

IBB GmbH ■ Braunschweiger Str. 65 ■ 38179 Groß Schwülper

Stadtverwaltung Weikersheim
Marktplatz 7

97990 Weikersheim

Schreiben Nr.: G064/2025

Unser Zeichen:
Bearbeiter:
Kontakt:

– Nause
Dr.-Ing. Peter Nause
Tel.: +49 (0)5303 / 97092 - 86
Mobil: +49 (0)179 / 5043406
E-Mail: p.nause@ibb-bsc.de

Ihr Zeichen:
Ihre Nachricht vom:
Eingang am:

Hr. Blank
11.12.2024
08.01.2025

Groß Schwülper 26.02.2025

Bauvorhaben: „Umbau „Alte Schule“ Laudenbach, Marienstr. 2, 97990 Weikersheim-Laudenbach“

Gutachterliche Stellungnahme mit Heißbemessung zum Brandverhalten der vorhandenen Stahlbeton-Rippendecken einschließlich Empfehlungen bezüglich ggf. erforderlicher brandschutztechnischer Ertüchtigungsmaßnahmen im Hinblick auf eine Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse F 30 nach DIN 4102-2:1977-09

1 Anlage

Sehr geehrte Damen und Herren,

mit Auftrag vom 11.12.2024 wurde die IBB GmbH, Groß Schwülper, mit der Erstellung einer gutachterlichen Stellungnahme mit Heißbemessung zum Brandverhalten der vorhandenen Stahlbeton-Rippendecken einschließlich Empfehlungen bezüglich ggf. erforderlicher brandschutztechnischer Ertüchtigungsmaßnahmen im Hinblick auf eine Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse F 30 nach DIN 4102-2:1977-09 für das Bauvorhaben „Umbau „Alte Schule“ Laudenbach, Marienstr. 2, 97990 Weikersheim-Laudenbach“ beauftragt.

Die gutachterliche Stellungnahme wird erforderlich, da für die Stahlbeton-Rippendecke kein unmittelbarer allgemeiner bauaufsichtlicher Anwendbarkeitsnachweis im Hinblick auf eine Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse F 30 nach DIN 4102-2: 1977-09 vorliegt.

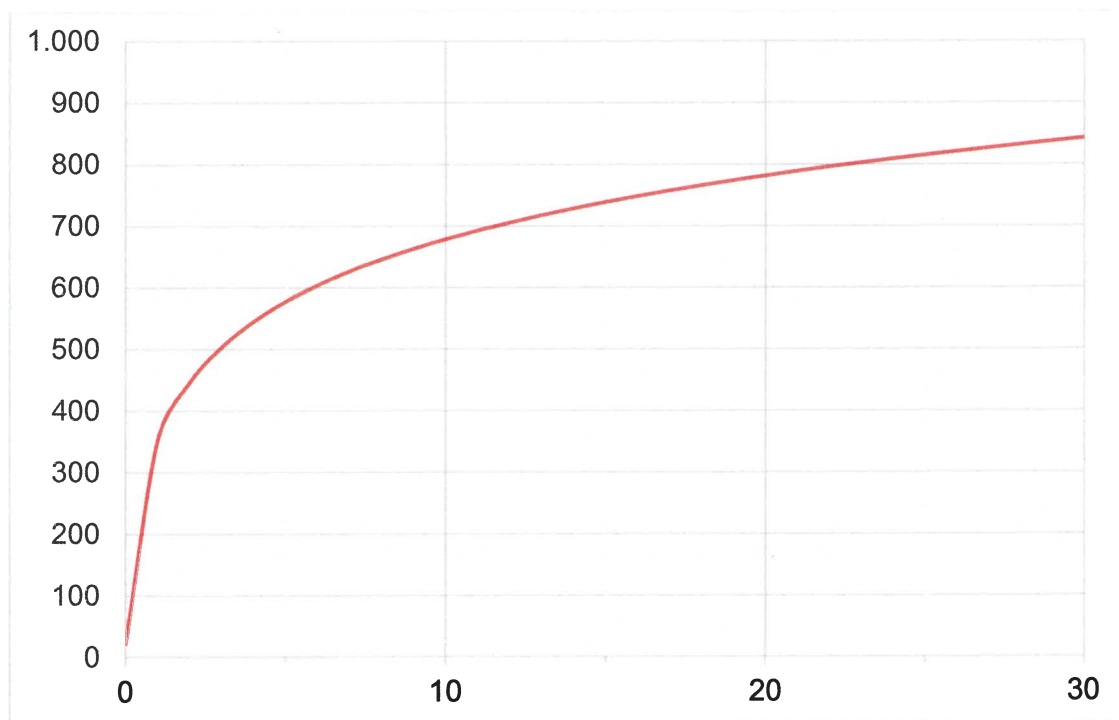


Diese gutachterliche Stellungnahme darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Kürzungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der IBB GmbH, Groß Schwülper. Von der IBB GmbH, Groß Schwülper, nicht veranlasste Übersetzungen dieser gutachterlichen Stellungnahme müssen den Hinweis „Von der IBB GmbH, Groß Schwülper, nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung“ enthalten. Gutachterliche Stellungnahmen ohne Unterschrift haben keine Gültigkeit.

1 Brandschutztechnische Anforderungen

Die im vorliegenden Bauvorhaben vorhandenen Stahlbeton-Rippendecken sollen so ausgeführt sein, dass sie in die Feuerwiderstandsklasse F 30 nach DIN 4102-2:1977-09 eingestuft werden können. Grundlage hierfür sind die in DIN 4102-2:1977-09 definierten Leistungskriterien hinsichtlich der Tragfähigkeit, des Raumabschlusses sowie der Isolationswirkung unter einer angenommenen einseitigen Brandbeanspruchung nach Einheits-Temperaturzeitkurve (siehe nachfolgend Abbildung 1)

Abbildung 1: Einheits-Temperaturzeitkurve gemäß DIN 4102-2:1977-09



Diese gutachterliche Stellungnahme gilt nur in brandschutztechnischer Hinsicht. Aus den für die vorhandenen Geschossdecken gültigen technischen Baubestimmungen und der Landesbauordnung von Bayern bzw. den Vorschriften für Sonderbauten können sich weitergehende Anforderungen ergeben - z. B. Bauphysik, Statik, Elektrotechnik, Lüftungstechnik o. ä.

Das brandschutztechnische Gesamtkonzept des Gebäudes ist nicht Gegenstand dieser gutachterlichen Stellungnahme.



