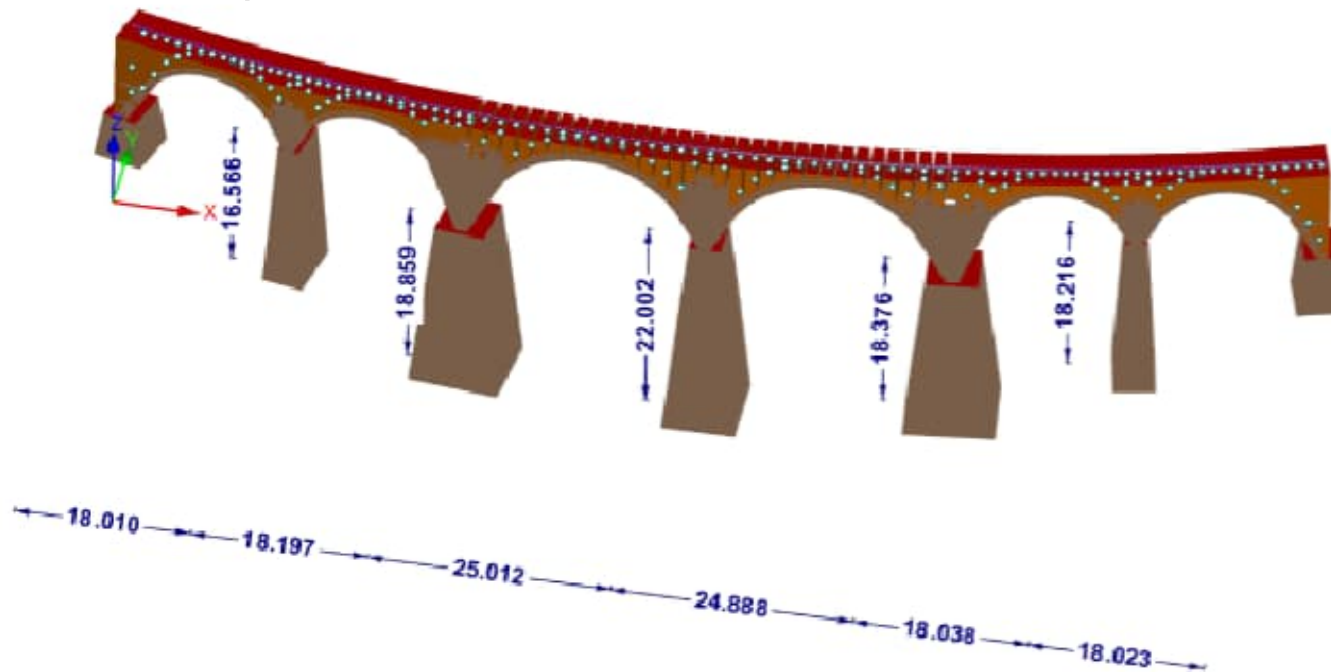
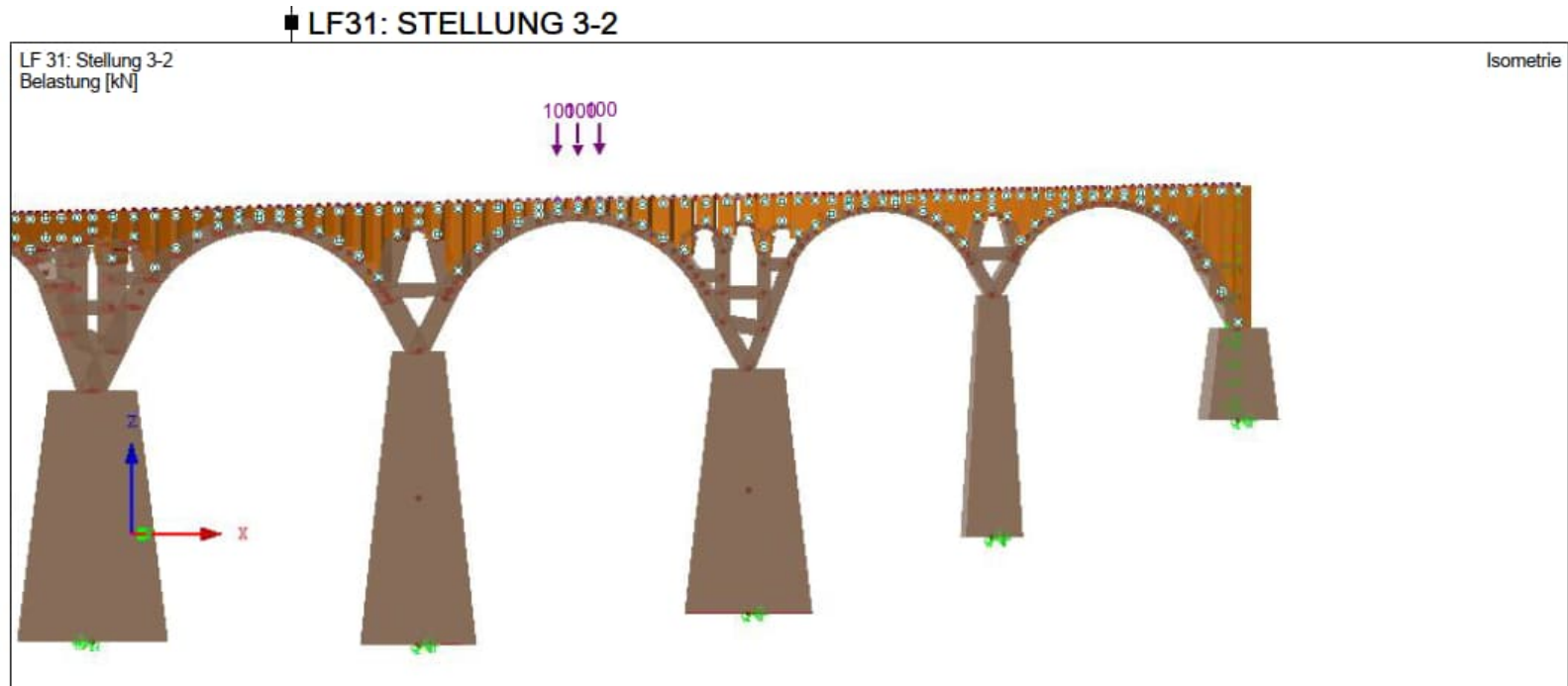


Bild 10 Diagramm 6 der Anlage 1 des UIC Kodex 778-3

Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt

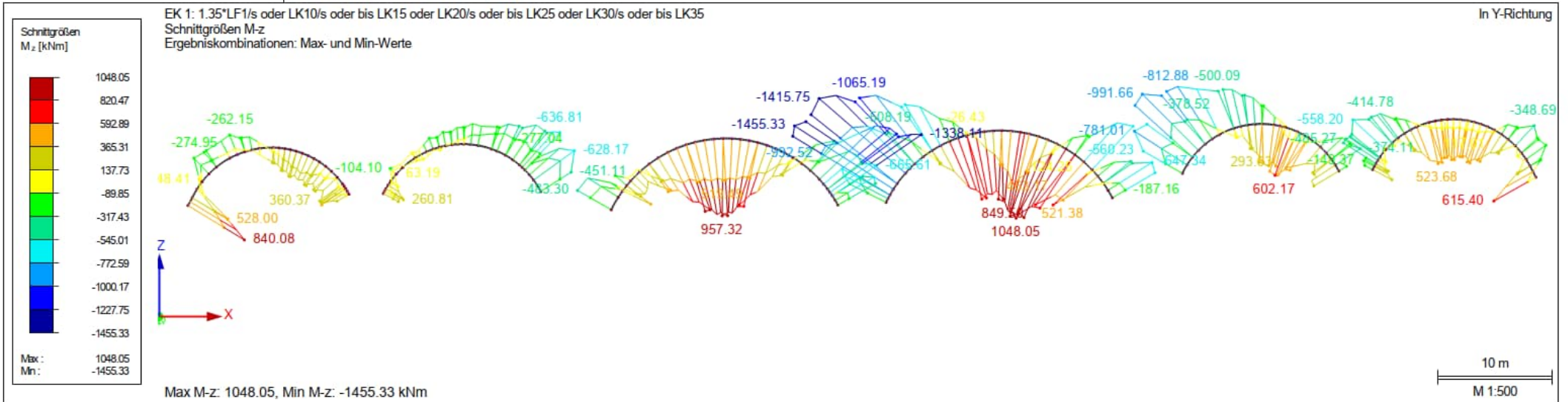


Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt



Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt

■ SCHNITTGRÖSSEN M_z



Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt

Stab Nr.	Knoten Nr.	Lage x [m]		Kräfte [kN]			Momente [kNm]			Zugehörige Lastfälle	s [m]	e [m]	d [m]	e/d	σ [N/mm ²]	d [m]	Bogennummer	s [m] je Bogen	N _{Rd}	N _{Ed} /N _{Rd}	Q _{Ed} /Q _{Rd}
				N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z												
13	10	0,000	max M _z	-3858,20	376,00	170,33	-274,44	-1161,56	840,08	LK 34	0,00	-0,22	0,90	0,24	-2,21	0,90	5	0,00	10219	0,37753348	0,24363693
			min M _z	-2812,72	233,81	117,81	-185,39	-796,42	535,87	LK 22	0,00	-0,19	0,90	0,21	-1,45	0,90	5	0,00	11417	0,24635667	0,20781486
12	0,770	0,770	max M _z	-3759,51	434,29	169,27	-274,91	-1030,78	528,00	LK 34	0,77	-0,14	0,89	0,16	-1,64	0,89	5	0,77	13437	0,27979248	0,28879428
			min M _z	-2739,63	276,86	117,04	-185,62	-705,98	339,21	LK 22	0,77	-0,12	0,89	0,14	-1,13	0,89	5	0,77	14168	0,19336192	0,25264361
15	12	0,000	max M _z	-3733,72	694,25	166,33	-340,72	-1013,42	526,12	LK 34	0,77	-0,14	0,89	0,16	-1,63	0,89	5	0,77	13416	0,27829832	0,46485141
			min M _z	-2723,58	466,17	114,85	-230,62	-694,26	337,92	LK 22	0,77	-0,12	0,89	0,14	-1,12	0,89	5	0,77	14157	0,19238207	0,42790188
14	0,841	0,841	max M _z	-3683,97	342,03	165,26	-242,97	-900,22	92,49	LK 34	1,61	-0,03	0,88	0,03	-0,98	0,88	5	1,61	18313	0,20117217	0,23210694
			min M _z	-2682,05	210,25	114,13	-163,66	-615,68	55,00	LK 22	1,61	-0,02	0,88	0,02	-0,69	0,88	5	1,61	18515	0,14485904	0,19597882
15	1,682	1,682	max M _z	-2644,91	-39,05	113,25	-96,51	-537,79	-15,36	LK 22	3,29	0,01	0,87	0,01	-0,64	0,87	5	3,29	18775	0,14087684	0,03691052
			min M _z	-3640,17	-1,40	163,91	-144,83	-788,09	-48,41	LK 34	3,29	0,01	0,87	0,02	-0,92	0,87	5	3,29	18445	0,19735264	0,00096149
17	15	0,000	max M _z	-2278,15	255,80	95,98	-96,37	-536,74	-15,34	LK 22	3,29	0,01	0,87	0,01	-0,55	0,87	5	3,29	18734	0,12160591	0,28071023
			min M _z	-3145,20	396,42	139,92	-144,58	-786,26	-48,26	LK 34	3,29	0,02	0,87	0,02	-0,80	0,87	5	3,29	18355	0,17135372	0,3150992
17	0,907	0,907	max M _z	-2224,10	47,61	106,52	-44,20	-450,35	-151,98	LK 22	4,20	0,07	0,86	0,08	-0,77	0,86	5	4,20	15825	0,14054687	0,05351603
			min M _z	-3077,15	106,47	154,47	-68,29	-661,22	-274,95	LK 34	4,20	0,09	0,86	0,10	-1,17	0,86	5	4,20	14900	0,20652314	0,0865005
19	1,814	1,814	max M _z	-2176,75	-154,04	116,63	8,08	-354,62	-102,62	LK 22	6,01	0,05	0,84	0,06	-0,69	0,84	5	6,01	16389	0,13281613	0,17691513
			min M _z	-3018,12	-174,70	168,39	8,23	-523,34	-242,41	LK 34	6,01	0,08	0,84	0,10	-1,13	0,84	5	6,01	14930	0,20215787	0,14470929
21	19	0,000	max M _z	-1975,83	-74,53	98,38	34,17	-350,56	-102,42	LK 22	6,01	0,05	0,84	0,06	-0,65	0,84	5	6,01	16183	0,12209507	0,09430214

Brücken

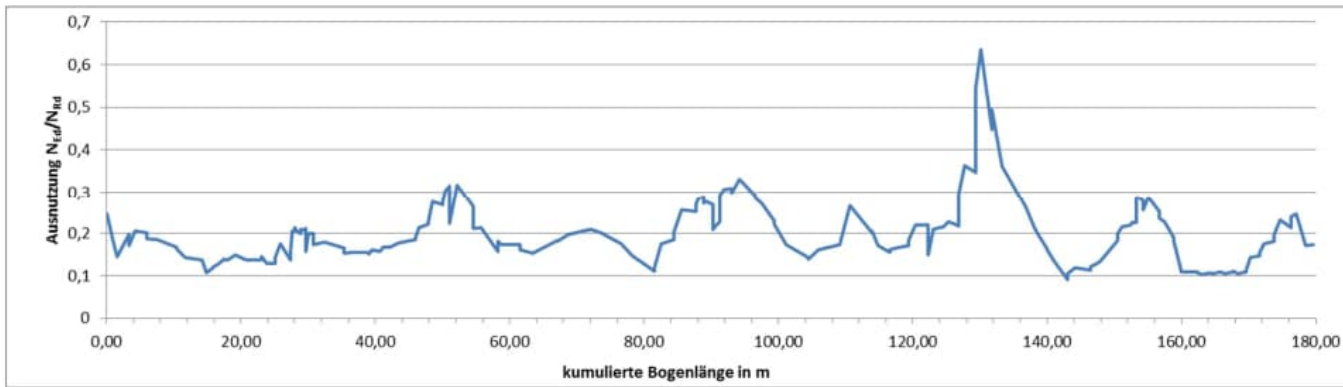


Bild 15 Ausnutzungsgrad gemäß EC 6 bei minimalem Moment (Spannungsblock)

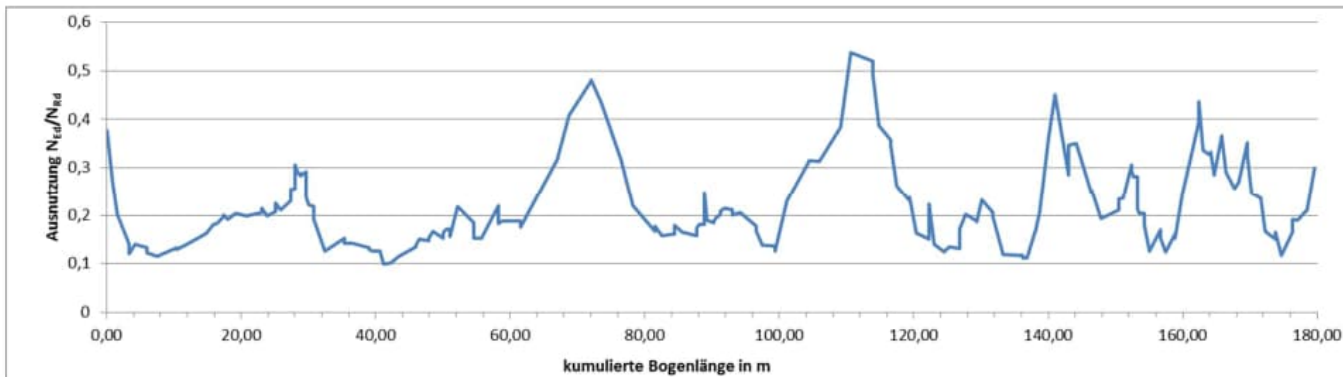


Bild 16 Ausnutzungsgrad gemäß EC 6 bei maximalem Moment (Spannungsblock)

Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt

Zusammenfassung der Nachweise:

größte Randspannung $\frac{3,73 \frac{N}{mm^2}}{4,4 \frac{N}{mm^2}} = \underline{0,85 < 1,0}$

Ausnutzungsgrad gemäß EC 6 $\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{3107kN}{4895kN} = \underline{0,63 < 1,0}$

Maßgebend ist Stab 263 am Knoten 319 bei min $M_z \Rightarrow$ Bogen 9

Für den Querkraftnachweis nach EC 6 wird vereinfachend der Haftscherfestigkeitsanteil vernachlässigt. Diese Annahme liegt deutlich auf der sicheren Seite.

Querkraft Ausnutzungsgrad gemäß EC 6 $\frac{Q_{Ed}}{Q_{Rd}} = \frac{Q_{Ed}}{\min N_{Ed} \cdot 0,4} = \frac{324kN}{1664kN \cdot 0,4} = \underline{0,49 < 1,0}$

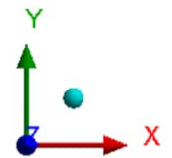
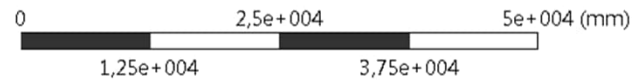
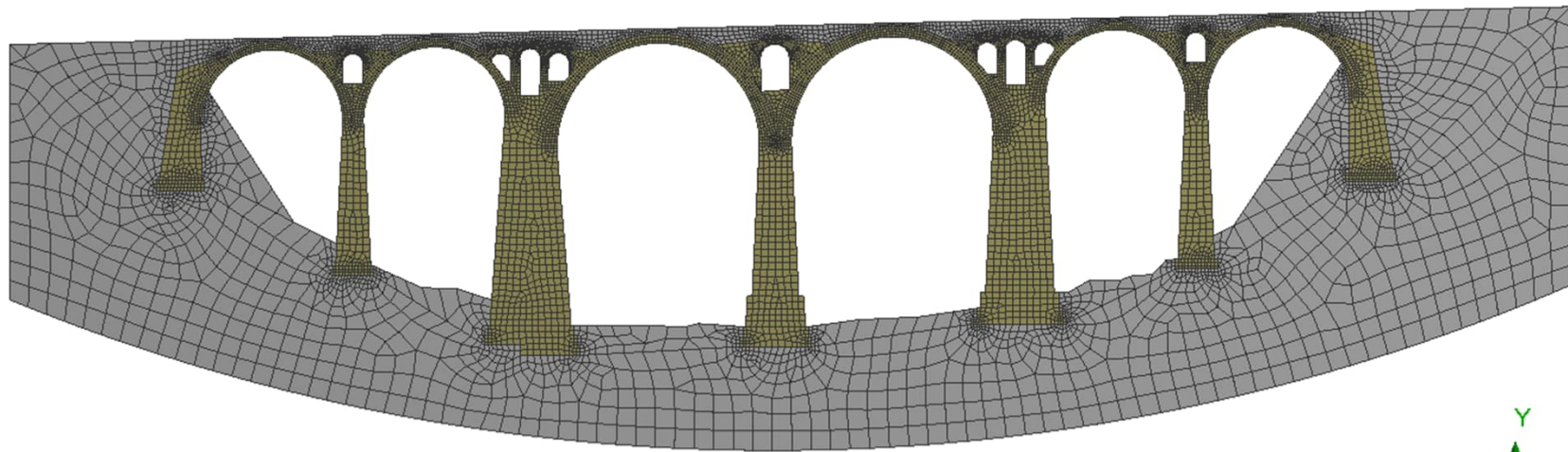
Stab 270 am Knoten 330 \Rightarrow Bogen 9

Frostabplatzungen

Die maßgebende Stelle im Bogen 9 liegt etwas oberhalb des Kämpfers. Wird der Ausnutzungsgrad nach EC 6 zu 1,0 gesetzt erhält man die minimale erforderliche Dicke des Bogens an dieser Stelle.

$$d_{erf} = \frac{N_{Ed}}{b * f_d} + 2 * e = \frac{N_{Rd} = N_{Ed} = 3107kN}{500cm * 4,4 \frac{N}{mm^2}} + 2 * 31,9cm = \underline{77,9cm}$$

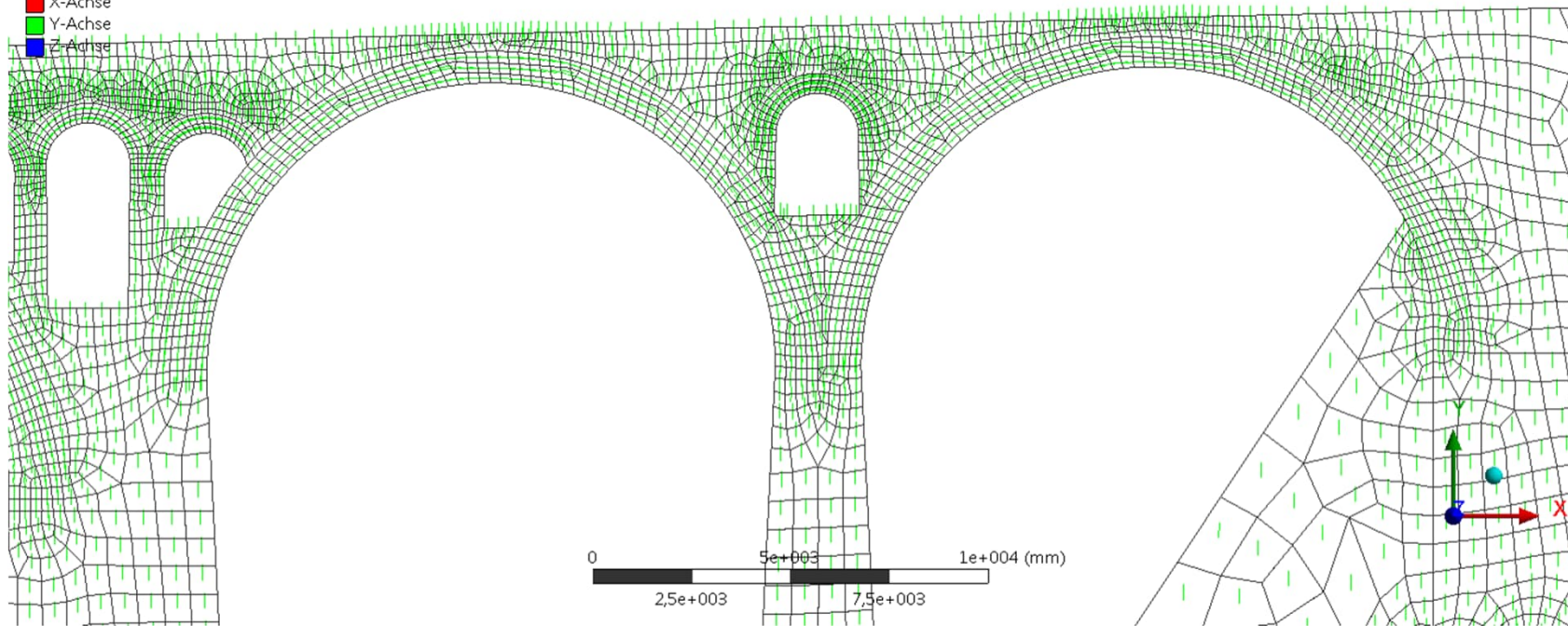
Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt



Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt

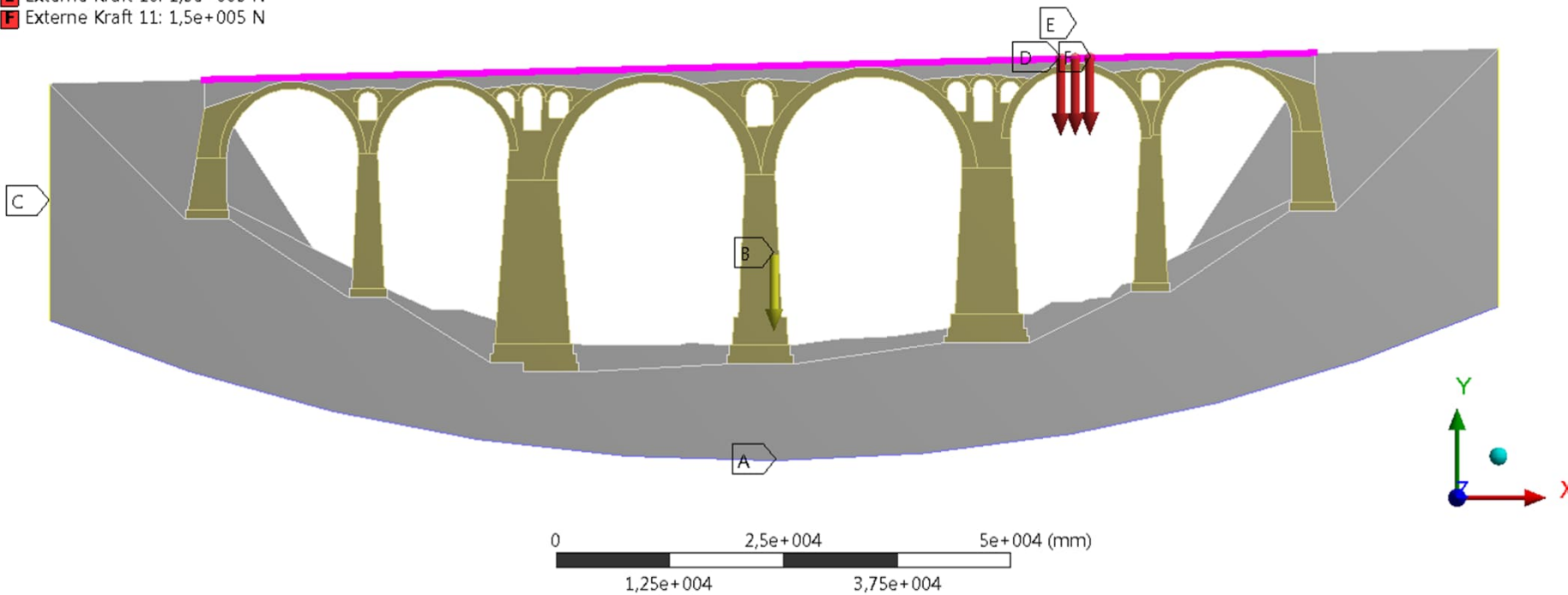
A: Bogen 9
Abbildung
Typ: Elementkoordinatensysteme
Einheit: °
Zeit: 4
28.02.17 13:54

■ X-Achse
■ Y-Achse
■ Z-Achse



A: Bogen 9
 Abbildung
 28.02.17 13:37
Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt

- A** Fixierte Lagerung
- B** Erdanziehungskraft: 9806,6 mm/s²
- C** Verschiebung
- D** Externe Kraft 9: 1,5e+005 N
- E** Externe Kraft 10: 1,5e+005 N
- F** Externe Kraft 11: 1,5e+005 N



Brücken – Beispiel Vöckelsbach-Viadukt

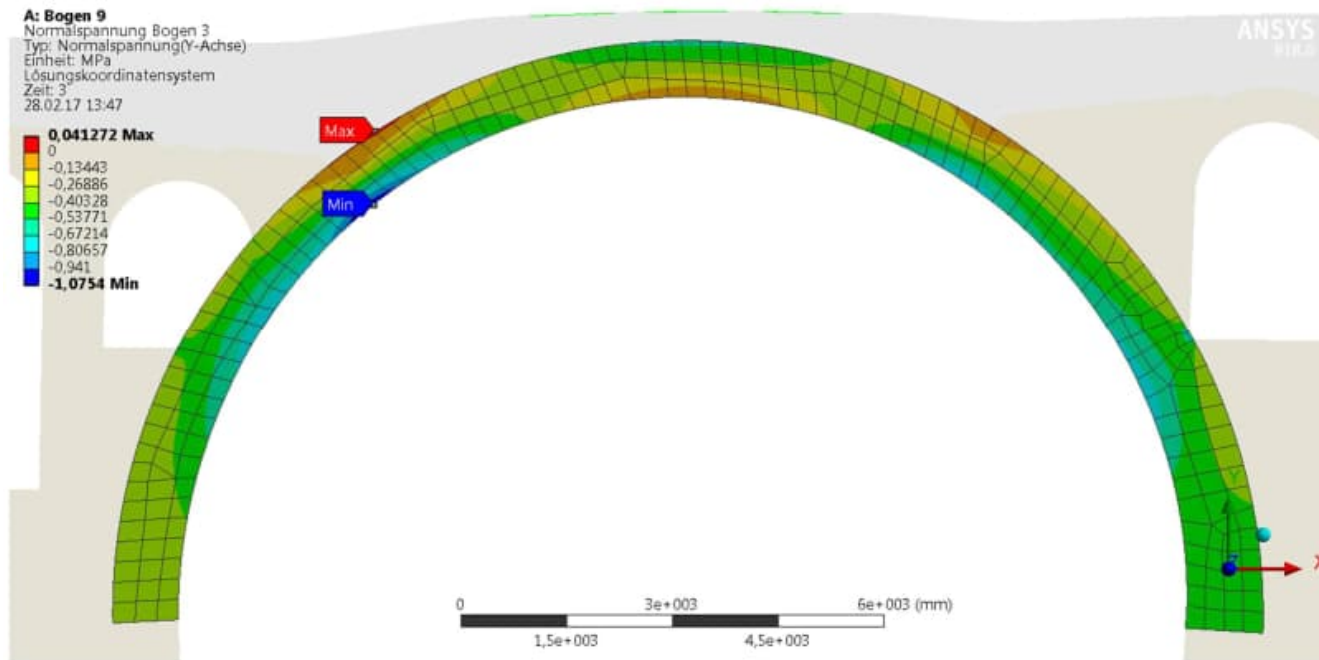
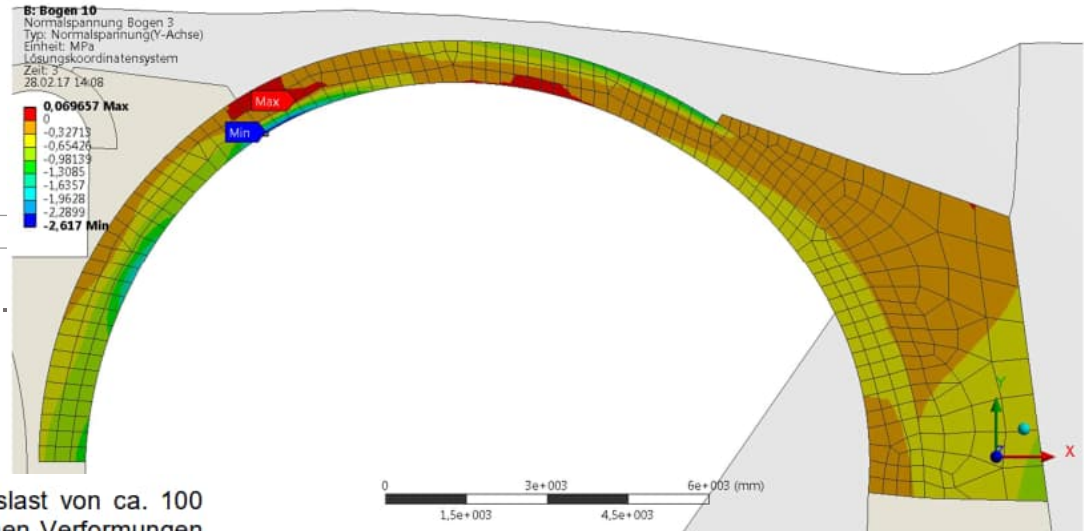


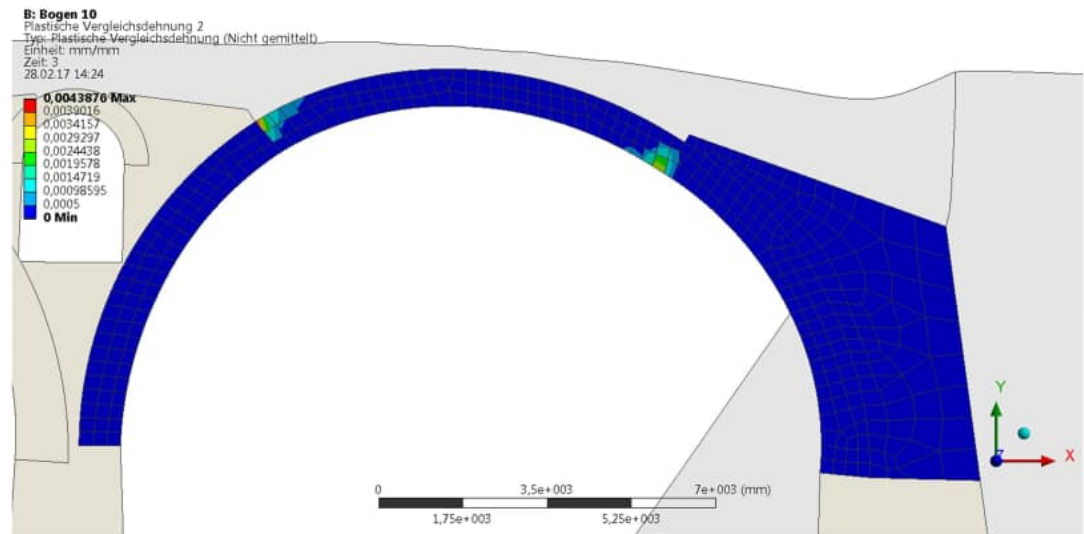
Bild 27 Normalspannungen (entlang der Bogenachse) im Bogen 9 bei einer Bemessungslast von 150kN je Achse

Brücken – Beispiel Vöckelsbach

Die Lasten der beiden untersuchten Laststellungen konnten bis zu einer Achslast von ca. 100 Tonnen ($\cong 1000$ kN) weiter gesteigert werden. Hierbei kam es aber zu deutlichen Verformungen und Plastizierungen. Auch die Druckfestigkeit wurde erreicht. Der Standsicherheitsnachweis ist somit ebenfalls erbracht.



lspannungen (entlang der Bogenachse) im Bogen 10 bei einer Bemessungslast 100kN je Achse

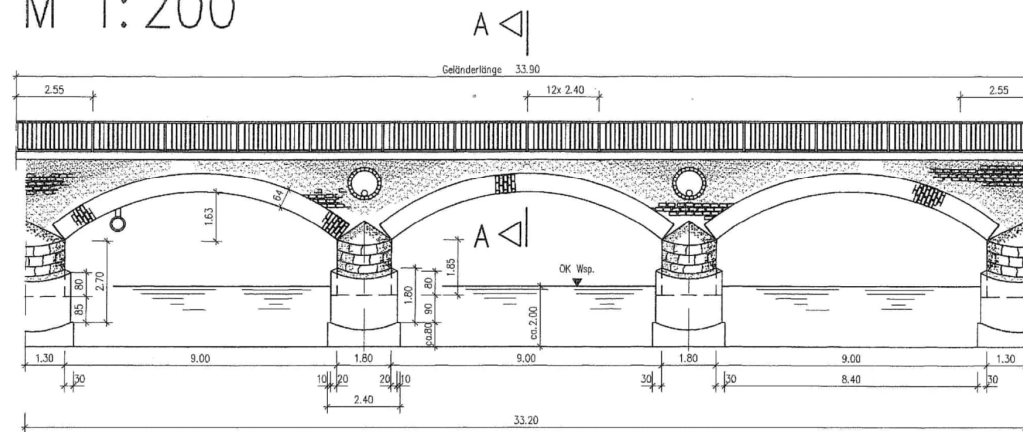


MW-Vc **Bild 31** *Plastische Vergleichsdehnungen im Bogen 10 bei einer Bemessungslast von 150kN je Achse*

Brücken – Beispiel Karlbrücke Leipzig

- Abriss einer Gewölbebrücke

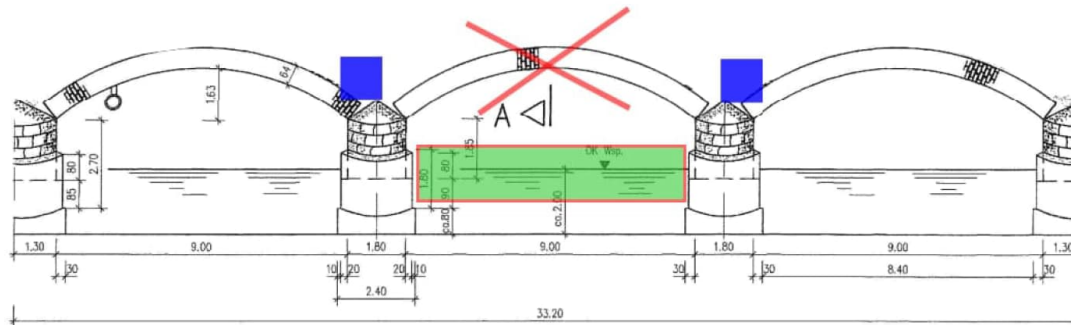
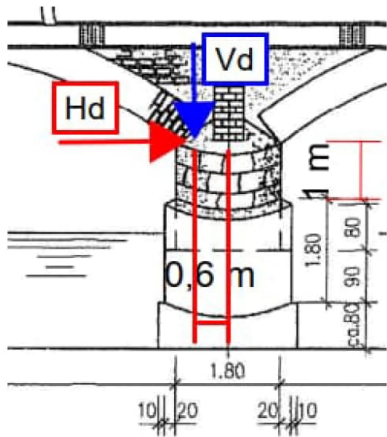
Längsansicht von Südwesten
M 1:200



Quelle: Ib für Tragwerksanalyse Dresden GmbH

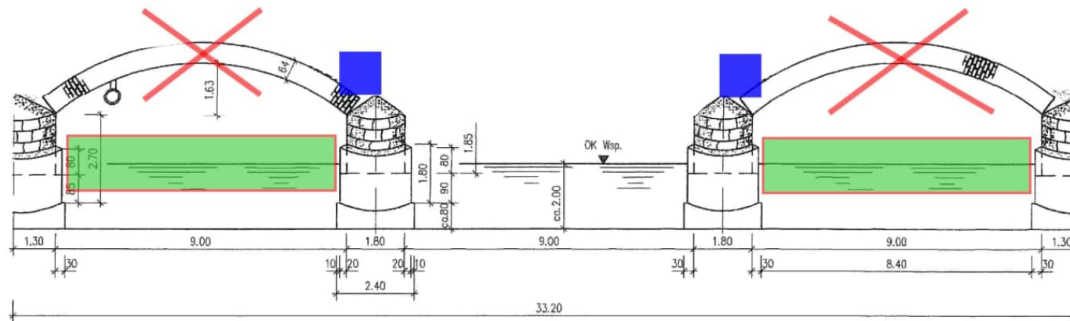
Brücken – Beispiel Karlbrücke Leipzig

- Abriss einer Gewölbebrücke



Brücken – Beispiel Karlbrücke Leipzig

- Abriss einer Gewölbebrücke



Staumauern

DEUTSCHE NORM

Juli 2004

	DIN 19700-10	<u>DIN</u>
<p>ICS 93.160</p> <p>Stauanlagen – Teil 10: Gemeinsame Festlegungen</p> <p>Dam plants – Part 10: General specifications</p> <p>Ouvrages de prise d'eau – Partie 10: Spécifications générales</p>		<p>Mit DIN 19700-11:2004-07 Ersatz für DIN 19700-10:1986-01</p>

Staumauern

9.3 Baustoffe und Bauteile für Staumauern und Wehre

9.3.1 Beton und Stahlbeton

Für Beton und Stahlbeton gelten die einschlägigen Normen, insbesondere DIN 1045-1 bis DIN 1045-3.