2 Grundlagen und Unterlagen der gutachterlichen Stellungnahme

Die gutachterliche Stellungnahme für die vorhandenen Deckenkonstruktionen basiert auf nachfolgenden Grundlagen und Unterlagen:

- [1] vom Ingenieurbüro Baustatik Götz, Bad Mergentheim übermittelten auszugsweisen konstruktiven Angaben zu den vorhandenen Deckenkonstruktionen,
- [2] Beton Brandschutz Handbuch, Kordina, Meyer-Ottens, Beton-Verlag,
- [3] Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 – Band II (6. Auflage), Ahnert, Krause, Verlag Bauwesen,
- [4] Curbach, M., Opitz, H., Scheerer, S., Hampel, T. (Hrsg.); 8. Symposium experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen – Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden, Heft 40; Dresden 2015,
- [5] Brandschutz im Detail – Decken (2. Auflage), Appel, FeuerTrutz Network GmbH, Köln,
- [6] DIN 4102-2:1977-09, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen,
- [7] DIN 4102-4:1994-03 sowie :2016-05, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile,
- [8] DIN EN 1991-1-2:2010-12, Einwirkungen auf Tragwerke- Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkung auf Tragwerke,
- [9] Simulationsrechnungen der IBB GmbH mit der Software SOFiSTiK (siehe auch Anlage 1 zu dieser gutachterlichen Stellungnahme).

Neben diesen Unterlagen fließen umfangreiche brandschutztechnische Erfahrungen der Ingenieure der IBB GmbH, Groß Schwülper, an historischen Deckenkonstruktionen in die brandschutztechnische Beurteilung mit ein. Die über 35-jährige brandschutztechnische Berufserfahrung wurde durch die Ingenieure der IBB GmbH, Groß Schwülper, u. a. im Rahmen leitender Tätigkeiten bei anerkannten Prüfanstalten gewonnen.

3 Beschreibung der Konstruktionen

Die Beschreibung der Stb.-Rippendecken basiert auf den Angaben des Auftraggebers. Nachfolgend werden die in brandschutztechnischer Hinsicht wichtigsten Details beschrieben.

Bei den vorliegenden Geschossdecken handelt es sich gemäß den vorliegenden Angaben um Stahlbeton-Rippendecken. Die Abmessungen der Deckenrippen betragen $b \times h = 80 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ und weisen Achsabstände von $a = 380 \text{ mm}$ bzw. 500 mm auf. Die Rippen verbreitern sich nach oben hin in Richtung Deckenspiegel voutenförmig auf ca. 100 mm bzw. 120 mm und die Dicke des Deckenspiegels beträgt 50 mm . Oberseits ist ein mindestens 30 mm dicker mineralischer Estrich vorhanden bzw. wird neu aufgebracht.



Anhand der vorliegenden statischen Unterlagen gemäß [1] sind die Stb.-Rippen mit einer unterseitigen Betonstahlbewehrung von 2 Ø 14 bewehrt. Unter Ansatz einer vorhandenen Betondeckung von 10 mm auf die Bügel mit einem Durchmesser von 5 mm ergeben sich somit Achsabstände von $u = u_s = 22 \text{ mm}$

Bezüglich der vorhandenen statischen Spannungsauslastungen der unteren Biegezugbewehrung der Stb.-Rippen liegen der IBB GmbH, Groß Schwülper, keine eindeutigen Angaben vor, sodass im Rahmen dieser gutachterlichen Stellungnahme auf der sicheren Seite liegend von einer 1,0-fachen Spannungsausnutzung bezogen auf den Gebrauchszustand ausgegangen wird. Gleichmaßen ist aus den vorliegenden Unterlagen gemäß [1] nicht eindeutig das statische System und die obere Bewehrungsführung zu ersehen, so dass auf der sicheren Seite liegend von einem 1-achsig gespannten und statisch bestimmt gelagerten System ausgegangen wird.

Laut Ihren Aussagen werden aus schallschutztechnischen Gründen in den Nutzungseinheiten Unterdeckenkonstruktionen mit Gipsplattenbekleidungen angeordnet, die jedoch keinerlei brandschutztechnische Nachweise aufweisen. Im Bereich der Treppenträume entfallen diese Unterdecken.

4 Brandschutztechnische Bewertung

4.1 Allgemein

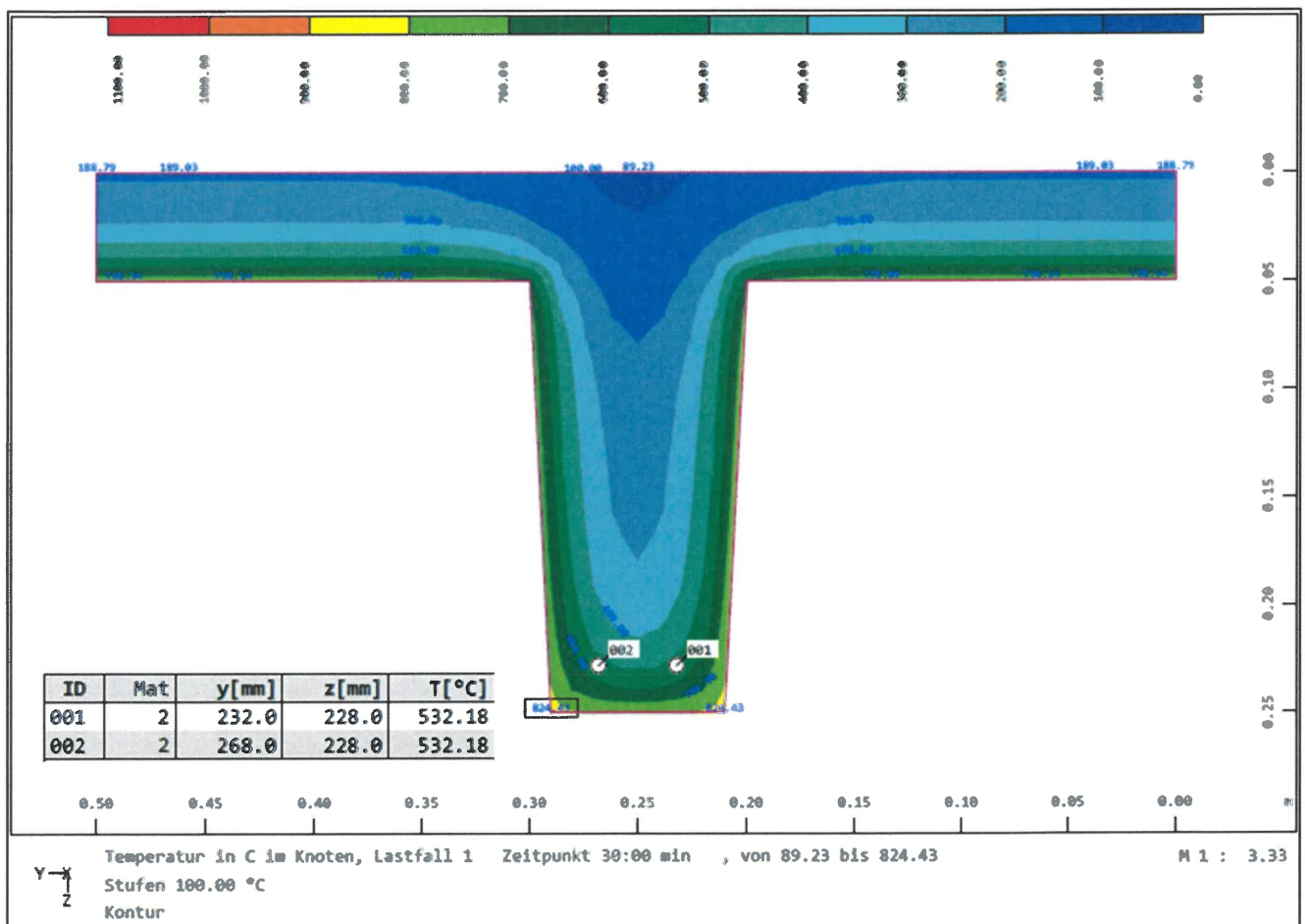
Zur Bewertung der vorhandenen Feuerwiderstandsklasse der in Abschnitt 3 beschriebenen Konstruktionen wurden seitens der IBB GmbH, Groß Schwülper, Wärmedurchgangsberechnungen mit dem thermischen Analyseprogramm SOFiSTiK durchgeführt. Hierzu wurde exemplarisch ein Ausschnitt aus dem betrachteten Bauteil erstellt und in ein Finite-Elemente-Netz (FE-Netz) zerlegt. Mittels hinterlegter temperaturabhängiger Materialkennwerte (Wärmespeicherkoeffizient sowie Wärmeleitfähigkeit) wurde der Temperaturdurchgang durch den Bauteilquerschnitt bei angenommener Brandbeanspruchung nach Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) gemäß DIN 4102-2:1977-09 an den definierten Kanten, errechnet und ausgewertet.