9.3.2 Massenbeton

Als Massenbeton im Sinne der Norm gilt Beton für jene Bauwerke und Bauteile, deren Abmessungen so groß sind, dass die Hydratationswärme betontechnologisch besonders berücksichtigt werden muss. Er gilt als Beton mit besonderen Eigenschaften nach DIN 1045-2. Massenbeton ist in der Regel in die Überwachungsklasse 2 einzuordnen. Auf weitere Empfehlungen zu Massenbeton (siehe [13] und [14]) wird hingewiesen.

9.3.3 Walzbeton

Walzbeton (en: Roller Compacted Concrete (RCC)) ist ein bindemittelarmer Beton außerhalb des Regelungsbereiches der DIN 1045-2 und DIN 1045-3 (Zementgehalt etwa zwischen 80 kg und 150 kg je m³ Frischbeton). Er wird mit den Verfahren des Erdbaus eingebracht und verdichtet. Die Eigenschaften des Walzbetons sind durch Versuche zu bestimmen und auf die jeweiligen Anforderungen abzustimmen. Walzbeton hat in der Regel eine höhere Durchlässigkeit und eine geringere Frostbeständigkeit als ein Beton nach DIN 1045-2. Durch den relativ geringen Zement- und Wassergehalt werden das Schwindmaß und die Hydratationswärmeentwicklung des Betons herabgesetzt. Als Bindemittel werden dem Zement häufig Puzzolane beigemischt.

Staumauern

9.3.4 Mauerwerk

Absperrbauwerke werden in der Regel nicht mehr aus Mauerwerk erbaut. Andererseits sind früher in großer Zahl Staumauern zumeist aus Natursteinmauerwerk (Bruchsteinmauerwerk) (siehe DIN 1053-1) errichtet worden.

Das vermauerte Gestein stammt in der Regel aus der Baustelle benachbarten Steinbrüchen. Es kann sich hinsichtlich Gesteinsart, Verwitterungsanfälligkeit, Festigkeit und Verformbarkeit auch innerhalb eines Bauwerkes unterscheiden. Die Festigkeit des Mauerwerks wird nicht so sehr vom Steinmaterial als vielmehr vom Mauerwerksgefüge bestimmt.

Für die Beurteilung der Verformbarkeit des Mauerwerks ergeben Laboruntersuchungen an kleinen Proben gewöhnlich keine realistischen Ergebnisse, da die Prüfkörper durch Zufälligkeiten der Verteilung von Stein und Mörtel beeinflusst sind. Besser geeignet sind In-situ-Versuche, bei denen Mauerwerksbereiche zumindest in Kubikmetergröße untersucht werden können. Bei geeigneter und ausreichender messtechnischer Ausstattung der Staumauer lässt sich die Verformbarkeit auch durch die Rückrechnung von gemessenen Bauwerksverformungen bestimmen.

Bei Absperrbauwerken ist die Durchlässigkeit des Mauerwerks von besonderer Bedeutung. Die Durchlässigkeit des Gesteins ist im Regelfall sehr gering und ändert sich auch nicht mit der Zeit. Die Durchlässigkeit des Mörtels kann sich jedoch im Laufe von Jahrzehnten verändern und ist daher von Zeit zu Zeit zu prüfen.

Staumauern

- Begriff Stau-Mauer
- Gewichtsstaumauern
- Bogenstaumauern
- Pfeilerstaumauern

Stützwände

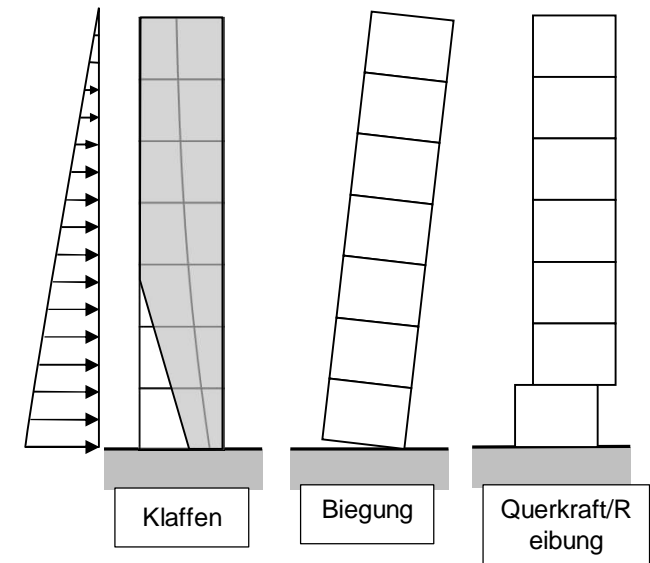


Tabelle 1 Erforderliche Wänddicken

$$e = \frac{M}{N}$$

Normal Wichte: 18 kN/m ³		
Querkraft	Biegung	Klaffen
d m	d m	d m
0,941	1,148	1,137

Staumauern

- Talsperre Janov
- Möhnestaumauer
- Talsperre Malter (Bruchsteinmauerwerk Biotitgneis)
- Talsperre Klingenberg

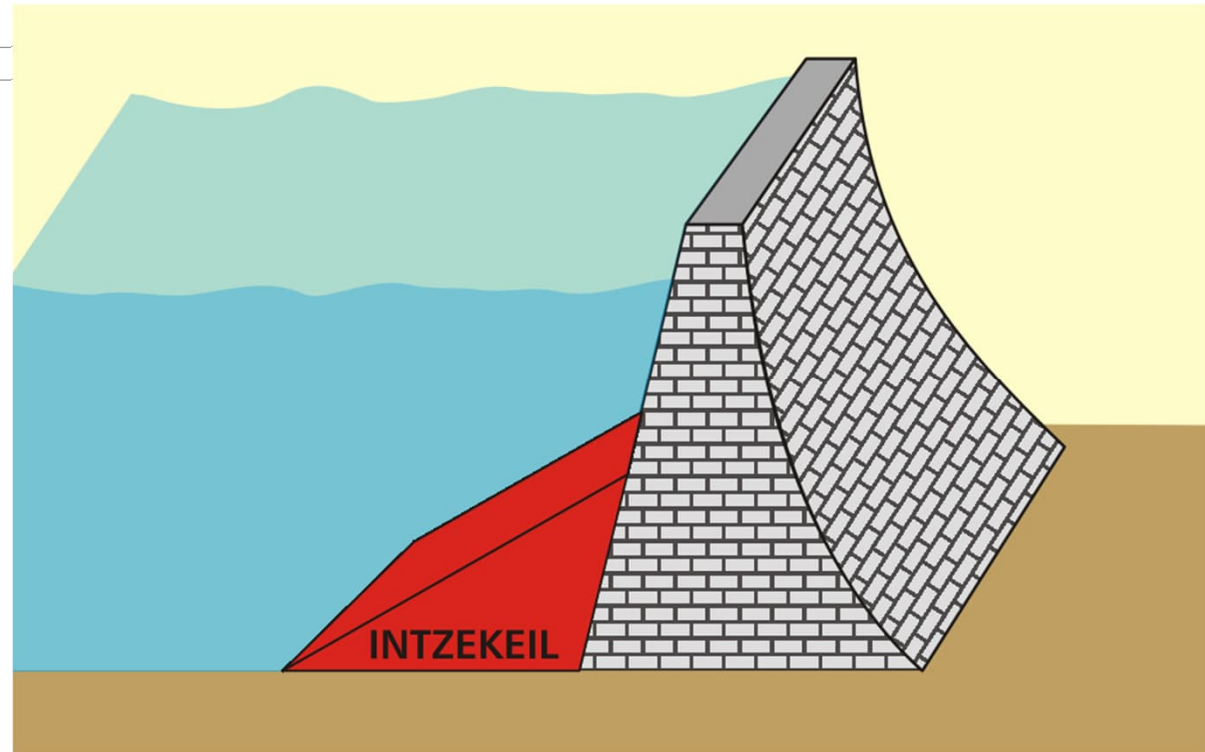
Möhnestaumauer



Quelle: momentum-magazin.de

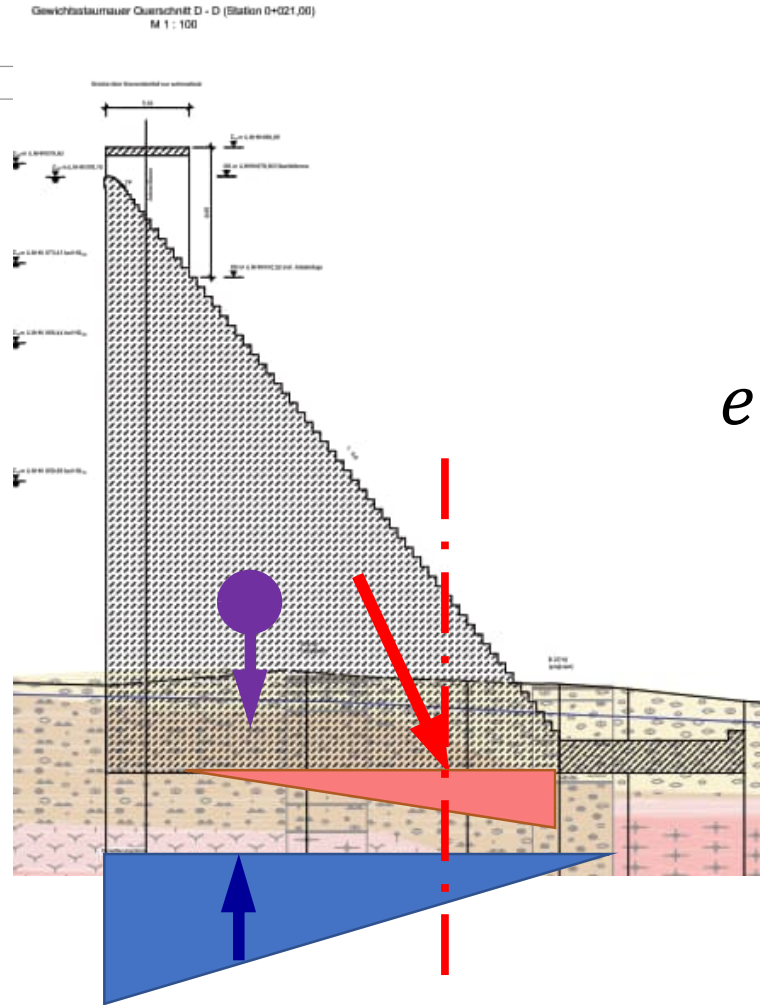
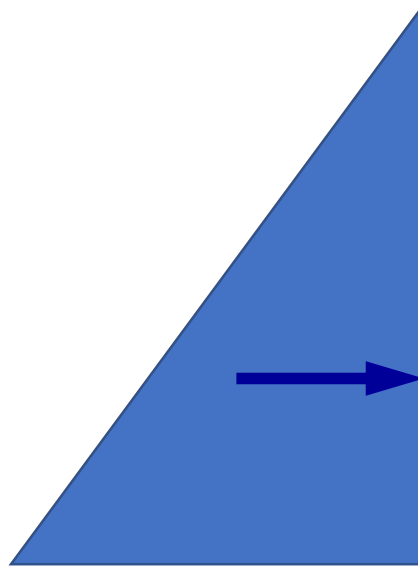
Staumauern

- Begriff Stau-Mauer
- Gewichtstaumauer



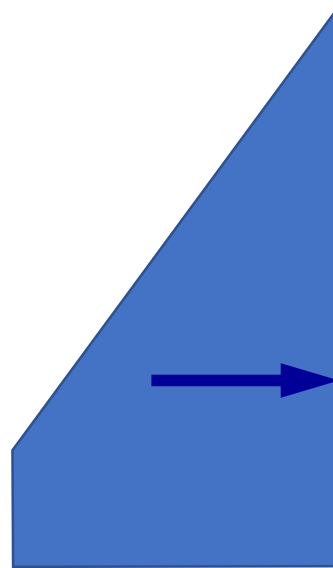
Von Helfmann auf Wikipedia auf Deutsch, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18361751>

Staumauern

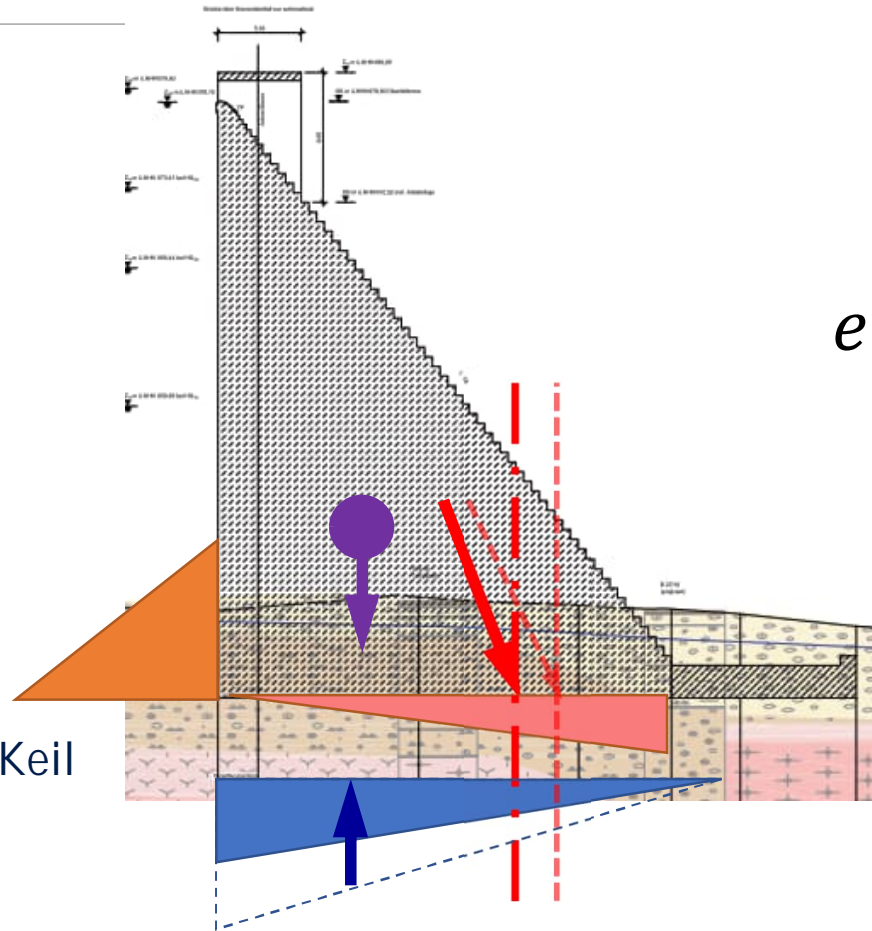


$$e = \frac{M}{N}$$

Staumauern



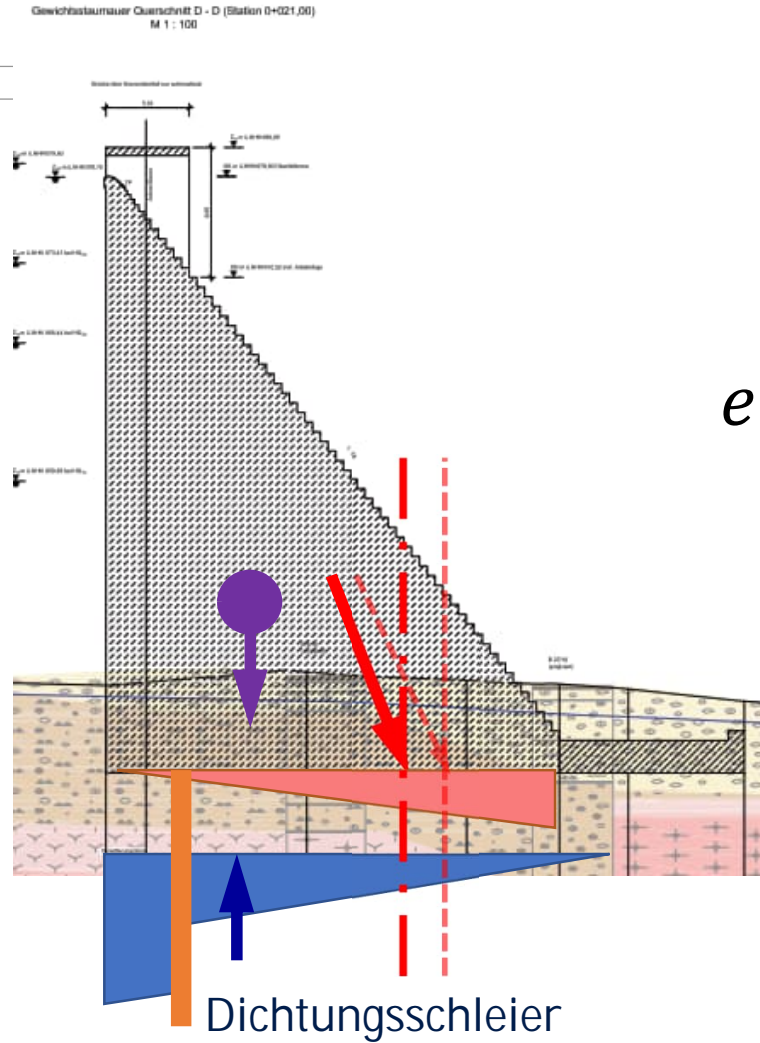
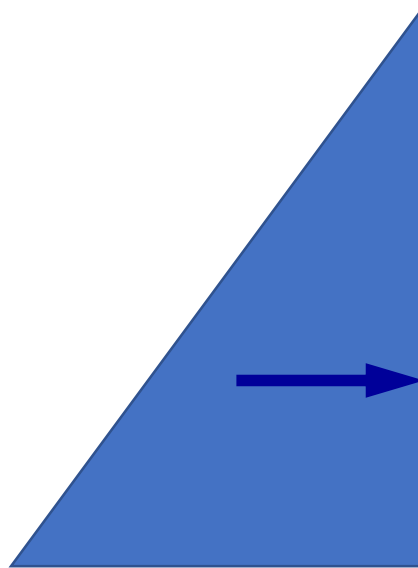
Gewichtsbauwerkes Querschnitt D - D (Station D+021,00)
M 1 : 100



$$e = \frac{M}{N}$$

Intze Keil

Staumauern



$$e = \frac{M}{N}$$

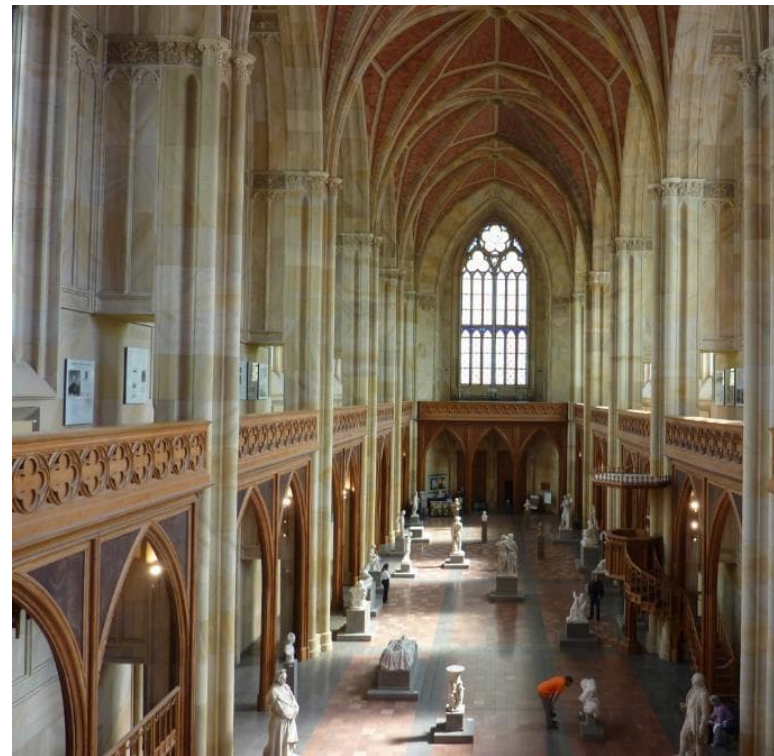
Sakralbauten, Kirchen

Frauenkirche

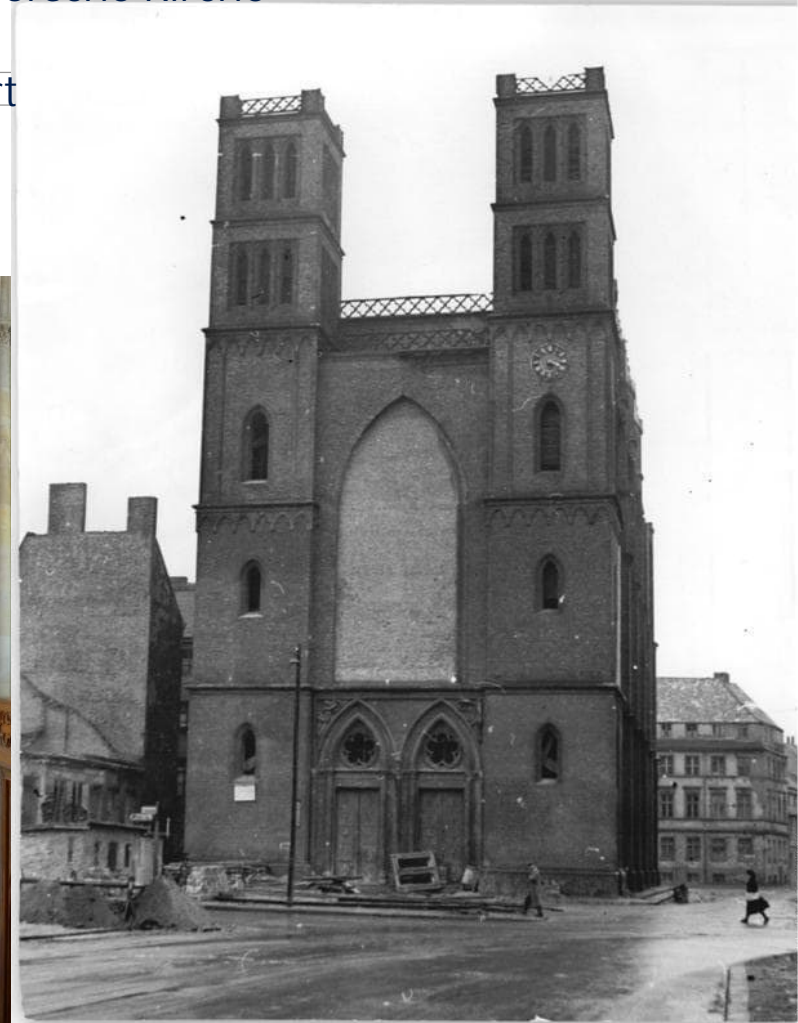
18. Jahrhundert



TU Dresden, 19.01.2024

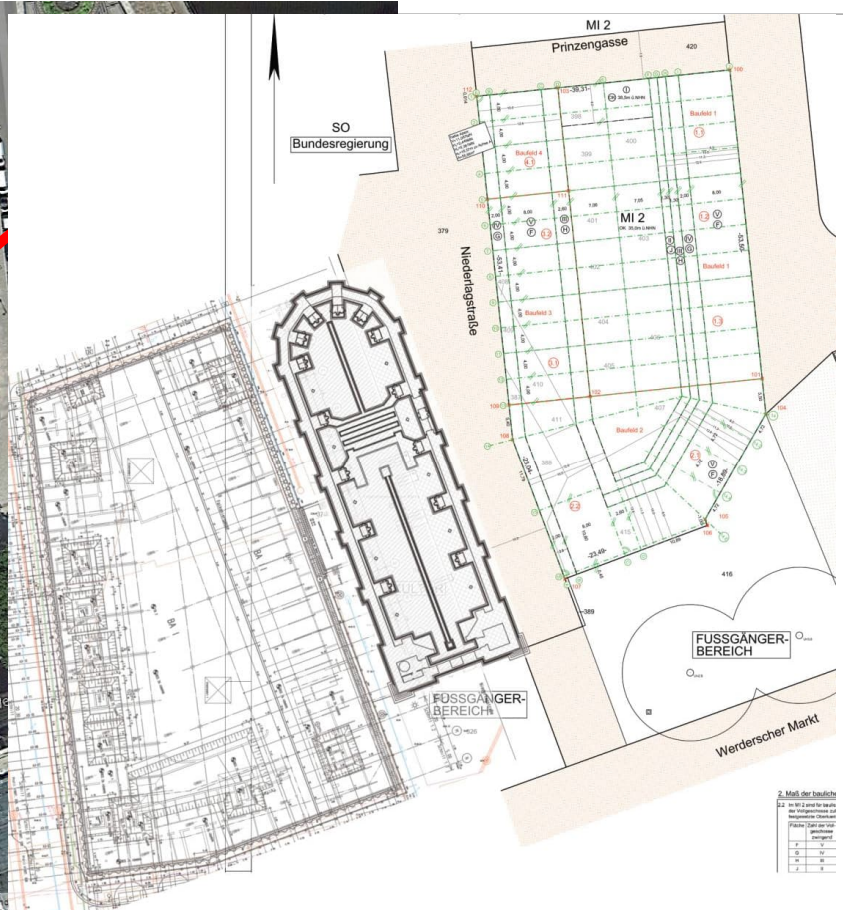
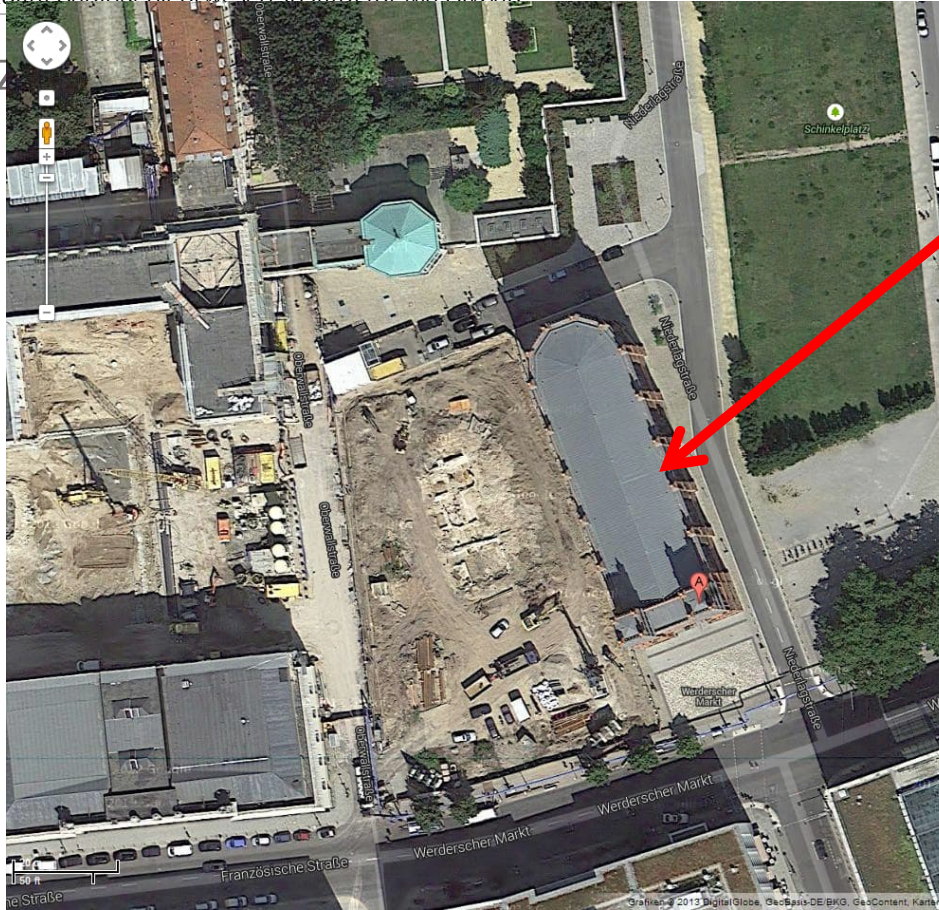


MW-Vorlesung – Einführung -

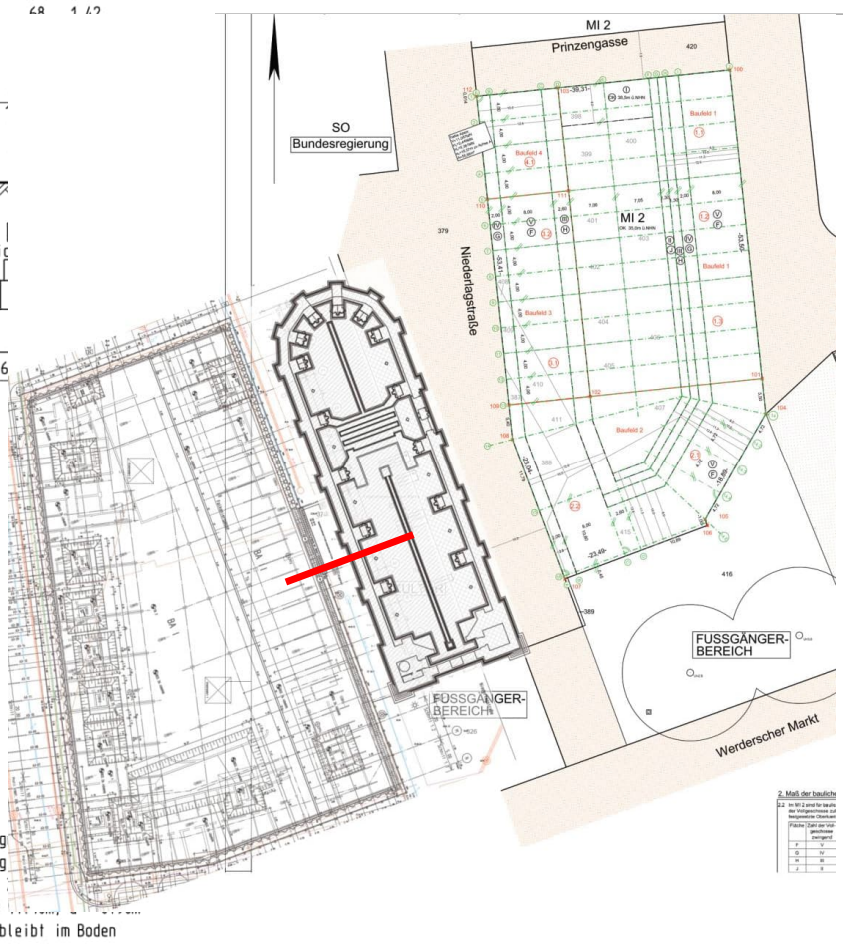
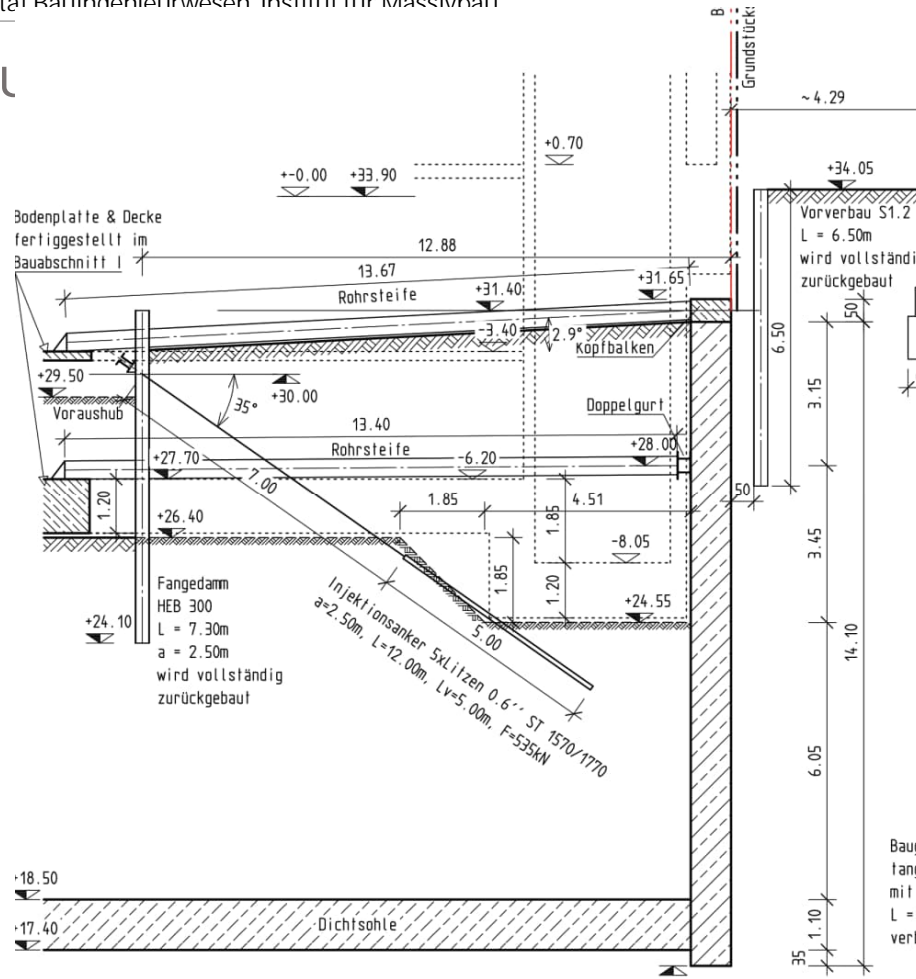


Bundesarchiv, Bild 183-10000-0509
Foto: o./Ang. | 1951 ca.