Die Brandbeanspruchung der zu bewertenden Deckenkonstruktionen erfolgt gemäß der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) nach DIN 4102-02:1977-09 von der Decken-Unterseite bzw. von der Decken-Oberseite, wobei für die thermischen Simulationen lediglich die kritischere unterseitige Deckenbeanspruchung berücksichtigt wurde, da die oberseitige Brandbeanspruchung mit dem günstigen Effekt des thermischen Auftriebs und einer zusätzlich isolierend wirkenden Schuttbildung im Vergleich zur unterseitigen Beflammung unkritischer zu bewerten ist, insbesondere dadurch, dass die Tragelemente und deren Brandverhalten in der unteren Zugzone maßgebend sind.



Unter den vg. Randbedingungen wurde eine Simulationsrechnung gemäß den Beschreibungen in Abschnitt 3 dieser gutachterlichen Stellungnahme durchgeführt. Der sich hieraus nach einer 30-minütigen Brandbeanspruchung gemäß ETK von der Bauteilunterseite ergebende Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils ist nachfolgend in Abbildung 2 über ein Isothermenbild dargestellt.

Abbildung 2: Ergebnisdarstellung (Isothermenbild) der durchgeführten Simulationsrechnung für die Stb.-Rippendecke nach einer 30-minütigen Beflammung nach ETK von der Bauteilunterseite



Wie aus dem Bild 2 sowie der Anlage 1 zu dieser gutachterlichen Stellungnahme zu entnehmen ist, beträgt die Temperatur in den Betonstählen nach einer 30-minütigen Brandbeanspruchung gemäß DIN 4102-2 $T = 532 \text{ °C}$.

Unter Ansatz einer damals verwendeten Betonstahlgüte Bst 420/500 bzw. Bst 500/550 und einer Spannungsauslastung der Betonstähle von 100 % bezogen auf den Gebrauchszustand zeigt sich, dass die zugehörige kritische Stahltemperatur von $T_{\text{krit}} = 500 \text{ °C}$ geringfügig überschritten wird.

Aus Sicht der IBB GmbH, Groß Schwülper, kann die geringfügige Überschreitung der angenommenen kritischen Stahltemperatur akzeptiert werden, da aufgrund von einerseits ausreichenden Erkenntnissen



gewisse Überfestigkeiten der Betonstahlbewehrung vorhanden sind, die zu einer höheren kritischen Stahltemperatur führen und somit die geringe Überschreitung der angenommen kritischen Stahltemperatur hinnehmbar ist, ohne dass ein erwärmungsbedingtes Tragwerksversagen vor der 30. Minute befürchtet werden muss. Andererseits können im Einbauzustand konstruktive Randeinspannungen angenommen werden, die dazu führen, dass im Brandfall die Feldmomente durch Umlagerungen sich verkleinern, so dass hierdurch die Spannungsauslastung der unteren Biegezugbewehrung sich reduziert und hierdurch gleichermaßen die kritische Temperatur ansteigt.

Somit können die Stb.-Rippen ohne weitere brandschutztechnische Ertüchtigungen im Hinblick auf die Gewährleistung der ausreichenden Standsicherheit über 30 Minuten in die Feuerwiderstandsklasse F 30 gemäß DIN 4102-2 eingestuft werden.

Bezüglich der vorhandenen Spiegelplattendicke von 50 mm liegt eine Abweichung gegenüber DIN 4102-4: 1994-03 vor. Diesbezüglich wird gemäß Tabelle 9 in Abhängigkeit der statischen Lagerung - statisch bestimmt oder statisch unbestimmt eine Mindestdicke von $d = 60$ mm bzw. 80 mm gefordert. Bei statisch unbestimmt gelagerten Decken treten aufgrund der Durchlaufwirkung und der brandbedingten Lastumlagerungen im Auflagerbereich unterseitig Druckspannungen auf, die bei dünnen Platten zu vorzeitigen Abplatzungen im Brandfall führen können.

Durch die oberseitige Anordnung eines mindestens 30 mm dicken mineralischen Estrichs kann mit ausreichender Sicherheit das Leistungskriterium der Isolation (zulässige Temperaturerhöhung auf der brandabgewandten Seite des Bauteils um maximal 140 K im Mittel bzw. 180 K als Einzelwert) für die Stb.-Spiegelplatte ausreichend über 30 Minuten sichergestellt werden. Die Estrichschicht darf dabei unabhängig von vorhandenen Isolierschichten im Fußbodenaufbau in Ansatz gebracht werden, sofern die Estrichschicht lückenlos und vollflächig ausgeführt wird.

Bezüglich der Einhaltung des Leistungskriteriums der Tragfähigkeit unter Ausschluss von explosionsartigen Betonabplatzungen für die Stb.-Spiegelplatte bestehen für die Nutzungseinheiten unter Einbezug der zusätzlich abgehängten Decken mit Gipskartonplatten keine Bedenken, obwohl die Unterdecken keinerlei Feuerwiderstand aufweisen. Die Unterdecken werden in der Anfangsphase des Brandes eine gewisse Abschirmwirkung für die Stb.-Rippendecke darstellen, auch unter der Kenntnis, dass die Zermürbungszeit einer 12,5 mm dicken GKB-Platte unter Brandbeanspruchung bei ca. 20 Minuten liegt.

Bezüglich der Treppenträume ohne zusätzliche Unterdecken bestehen ebenfalls keine Bedenken, da der Treppenraum als eigener Brandabschnitt baurechtlich ohne Brandlasten definiert ist und somit eine



Brandbeanspruchung im Sinne der Einheitstemperatur-Zeit-Kurve von DIN 4102-2 in keinsten Weise sich entwickeln kann.

Unter den genannten Randbedingungen können die Stb.-Rippendecken gesamtheitlich somit mit ausreichender Sicherheit in die Feuerwiderstandsklasse F 30 nach DIN 4102-2:1977-09 eingestuft werden, ohne dass zusätzliche brandschutztechnische Maßnahmen erforderlich werden. Die geforderten Leistungskriterien hinsichtlich der Tragfähigkeit, der Isolationswirkung sowie des Raumabschlusses werden somit ausreichend über 30 Minuten sichergestellt.

5 Besondere Hinweise

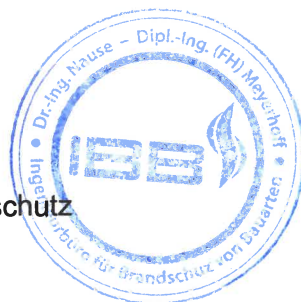
Änderungen und Ergänzungen von Konstruktionsdetails (abgeleitet aus dieser gutachterlichen Stellungnahme) sind nur nach Rücksprache mit der IBB GmbH, Groß Schwülper, möglich.

Die vg. brandschutztechnische Beurteilung gilt nur, wenn die tragenden (lastableitenden und aussteifenden) Bauteile mindestens die gleiche Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten wie die beurteilten Stb.-Rippendecken aufweisen.

Diese gutachterliche Stellungnahme gilt nur für das Bauvorhaben **„Umbau „Alte Schule“ Laudenbach, Marienstr. 2, 97990 Weikersheim-Laudenbach“** und darf ohne eine erneute Überprüfung nicht auf andere Bauvorhaben übertragen werden.

Mit freundlichen Grüßen

Dr.-Ing. Peter Nause
Sachverständiger für Brandschutz



Stb.-Rippendecke
Thermische Analyse nach dem allgemeinen Rechenverfahren

Randbedingungen

Branddauer30 [min]
BrandkurveETK - Einheitstemperaturkurve
RandlelementeFIRE: Brand
SYM: Symmetrie
LUFT: Luft

Wärmeübergangskoeffizient - Brand25 [W/K/m2]
Wärmeübergangskoeffizient - Luft9 [W/K/m2]
Emissionsbeiwert0.7

IBB

Anlage 1 zur brand-
schutztechnischen
Stellungnahme Nr.
6064/2025
v. 26.02.2025
(7 Seiten)

Material Nr.1 C 25/30 (EN 1992)

Rohdichte2400 [kg/m3]
Feuchte3 [%]
Thermische LeitfähigkeitObere Grenze, EN 1992-1-2, Bild 3.7
Ausgangstemperatur20 [C]

Norm

EuroNorm: DIN EN 1992-1-1/NA:2013, DIN EN 1993-1-1/NA:2018, DIN EN 1994-1-1/NA:2010
(Germany) V 2024

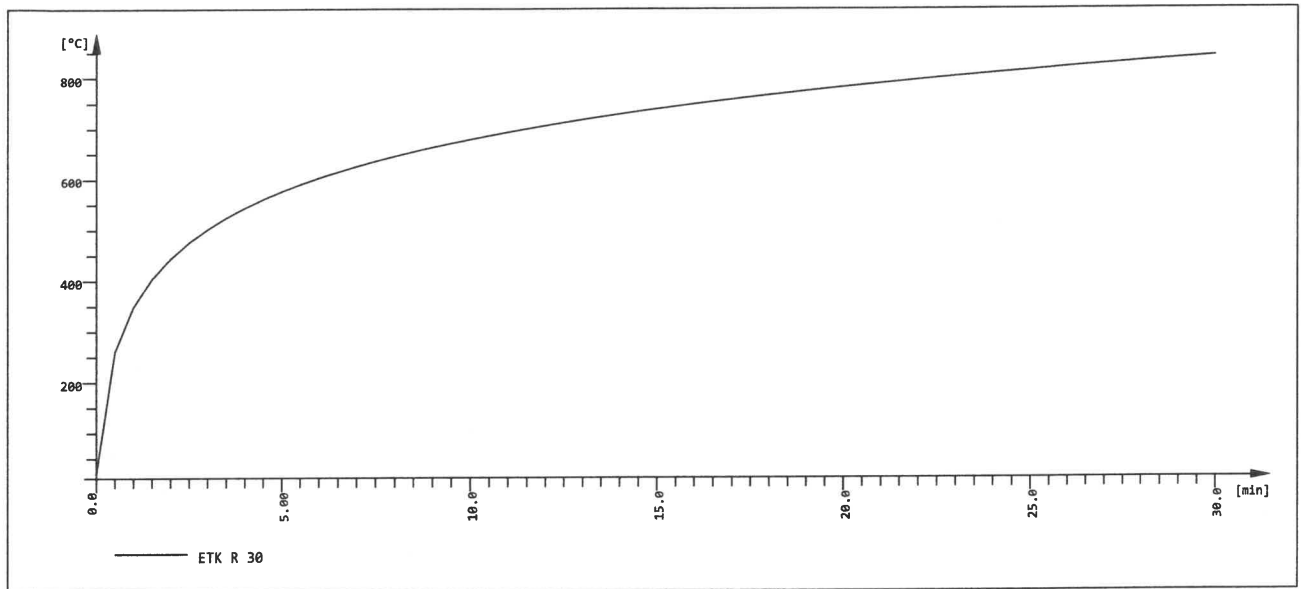
Thermische Materialkonstanten

Mat	T [°C]	S [kJ/K/m3]	Kxx [W/K/m]	Kyy [W/K/m]	Kzz [W/K/m]	
1	AUTO	2.16E+03	1.951E+00			C 25/30 (EN 1992)
	0	2.16E+03	1.951E+00			
	100	2.16E+03	1.768E+00			
	100	4.85E+03	1.763E+00			
	115	4.85E+03	1.732E+00			
	200	2.35E+03	1.553E+00			
	300	2.43E+03	1.361E+00			
	400	2.51E+03	1.191E+00			
	500	2.48E+03	1.042E+00			
	600	2.46E+03	9.146E-01			
	700	2.44E+03	8.086E-01			
	800	2.42E+03	7.240E-01			
	900	2.39E+03	6.608E-01			
	1000	2.37E+03	6.190E-01			
	1100	2.35E+03	6.000E-01			
	1200	2.32E+03	6.000E-01			
2	AUTO	3.45E+03	5.333E+01			B 500 B (EN 1992)
	0	3.45E+03	5.333E+01			
	100	3.82E+03	5.070E+01			
	100	3.83E+03	5.064E+01			
	200	4.16E+03	4.734E+01			
	300	4.43E+03	4.401E+01			
	400	4.76E+03	4.068E+01			
	500	5.23E+03	3.735E+01			
	600	5.97E+03	3.402E+01			
	700	7.91E+03	3.069E+01			
	740	1.98E+04	2.936E+01			
	800	6.31E+03	2.736E+01			
	900	5.11E+03	2.730E+01			
	1000	5.10E+03	2.730E+01			
	1100	5.10E+03	2.730E+01			
	1200	5.10E+03	2.730E+01			
Mat	Materialnummer	S [kJ/K/m3]	Wärmekapazität			
T [°C]	Temperatur	Kxx [W/K/m], Kyy [W/K/m], Kzz [W/K/m]	Wärmeleitfähigkeit			