Bez



Bezu



Setzun



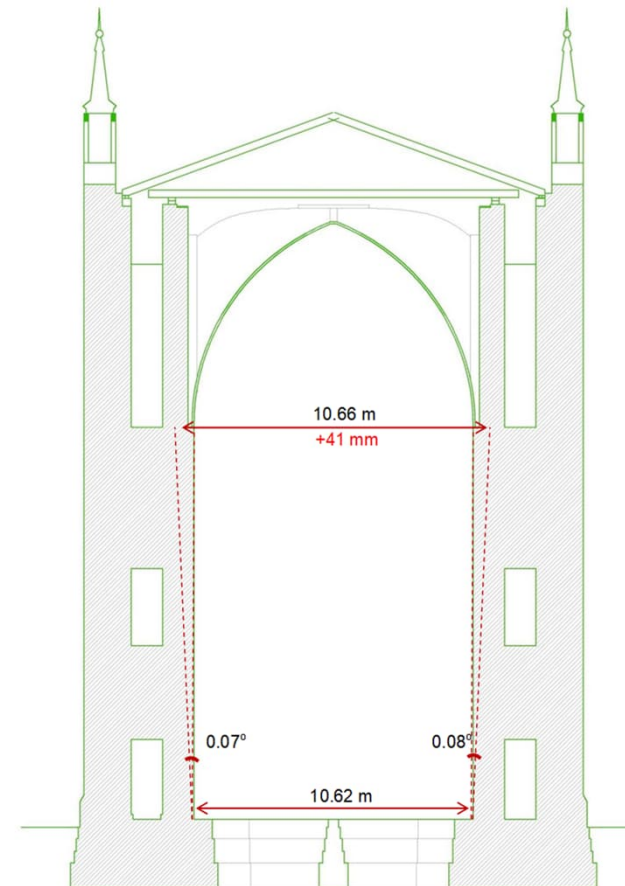
Baustopp - Wege zur Konfliktlösung

- Was hält die Kirche an Verformungen noch aus, ohne zu verlieren?
- Ist eine sichere Prognose möglich?
- Festlegung von Grenzreaktionen und entsprechende



Vorgehensweise

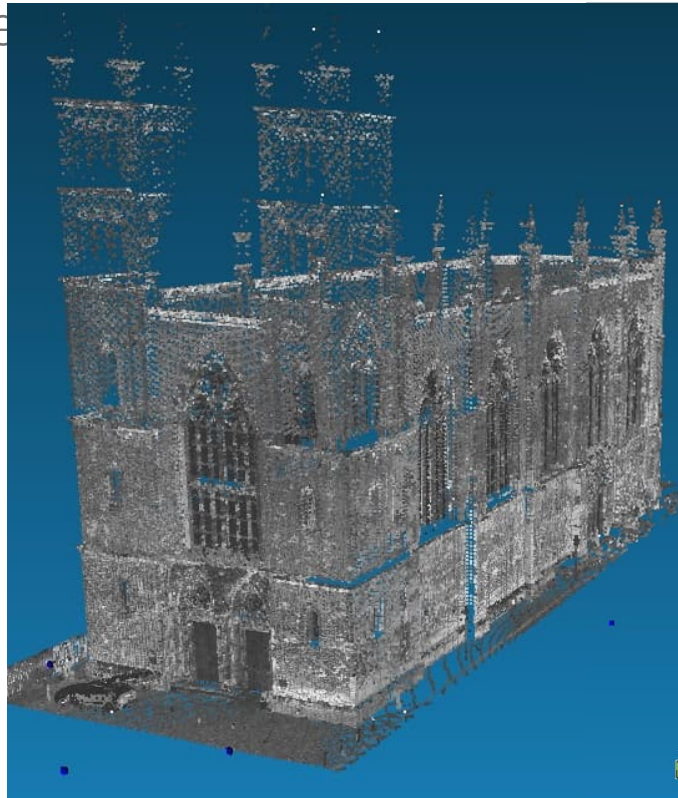
- Ermittlung der bisherigen Verformungen:
 1. vor Baubeginn
 2. seit Baubeginn
 3. bei Fortsetzung
- Mit Hilfe von:
 - Risskartierungen
 - Laserscan
 - Setzungsmessungen
 - Baugrundsimulationen GuD
- Modellierung
- Eigenlastzustand
- Aufprägen der Verformungen



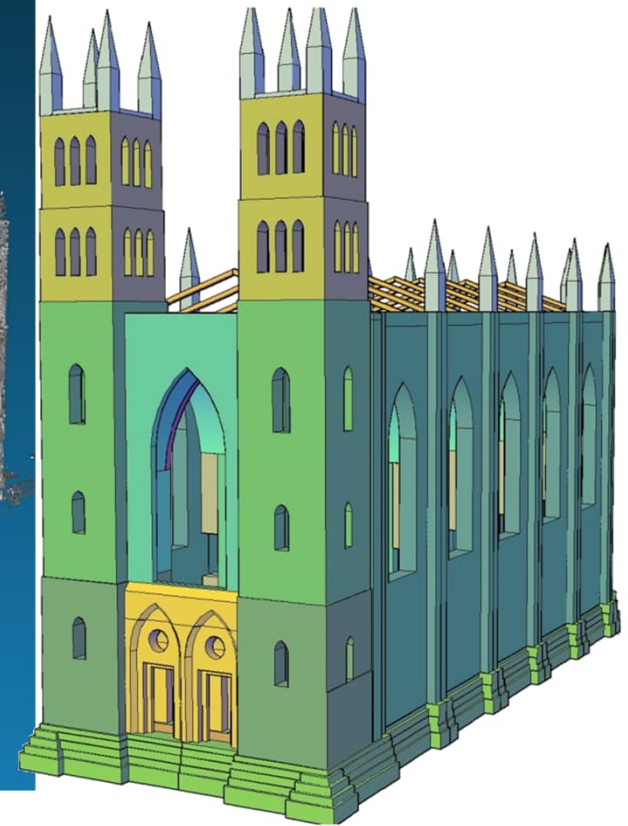


Quelle
Abri/Raabe

Aufmaßpläne



Laserscan



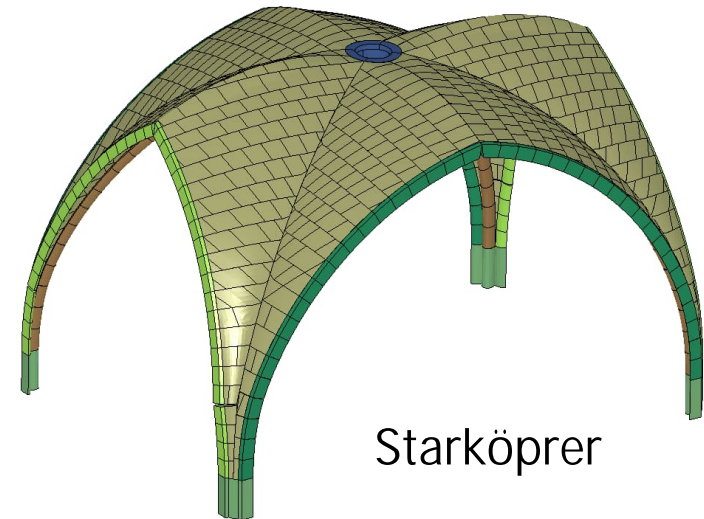
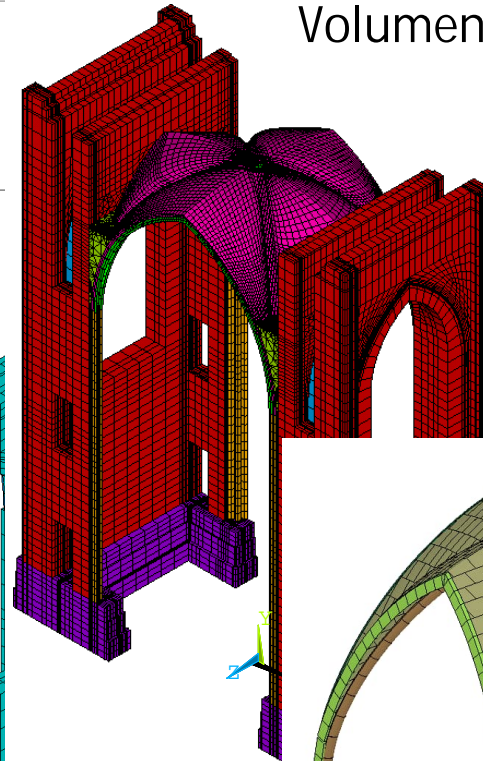
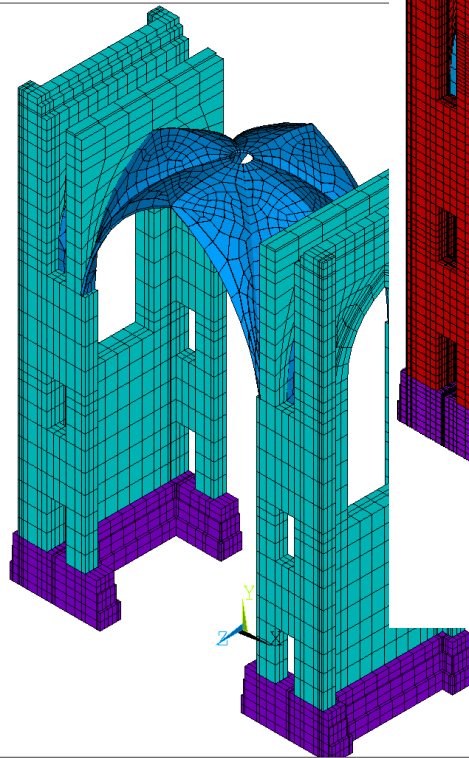
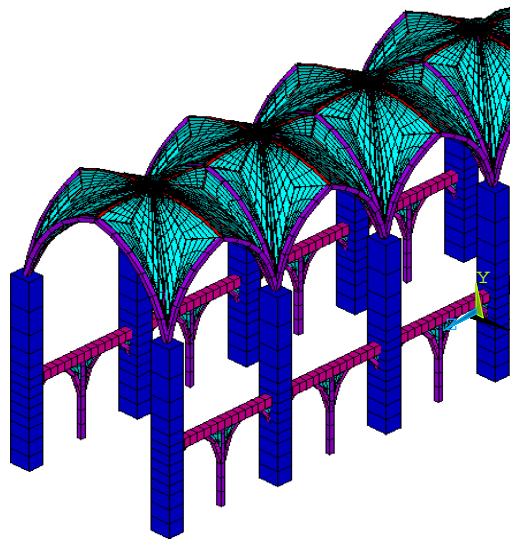
CAD-Modell

Numerische Modelle (Variantenuntersuchung)

Volumen und
Schalen

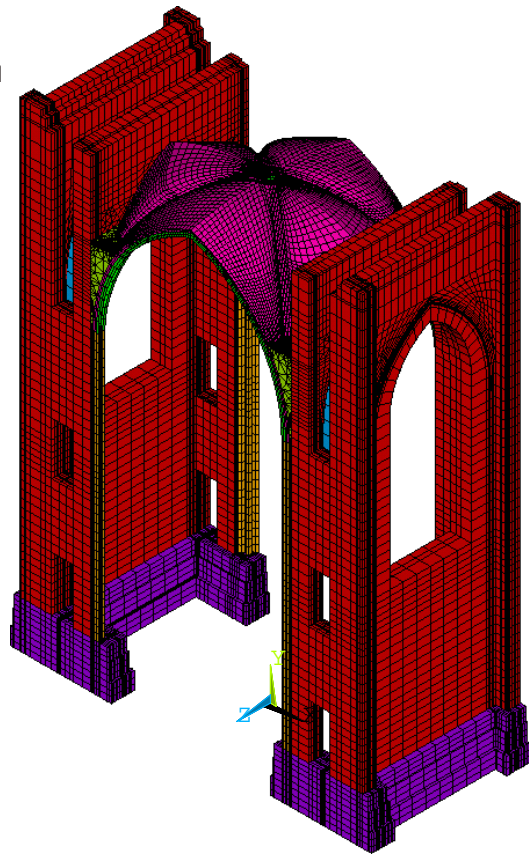
Volumen

Stabwerkmodell

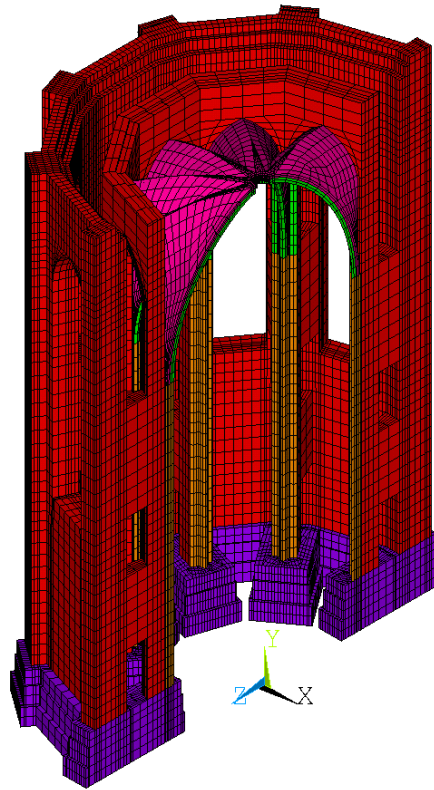


Starkörper

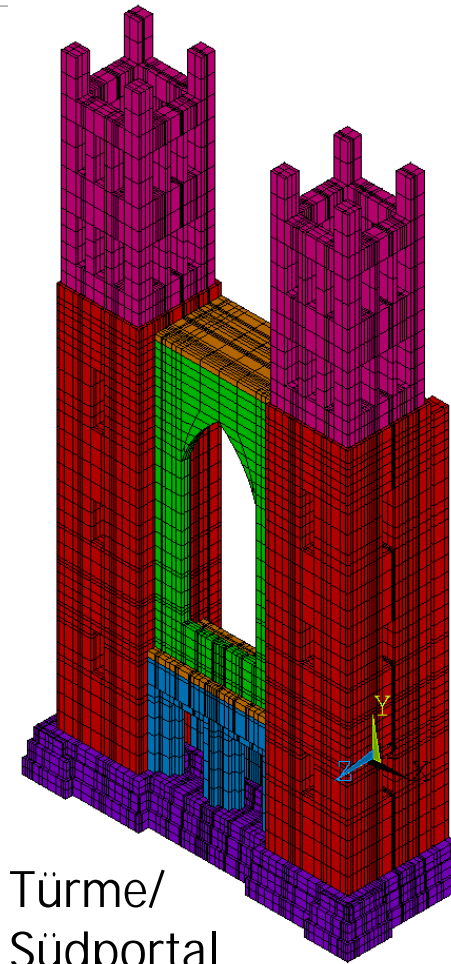
Nu
(Teiln



Jochbereich

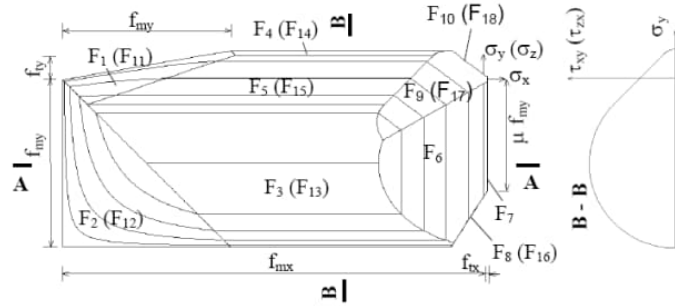


Apsis/Chor



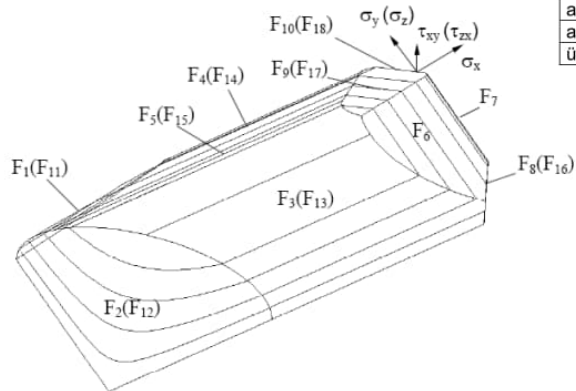
Türme/
Südportal

M
(Ani)



parameter:

f_{mx}	compression strength
$f_{my} (f_{mz})$	tensile strength
f_{ix}	faktor
$f_{iy} (f_{iz})$	friction angle
μ	cohesion
ϕ	unit length
c	unit height
a_s	lap length
a_l	
$\ddot{u}_v (\ddot{u}_z)$	



F1 (F11)	Zugversagen der Steine
F2 (F12)	Druckversagen des Mauerwerks
F3 (F13)	Steinzugversagen infolge Schubbelastung
F4 (F14)	Zugversagen parallel zu den Lagerfugen infolge Steinversagens
F5 (F15)	Schubversagen
F6	Reibungsversagen Lagerfugen
F7	Zugversagen senkrecht zu den Lagerfugen
F8 (F16)	Zugversagen senkrecht zu den Lagerfugen infolge horizontalen Drucks
F9 (F17)	Reibungsversagen Lagerfugen (Mann/Müller)
F10 (F18)	Zugversagen parallel zu den Lagerfugen infolge Reibungsversagens

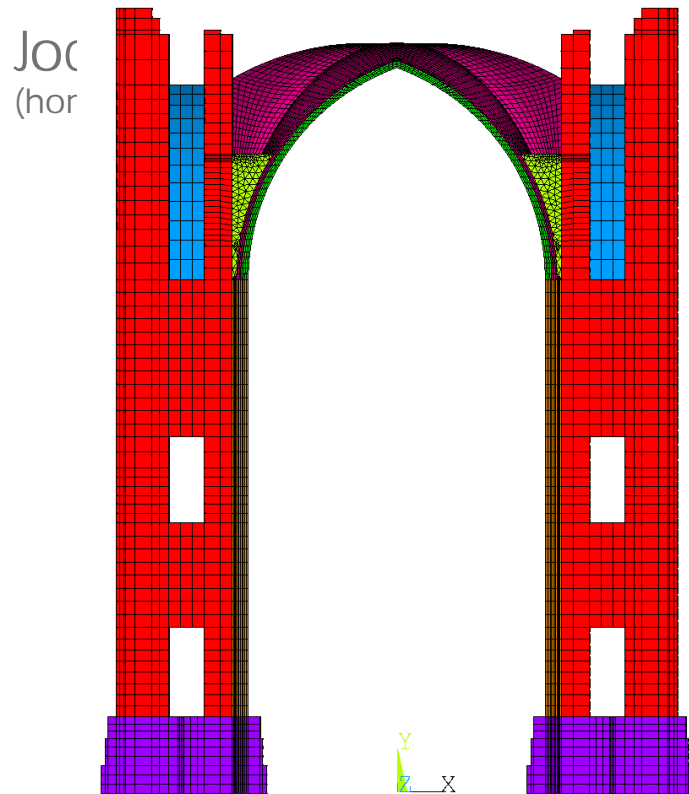
Verband

(Ausrichtung der Lagerfugen)