Randbedingungen

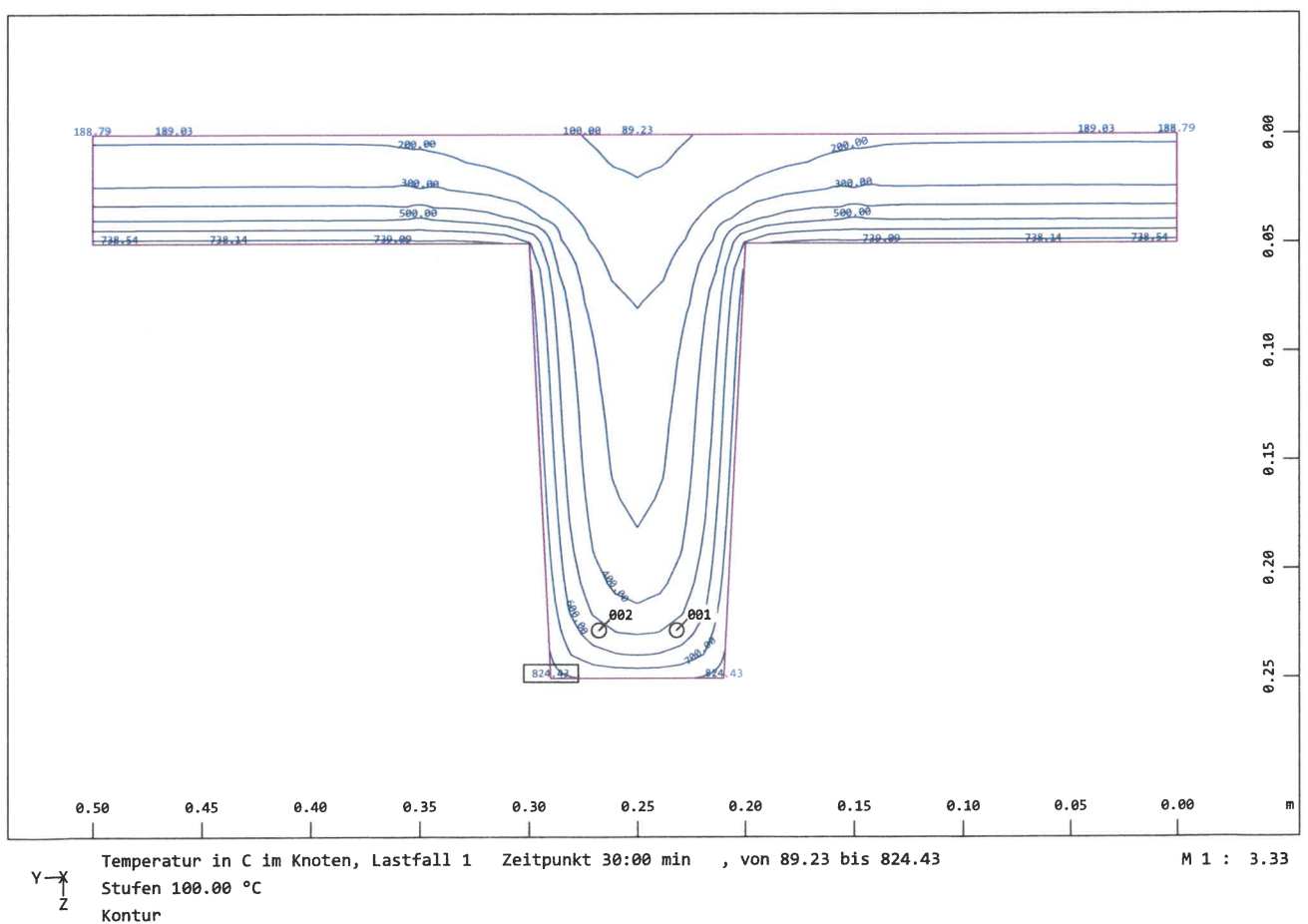
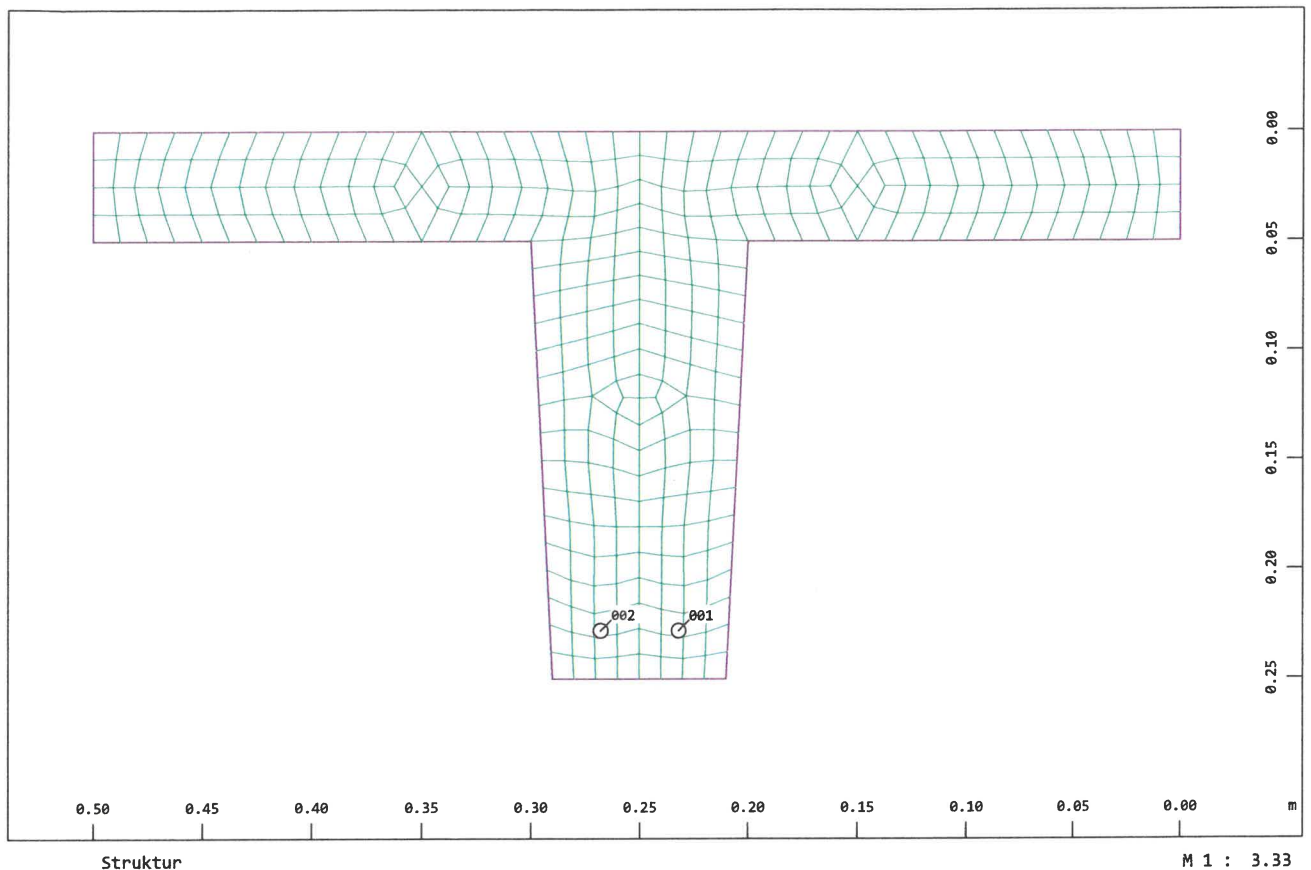
TYP	NB	F	VON	BIS	DELT	WERT	VP	EPS
SPEZ	0	1 ETK	EDGE	FIRE		25.000 [W/K/m2]	1.000 [°C]	0.700
SPEZ	0	0	EDGE	LUFT		9.000 [W/K/m2]	20.000 [°C]	0.000

Stb.-Rippendecke
Thermische Analyse nach dem allgemeinen Rechenverfahren

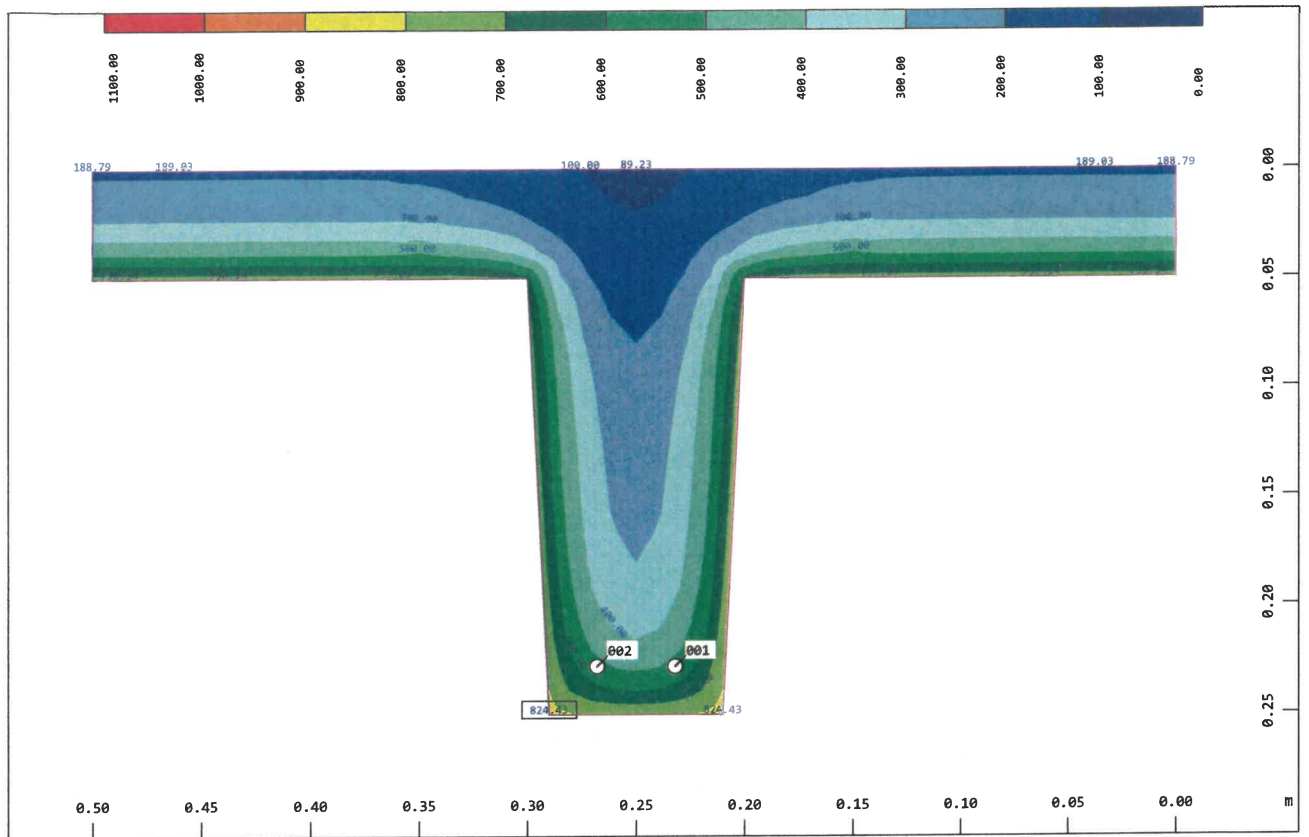


1

Netz des beflamten Querschnitts



Netz des beflamnten Querschnitts



Y
X
Z

Temperatur in C im Knoten, Lastfall 1
Stufen 100.00 °C
Kontur

Zeitpunkt 30:00 min , von 89.23 bis 824.43

M 1 : 3.33

Stb.-Rippendecke
Thermische Analyse nach dem allgemeinen Rechenverfahren

Norm

EuroNorm: DIN EN 1992-1-1:2004 (NA:2013) Stahlbeton- und Spannbetontragwerke (Germany) V 2024
Windzone : 2 cat. B (Binnenland)
Schneelastzone : 1

Materialien

Mat	Materialbezeichnung
1	C 25/30 (EN 1992)
2	B 500 B (EN 1992)
3	S 355 (EN 1993)

Mat 1 C 25/30 (EN 1992)