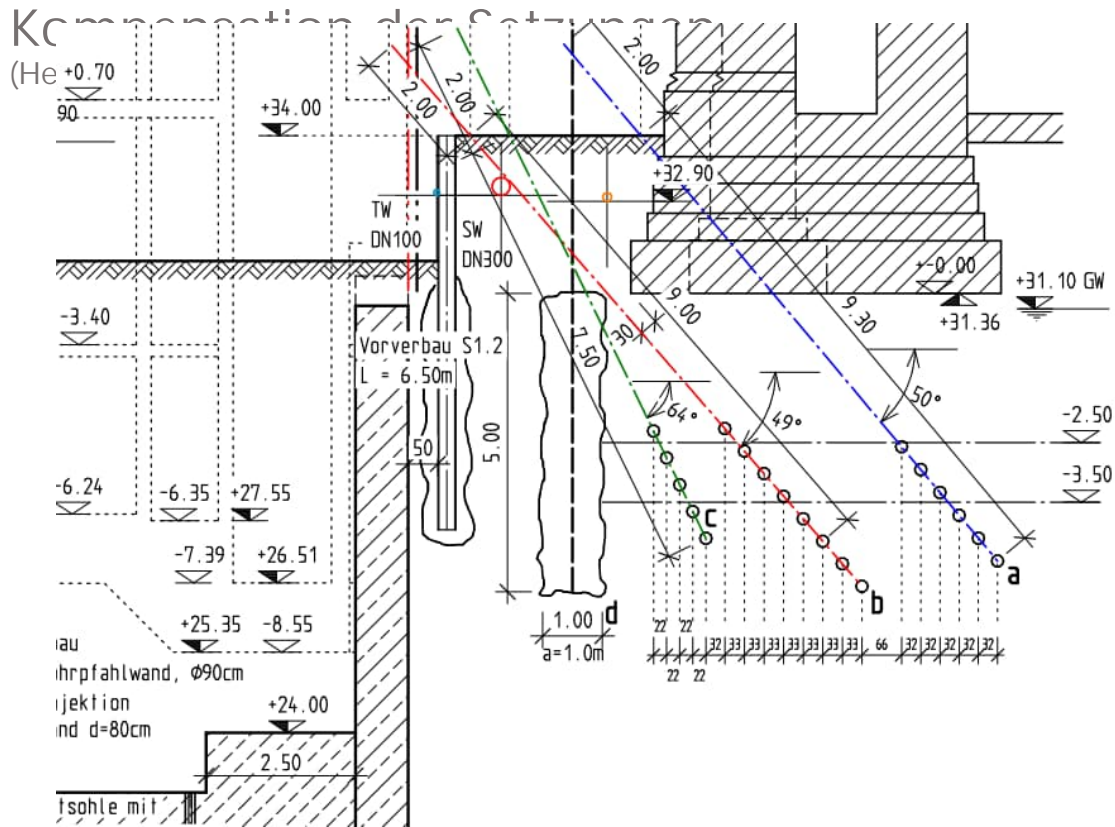


- Steinformate
- Sondersteine (Rippen etc.)
- Ausrichtung der Lagerfugen





Eigengewicht und einseitige Auflagerverformung
(Zustand nach Baustopp)



Kirchenfundament	Verformung Schlitzwand
------------------	------------------------



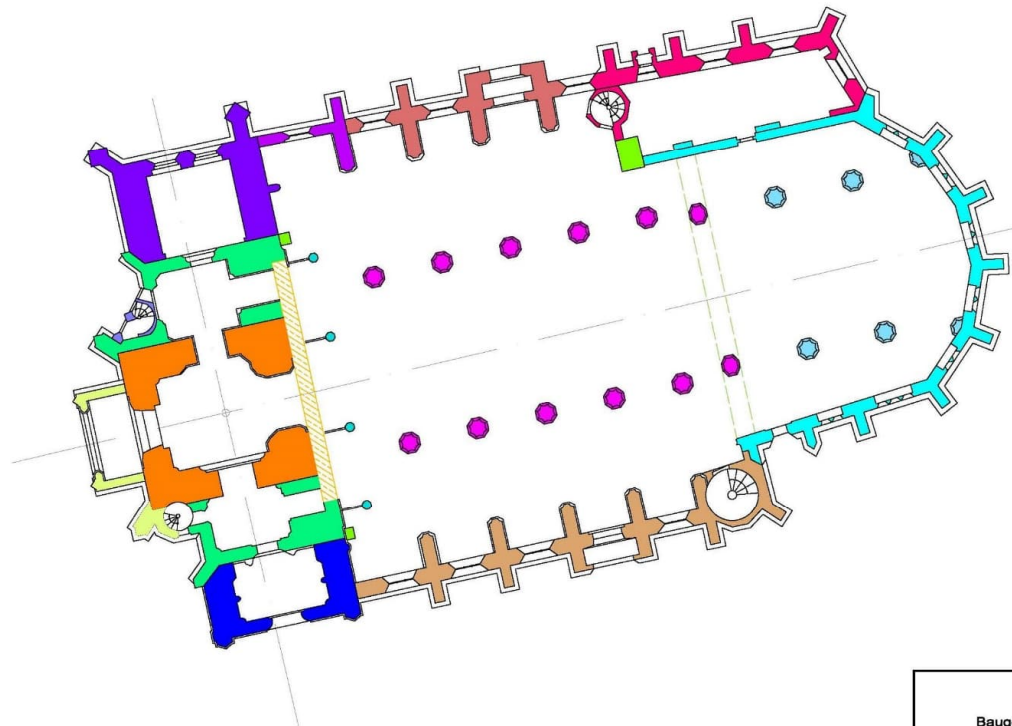
hiefst
lu _v /59
[1:...
14.7
1.64
1.42
1.29
1.21
1.13
1.12
1.08
934
895
883
825
821
754

Überblick

- Historischer Abriss
- Untersuchungen
- Erfolgte und geplante Maßnahmen
- Statischen Berechnungen und Simulation
- Ausblick

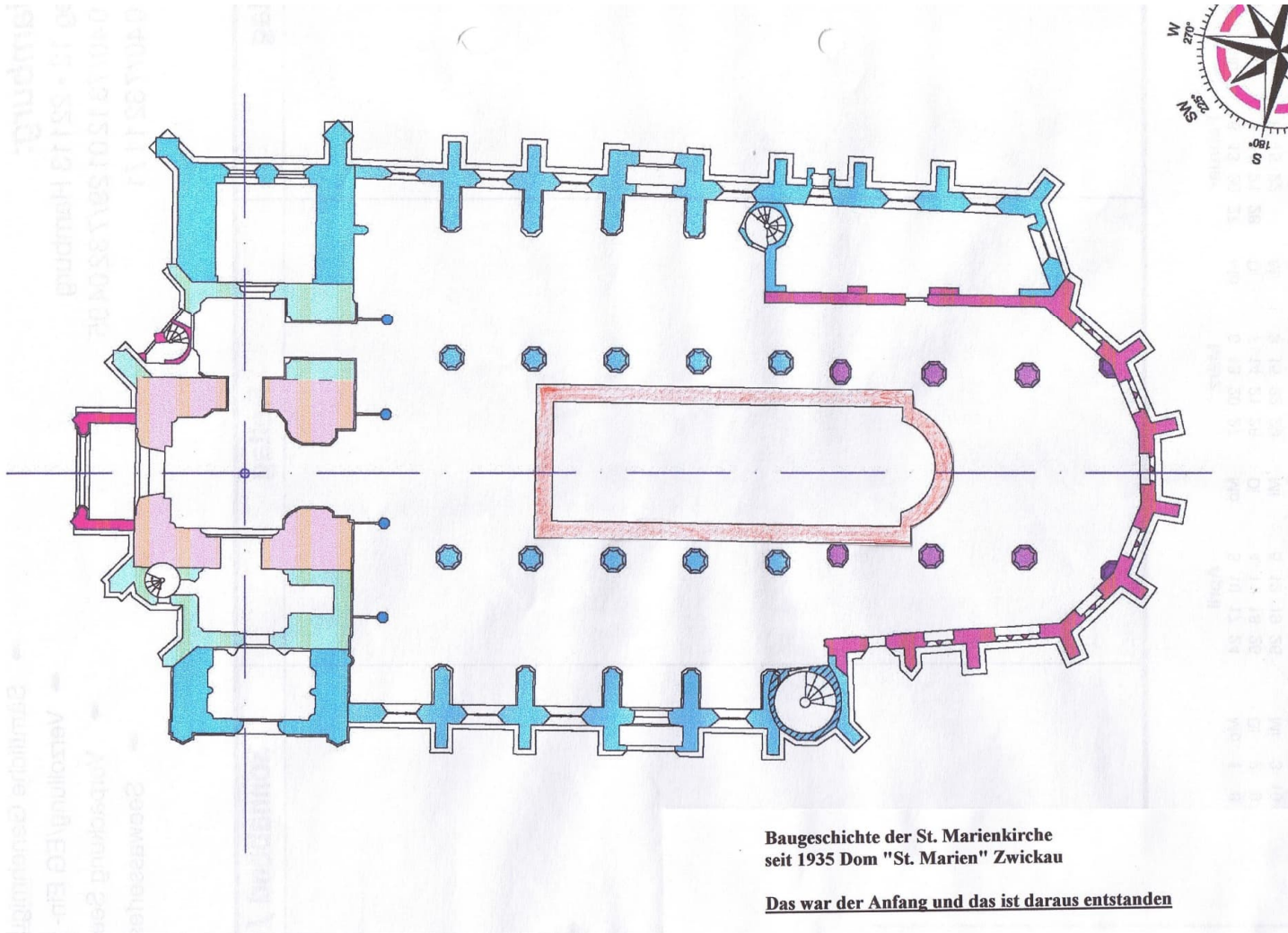


Historis



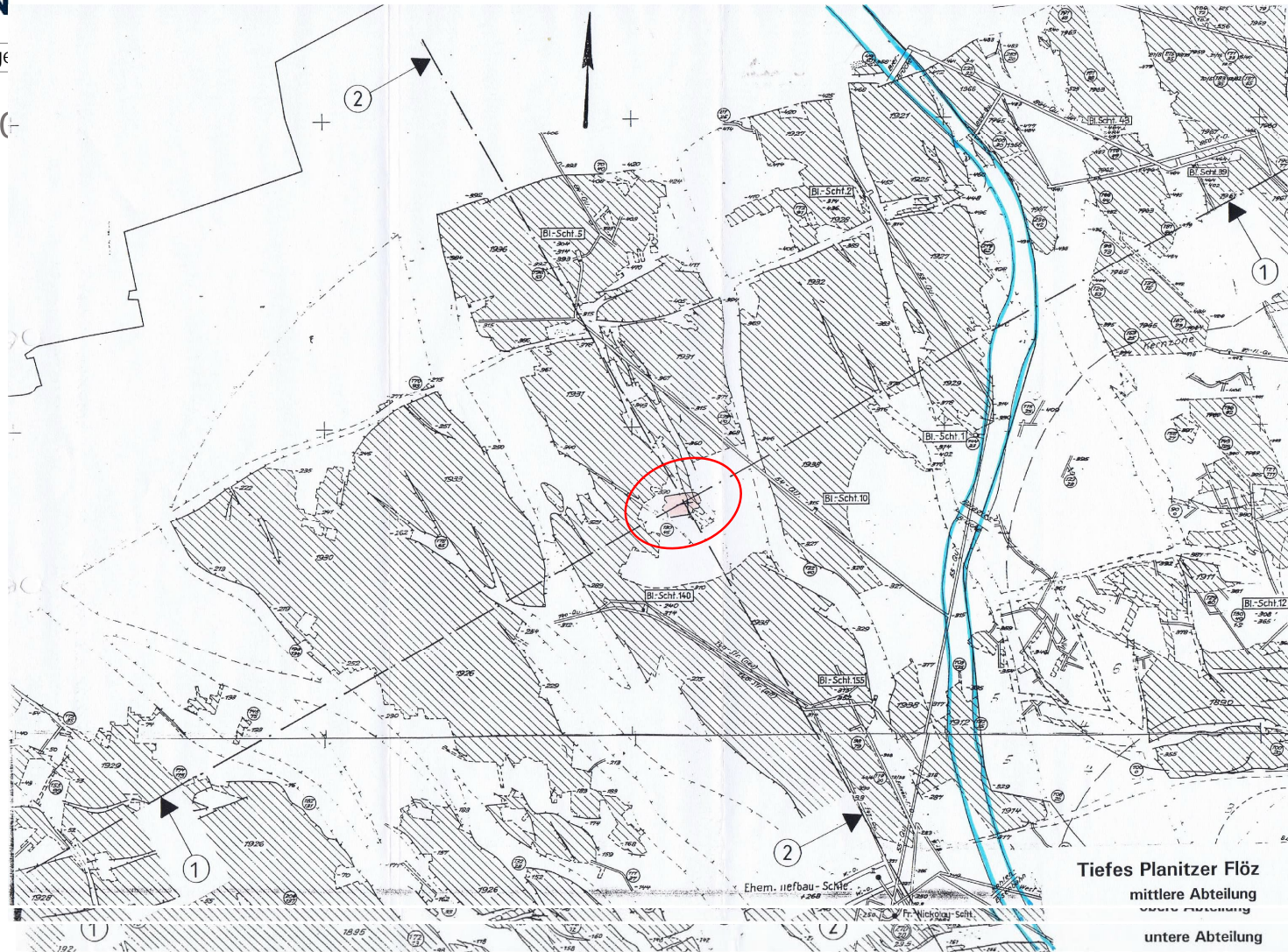
Baugeschichte der St. Marienkirche in Zwickau

1677 - Vollendung des Hauptturmes,
1893 - Ergänzung des Choraufganges und
neogotische Überformung des Bauwerkes
abgeschlossen



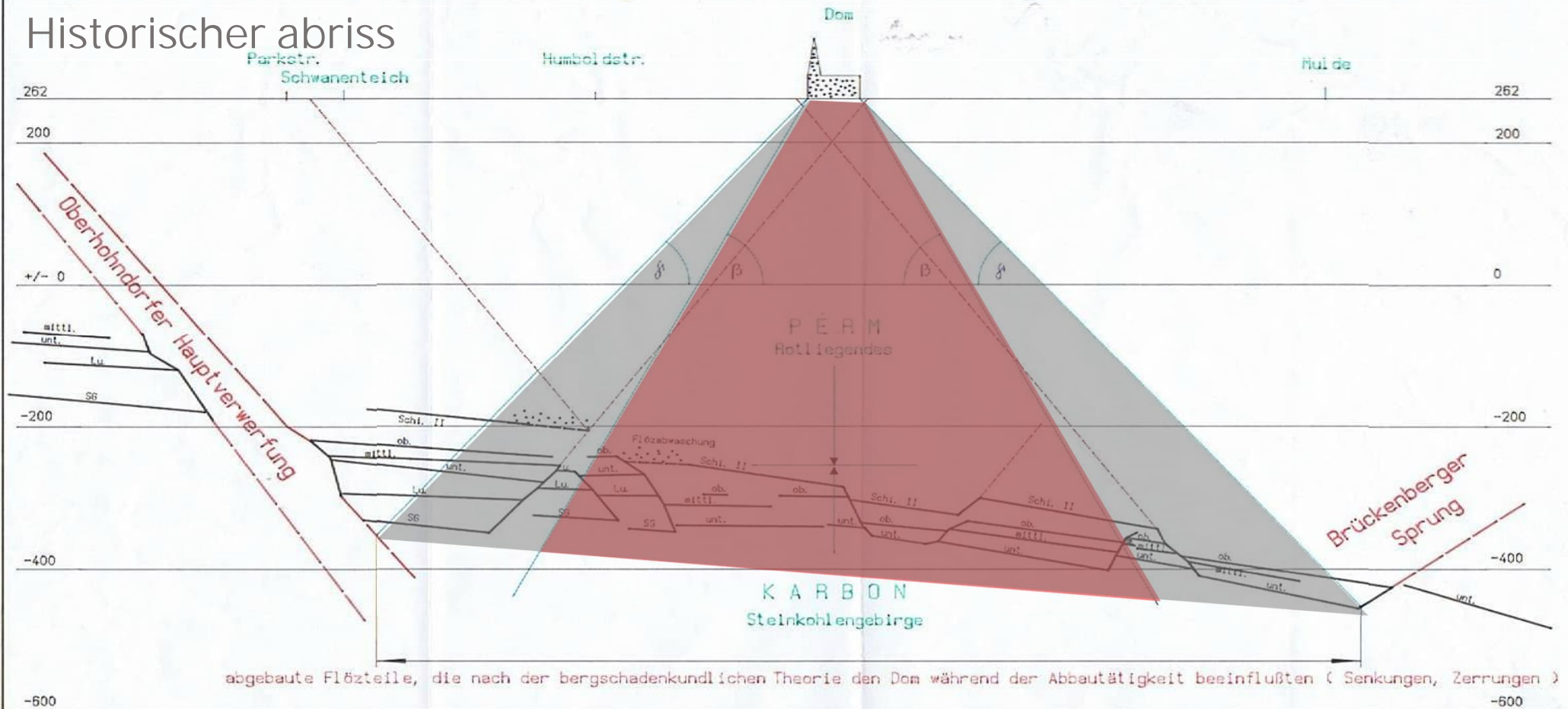
Baugeschichte der St. Marienkirche
seit 1935 Dom "St. Marien" Zwickau

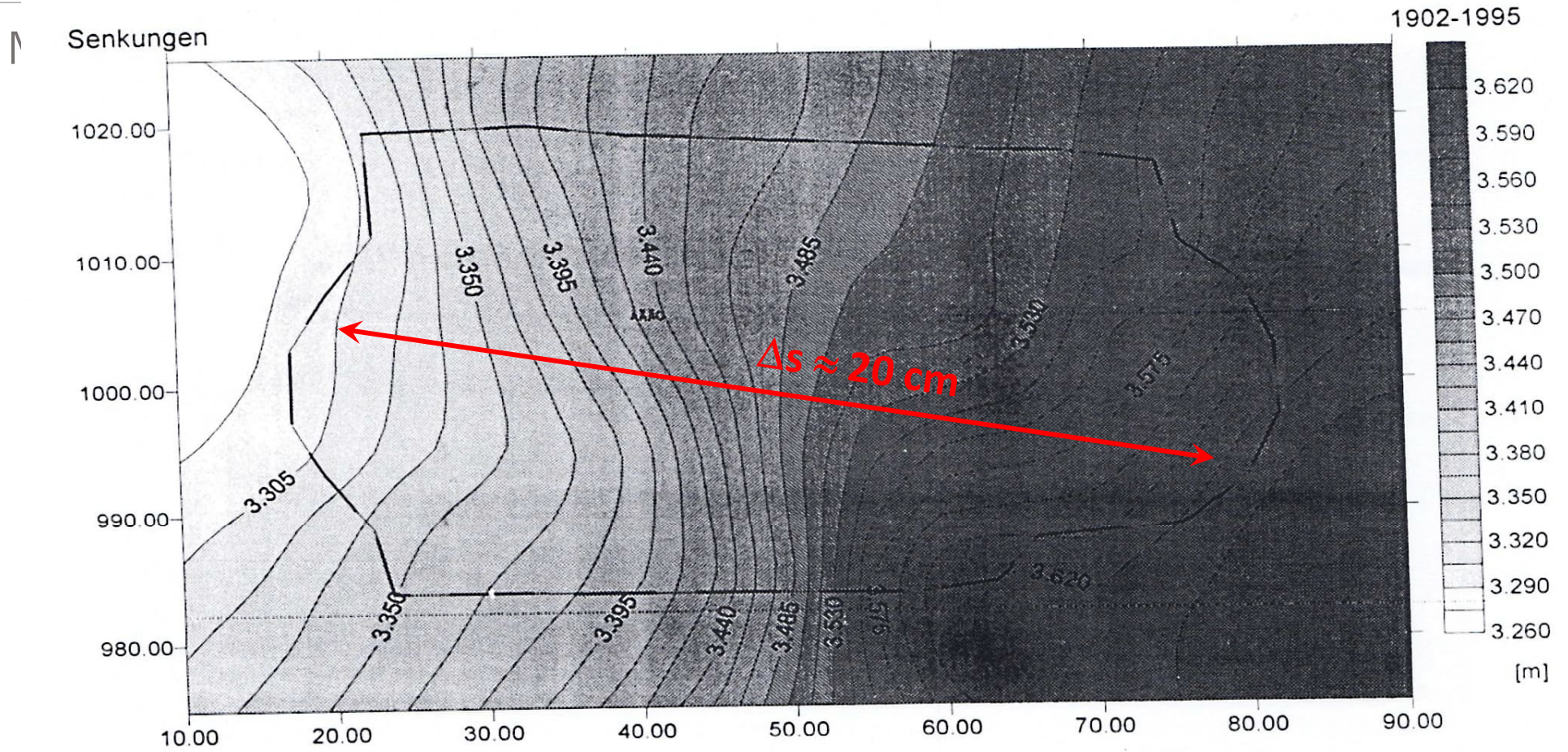
Das war der Anfang und das ist daraus entstanden