Elastizitätsmodul	E	31476	[N/mm ²]	Materialsicherheit		1.50	[-]
Querdehnzahl	μ	0.20	[-]	Rechenfestigkeit ¹	f _c	21.25	[MPa]
Schubmodul	G	13115	[N/mm ²]	Nennfestigkeit	f _{ck}	25.00	[MPa]
Kompressionsmodul	K	17487	[N/mm ²]	Zugfestigkeit	f _{ctm}	2.56	[MPa]
Nominelle Wichte	γ	25.0	[kN/m ³]	Zugfestigkeit	f _{ctk,05}	1.80	[MPa]
Rohdichte	ρ	2400.0	[kg/m ³]	Zugfestigkeit	f _{ctk,95}	3.33	[MPa]
Ausdehnungskoeffizient	α	1.00E-05	[1/K]	Verbundspannung	f _{bd}	2.69	[MPa]
				Gebrauchsfestigkeit	f _{cm}	33.00	[MPa]
				Ermüdungsfestigkeit	f _{cd,fat}	12.75	[MPa]
				Zugfestigkeit	f _{ctd}	1.02	[MPa]
				Zugbruchenergie	G _f	0.14	[N/mm]

Spezielle Materialwerte, insbesondere für Querschnittskanten

Umgebungstemperatur	LUFT	20.0	[°C]	α =	9.00	[W/K/m ²]	, ε =	0.00	[-]
Umgebungstemperatur	SYM	20.0	[°C]	α =	9.00	[W/K/m ²]	, ε =	0.00	[-]
Umgebungstemperatur	FIRE	20.0	[°C]	α =	9.00	[W/K/m ²]	, ε =	0.00	[-]

Mat 2 B 500 B (EN 1992)

Elastizitätsmodul	E	200000	[N/mm ²]	Materialsicherheit		1.15	[-]
Querdehnzahl	μ	0.30	[-]	Fließgrenze	f _y	500.00	[MPa]
Schubmodul	G	76923	[N/mm ²]	Druckfließgrenze	f _{yc}	500.00	[MPa]
Kompressionsmodul	K	166667	[N/mm ²]	Zugfestigkeit	f _t	540.00	[MPa]
Nominelle Wichte	γ	78.5	[kN/m ³]	Druckfestigkeit	f _c	540.00	[MPa]
Rohdichte	ρ	7850.0	[kg/m ³]	Bruchdehnung		50.00	[o/oo]
Ausdehnungskoeffizient	α	1.20E-05	[1/K]	Verbundwert relativ		1.00	[-]
max. Erzeugnisdicke	t-max	32.00	[mm]	Verbundwert k ₁ (EN1992)k ₁		0.80	[-]
				Verfestigungsmodul	E _h	0.00	[MPa]
				Proportionalitätsgrenzefp		500.00	[MPa]
				Schwingbreite	σ-dyn	152.17	[MPa]

Mat 3 S 355 (EN 1993)

Elastizitätsmodul	E	210000	[N/mm ²]	Materialsicherheit		1.10	[-]
Querdehnzahl	μ	0.30	[-]	Fließgrenze	f _y	355.00	[MPa]
Schubmodul	G	80769	[N/mm ²]	Druckfließgrenze	f _{yc}	355.00	[MPa]
Kompressionsmodul	K	175000	[N/mm ²]	Zugfestigkeit	f _t	490.00	[MPa]
Nominelle Wichte	γ	78.5	[kN/m ³]	Druckfestigkeit	f _c	490.00	[MPa]
Rohdichte	ρ	7850.0	[kg/m ³]	Bruchdehnung		100.00	[o/oo]
Ausdehnungskoeffizient	α	1.20E-05	[1/K]	Verbundwert relativ		0.00	[-]
max. Erzeugnisdicke	t-max	40.00	[mm]	Verbundwert k ₁ (EN1992)k ₁		0.00	[-]
Sicherheit Querschnitt	γ-M0	1.00	[-]	Verfestigungsmodul	E _h	0.00	[MPa]
Sicherheit Stabilität	γ-M1	1.10	[-]	Proportionalitätsgrenzefp		355.00	[MPa]
Sicherheit Bruchversagen	γ-M2	1.25	[-]	Schwingbreite	σ-dyn	0.00	[MPa]

Stb.-Rippendecke
Thermische Analyse nach dem allgemeinen Rechenverfahren

Querschnittswerte Übersicht

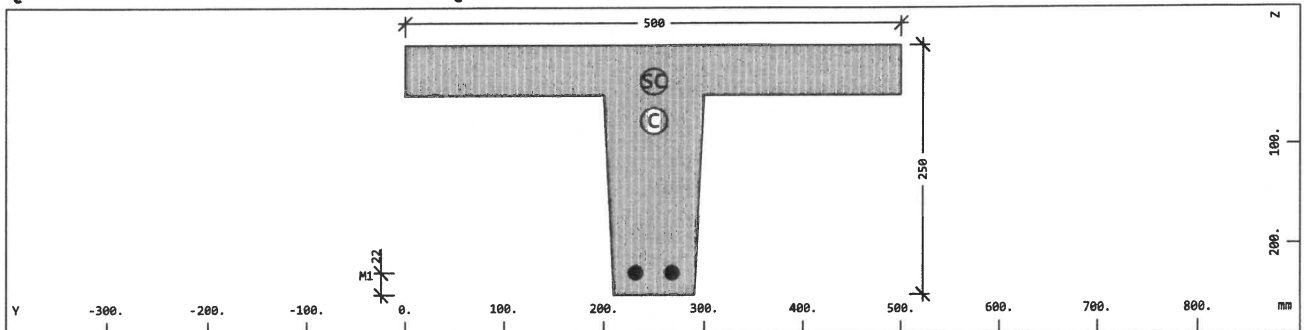
QNr	Mat	A[m2]	Ay[m2]	Iy[m4]	yc[mm]	ysc[mm]	E[N/mm2]	g[kg/m]	I-1[m4]
	MBw	It[m4]	Az[m2]	Iz[m4]	zc[mm]	zsc[mm]	G[N/mm2]		I-2[m4]
			Ayz[m2]	Iyz[m4]					$\alpha[^\circ]$
1	1	4.3000E-02	2.426E-02	2.189E-04	250.0	250.0	31476	107.5	5.331E-04
	2 ¹	7.106E-05	1.515E-02	5.331E-04	75.8	36.3	13115	(BIEGE)	2.189E-04
101	1	4.3000E-02	2.426E-02	2.189E-04	250.0	250.0	31476	107.5	5.331E-04
	2 ¹	7.106E-05	1.515E-02	5.331E-04	75.8	36.3	13115	(BIEGE)	2.189E-04