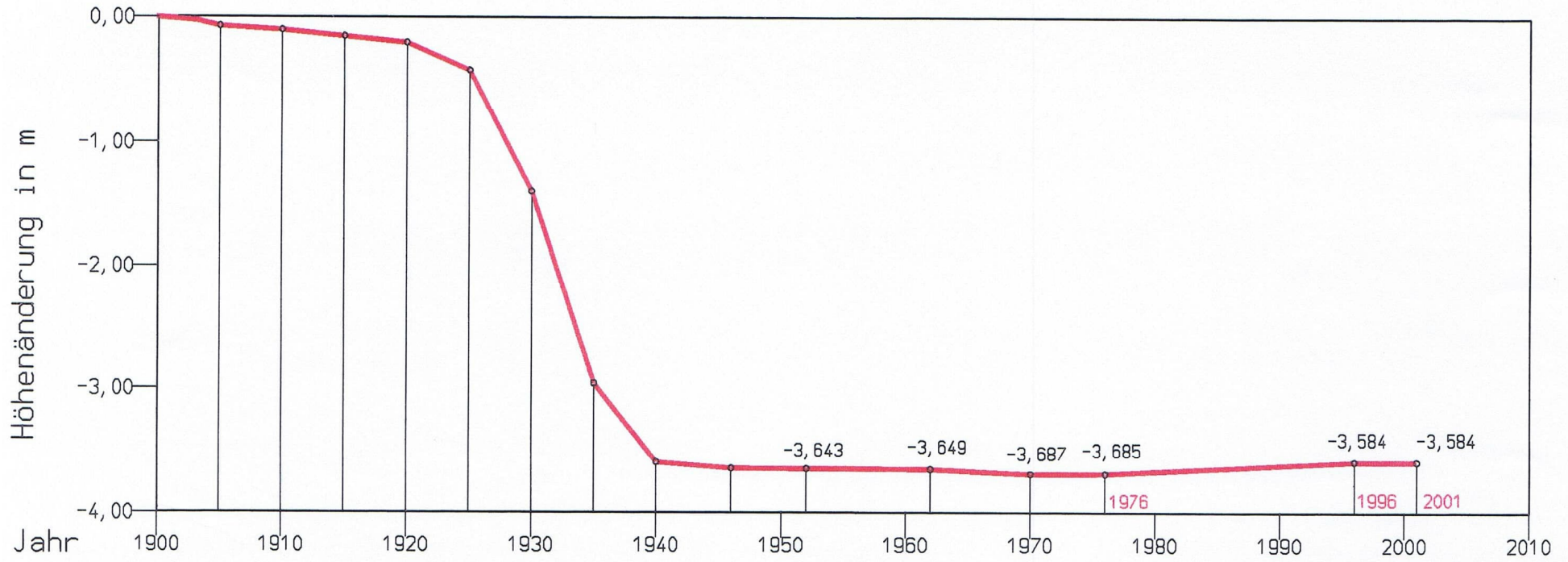




Historischer abriss





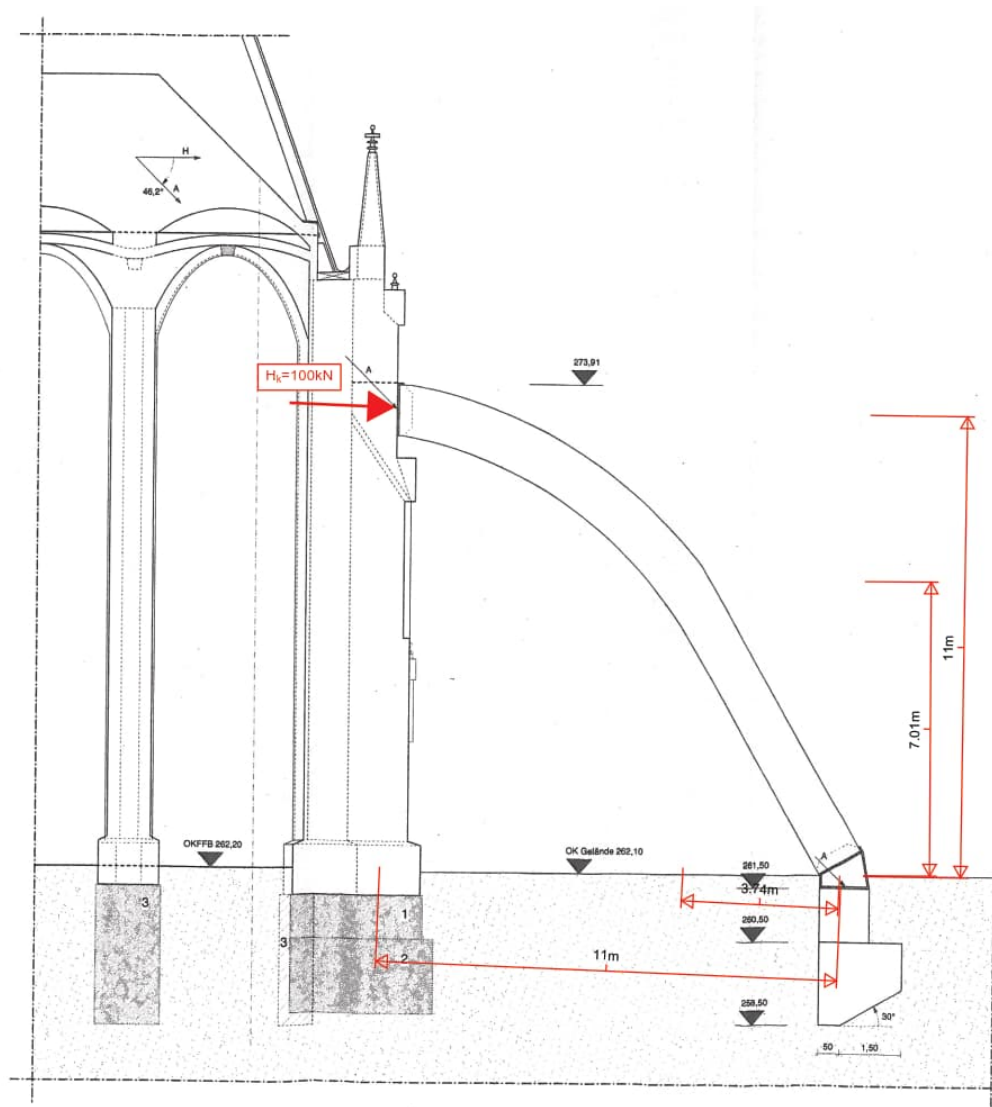


Einwirkungen des Steinkohlenbergbaues

Wasser tritt in Bockwa bei +256 m an die Tagesoberfläche

Ausklingphase der Absenkungen	vermutliche Bodenbewegungsruhe	verm. Beginn der Hebungen
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------

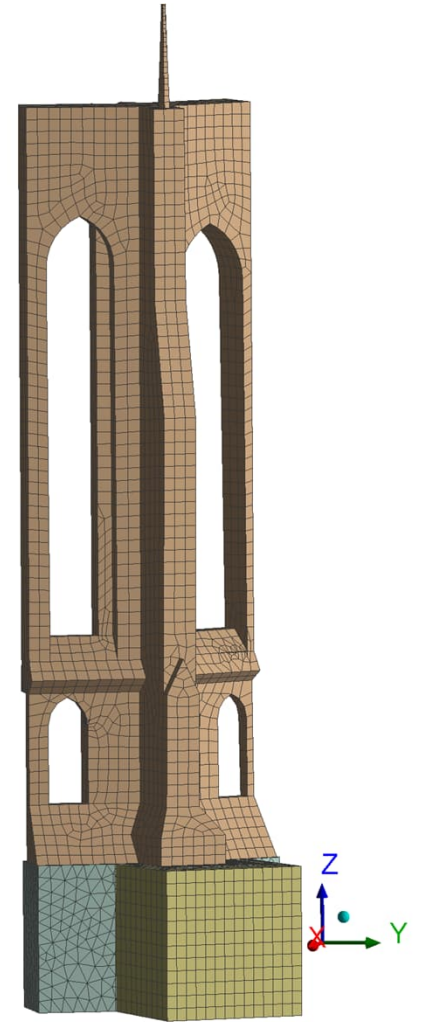
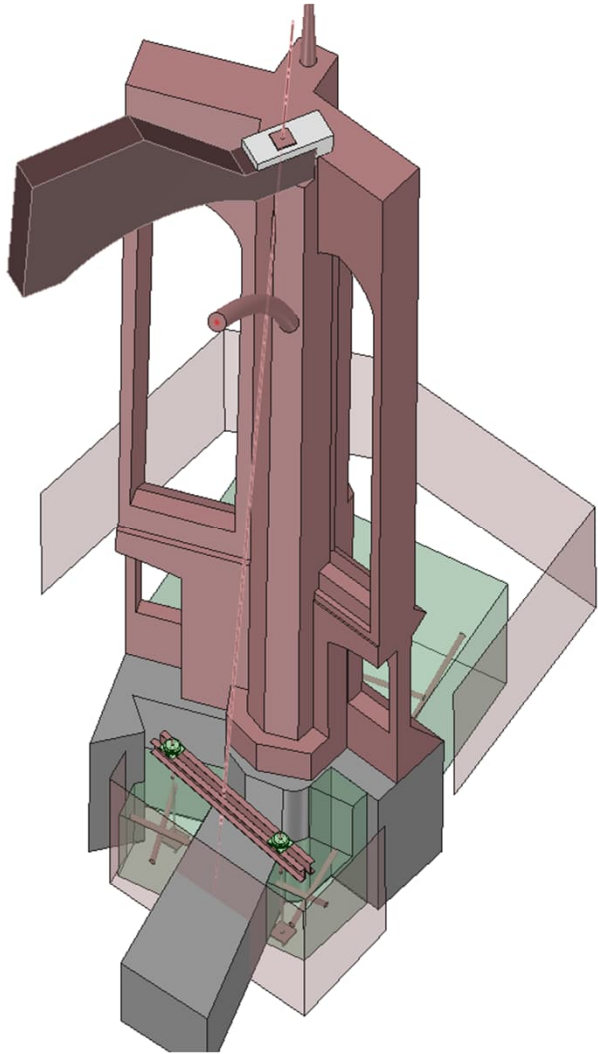
Maßnahmen



Tellschnitt A - A, M: 1 / 50
(Im unverformten Zustand dargestellt)

Geplante Maßnahmen





A: Statisch-mechanische Analyse

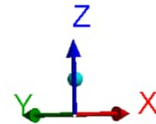
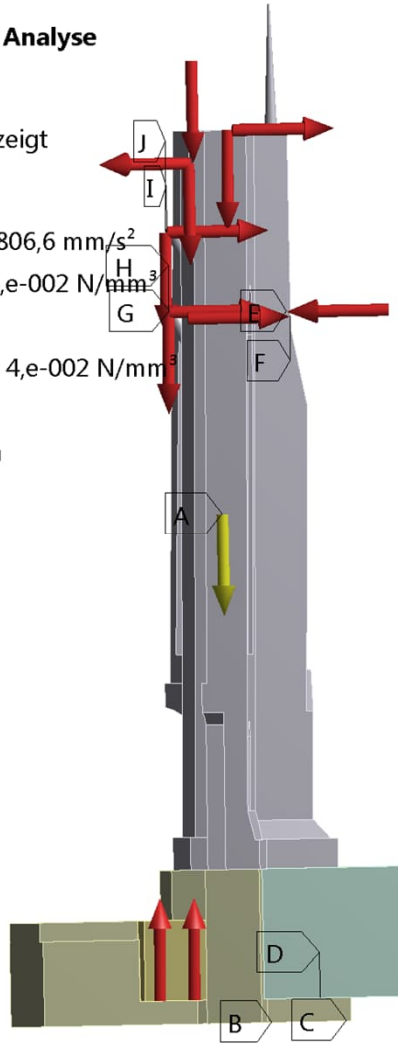
Statisch-mechanisch

Zeit: 4, s

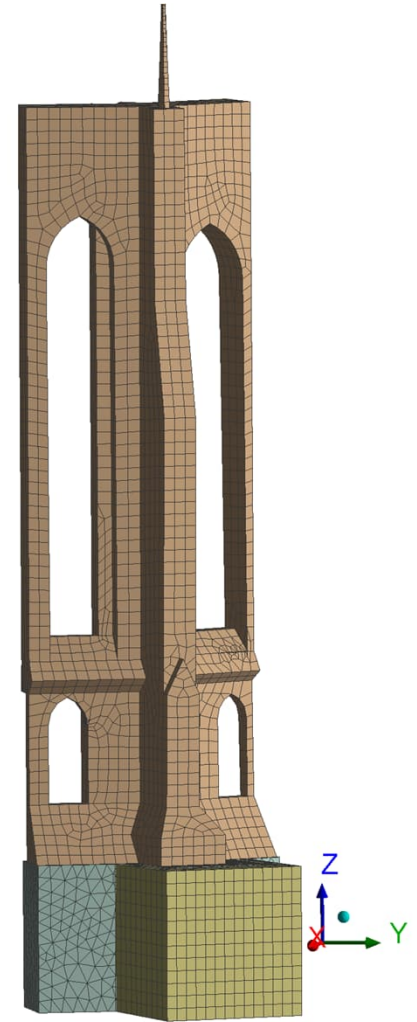
Elemente: 10 von 17 angezeigt

19.05.17 09:12

- A** Erdanziehungskraft: 9806,6 mm/s²
- B** Elastische Lagerung: 4,e-002 N/mm³
- C** Linienlagerung
- D** Elastische Lagerung 2: 4,e-002 N/mm³
- E** Stützung: 0, MPa
- F** Wind: -3,86e-003 MPa
- G** SRippeH: 5000, N
- H** SRippeV: 15000 N
- I** RippeH: 50000 N
- J** RippeV: 70000 N



onen





A: Statisch-mechanische Analyse

Abbildung

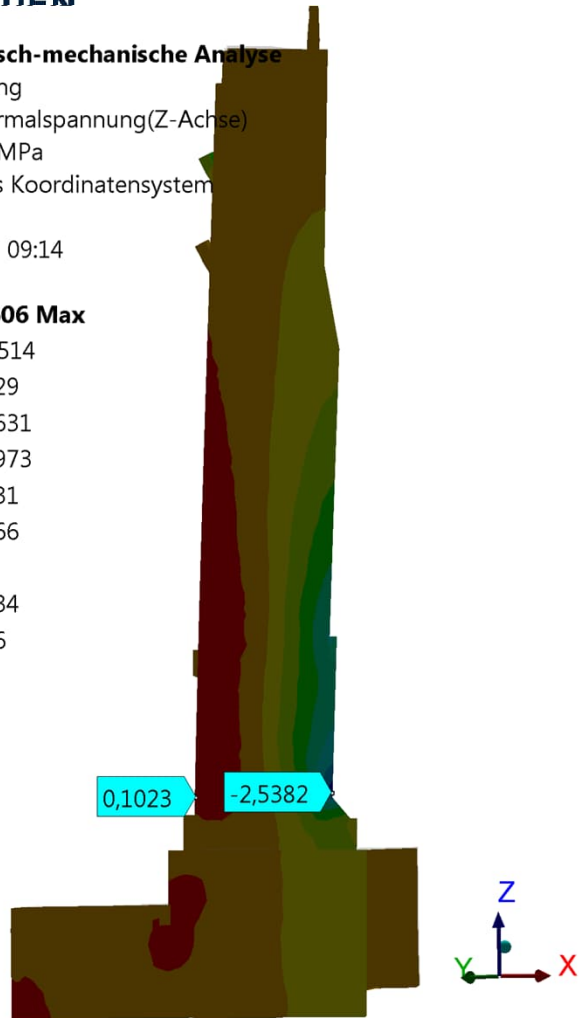
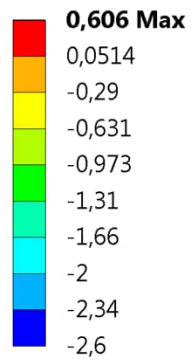
Typ: Normalspannung(Z-Achse)

Einheit: MPa

Globales Koordinatensystem

Zeit: 1

19.05.17 09:14



d Simulationer

A: Statisch-mechanische Analyse

Abbildung

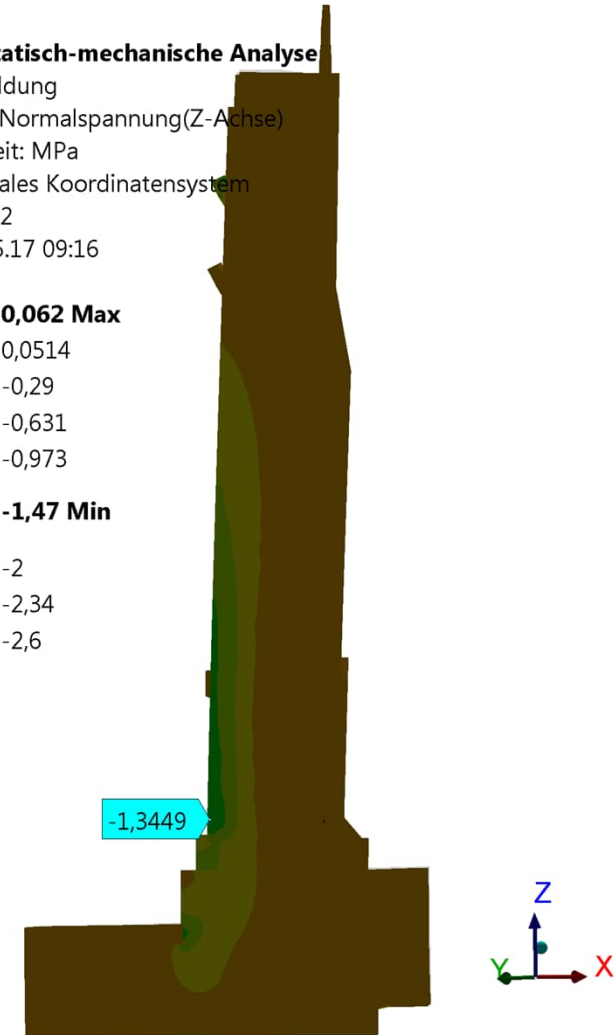
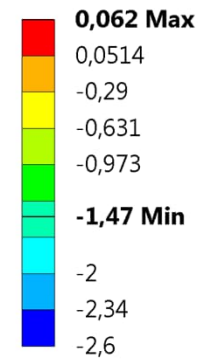
Typ: Normalspannung(Z-Achse)