= Beflammter Querschnitt 1

¹ Bewehrung ist in den Querschnittswerten nicht berücksichtigt

QNr	Querschnittsnummer	yc[mm],zc[mm]	Ordinate des elastischen Zentrums
Mat	Materialnummer	ysc[mm],zsc[mm]	Ordinate des Schubmittelpunkts
A[m2]	Querschnittsfläche	E[N/mm2]	Elastizitätsmodul
Ay[m2],Az[m2],Ayz[m2]	Schubverformungsfläche	g[kg/m]	Längenbezogene Masse
Iy[m4],Iz[m4],Iyz[m4]	Flächenträgheitsmoment		
I-1[m4],I-2[m4], $\alpha[^\circ]$	Hauptträgheitsmomente und Winkel der Hauptachsen		
MBw	Bewehrungsmaterialnummer		
It[m4]	Torsionsträgheitsmoment		
G[N/mm2]	Schubmodul		

Querschnitt Nr. 101 - Beflammter Querschnitt 1



Querschnitt Nr. 101 - Beflammter Querschnitt 1

Querschnittswerte

Mat	A[m2]	Ay[m2]	Iy[m4]	yc[mm]	ysc[mm]	E[N/mm2]	g[kg/m]	I-1[m4]
MBw	It[m4]	Az[m2]	Iz[m4]	zc[mm]	zsc[mm]	G[N/mm2]		I-2[m4]
		Ayz[m2]	Iyz[m4]					$\alpha[^\circ]$
1	4.3000E-02	2.426E-02	2.189E-04	250.0	250.0	31476	107.5	5.331E-04
2 ¹	7.106E-05	1.515E-02	5.331E-04	75.8	36.3	13115	(BIEGE)	2.189E-04

¹ Bewehrung ist in den Querschnittswerten nicht berücksichtigt

Mat	Materialnummer	yc[mm],zc[mm]	Ordinate des elastischen Zentrums
A[m2]	Querschnittsfläche	ysc[mm],zsc[mm]	Ordinate des Schubmittelpunkts
Ay[m2],Az[m2],Ayz[m2]	Schubverformungsfläche	E[N/mm2]	Elastizitätsmodul
Iy[m4],Iz[m4],Iyz[m4]	Flächenträgheitsmoment	g[kg/m]	Längenbezogene Masse
I-1[m4],I-2[m4], $\alpha[^\circ]$	Hauptträgheitsmomente und Winkel der Hauptachsen		
MBw	Bewehrungsmaterialnummer		
It[m4]	Torsionsträgheitsmoment		
G[N/mm2]	Schubmodul		

Ergänzende Querschnittswerte

$\alpha\text{-T}[1/K]$	ymin[mm]	zmin[mm]	hymin[mm]	AK[m2]	MBb	1/WT[1/m3]	1/WVv[1/m2]
	ymax[mm]	zmax[mm]	hzmin[mm]	AB[m2]		1/WT2[1/m3]	1/WVz[1/m2]
1.0E-05	-250.0	-75.8	301.9	2.234E-02	2	1.490E+03	7.011E+01
	250.0	174.2	168.1	4.300E-02		5.229E+02	8.790E+01

$\alpha\text{-T}[1/K]$	Ausdehnungskoeffizient
ymin[mm],zmin[mm],ymax[mm],zmax[mm]	Randkoordinaten bezogen auf das Zentrum
hymin[mm],hzmin[mm]	Mindestwert des inneren Hebelarms
AK[m2]	Ersatzhohlquerschnitt (Bredt)
MBb	Bügelbewehrungsmaterial
1/WT[1/m3],1/WT2[1/m3]	Torsionswiderstand
1/WVv[1/m2],1/WVz[1/m2]	Schubwiderstand
AB[m2]	Bruttobetonfläche

Stb.-Rippendecke
Thermische Analyse nach dem allgemeinen Rechenverfahren

Wölbquerschnittswerte

Wmin[m2]	Wmax[m2]	CM[m6]	CMS[m4]	ASwyy[m6]	ASwzz[m6]	ry[mm]	rz[mm]
-0.0070	0.0070	2.540E-07	0.000	1.633E-13	-1.128E-14	0.0	30.9
Wmin[m2], Wmax[m2]	Einheitsverwölbung		ASwyy[m6], ASwzz[m6]		Wölbflächen		
CM[m6]	Wölbwiderstand		ry[mm], rz[mm]		Querschnittsstrecke		
CMS[m4]	Wölbschubwiderstand						

Konstruktionsdaten

Mat	Umfang-A/-I [m2/m]	deff [mm]	t-min [mm]	t-max [mm]	thet-p [kgm2/m]	thet-y [kgm2/m]	thet-z [kgm2/m]	thet-yz [kgm2/m]	yg [mm]	zg [mm]
	1.481	58.1			1.880	0.547	1.333	0.000	250.0	75.8
Mat	Materialnummer		t-min, t-max		Dicke					
Umfang-A/-I	Umfang/Anstrichsfläche		thet-p, thet-y, thet-z, thet-yz		Rotationsmasse					
deff	effektive Dicke		yg, zg		Ordinate des Massen-Schwerpunkts					

Bewehrungsabstufung

Rang	Mref	Mat	As [cm2]	As-min [cm2]	As-max [cm2]	D [mm]	yr [mm]	zr [mm]	L-tors [mm]	N-p [kN]	My-p [kNm]	Mz-p [kNm]
M1	1	2	3.08	3.08		14	250.0	228.0				
Rang	Bewehrungsrang			D		Stabdurchmesser						
Mref	umgebendes Referenzmaterial			yr,zr		Ordinate des elastischen Zentrums						
Mat	Materialnummer			L-tors		torsionswirksame Länge						
As	Bewehrungsfläche			N-p		Vorspannungsnormalkraft						
As-min	minimale Bewehrungsfläche			My-p, Mz-p		Vorspannungsbiegemoment						
As-max	maximale Bewehrungsfläche											

Schnittgrößen aus Vorspannung

N[kN]	My[kNm]	Mz[kNm]	EA[kN]	EIy[kNm2]	EIz[kNm2]
-544.8	-11.54	0.00	1.526E+05	6.412E+02	1.771E+03
N[kN]	Normalkraft		EA[kN]	Normalsteifigkeit	
My[kNm], Mz[kNm]	Biegemoment		EIy[kNm2], EIz[kNm2]	Biegesteifigkeit	

Einzelbewehrung

ID	Mat	y [mm]	z [mm]	T [°C]	σ [MPa]	As/As-max [cm2]		Rng	D	a [mm]	Ar [m2]	Neff
001	2	232.0	228.0	532.18		1.54		1	14			
002	2	268.0	228.0	532.18		1.54		1	14			
Mat		Bewehrungsmaterialnummer			Rng	Bewehrungsrang						
y [mm], z [mm]		Querschnittsordinate			D	Stabdurchmesser						
T [°C]		Temperatur			a [mm]	Stababstand						
σ [MPa]		Vorspannung			Ar [m2]	wirksame Fläche für Rissnachweis						
As/As-max [cm2]		Bewehrungsfläche										
Neff												
Nichteffektivität (N=Normalkraft, Y=Y-Ordinate/Querbiegung, Z=Z-Ordinate/Hauptbiegung)												