Einheit: MPa

Globales Koordinatensystem

Zeit: 2

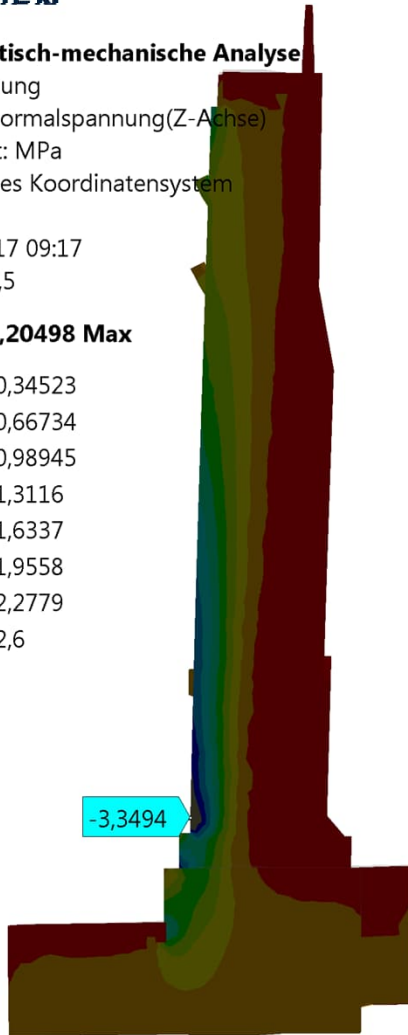
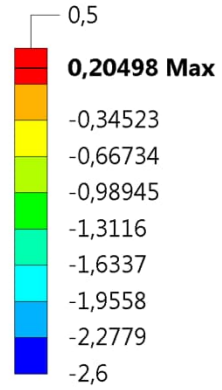
19.05.17 09:16



F:
St

A: Statisch-mechanische Analyse

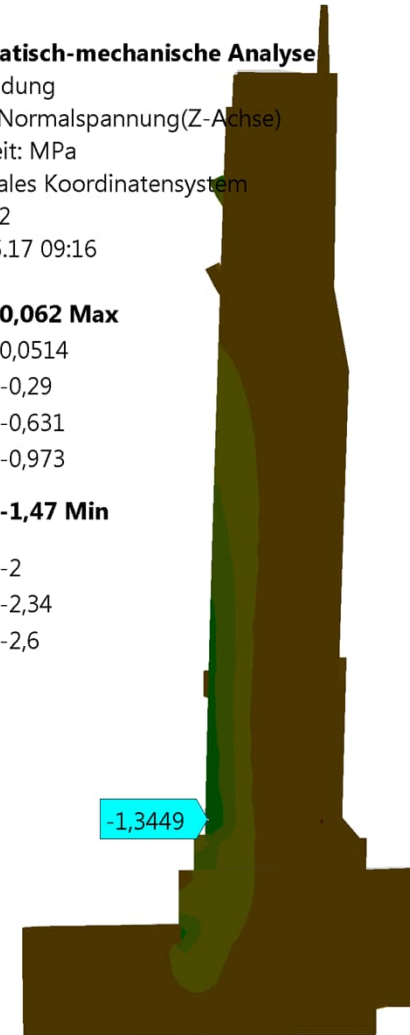
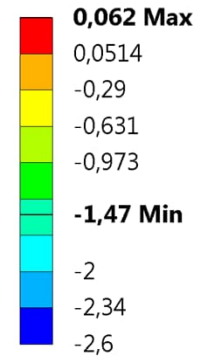
Abbildung
Typ: Normalspannung(Z-Achse)
Einheit: MPa
Globales Koordinatensystem
Zeit: 3
19.05.17 09:17



Simulationer

A: Statisch-mechanische Analyse

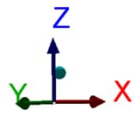
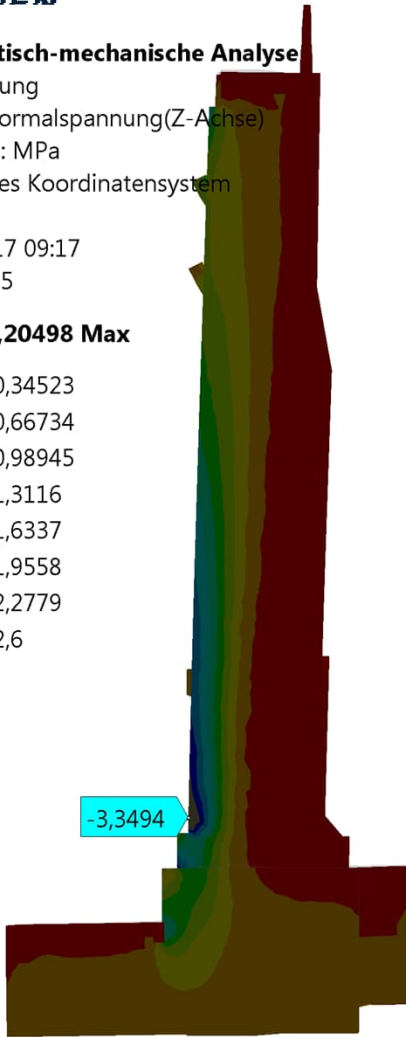
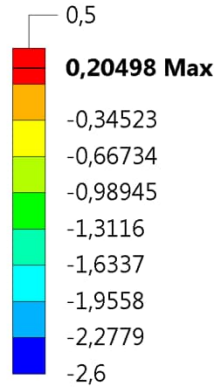
Abbildung
Typ: Normalspannung(Z-Achse)
Einheit: MPa
Globales Koordinatensystem
Zeit: 2
19.05.17 09:16



F:
St

A: Statisch-mechanische Analyse

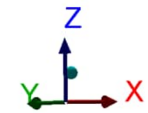
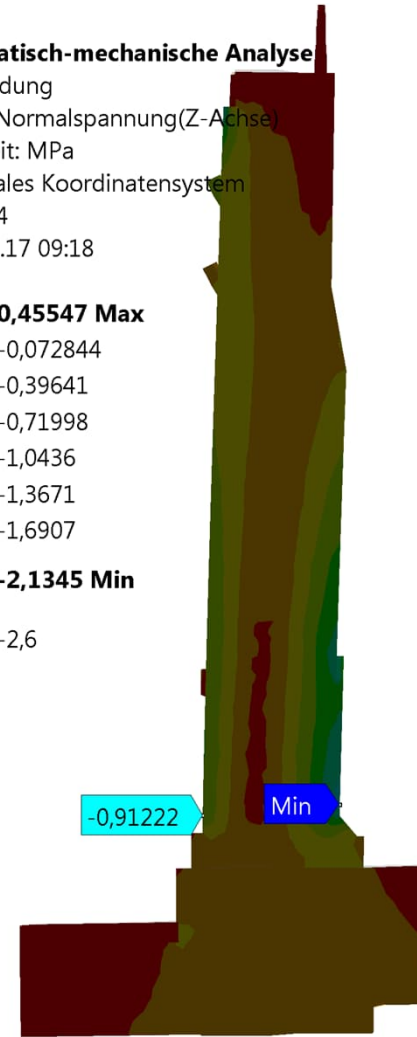
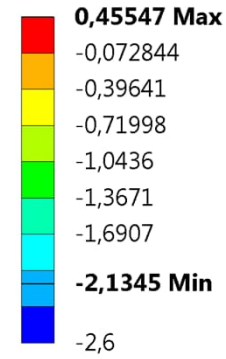
Abbildung
 Typ: Normalspannung(Z-Achse)
 Einheit: MPa
 Globales Koordinatensystem
 Zeit: 3
 19.05.17 09:17



Simulationen

A: Statisch-mechanische Analyse

Abbildung
 Typ: Normalspannung(Z-Achse)
 Einheit: MPa
 Globales Koordinatensystem
 Zeit: 4
 19.05.17 09:18





A: Statisch-mechanische Analyse

Abbildung

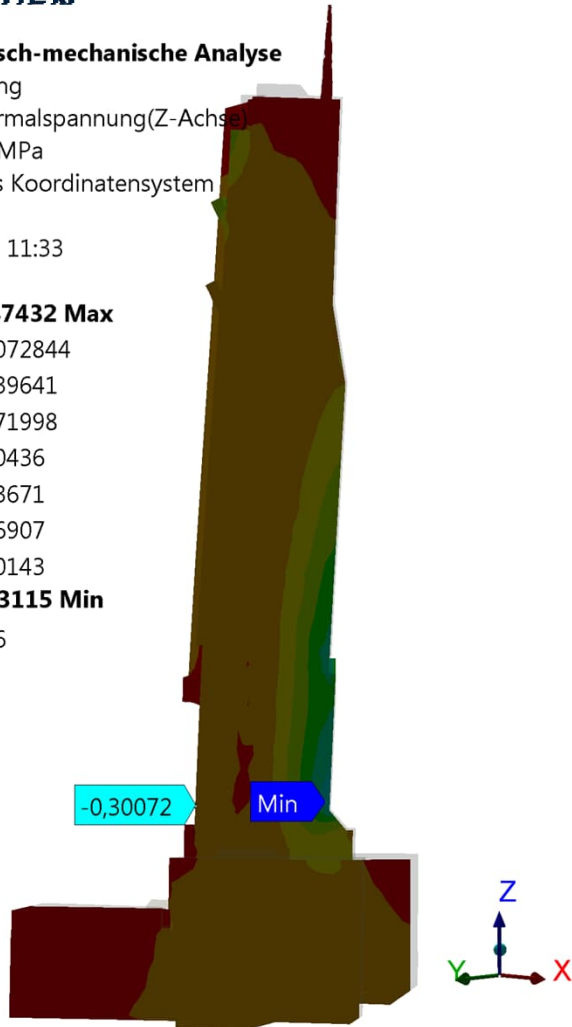
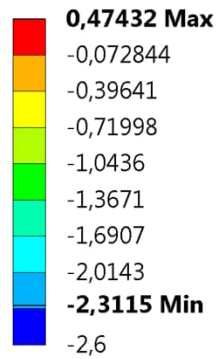
Typ: Normalspannung(Z-Achse)

Einheit: MPa

Globales Koordinatensystem

Zeit: 4

19.05.17 11:33



d Simulationen

A: Statisch-mechanische Analyse

Abbildung

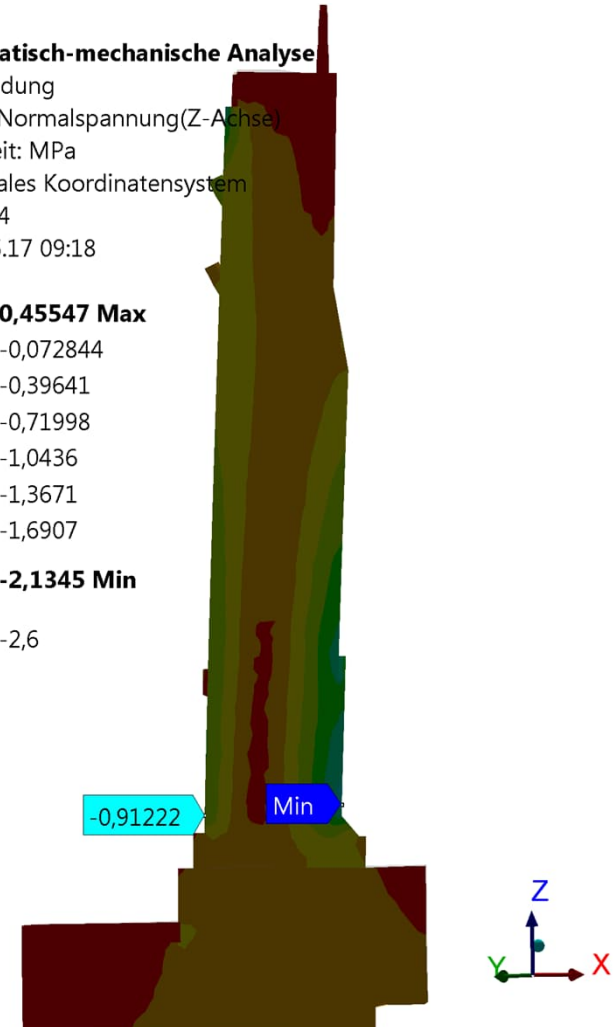
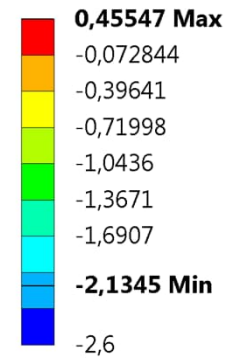
Typ: Normalspannung(Z-Achse)

Einheit: MPa

Globales Koordinatensystem

Zeit: 4

19.05.17 09:18



$$e = \frac{M}{N}$$

Zusammenfassung der MW-Vorlesung

1. Ohne Normalkraft geht fast nichts.
2. Vielfalt der Material- und Geometriekombinationen (1. Vorl.)
3. Relativ einfache Bemessung für die Standardfälle (2 - 4. Vorl.)
4. Sehr häufiger Bestandteil historischer Bauwerke (1., 6., 7. Vorl.)
5. Tragfähigkeit ist nicht alles (6. Vorl.)
6. Gestaltungsmöglichkeiten

BIW 3-02 Mauerwerksbau

Übungsaufgaben Mauerwerksbau

Peter Schöps

Dresden, 19.01.2024

Übungsaufgaben Mauerwerksbau

Peter Schöps

Institut für Massivbau

<http://www.tu-dresden.de/biwitb/mbau>

Technische Universität Dresden

<http://www.tu-dresden.de>

20. Januar 2023

1 Allgemeine Hinweise

Neben den Vorlesungsunterlagen können die Angaben zur Lösung der Aufgaben auch aus *Schneider Bautabellen* entnommen werden. Die Lastannahmen sind bspw. in Kapitel 3 und die Gleichungen und Werte für das Mauerwerk sind in Kapitel 7 enthalten. Die für die Bemessung des Bestandsmauerwerks in der ersten Aufgabe notwendigen Angaben sind in Kapitel 6 C Abschnitt 3 zu finden. Als Auszug aus dem EC 6 sind diese Angaben auch hier als Anlage beigefügt. Die Last- und Schnittgrößenermittlung kann vereinfacht erfolgen. Die Auflagerkräfte können z. B. über Lastezugsflächen abgeschätzt werden.

2 Aufgabe Bestand

Nachzuweisen ist die Kellerinnenwand eines Bestandsgebäudes, das um ein Geschöß aufgestockt werden soll. Die geometrischen Werte sind den Abbildungen 1 und 2 zu entnehmen. Das Mauerwerk ist in Bild 3 dargestellt.

2.1 Annahmen:

Nutzung:	Wohnräume
Fußbodenaufbau:	$g_k = 1,50 \text{ kN/m}^2$
Dach:	Erzeugt keine Last auf die Mittelwand
Decke 2.OG:	Stahlbetondecke $h = 22 \text{ cm}$
Decken EG und 1. OG:	Holzbalkendecken mit Auflager auf der Innenlängswand
Kellerdecke:	Gewölbe $h = 11,5 \text{ cm}$ und ca. 20 cm Füllung
Mauerwerk:	gemäß Abbildung 3

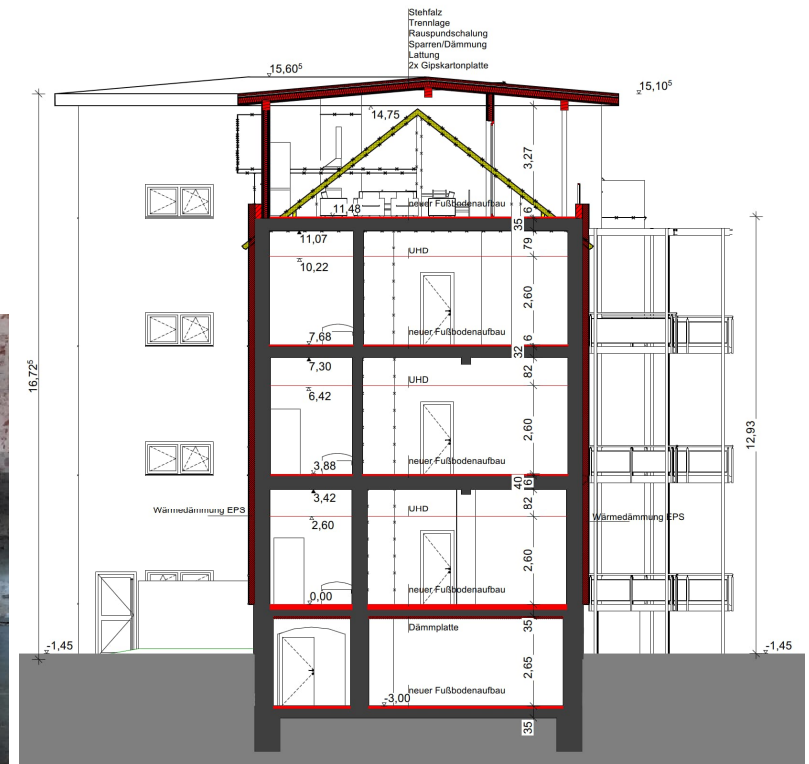
2.2 Teilaufgaben

1. Bestimmen Sie die Mauerwerksdruckfestigkeit nach DIN EN 1996-1-1/NA Anhang NA.L
2. Ermitteln Sie die maßgebende Normalkraft.
3. Führen Sie den Nachweis unter der vereinfachten Annahme einer zentrischen Lasteinleitung.

Einführung

1. Übungsaufgaben Mauerwerksbau (19.01.2024)
 1. Bestand
 2. Kellerwand
 3. Aussteifung
 4. Außenwand

Aufgabe Bestand



Aufgabe Kellerwand

